

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7578642号
(P7578642)

(45)発行日 令和6年11月6日(2024.11.6)

(24)登録日 令和6年10月28日(2024.10.28)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/683(2006.01)

H 0 1 L 21/68 R

H 0 1 L 21/3065(2006.01)

H 0 1 L 21/302 1 0 1 G

請求項の数 6 (全24頁)

(21)出願番号	特願2022-95406(P2022-95406)	(73)特許権者	000004547
(22)出願日	令和4年6月14日(2022.6.14)		日本特殊陶業株式会社
(65)公開番号	特開2023-182033(P2023-182033 A)		愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番1号
(43)公開日	令和5年12月26日(2023.12.26)	(74)代理人	100160691
審査請求日	令和5年6月22日(2023.6.22)		弁理士 田邊 淳也
早期審査対象出願		(74)代理人	100144510
			弁理士 本多 真由
		(72)発明者	鈴木 敦
			名古屋市東区東桜一丁目1番1号 日本特殊陶業株式会社内
		(72)発明者	早川 絵里
			名古屋市東区東桜一丁目1番1号 日本特殊陶業株式会社内
		(72)発明者	安藤 雅
			名古屋市東区東桜一丁目1番1号 日本特殊陶業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 保持装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物を保持する保持装置であって、
前記対象物が載置される側の第1面と、前記第1面の裏面である第2面とを有する板状に形成される板状部と、
前記板状部の前記第2面側に配置され、前記板状部を支持し、冷却機能を有し、板状に形成されるベース部と、
前記板状部と前記ベース部との間に配置され、前記板状部と前記ベース部とを接合する接合部と、
を備え、
前記接合部の熱抵抗は、 -60 の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下であり、
前記保持装置は、
前記ベース部を貫通する孔部と、
前記孔部の内壁を覆う絶縁部と、
前記絶縁部における前記板状部の前記第2面に対向する端面と、前記板状部とを接合する孔用接合部と、
をさらに有し、
前記孔用接合部は、前記接合部を構成する材料と同一の材料により形成されており、かつ、前記接合部より厚みが薄いことを特徴とする、
保持装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の保持装置であって、

前記接合部は、

- 60 のときの熱伝導率を 1 とし、25 のときの熱伝導率を 2 としたとき、 $1/2$ が 1.18 以下であること、および

- 60 のときの熱抵抗を 1 とし、25 のときの熱抵抗を 2 としたとき、 $1/2$ が 0.85 以上であること、

の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴とする、

保持装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の保持装置であって、

前記接合部は、25 のときの熱抵抗が $1.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下であることを特徴とする、

保持装置。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

前記接合部は、25 および -60 のときの熱伝導率が 0.7 (W/mK) 以上であることを特徴とする、

保持装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

前記接合部は、窒化アルミニウム (AlN) を含有することを特徴とする、

保持装置。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

前記接合部の最大せん断応力時ひずみ量は、0.5 (mm) 以上であることを特徴とする、

保持装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、保持装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、対象物を保持する保持装置として、例えば、半導体を製造する際にウェハ等の対象物を保持する静電チャックが知られている。静電チャックは、一般に、対象物が載置される板状部と、冷媒流路が形成されるベース部と、板状部とベース部とを接合する接合部と、を備える。例えば、特許文献 1、2 には、接着剤層（接合部）の材質として、シリコーン樹脂や、シリコーン樹脂に酸化アルミニウムまたは窒化アルミニウム等の熱伝導性フィラーを添加した複合樹脂等からなる接着剤を用いることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平 4 - 287344 号公報

【文献】特開 2014 - 207374 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

静電チャックが強いプラズマエネルギーに曝露される環境下や、静電チャックに高電力が入力される環境下で使用される場合、ウェハ載置面は高温になりやすい。上記特許文献

10

20

30

40

50

1、2に記載されている静電チャックを、このような環境下で用いると、接着剤層の熱伝導率が比較的低いため、ウェハ載置面の冷却速度が十分に得られない虞がある。そのため、ウェハ載置面の冷却速度を早くするために、接合部の熱引きを良くすることが望まれている。

【0005】

また、上記のようにウェハ載置面が高温になりやすい場合、これを冷却するためにベース側は極低温で使用するため、接合部の上下ならびに面内での温度差が大きくなる。上記特許文献1、2に記載されているシリコン樹脂は、低温域に熱伝導率が大きく変化する温度域が存在するため、接合部において温度分布が生じて、接合部の熱伝導特性が変化すると、静電チャックのウェハ載置面の面内温度分布の不均一性が大きくなる虞がある。そのため、温度によって熱伝導率が変化する程度が小さい接合部が求められている。なお、これらの課題は、静電チャックに限定されず、プラズマによるエッチング装置等の半導体製造装置等、種々の保持装置に共通する課題である。

10

【0006】

本開示は、上述した課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、対象物を保持する保持装置において、対象物が載置される側の面の冷却速度、および対象物が載置される側の面の面内温度分布の均一性の少なくともいずれか一方を向上させる技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示は、以下の形態として実現することが可能である。
(1) 本開示の一形態によれば、対象物を保持する保持装置が提供される。この保持装置は、前記対象物が載置される側の第1面と、前記第1面の裏面である第2面とを有する板状に形成される板状部と、前記板状部の前記第2面側に配置され、前記板状部を支持し、冷却機能を有し、板状に形成されるベース部と、前記板状部と前記ベース部との間に配置され、前記板状部と前記ベース部とを接合する接合部と、を備え、前記接合部の熱抵抗は、 -60 の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{ K / W)}$ 以下である。

20

【0008】

この形態の保持装置によれば、接合部の熱抵抗は -60 の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{ K / W)}$ 以下であり、熱抵抗が小さいため、例えば、保持装置の板状部が高温になり、ベース部を -60 程度の極低温にして使用する場合に、板状部を急速に冷却することができる。そのため、対象物が載置される側の面の冷却速度を向上させることができる。

30

【0009】

(2) 上記形態の保持装置において、前記接合部は、 -60 のときの熱伝導率を 1 とし、 25 のときの熱伝導率を 2 としたとき、 $1/2$ が 1.18 以下であること、および -60 のときの熱抵抗を 1 とし、 25 のときの熱抵抗を 2 としたとき、 $1/2$ が 0.85 以上であること、の少なくともいずれか一方を満たしてもよい。このような構成にすると、接合部の温度変化に伴う熱伝導性の変化が小さいため、板状部の温度分布の均一性を向上させることができる。

【0010】

(3) 上記形態の保持装置において、前記接合部は、 25 のときの熱抵抗が $1.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{ K / W)}$ 以下であってもよい。このような構成にすると、保持装置の使用温度が室温 (25) の場合にも、接合部が良好な熱伝導性を有するため、板状部を急速に冷却することができる。

40

【0011】

(4) 上記形態の保持装置において、前記接合部は、 25 および -60 のときの熱伝導率が 0.7 (W / m K) 以上であってもよい。このような構成にすると、極低温 (例えば、 -60) でも、室温でも十分な熱伝導性を得ることができる。

【0012】

(5) 上記形態の保持装置において、前記接合部は、窒化アルミニウム (AlN) を含有

50

してもよい。このようにすると、柔軟性および応力緩和性能が良好、かつ熱伝導性が良好な接合部を提供することができる。

【 0 0 1 3 】

(6) 上記形態の保持装置において、前記接合部の最大せん断応力時ひずみ量は、 0 . 5 (mm) 以上であってもよい。このような構成にすると、接合部の柔軟性および応力緩和性能を十分に確保することが可能になる。そのため、接合部にせん断力が加えられたときの接合部の損傷を抑えることができる。

【 0 0 1 4 】

(7) 上記形態の保持装置において、前記ベース部を貫通する孔部と、前記孔部の内壁を覆う絶縁部と、前記絶縁部における前記板状部の前記第 2 面に対向する端面と、前記板状部とを接合する孔用接合部と、を有し、前記孔用接合部は、前記接合部を構成する材料と同一の材料により形成されており、かつ、前記接合部より厚みが薄くてもよい。この形態の保持装置では、ベース部を貫通する孔部を有するため、板状部において孔部と対応する位置は冷却されにくい。そのため、このような構成とすれば、熱伝導性が良好な孔用接合部を介して板状部の孔部と対応する部分を放熱させることができるため、板状部の温度の不均一性を抑制することができる。

【 0 0 1 5 】

本開示は、上記以外の種々の形態で実現可能であり、例えば、保持装置を含む半導体製造装置、保持装置の製造方法、接合部の形成方法などの形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】第 1 実施形態における静電チャックの構成を概略的に示す説明図である。

【図 2】静電チャックの断面構成を模式的に表す説明図である。

【図 3】各サンプルの評価結果をまとめて示す説明図である。

【図 4】各サンプルの組成を示す説明図である。

【図 5】アルミナ 1 0 μm の粒度分布を示す図である。

【図 6】窒化アルミニウム 1 5 μm の S E M 像および粒度分布を示す図である。

【図 7】窒化アルミニウム 5 μm の S E M 像および粒度分布を示す図である。

【図 8】窒化アルミニウム 2 μm の S E M 像および粒度分布を示す図である。

【図 9】各サンプルの熱伝導率の温度依存性を示す説明図である。

【図 1 0】各サンプルの熱抵抗の温度依存性を示す説明図である。

【図 1 1】各サンプルの熱抵抗の温度依存性を示す説明図である。

【図 1 2】最大せん断応力およびひずみ量の算出方法を模式的に示す説明図である。

【図 1 3】第 1 シリコン樹脂を用いたサンプルの組成と熱伝導率を示す図である。

【図 1 4】第 1 シリコン樹脂を用いたサンプルの組成と熱伝導率を示す図である。

【図 1 5】第 1 シリコン樹脂を用いたサンプルの熱伝導率の三角図を示す。

【図 1 6】第 2 シリコン樹脂を用いたサンプルの組成と熱伝導率を示す図である。

【図 1 7】第 2 シリコン樹脂を用いたサンプルの組成と熱伝導率を示す図である。

【図 1 8】第 2 シリコン樹脂を用いたサンプルの熱伝導率の三角図を示す。

【図 1 9】第 2 実施形態の静電チャックの構成を模式的に示す断面図である。

【図 2 0】図 1 9 における X 部の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

A . 第 1 実施形態 :

(A - 1) 静電チャックの全体構成 :

図 1 は、第 1 実施形態における静電チャック 1 0 の構成を概略的に示す説明図である。図 2 は、静電チャック 1 0 の断面構成を模式的に表す説明図である。図 1 では、静電チャック 1 0 の一部を破断して示している。また、図には、方向を特定するために、互いに直交する X Y Z 軸が示されている。本明細書では、便宜的に、Z 軸正方向を上方向といい、Z 軸負方向を下方向というものとするが、静電チャック 1 0 は実際にはそのような向きと

10

20

30

40

50

は異なる向きで設置されてもよい。各図に示される X 軸、Y 軸、Z 軸は、それぞれ同じ向きを表す。なお、上記各図は、各部の配置を模式的に表しており、各部の寸法の比率を正確に表すものではない。

【0018】

静電チャック 10 は、対象物を静電引力により吸着して保持する装置であり、例えば半導体製造装置の真空チャンバ内で、対象物であるウェハ W (図 2) を固定するために使用される。静電チャック 10 は、板状部 20 と、ベース部 30 と、接合部 40 と、を備える。これらは、- Z 軸方向 (鉛直下方) に向かって、板状部 20、接合部 40、ベース部 30 の順に積層されている。本実施形態における静電チャック 10 を、「保持装置」とも呼ぶ。

10

【0019】

板状部 20 は、対象物が載置される側の第 1 面 24 と、第 1 面 24 の裏面である第 2 面 26 とを有する略円形の板状部材であり、セラミック (例えば、酸化アルミニウムや窒化アルミニウム等) を主成分として形成されている。本願明細書において、特定成分が「主成分である」あるいは「主に形成する材料である」とは、当該特定成分の含有率が、50 体積% 以上であることを意味する。板状部 20 の直径は、例えば、50 mm ~ 500 mm 程度とすればよく、通常は 200 mm ~ 350 mm 程度である。板状部 20 の厚さは、例えば 1 mm ~ 10 mm 程度とすればよい。他の実施形態では、板状部 20 は、例えば、ポリイミド等の樹脂等のセラミック以外の材料を主成分として形成されてもよい。

【0020】

20

図 2 に示すように、板状部 20 の内部には、吸着電極 22 が配置されている。吸着電極 22 は、例えば、タングステンやモリブデンなどの導電性材料により形成されている。吸着電極 22 に対して図示しない電源から電圧が印加されると、静電引力が発生し、この静電引力によってウェハ W が板状部 20 の第 1 面 24 に吸着固定される。吸着電極 22 は、双極型であってもよく、単極型であってもよい。また、板状部 20 の内部には、導電性材料 (例えば、タングステンやモリブデン等) により形成された抵抗発熱体で構成されて、第 1 面 24 に吸着固定されたウェハ W を加熱するための、図示しないヒータ電極を設けてもよい。

【0021】

ベース部 30 は、板状部 20 の第 2 面 26 側に配置され、板状部 20 を支持し、冷却機能を有し、略円形に形成された板状部材である。ベース部 30 は、例えば、アルミニウム、マグネシウム、モリブデン、チタン、タングステン、ニッケルのうちの少なくとも一種の金属を含むこととすることができる。モリブデン、チタン、タングsten は、上記した金属の中でも熱膨張率が比較的小さいため、これらのうちの少なくとも一種の金属を用いてベース部 30 を構成する場合には、ベース部 30 と板状部 20 との間の熱膨張率差を抑えることができて望ましい。なお、本願明細書において、「熱膨張率」は、「線膨張率」を指す。また、マグネシウムは、ヤング率が比較的小さいため、マグネシウムを用いてベース部 30 を構成する場合には、ベース部 30 で生じる熱応力を低減することができて望ましい。また、アルミニウムは、熱伝導率が比較的高く、加工が容易で低コストである。そのため、アルミニウムを用いてベース部 30 を構成する場合には、ベース部 30 による板状部 20 およびウェハ W の冷却効率を高めることができ、静電チャック 10 の製造コストを抑えることができて望ましい。ベース部 30 による冷却効率を高めつつ製造コストを抑える観点からは、ベース部 30 における金属の含有割合が高い方が望ましく、ベース部 30 は、金属を主成分とすることが望ましい。例えば、汎用性が高いアルミニウムを 90 質量% 以上含有すること (例えば、A6061、A5052 などのアルミニウム合金により構成すること) が望ましい。ただし、ベース部 30 は、セラミックなどの金属以外の成分を含んでいてもよい。ベース部 30 の直径は、例えば、220 mm ~ 550 mm 程度とすればよく、通常は 220 mm ~ 350 mm である。ベース部 30 の厚さは、例えば、20 mm ~ 40 mm 程度とすればよい。

30

40

【0022】

50

ベース部 30 の内部には、複数の冷媒流路 32 が X Y 平面に沿うように形成されている。冷媒流路 32 に、例えばフッ素系不活性液体や水や液体窒素等の冷媒を流すことにより、ベース部 30 が冷却される。そして、接合部 40 を介したベース部 30 と板状部 20 との間の伝熱により板状部 20 が冷却され、板状部 20 の第 1 面 24 に保持されたウェハ W が冷却される。これにより、ウェハ W の温度制御が実現される。ベース部 30 の内部に冷媒流路 32 を有する形態の他、ベース部 30 の外部からベース部 30 を冷却することにより、ベース部 30 に冷却機能を持たせてもよい。

【0023】

接合部 40 は、板状部 20 とベース部 30 との間に配置されて、板状部 20 とベース部 30 とを接合する。接合部 40 は、樹脂材料によって形成される接着剤を含む。接合部 40 は、さらに、接合部 40 の性質や接合部 40 を形成するためのペーストの性質を調整するための種々の充填材（無機フィラー）を含んでいてもよい。すなわち、接合部 40 は、接着剤と無機充填剤とを含む複合物により構成することができる。ただし、接合部 40 が後述する性質を満たすならば、接合部 40 は無機充填剤を含まないこととしてもよい。接合部 40 の厚みは、接合部 40 の熱抵抗を低減する観点から、例えば、1.00 mm 以下とすればよく、0.60 mm 以下が望ましく、0.50 mm 以下がより望ましく、0.35 mm 以下がさらに望ましい。接合部 40 の厚みは、例えば、接合部 40 の柔軟性および強度を確保する観点から、0.05 mm 以上とすればよい。接合部 40 について、後に詳述する。

【0024】

静電チャック 10 には、さらに、複数のガス供給路 50 が形成されている。ガス供給路 50 は、板状部 20、接合部 40、およびベース部 30 を Z 方向に貫通して設けられており、第 1 面 24 に形成されたガス吐出口 52 において開口している（図 1 参照）。ガス供給路 50 は、図示しないガス供給装置から、例えばヘリウムガス等の不活性ガスを供給されて、第 1 面 24 とウェハ W との間の空間に対して、ガス吐出口 52 から不活性ガスを供給する。これにより、板状部 20 とウェハ W との間の伝熱性を高めて、ウェハ W の温度分布の制御性がさらに高められる。なお、ガス供給路 50 は必須ではなく、静電チャック 10 にガス供給路 50 を設けないこととしてもよい。

【0025】

(A-2) 接合部の構成：

本実施形態の静電チャック 10 が備える接合部 40 の熱抵抗は、 -60 の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下である。接合部 40 の熱抵抗を $R \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 、接合部 40 の厚みを $t \text{ (m)}$ 、接合部 40 の熱伝導率を (W/mK) とすると、接合部 40 の熱抵抗 R は、以下の (1) 式により求められる。

【0026】

$$R \text{ (m}^2 \text{K/W)} = t \text{ (m)} \div (W/mK) \dots (1)$$

【0027】

静電チャック 10 が強いプラズマエネルギーに曝露される環境下や、静電チャック 10 に高電力が入力される環境下で使用される場合、板状部 20 の第 1 面 24 は高温になりやすい。板状部 20 の第 1 面 24 が、例えば、 120 になるような使用条件の場合、板状部 20 を冷却するために、ベース部 30 に供給される冷媒の温度を、例えば、 -60 程度にする場合がある。ベース部 30 が低温になると接合部 40 も低温になるため、 -60 における接合部 40 の熱抵抗を上記の値にすることにより、ベース部 30 の温度を極低温（例えば、 -60 ）にする場合に、接合部 40 を介したベース部 30 と板状部 20 との間の伝熱、すなわち、板状部 20 からベース部 30 への熱引きが行われ易くなり、静電チャック 10 における冷却効率を高めることができる。上述の通り、接合部 40 は、樹脂によって構成される接着剤を備え、接着剤は一般的に温度が上昇するほど熱伝導率が低下する。すなわち、接合部 40 の厚みを一定にした場合、温度が上昇するほど熱抵抗が大きくなる傾向にある。 -60 における接合部 40 の熱抵抗を上記の値にすれば、接合部 40 の温度が -60 より高くなっても十分な冷却性能を得ることができる。そのため、対

象物が載置される側の面（第１面２４）の冷却速度を向上させることができる。

【００２８】

接合部４０の熱伝導率は、特に限定されないが、 -60 のときの熱伝導率を 1 とし、 25 のときの熱伝導率を 2 としたとき、 $1/2$ が 1.18 以下であることが好ましい。ここで、 25 は、静電チャック１０を使用する際の室温（常温）である。上述の通り、接着剤は一般的に温度が上昇するほど熱伝導率が低下する。接合部４０の熱伝導率を上記のようにすると、接合部４０の温度変化に伴う熱伝導性の変化が小さい。接合部４０の温度変化に伴う熱伝導性の変化が大きい場合は、低温の部分がより冷却され、高温部分の冷却が遅いため、接合部４０の上下および面内での温度差が大きくなる虞がある。これに対し、接合部４０の熱伝導率を上記のようにすると、接合部４０の温度変化に伴う熱伝導性の変化が小さいため、接合部４０の上下および面内での温度差を抑制することができる。換言すると、板状部２０の温度分布の均一性を向上させることができる。なお、 $1/2$ は通常、 1.00 以上である。

10

【００２９】

接合部４０の熱抵抗について、 -60 のときの熱抵抗を 1 とし、 25 のときの熱抵抗を 2 としたとき、 $1/2$ が 0.85 以上であることが好ましい。このようにすると、接合部４０の温度変化に伴う熱抵抗の変化が小さいため、接合部４０の上下および面内での温度差を抑制することができる。換言すると、板状部２０の温度分布の均一性を向上させることができる。なお、 $1/2$ は通常、 1.00 以下である。

【００３０】

20

接合部４０の 25 のときの熱抵抗は特に限定されないが、 $1.2 \times 10^{-3} (\text{m}^2 \text{K} / \text{W})$ 以下が好ましい。このようにすると、静電チャック１０の使用温度が室温（ 25 ）の場合にも、接合部４０が良好な熱伝導性を有するため、板状部２０を急速に冷却することができる。

【００３１】

接合部４０の最大せん断応力時ひずみ量は特に限定されないが、 0.5 mm 以上が好ましく、 1.0 mm 以上とすることがより望ましく、 1.1 mm 以上とすることがさらに望ましい。なお、接合部４０の最大せん断応力時ひずみ量は、通常は、 5.0 mm 以下となる。最大せん断応力時ひずみ量とは、接合部４０の柔軟性や応力緩和性能を表す指標となる値であり、接合部４０にせん断力を加えたときに接合部４０で発生するせん断応力が最大になるとき、すなわち、接合部４０で最大せん断応力が発生するときに、接合部４０で生じるひずみの大きさ（せん断力方向の変位量）をいう。最大せん断応力時ひずみ量が大きいほど、接合部４０の柔軟性が高いことを示す。最大せん断応力時ひずみ量を測定するための引張試験機を用いた具体的な測定方法については、後に詳しく説明する。接合部４０の最大せん断応力時ひずみ量を上記の値にすれば、接合部４０の柔軟性および応力緩和性能を十分に確保することが可能になる。そのため、接合部４０にせん断力が加えられたときの接合部４０の損傷を抑えることができる。

30

【００３２】

なお、接合部４０の熱抵抗の下限値は、例えば、 $0.6 \times 10^{-4} (\text{m}^2 \text{K} / \text{W})$ とすることができる。接合部４０の熱抵抗を抑えるためには、既述したように無機充填剤を構成する材料を適宜選択すると共に無機充填剤の含有割合を増加させる方法が考えられる。しかしながら、無機充填剤の含有割合を過剰に増加させると、接合部４０の柔軟性が損なわれ、接合部４０の後述する最大せん断応力時ひずみ量の大きさを十分に確保し難くなる可能性がある。また、接合部４０の熱抵抗を抑えるためには、接合部４０を薄くする方法が考えられる。しかしながら、接合部４０を過剰に薄くすると、接合部４０の強度が低下すると共に、接合部４０の柔軟性を確保し難くなり、最大せん断応力時ひずみ量を所望の数値範囲にすることが困難になる可能性がある。そのため、接合部４０の熱抵抗は、上記した $0.6 \times 10^{-4} (\text{m}^2 \text{K} / \text{W})$ 以上とすることが望ましい。

40

【００３３】

接合部４０の最大せん断応力時ひずみ量は、接合部４０に含まれる接着剤（樹脂）によ

50

り変更することができる。例えば、接合部 40 を構成する樹脂の種類により最大せん断応力時ひずみ量を変更できる他、同種の樹脂を用いる場合であっても、高分子材料である樹脂における架橋点間の距離を制御することで、接合部 40 の最大せん断応力時ひずみ量を変更できる。具体的には、上記樹脂における架橋点となる官能基の含有量（官能基当量）を少なくすると、架橋点間の距離が長くなって樹脂の柔軟性が向上するため、最大せん断応力時ひずみ量を大きくすることができる。また、樹脂における反応性官能基の含有量が同等の場合であっても、樹脂の硬化温度や硬化時間等の硬化条件により、架橋点間の距離を制御することができる。すなわち、硬化温度を高める場合、あるいは、硬化時間を長くする場合には、樹脂の硬化がさらに進行し、架橋密度が増加して、架橋点間の距離が短くなる。

10

【0034】

また、接合部 40 の最大せん断応力時ひずみ量は、接合部 40 の厚みを厚くすることによって大きくすることもできる。

【0035】

また、接合部 40 における無機充填剤の含有割合が大きいほど、接合部 40 の最大せん断応力時ひずみ量が小さくなる傾向がある。これは、無機充填剤の含有割合が大きいほど、無機充填剤が周囲の樹脂（樹脂組成物）を拘束する程度が大きくなり、接合部 40 の柔軟性が低下して、接合部 40 がひずみ難くなるためと考えられる。

【0036】

接合部 40 を構成する接着剤としては、例えば、シリコン樹脂、アクリル樹脂、あるいはエポキシ樹脂等を用いることができる。特にシリコン樹脂は、比較的耐熱性および柔軟性に優れるため望ましい。これらの樹脂の中でもシリコン樹脂は、弾性率が比較的低いために、接合部 40 で生じる熱応力を緩和する機能が強く、また、耐熱温度が比較的高いため、望ましい。

20

【0037】

無機充填剤としては、セラミック、金属酸化物、金属、あるいは他の無機化合物を含む種々の無機材料から成る、粒状あるいは粉体状等の物質を用いることができる。具体的には、無機充填剤としては、例えば、窒化アルミニウム（ AlN ）、酸化アルミニウム（アルミナ： Al_2O_3 ）、酸化ジルコニウム（ジルコニア： ZrO_2 ）、酸化イットリウム（イットリア： Y_2O_3 ）、フッ化イットリウム（ YF_3 ）、炭化ケイ素（ SiC ）、窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）、二酸化ケイ素（シリカ： SiO_2 ）、酸化鉄、硫酸バリウム、炭酸カルシウム等を用いることができる。無機充填剤を構成する上記のような無機材料は、一般に、接着剤である樹脂よりも熱伝導率が高いため、接合部 40 に無機充填剤を添加することにより、接合部 40 における熱伝導性を高めることができる。特に、熱伝導率が比較的高く、接合部 40 の熱抵抗を抑え易くなるという観点から、無機充填剤を構成する材料としては、窒化アルミニウムや酸化アルミニウムや炭化ケイ素が好ましく、窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウムが特に好ましい。

30

【0038】

なお、接合部 40 は、さらに、硬化反応を促進する触媒、硬化や接着を促進して接着性を付与するためのシランカップリング剤、架橋剤、接着剤の硬化速度を調整するための反応抑制剤、あるいは粘度調整剤等を含んでいてもよい。接合部 40 が含む触媒としては、従来知られる種々の触媒を利用可能であり、例えば、白金触媒、ロジウム触媒、チタン触媒、ピスマス触媒等を用いることができる。中でも、反応性が高い白金触媒を用いることが望ましい。接合部 40 が含むシランカップリング剤としては、特に制限は無く、例えば、有機反応性基としてビニル基、エポキシ基、メタクリル基、アミノ基、メルカプト基、イソシアネート基のいずれかを有するものなど、従来知られるシランカップリング剤の中から適宜選択することができる。また、上記シランカップリング剤の代わりに、チタネート系カップリング剤やアルミネート系カップリング剤を使用してもよい。接合部 40 が含む架橋剤としては、1 分子中に少なくとも 3 つのヒドロシル基を有するオルガノハイドロジェンポリシロキサンを用いることができる。より具体的には、例えば、ポリメチルハ

40

50

イドロジェンシロキサン、および、ポリ（ジメチルシロキサン - メチルハイドロジェンシロキサン）の少なくとも一方を用いることができる。

【0039】

接合部40が含む反応抑制剤としては、従来知られる種々の反応抑制剤を利用可能であり、例えば、1, 3, 5, 7 - テトラメチル - 1, 3, 5, 7 - テトラビニルシクロテトラシロキサン、1, 1, 3, 3 - テトラメチル - 1, 3 - ジビニルジシロキサン、トリアリリソシアヌレート等を用いることができる。接合部40が含む粘度調整剤としては、従来知られる種々の粘度調整剤を利用可能であり、例えば、煙霧質シリカ、ヒュームドシリカ、コロイダルシリカ、煙霧質アルミナ、ヒュームドアルミナ、コロイダルアルミナ等を用いることができる。上記した触媒、シランカップリング剤、架橋剤、反応抑制剤、あるいは粘度調整剤等の種類および添加量は、例えば接合部40を構成する樹脂の種類等に応じて、適宜選択すればよい。

10

【0040】

接合部40の熱抵抗は、(1)式より、接合部40の厚さを薄くすることにより小さくすることができる。例えば、接合部40の厚みを0.5mm以下とすることで、接合部40の-60における熱抵抗を $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下にすることが容易になる。また、接合部40の熱伝導率を高めて、例えば0.7W/mK以上にすることで、接合部40の厚みを0.5mmより大きくしても、接合部40の-60における熱抵抗を $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下にすることが比較的容易になる。接合部40の熱伝導率を高めるには、例えば、後述するように、熱伝導率がより高い材料から成る無機充填剤を用いたり、無機充填剤の含有割合を高めたりすればよい。

20

【0041】

また、接合部40の熱抵抗は、例えば、接合部40に含まれる無機充填剤の材料や、接合部40における無機充填剤の含有量や、接合部40に含まれる樹脂の種類により変更することができる。熱伝導率がより高い材料によって構成される無機充填剤を用いることにより、また、無機充填剤の含有量を増加させることにより、また、熱伝導率がより高い樹脂を用いることにより、接合部40の熱伝導率を高めて、接合部40の熱抵抗を小さくすることができる。

【0042】

さらに、接合部40の熱抵抗は、接合部40に含まれる無機充填剤の粒子の形状により変更することができる。

30

【0043】

無機充填剤は、均質な材料により形成する他、例えば、無機充填剤の粒子本体を構成する材料とは異なる材料からなる被覆層を表面に設けてもよい。被覆層を構成する材料を適宜選択することにより、無機充填剤の耐水性を高めたり、無機充填剤と樹脂との馴染みを良好にして接合部40の柔軟性を高めたりすることが可能になる。例えば、無機充填剤として窒化アルミニウムの粉末を用いる際に、無機充填剤を構成する窒化アルミニウム粒子の表面に、二酸化ケイ素(SiO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、あるいはリン酸アルミニウム(AlPO_4)を含む被覆層を設けることとしてもよい。

【0044】

40

静電チャック10においては、一般に、ベース部30の方が板状部20よりも熱膨張率が高く、温度変化により大きく膨張・収縮する。そのため、温度条件によっては、ベース部30が熱膨張する程度の方が、板状部20が熱膨張する程度よりも大きくなる場合もある。このように、板状部20とベース部30との間で膨張や収縮の程度が異なるために、接合部40においては、X軸方向のせん断力が加わり、せん断応力が発生する。そのため、上記したように接合部40の最大せん断応力時ひずみ量の大きさを、より大きくすることで、接合部40に大きなせん断力が加わる場合であっても、接合部40で生じるせん断応力を低減し、接合部40の損傷を抑えることができる。

【0045】

以上説明したように、本実施形態の静電チャック10によれば、静電チャック10が備

50

える接合部 40 の熱抵抗が -60 の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下である。そのため、板状部 20 に対する入熱がより大きくなる場合であって、ベース部 30 がごく低温（例えば、 -60 ）にされる場合にも、静電チャック 10 における冷却性能を高めることができる。その結果、板状部 20 の過剰な温度上昇が抑えられ、温度上昇に起因するウェハの加工精度の低下を抑えると共に、板状部 20 とベース部 30 との温度差により接合部 40 で発生するせん断応力を抑制することができる。

【0046】

また、接合部 40 について、 -60 のときの熱伝導率を 1 とし、 25 のときの熱伝導率を 2 としたとき、 $1/2$ が 1.18 以下とするか、 -60 のときの熱抵抗を 1 とし、 25 のときの熱抵抗を 2 としたとき、 $1/2$ が 0.85 以上とすると、接合部 40 の温度変化に伴う熱伝導性の変化を小さくすることができるため、接合部 40 の上下および面内での温度差を抑制することができる。

10

【0047】

また、接合部 40 の 25 のときの熱抵抗を、 $1.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下にすると、静電チャック 10 の使用温度が室温（ 25 ）の場合にも、接合部 40 が良好な熱伝導性を有するため、板状部 20 を急速に冷却することができる。

【0048】

また、接合部 40 の最大せん断応力時ひずみ量を大きくするほど、接合部 40 の応力緩和性能が高まるため、接合部 40 の最大せん断応力時ひずみ量を 0.5 mm 以上とすることで、接合部 40 においてせん断応力が発生する場合であっても、せん断応力に起因する接合部 40 の損傷を抑えることができる。

20

【0049】

このような効果は、特に、静電チャック 10 が、より高出力のプラズマに晒される場合のように、板状部に対する入熱が大きい場合に、顕著に得られる。例えば、板状部 20 を加熱するためのヒータ電極を設けない場合であっても、高いプラズマパワーと共に静電チャック 10 を使用する場合には、板状部 20 の載置面とベース部 30 との間の温度差が大きくなり易いため、本実施形態による効果が顕著に得られる。

【実施例】

【0050】

以下では、本開示の保持装置について、実施例に基づいて説明する。ここでは、熱伝導率、熱抵抗、および最大せん断応力時ひずみ量の少なくとも一つが異なる種々の接合部に対応するサンプルとして、サンプル 1 ~ 11 までのシート状のサンプルを作製した。また、各シート状のサンプル 1 ~ 11 と同じ組成の接合部を備える静電チャック形態のサンプルを作製した。以下では、静電チャック形態のサンプルについても、接合部と同じ組成のシート状のサンプルと同じサンプル番号で呼ぶ。

30

【0051】

図 3 は、各サンプルの接合部の厚み、熱伝導率（ -60 、 25 ）、熱伝導率の比（ $-60/25$ ）、熱抵抗、熱抵抗の比（ $-60/25$ ）、最大せん断応力時ひずみ量の値と共に、静電チャックにおける板状部の温度分布、および降温速度の評価結果をまとめて示す説明図である。図 4 は、各サンプルの組成を示す説明図である。図 5 は、サンプルに用いられるアルミナ $10 \mu\text{m}$ の粒度分布を示す図である。図 6 は、サンプルに用いられる窒化アルミニウム $15 \mu\text{m}$ の SEM 像および粒度分布を示す図である。図 7 は、サンプルに用いられる窒化アルミニウム $5 \mu\text{m}$ の SEM 像および粒度分布を示す図である。図 8 は、サンプルに用いられる窒化アルミニウム $2 \mu\text{m}$ の SEM 像および粒度分布を示す図である。図 9 は、各サンプルの熱伝導率の温度依存性を示す説明図である。図 10 および図 11 は、各サンプルの熱抵抗の温度依存性を示す説明図である。図 10 および図 11 は、厚みが 0.5 mm のサンプル（サンプル 1、3、4、6、8、10）について示す。図 11 は、サンプル 1、3、4、6 について、拡大して（縦軸の最大値を図 10 より小さくして）示している。

40

【0052】

50

< 各サンプルの作製 >

[シート状のサンプルの作製]

各サンプルでは、接着剤として、シリコーン樹脂を用いた。具体的には、硬化前の接着剤材料（樹脂材料）として、ポリジメチルシロキサン、およびフェニル基 5 mol % 含有ポリジメチルシロキサンのいずれか一方を用いた。具体的には、サンプル 1 ~ 3 は、フェニル基 5 mol % 含有ポリジメチルシロキサンを用い、サンプル 4 ~ 11 は、ポリジメチルシロキサンを用いた。図 4 に示すように、サンプル 1 と 2、サンプル 4 と 5、サンプル 6 と 7、サンプル 8 と 9、サンプル 10 と 11 は、それぞれ、同一の組成であり、図 3 に示すように、一方は厚みが 0.5 mm であり、他方は厚みが 1 mm である。各サンプルの組成は、図 4 に示す通りである。

10

【 0053 】

図 4 に記載された充填剤であって、「アルミナ 10 μm 」は、平均粒子径が 10 μm のアルミナ粒子であり、BET 比表面積は 1.3 m^2/g である。粒度分布は、図 5 に示すとおりである。平均粒子径は、粒度分布を用いて、以下の方法により求めた。なお、アルミナ 10 μm の形状は、略真球状である（図 4）。ここで、充填剤を断面視したときの内接円の半径を R_1 とし、外接円の半径を R_2 としたときに、「 R_2/R_1 」の値の平均値が 1.0 に近い（例えば、1.05 未満）ものを「真球」としている。

平均粒子径は公知の粒子径分布測定装置を用いて測定することができる。充填剤を水中に分散させた後、例えばマイクロトラック MT3000 II を用いて測定し、累積頻度が 50 % となる径を平均粒子径とした。平均粒子径の求め方は、窒化アルミニウムについて

20

【 0054 】

「窒化アルミニウム 15 μm 」は、平均粒子径が 15 μm の窒化アルミニウム粒子であり、BET 比表面積は 0.9 m^2/g である。粒度分布は、図 6 に示すとおりである。「窒化アルミニウム 5 μm 」は、平均粒子径が 5 μm の窒化アルミニウム粒子であり、BET 比表面積は 1.3 m^2/g である。粒度分布は、図 7 に示すとおりである。「窒化アルミニウム 2 μm 」は、平均粒子径が 2 μm の窒化アルミニウム粒子であり、BET 比表面積は 2.8 m^2/g である。粒度分布は、図 8 に示すとおりである。窒化アルミニウムの形状は、角粒状である。ここで、「角粒状」は、図 6 ~ 図 8 の SEM（走査電子顕微鏡）像で示すように、角ばった不定形の粒子であり、直方体、真球、棒状、板状でなく形状である。充填剤の粒子形状が真球とは異なると角を有すると、粒子同士の接点が多くなって、接合部 40 内で熱伝導パスが形成され易くなり、接合部 40 の熱抵抗が小さくなる。

30

【 0055 】

シート状のサンプルの作製方法は、以下の通りである。

充填剤とシリコーン樹脂を混合し、ペースト状の接着剤を作製した。混合方法は特に制限はなく、公知の攪拌羽根による混合、三本ロール、ニーダー、自転・公転ミキサー、プラネタリーミキサーなどを使用することができる。作製したペースト状の接着剤を、公知の塗工装置で離型性のあるフィルムの上に塗り広げ、硬化させることでシート状のサンプルを得ることができる。塗工装置には例えば、ロールコーター、バーコーター、ダイコーター、ナイフコーターなどを用いることができる。離型性のあるフィルムには、例えばポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用いることができ、離型性を高めるため離型剤を塗布した PET フィルムを用いてもよい。上記の各種塗工装置では成形が困難な厚みのある硬化物、ブロック状の硬化物を得るためには、接着剤を所定の大きさの容器に入れたのち、硬化してもよい。ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）製の容器を用いると、取り出しやすく好適である。硬化のためには必要に応じて加熱してもよい。

40

【 0056 】

[静電チャック形態のサンプルの作製]

サンプル 1 ~ 12 の静電チャックは、いずれも、図 2 に示す第 1 実施形態の静電チャック 10 と同様の構成を有している。静電チャック 10 の形態のサンプルは、上記した半硬化させた接着ペーストを、板状部 20 とベース部 30 との間に配置して、その後、接着ペ

50

ーストを硬化させることにより作製した。板状部 20 としては、酸化アルミニウムによって構成される板状部（熱膨張率は 7 ppm/K ）を用い、ベース部 30 としては、アルミニウムによって構成されるベース部（熱膨張率は 23 ppm/K ）を用いた。板状部 20 および接合部の直径は 350 mm とした。

【0057】

< 評価方法 >

・熱伝導率

熱伝導率は、ブロック状のサンプルを対象として、公知の熱伝導率計（アグネ製熱伝導率測定装置 ARC-TC-1000）を使用し、熱線法（プローブ法）により測定した。なお、ブロック状のサンプルに代えて、静電チャックに組み込まれた接合部を対象として熱伝導率を測定する場合には、静電チャックの板状部を平面研削盤等で削り取り、接合部を露出させた後に、ナイフ等を用いて接合部を剥ぎ取って、熱伝導率の測定を行えばよい。

【0058】

・熱抵抗

熱抵抗 R は、上記のようにして測定した各サンプルの熱伝導率の測定値を用いて、以下の（1）式により求めた。（1）式において、 t は接合部の厚みであり、 κ は接合部の熱伝導率、すなわち、上記の様に測定した各サンプルの熱伝導率である。

【0059】

$$R (\text{m}^2 \text{K} / \text{W}) = t (\text{m}) \div (\kappa (\text{W} / \text{mK}) \dots (1)$$

【0060】

・最大せん断応力時ひずみ量

最大せん断応力時ひずみ量は、公知の引張試験機（島津製作所製オートグラフ AGS-5kNX）を使用し、引張試験によって測定した。

【0061】

図 12 は、最大せん断応力およびひずみ量の算出方法を模式的に示す説明図である。図 12（A）は、引張試験を正面から見た様子を表し、図 12（B）および図 12（C）は、側面から見た様子を表す。また、図 12（A）および図 12（B）は、試験開始時の様子を表し、図 12（C）は、試験開始後の様子を表す。サンプル 1～12 の試験片 70 は、各サンプルの半硬化の接着シートを、幅 25 mm × 長さ 100 mm × 厚さ 1 mm の 2 枚のアルミニウム板 80 の端から 12.5 mm の位置までの、 25 mm × 12.5 mm の部分にそれぞれ貼り付け、2 枚のアルミニウム板 80 を互いに逆方向に引っ張ることができる向きで貼り合わせた後、上記した半硬化の接着シートを硬化させることにより作製した。試験開始時の試験片 70 の厚さ t は、図 8～図 11 に示す接合部の厚さとした。次に、上記試験片にせん断力が作用するように、2 つのアルミニウム板 80 を引張試験の治工具で把持し、相対移動させた。ここでは、引張試験機を用いて、一方のアルミニウム板を接着面に平行な一方の方向に引張速度 2 mm/分 で移動させながら、荷重と、移動距離としてのひずみ量 ϵ とを測定した（図 12（C）参照）。引張試験機と治工具は十分に剛性の高いものを用い、引張試験機の治工具の移動距離をひずみ量 ϵ とした。図 12（B）では、2 つのアルミニウム板の相対的な移動の方向を、白抜き矢印で示している。荷重を移動前の試験片の接着面積（ 25 mm × 12.5 mm ）で除すことにより、せん断応力を算出した。このような 2 枚のアルミニウム板の相対移動を、試験片 70 が破断するまで継続し、せん断応力が最大となった時のせん断応力を、最大せん断応力（単位は、 MPa ）とした。最大せん断応力時ひずみ量（単位は、 mm ）は、図 12 に示す引張試験において、せん断応力が最大になったときのひずみ量 ϵ とした。なお、すでに静電チャックに組み込まれている接合部の最大せん断応力時ひずみ量を測定する場合には、例えば、以下のように行う。まず、レーザーカット等の加工方法により、接合部を被着体（板状部およびベース部）ごと切り出す。切り出す試験片の形状は、引張試験機の治具で保持することができ、かつ、接合されている 2 つの被着体を、図 12 に示されるように互いに逆方向に引っ張ることができる形状であればよい。引張試験を行う前に、切り出した試験片における接合部の面積と、接合部の厚さとを測定する。その後は、上述した方法と同様に引っ張り試験を

10

20

30

40

50

行い、最大せん断応力時ひずみ量を測定すればよい。

【0062】

・板状部の温度分布

静電チャックの各サンプル1～11について、板状部の温度分布を評価した。具体的には、各サンプルの板状部の表面温度の平均値が約100で時間的に一定になるように、板状部を加熱し、同時にベース部の冷媒流路に-60の冷媒を供給して冷却した。その時、板状部の表面温度の最大値と最小値との温度差が2未満を「 \square 」、2以上5未満を「○」、5以上を「×」と評価した。なお、板状部の表面温度とその時間変化は赤外線放射温度計を用いて測定した。板状部は、板状部にプラズマを照射することで加熱できる。また、板状部にヒータ電極を設けた場合は、ヒータ電極に通電することでも加熱でき、プラズマ照射による加熱と併用してもよい。

10

【0063】

・板状部の降温速度

静電チャックの各サンプル1～11について、上記板状部の温度分布の評価方法と同じく、板状部の表面温度の平均値が約100で時間的に一定になるように、板状部を加熱し、同時にベース部の冷媒流路に-60の冷媒を供給して冷却した後、板状部の加熱を停止し、ベース部の冷却を継続した。板状部の加熱を停止した時間を起点とし、板状部の表面温度の平均値の経時変化を測定した。板状部の平均温度が0以下に冷却されるのに要する時間を測定し、15秒以下の場合を「○」、15秒を超える場合を「×」と評価した。

20

【0064】

サンプル1～7は、下記〔1〕の要件を満たしている。

〔1〕接合部の熱抵抗は、-60の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下である。

【0065】

サンプル1～3は、上記〔1〕の要件に加え、さらに、下記〔2〕、〔3〕の要件を満たしている。

〔2〕接合部は、-60のときの熱伝導率を1とし、25のときの熱伝導率を2としたとき、 $1/2$ が1.18以下である。

〔3〕接合部は、-60のときの熱抵抗を1とし、25のときの熱抵抗を2としたとき、 $1/2$ が0.85以上である。

30

【0066】

サンプル1～6は、上記〔1〕の要件に加え、さらに、下記〔4〕の要件を満たしている。

〔4〕接合部は、25のときの熱抵抗が $1.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下である。

【0067】

サンプル1～7は、さらに、下記〔5〕の要件を満たしている。

〔5〕接合部は、25および-60のときの熱伝導率が0.7(W/mK)以上である。

【0068】

サンプル1、2、4、および5は、さらに、下記〔6〕の要件を満たしている。

40

〔6〕接合部は、窒化アルミニウム(AlN)を含有する。

【0069】

サンプル1～7は、さらに、下記〔7〕の要件を満たしている。

〔7〕接合部の最大せん断応力時ひずみ量は、0.5(mm)以上である。

【0070】

このように、サンプル8～11は、少なくとも上記〔1〕の要件を、いずれも満たしておらず、板状部の温度分布および降温速度の評価が「×」である(図3)。

【0071】

図3に示すように、サンプル1～7は、温度分布、および降温速度の評価が「○」または「 \square 」であり、良好である。すなわち、上記要件〔1〕を満たすことにより、板状部が

50

らベース部に対する熱の移動を良好にすることができたといえる。

【 0 0 7 2 】

さらに、サンプル 1 ~ 3 は、上記〔 2 〕、〔 3 〕の要件を満たしており、図 9、図 1 1 に示すように熱伝導率および熱抵抗が急激に変化する温度域がない。サンプル 4 ~ 7 は、サンプル 8 ~ 1 1 と比較して熱抵抗が小さく、板状部を急速に冷却することができるものの、熱伝導率および熱抵抗が、 $-20 \sim -40$ の範囲で急激に変化する（図 9、図 1 1）。そうすると、板状部において温度が低い部分がより冷却されるため、温度の均一性が低下する虞がある。これに対し、サンプル 1 ~ 3 は、上述の通り、熱伝導率および熱抵抗が急激に変化する温度域がないため、板状部の温度の均一性がサンプル 4 ~ 7 より良好である。

10

【 0 0 7 3 】

サンプル 1 ~ 7 は、上記〔 5 〕の要件を満たしており、温度分布および降温速度の評価が良好である。接合部は、 25 および -60 のときの熱伝導率が 0.7 (W/mK) 以上であると、極低温から常温の範囲に亘り、十分な熱伝導性を得ることができる。

【 0 0 7 4 】

サンプル 1、2、4、および 5 は、充填剤として窒化アルミニウム (AlN) を含有し、サンプル 3、6、および 7 は、充填剤としてアルミナを含有する（図 4）。そのため、サンプル 1、2、4、および 5 は、サンプル 3、6、および 7 より熱伝導率が高く、熱抵抗が小さく（図 3、図 9 ~ 図 1 1）、板状部の降温速度が 3、6、および 7 より速い。

【 0 0 7 5 】

20

サンプル 1、3、4、6 は、最大せん断応力時ひずみ量が 0.5 mm 以上である。最大せん断応力時ひずみ量とは、柔軟性や応力緩和性能を表す指標となる値であり、 0.5 mm 以上であれば、静電チャックの接合部の柔軟性および応力緩和性能を十分に確保することが可能になる。

【 0 0 7 6 】

< 熱伝導率の調整方法の検討 >

上記実施形態の接合部 4 0 を形成可能な材料を作成すべく、形成材料の熱伝導率の調整方法を検討した。具体的には、シリコーン樹脂（シリコーン接着剤）の種類と、充填剤の種類、および割合を変えた複数のサンプルを作成し、熱伝導率を測定した。詳しくは、第 1 シリコーン樹脂として、フェニル基 5 mol % 含有ポリジメチルシロキサンを主成分とするシリコーン樹脂を用い、第 2 シリコーン樹脂として、ポリジメチルシロキサンを主成分とするシリコーン樹脂を用いた。充填剤としては、窒化アルミニウムの粒子径が異なる 3 種 ($15 \mu m$ 、 $5 \mu m$ 、 $2 \mu m$) を用いた。第 1 シリコーン樹脂、第 2 シリコーン樹脂ともに加熱することにより硬化、接着することができるシリコーン樹脂（シリコーン接着剤）であり、主成分以外に、公知のシランカップリング剤、ポリジメチルシロキサン構造と硬化に必要な官能基を持つ架橋剤、シリコーンの硬化触媒などを含有する。

30

【 0 0 7 7 】

図 1 3、図 1 4 は、第 1 シリコーン樹脂を用いたサンプルの組成と熱伝導率を示す図である。図 1 5 は、第 1 シリコーン樹脂を用いたサンプルの熱伝導率の三角図を示す。図 1 6、図 1 7 は、第 2 シリコーン樹脂を用いたサンプルの組成と熱伝導率を示す図である。図 1 8 は、第 2 シリコーン樹脂を用いたサンプルの熱伝導率の三角図を示す。図 1 5、図 1 8 では、軸は、重量割合であり、ポイントの横に伝導率を図示している。図 1 3、図 1 4、図 1 6、および図 1 7 における熱伝導率は、C - T H E R M 社製 熱伝導率測定装置 T C i を使用して測定した。なお、上記図 3 に示した熱伝導率は、アグネ製熱伝導率測定装置 A R C - T C - 1 0 0 0) を使用し、熱線法（プローブ法）により測定しており、測定メカニズムが異なるため測定結果の大小関係は変化しないが、値そのものは必ずしも一致しない。

40

【 0 0 7 8 】

図 1 3 に示すサンプル S 1 の組成は、図 4 に示すサンプル 1、2 の組成と一致する。図 1 3、図 1 4 では、サンプル S 1 の熱伝導率を基準（「 1 」）とし、残余のサンプルの熱

50

伝導率を「熱伝導率の比」として示している。また、図 16 に示すサンプル S 18 の組成は、図 4 に示すサンプル 4、5 の組成と一致する。図 16、図 17 では、サンプル S 18 の熱伝導率を基準（「1」）とし、残余のサンプルの熱伝導率を「熱伝導率の比」として示している。

【0079】

図 15 では、熱伝導率 1.35 W/mK 以上を囲んで図示している。また、図 18 では、熱伝導率 1.30 W/mK 以上を囲んで図示している。また、図 15、および図 18 に示すように、第 1 シリコン樹脂を用いる場合も、第 2 シリコン樹脂を用いる場合も、 $15 \mu\text{m}$ の粒子の割合が多い場合が、熱伝導率が高い結果であった。ただし、 $15 \mu\text{m}$ の粒子だけの場合よりも、 $5 \mu\text{m}$ 、 $2 \mu\text{m}$ の粒子を添加した場合の方が、より高い熱伝導率が得られた。大きい粒子の間に小さい粒子が入り、粒子同士が近接したためと考えられる。

10

【0080】

熱伝導率が大きく変化しない接着剤は、ガラス転移温度や結晶化温度といった相転移温度が使用温度範囲に存在しない接着剤である。このような接着剤は、シリコン系接着剤の中でもフェニル基を $5 \text{ mol}\%$ 含有するシリコン接着剤である。フェニル基は、立体障害が大きいため、低温まで結晶化せず柔軟でかつ熱伝導率の変化が小さいと推定される。

【0081】

シリコン接着剤の高熱伝導化は、無機系充填剤を配合することで実現できる。高熱伝導化のためには、充填剤を多く配合する必要があるが、多く配合できる充填剤の形状は真球状や粒状である。棒状、板状、針状は流動性が低下してしまうため、多く配合することが困難であり、少量でも接着剤の硬度が上昇してしまうため静電チャックのような熱膨張率が異なる材料を接合する用途には使用できない。

20

【0082】

充填剤を配合した接着剤の熱伝導率をより高めるためには、充填剤の形状は、真球状よりも粒状がより好ましい。充填剤の粒子同士が接触もしくはできるだけ近接した場所が多い方が好ましい。粒状の場合、部分的に突起があったり、窪んだりしているため、隣の粒子との接点が増加するためと考えられる。

【0083】

接着剤の高熱伝導化の観点では、芳香族官能基を備えることが好ましい。芳香族官能基を含む方が密度が高く、同じ重量割合で配合した場合、芳香族官能基を含む方が体積割合での含有量は、樹脂が減り、充填剤が増加するためと考えられる。別の理由は、ポリジメチルシロキサンのようなシグマ結合よりも、芳香族基のようなパイ結合の方が熱伝導性が高いことが考えられる。また、芳香族基は、アルミナや窒化アルミニウム中のアルミニウムのような金属原子や、表面処理剤に含まれるリン原子に対して配位することができるため、充填剤と接着剤の界面の熱抵抗を下げ、全体として熱伝導率を高めることに寄与することも考えられる。

30

【0084】

B. 第 2 実施形態：

図 19 は、第 2 実施形態の静電チャック 10 A の構成を模式的に示す断面図である。図 20 は、図 19 における X 部の拡大図である。第 2 実施形態の静電チャック 10 A は、第 1 実施形態の静電チャック 10 に加え、端子用貫通孔 60（図 19）を備える。第 2 実施形態の静電チャック 10 A において、第 1 実施形態の静電チャック 10 と共通する部分には同じ参照番号を付す。端子用貫通孔 60 を、単に「孔部」とも呼ぶ。

40

【0085】

図 19 に示すように、端子用貫通孔 60 は、ベース部 30 A および接合部 40 A を貫通し、板状部 20 A において、吸着電極 22 の下方まで至っている。端子用貫通孔 60 内には、電極端子 62 が配置され、ビア 72 を介して吸着電極 22 と電氣的に接続される。

【0086】

詳しくは、図 20 に示すように、板状部 20 A には、ビア 72 を介して吸着電極 22 に導通する電極パッド 74 が配置されている。本実施形態では、Z 軸方向視での電極パッド

50

74の形状は、略円形である。電極パッド74およびビア72は、導電性材料（例えば、タングステンやモリブデン等）により形成されている。

【0087】

ベース部30Aに形成された端子用貫通孔60内には、Z軸方向に延びる柱状の電極端子62が配置されている。本実施形態では、電極端子62の断面（面方向に平行な断面）は、円形である。電極端子62の上端は、電極パッド74まで達しており、電極端子62は、例えば金属ろう材による接合部によって電極パッド74に接合されている。

【0088】

ベース部30Aの端子用貫通孔60内に配置された電極端子62とベース部30Aとの間を絶縁するため、ベース部30Aの端子用貫通孔60内には絶縁部64が配置されている。絶縁部64は、電極端子62と端子用貫通孔60の表面との間に介在するように、電極端子62を連続的に取り囲んでいる。絶縁部64は、例えば、樹脂やセラミックス等の絶縁材料により構成されている。本実施形態では、絶縁部64の熱伝導率は、板状部20Aの熱伝導率より低い（すなわち、板状部20Aの熱伝導率は、絶縁部64の熱伝導率より高い）。なお、絶縁部64の周り、具体的には、絶縁部64と電極端子62との間や、絶縁部64と板状部20Aとの間、絶縁部64とベース部30Aの間には、孔用接合部66が配置されている。孔用接合部66は、接合部40Aを構成する材料と同一の材料により形成されており、絶縁部64を電極端子62や板状部20A、ベース部30Aに接合する。詳しくは、孔用接合部66は、絶縁部64における板状部20Aの第2面26に対向する端面64Sと、板状部20Aとを接合する。また、孔用接合部66は、接合部40Aより厚みが薄い。端子用貫通孔60の部分は、ベース部30Aの中で、熱伝導性が低いため、板状部20Aの温度分布に温度差が生じる原因になりやすい。接合部40Aを構成する材料とベース部30Aを構成する材料とでは、熱伝導率は接合部40Aを構成する材料の方が低いため、孔用接合部66を接合部40Aより薄くすることで、熱伝導性の低下を抑制し、温度差が生じる可能性を低減している。

【0089】

吸着電極22への給電のための構成は上述の通りである。静電チャック10の使用時には、吸着電極22に、電源（図示せず）から、電極端子62、電極パッド74およびビア72を介して吸着電極22に至る導通経路を介して、電圧が印加される。これにより、ウェハWを吸着面S1に吸着固定するための静電引力が発生する。

【0090】

端子用貫通孔60において、一般的なシリコン接着剤等の樹脂接着剤を用いて絶縁部64と静電チャック10Aとを接合すると、接着剤の熱伝導性が良くないため、板状部20Aにおいて、端子用貫通孔60に対応する部分の放熱性が低下し、板状部20Aの第1面24における温度の不均一性が大きくなる虞がある。これに対し、本実施形態の静電チャック10Aによれば、接合部40Aと同一の材料により形成され、熱伝導性が良好な孔用接合部66を介して板状部20Aの端子用貫通孔60と対応する部分を放熱させることができる。その結果、板状部20Aの温度の不均一性をさらに抑制することができる。

【0091】

本開示は、上述の実施形態等に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【0092】

本開示は、以下の適用例としても実現することが可能である。

[適用例1]

対象物を保持する保持装置であって、

前記対象物が載置される側の第1面と、前記第1面の裏面である第2面とを有する板状

10

20

30

40

50

に形成される板状部と、

前記板状部の前記第2面側に配置され、前記板状部を支持し、冷却機能を有し、板状に形成されるベース部と、

前記板状部と前記ベース部との間に配置され、前記板状部と前記ベース部とを接合する接合部と、

を備え、

前記接合部の熱抵抗は、 -60 の時に $1.1 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下であることを特徴とする、

保持装置。

[適用例 2]

10

適用例 1 に記載の保持装置であって、

前記接合部は、

-60 のときの熱伝導率を 1 とし、 25 のときの熱伝導率を 2 としたとき、 $1/2$ が 1.18 以下であること、および

-60 のときの熱抵抗を 1 とし、 25 のときの熱抵抗を 2 としたとき、 $1/2$ が 0.85 以上であること、

の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴とする、

保持装置。

[適用例 3]

適用例 1 または適用例 2 に記載の保持装置であって、

20

前記接合部は、 25 のときの熱抵抗が $1.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2 \text{K/W)}$ 以下であることを特徴とする、

保持装置。

[適用例 4]

適用例 1 から適用例 3 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

前記接合部は、 25 および -60 のときの熱伝導率が 0.7 (W/mK) 以上であることを特徴とする、

保持装置。

[適用例 5]

適用例 1 から適用例 4 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

30

前記接合部は、窒化アルミニウム (AlN) を含有することを特徴とする、

保持装置。

[適用例 6]

適用例 1 から適用例 5 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

前記接合部の最大せん断応力時ひずみ量は、 0.5 (mm) 以上であることを特徴とする、

保持装置。

[適用例 7]

適用例 1 から適用例 6 のいずれか一項に記載の保持装置であって、

40

前記ベース部を貫通する孔部と、

前記孔部の内壁を覆う絶縁部と、

前記絶縁部における前記板状部の前記第2面に対向する端面と、前記板状部とを接合する孔用接合部と、

を有し、

前記孔用接合部は、前記接合部を構成する材料と同一の材料により形成されており、かつ、前記接合部より厚みが薄いことを特徴とする、

保持装置。

【符号の説明】

【 0 0 9 3 】

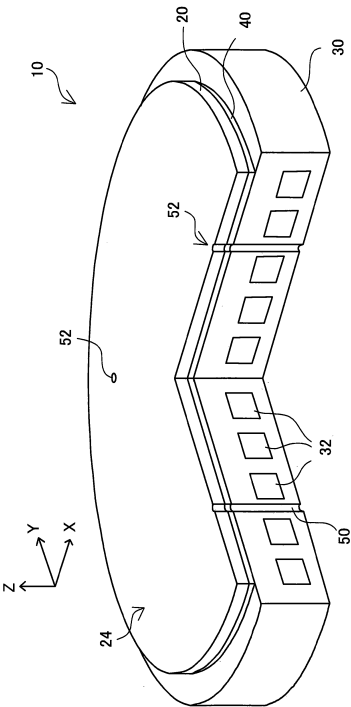
10、10A... 静電チャック

50

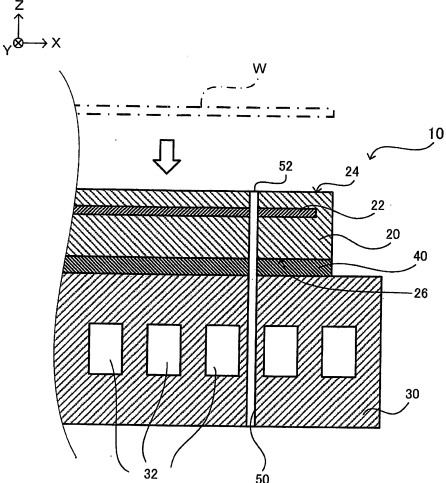
- 2 0、2 0 A ...板状部
- 2 2 ...吸着電極
- 2 4 ...第 1 面
- 2 6 ...第 2 面
- 3 0、3 0 A ...ベース部
- 3 2 ...冷媒流路
- 4 0、4 0 A ...接合部
- 5 0 ...ガス供給路
- 5 2 ...ガス吐出口
- 6 0 ...端子用貫通孔
- 6 2 ...電極端子
- 6 4 ...絶縁部
- 6 4 S ...端面
- 6 6 ...孔用接合部
- 7 0 ...試験片
- 7 2 ...ビア
- 7 4 ...電極パッド
- 8 0 ...アルミニウム板
- W ...ウェハ

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

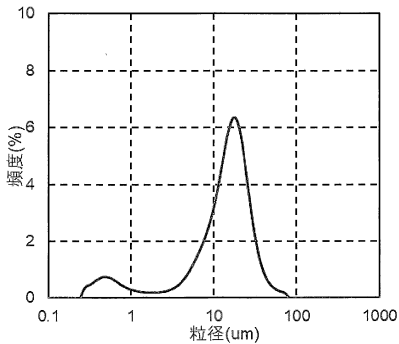
【図 3】

サンプル No.	厚み (mm)	熱伝導率 (W/mK)		熱伝導率の比 -60℃/25℃	熱抵抗 ×10 ⁻⁴ (m ² K/W)		熱抵抗の比 -60℃/25℃	温度分布	降温速度	最大せん断応力時 ひずみ量 (mm)
		-60℃	25℃		-60℃	25℃				
1	0.5	1.09	0.99	1.10	4.59	5.05	0.91	◎	○	1
2	1	1.09	0.99	1.10	9.17	10.1	0.91	◎	○	—
3	0.5	0.78	0.71	1.10	6.41	7.04	0.91	◎	○	1
4	0.5	1.23	0.99	1.24	4.07	5.05	0.80	○	○	1
5	1	1.23	0.99	1.24	8.13	10.1	0.80	○	○	—
6	0.5	0.92	0.75	1.23	5.43	6.67	0.82	○	○	1
7	1	0.92	0.75	1.23	10.9	13.3	0.82	○	○	—
8	0.5	0.43	0.35	1.23	11.6	14.3	0.81	×	×	1.2
9	1	0.43	0.35	1.23	23.3	28.6	0.81	×	×	—
10	0.5	0.20	0.16	1.25	25.0	31.3	0.80	×	×	1.5
11	1	0.20	0.16	1.25	50.0	62.5	0.80	×	×	—

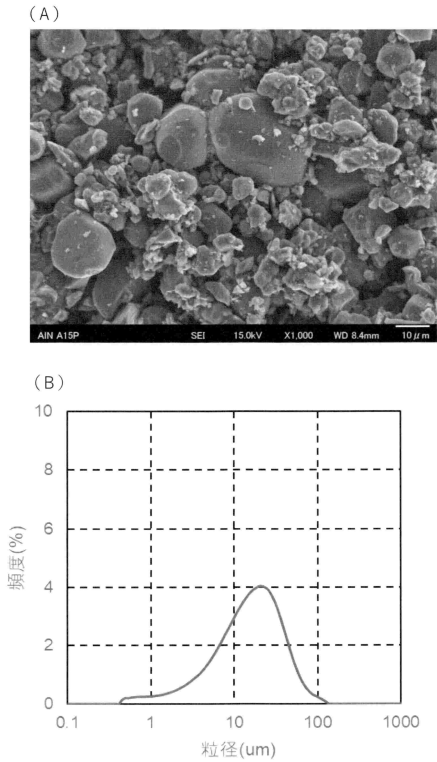
【図 4】

サンプル No.	シリコーン 樹脂(重量%)		充填剤(重量%)				充填剤合 計(重量%)	合計(重 量%)	充填剤合 計(体積%)	充填剤の 形状		
			アルミナ	窒化アルミニウム								
				10um	15μm	5μm					2μm	
1	0	フェニル基 5mol%含有 ポリジメチル シロキサン	0	47.4	18.2	7.3	72.9	100	45.4	角粒状		
2				75	0	0	75.0	100	45.4	真球		
3				27.1	0	47.4	18.2	7.3	72.9	100	44.4	角粒状
4												
5												
6				25.0	0	75	0	0	75.0	100	44.4	真球
7												
8												
9	50.0	0	50	0	0	50.0	100	21.0	真球			
10	100.0	0	0	0	0	0	0	100	0			
11												

【図 5】



【図 6】



10

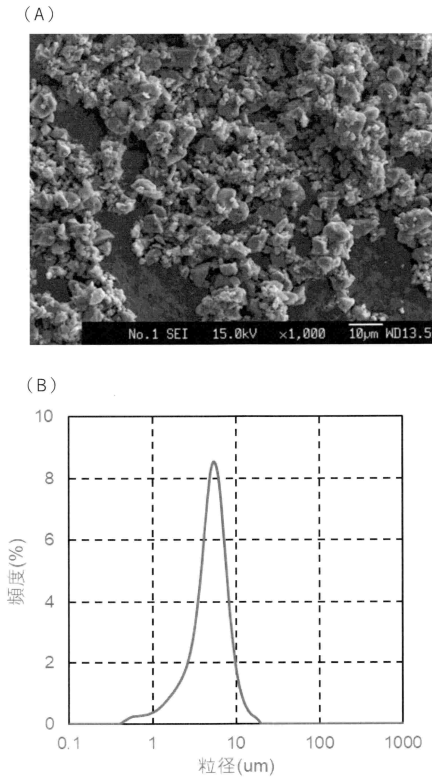
20

30

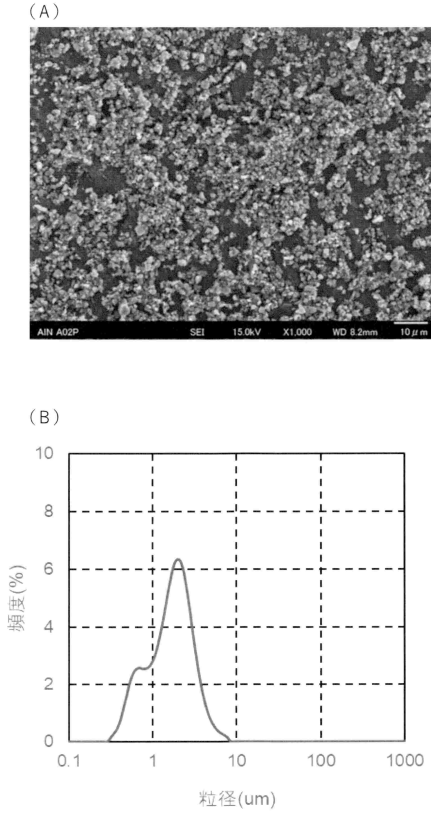
40

50

【図 7】



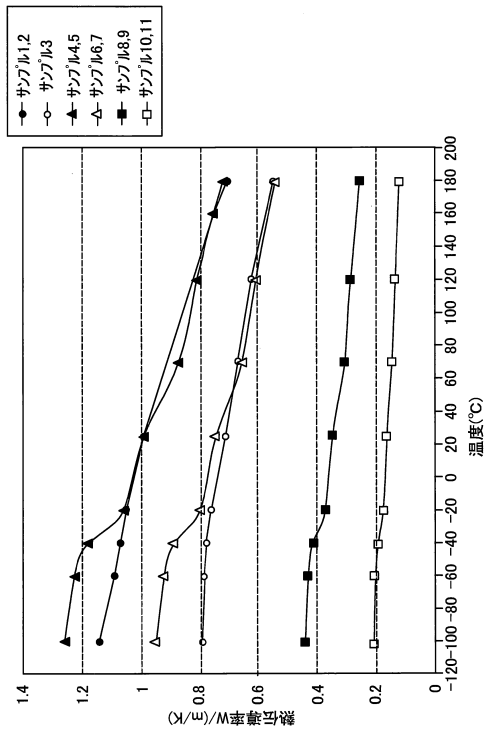
【図 8】



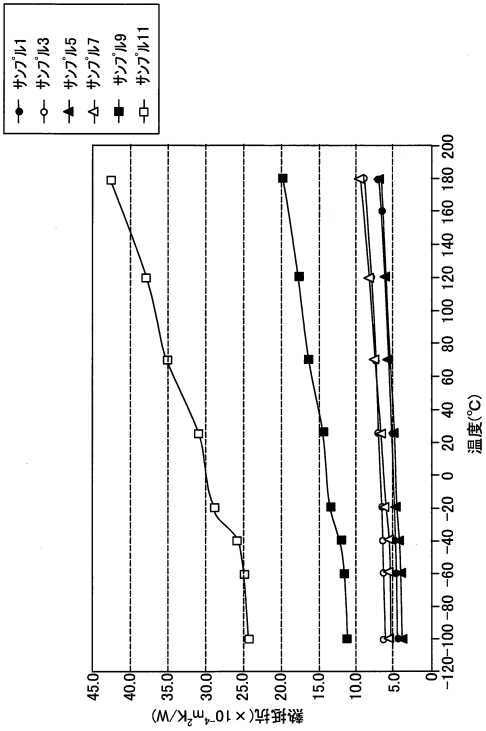
10

20

【図 9】



【図 10】

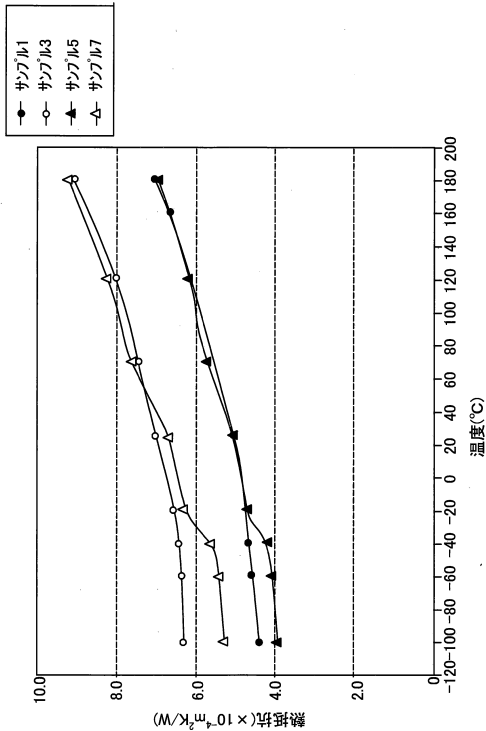


30

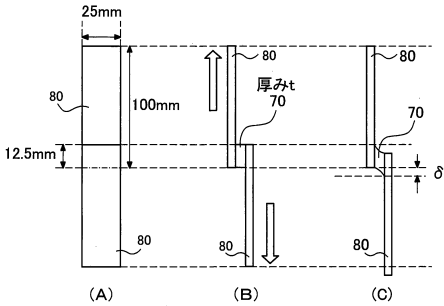
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

サンプルNo.		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
シリコーン樹脂 (重量%)	ポリジメチルシロキサン	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	フェニル基5mol%含有ポリジメチルシロキサン	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
充填剤 (重量%)	アルミナ10um	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	窒化アルミニウム15um	47.4	72.9	0	0	51.0	51.0	0	0	21.9
	窒化アルミニウム5um	18.2	0	72.9	0	21.9	0	51.0	21.9	0
	窒化アルミニウム2um	7.3	0	0	72.9	0	21.9	21.9	51.0	51
充填剤合計(重量%)		72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9
合計(重量%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100
充填剤合計(体積%)		45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4
充填剤の形状		角ばった粒状								
熱伝導の比		1	0.96	0.82	0.85	0.94	1.04	0.91	0.86	0.95
熱伝導率 (W/mK)		1.41	1.36	1.15	1.19	1.33	1.46	1.29	1.21	1.33

【図 1 4】

サンプルNo.		S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
シリコーン樹脂 (重量%)	ポリジメチルシロキサン	0	0	0	0	0	0	0	0
	フェニル基5mol%含有ポリジメチルシロキサン	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
充填剤 (重量%)	アルミナ10um	0	0	0	0	0	0	0	0
	窒化アルミニウム15um	21.9	24.3	36.5	36.5	24.3	58.3	24.3	47.4
	窒化アルミニウム5um	51	24.3	12.2	24.3	36.5	7.3	12.2	7.3
	窒化アルミニウム2um	0	24.3	24.3	12.2	12.2	7.3	36.5	18.2
充填剤合計(重量%)		72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9
合計(重量%)		100	100	100	100	100	100	100	100
充填剤合計(体積%)		45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4
充填剤の形状		角ばった粒状							
熱伝導の比		0.86	0.93	1	0.97	0.95	0.98	0.9	0.96
熱伝導率 (W/mK)		1.21	1.31	1.41	1.37	1.33	1.38	1.27	1.35

10

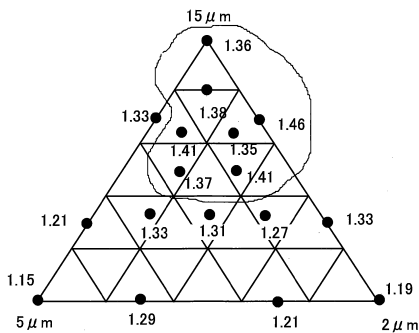
20

30

40

50

【図 15】



【図 16】

サンプルNo.		S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
シリコーン樹脂 (重量%)	ポリジメチルシロキサン	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
	フェニル基5mol%含有ポリジメチルシロキサン	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アルミナ10um	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	窒化アルミニウム15um	47.4	72.9	0	0	51.0	51.0	0	0	21.9
充填剤 (重量%)	窒化アルミニウム5um	18.2	0	72.9	0	21.9	0	51.0	21.9	0
	窒化アルミニウム2um	7.3	0	72.9	0	21.9	0	21.9	51.0	51.0
充填剤合計(重量%)		72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9
合計(重量%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100
充填剤合計(体積%)		44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4
充填剤の形状		角ばった粒状								
熱伝導の比		1	0.96	0.81	0.84	0.94	1.04	0.91	0.86	0.94
熱伝導率 (W/mK)		1.36	1.31	1.10	1.14	1.28	1.41	1.24	1.16	1.28

10

20

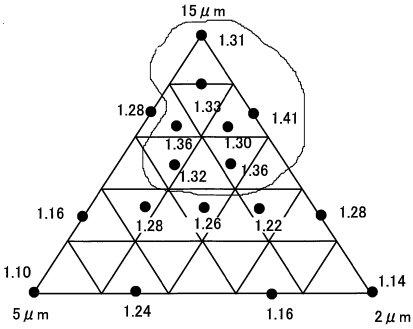
【図 17】

サンプルNo.		S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34
シリコーン樹脂 (重量%)	ポリジメチルシロキサン	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
	フェニル基5mol%含有ポリジメチルシロキサン	0	0	0	0	0	0	0	0
	アルミナ10um	0	0	0	0	0	0	0	0
	窒化アルミニウム15um	21.9	24.3	36.5	36.5	24.3	58.3	24.3	47.4
充填剤 (重量%)	窒化アルミニウム5um	51.0	24.3	12.2	24.3	36.5	7.3	12.2	7.3
	窒化アルミニウム2um	0	24.3	24.3	12.2	12.2	7.3	36.5	18.2
充填剤合計(重量%)		72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9	72.9
合計(重量%)		100	100	100	100	100	100	100	100
充填剤合計(体積%)		44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4
充填剤の形状		角ばった粒状							
熱伝導の比		0.85	0.93	1.00	0.97	0.94	0.98	0.89	0.96
熱伝導率 (W/mK)		1.16	1.26	1.36	1.32	1.28	1.33	1.22	1.30

30

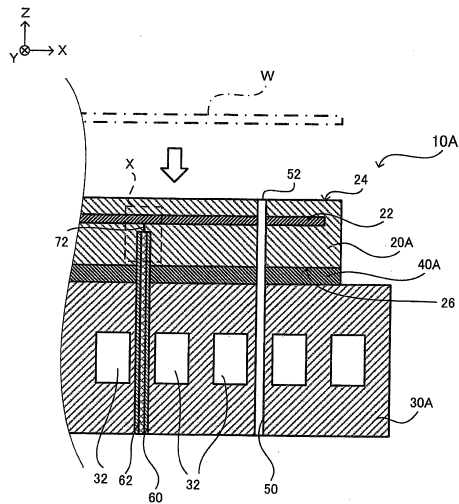
40

【図 18】

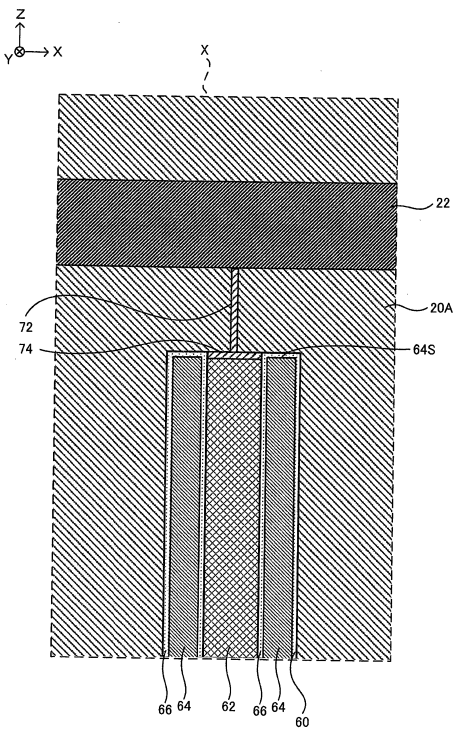


50

【図 19】



【図 20】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

特殊陶業株式会社内
(72)発明者 稲吉 輝
名古屋市東区東桜一丁目 1 番 1 号 日本特殊陶業株式会社内
審査官 鈴木 孝章
(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 1 9 4 3 2 0 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 2 3 0 8 8 (J P , A)
特開 2 0 2 1 - 1 1 1 6 8 8 (J P , A)
特開 2 0 2 1 - 0 3 4 4 1 3 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 3 1 5 4 1 (J P , A)
五十嵐一郎, 高分子系複合材料の熱伝導性制御, 日本ゴム協会誌, 第70巻第3号, 日本, 日本ゴム協会, 1997年, 115-122
J.Hone,M.C.Llaguno,M.J.Biercuk,A.T.Johson,B.Batlogg,Z.Benes,J.E.Fischer , Thermal properties of carbon nanotubes and nanotube-based materials , Applied physics A , 米国, 2001年 10月17日, 74 , 339-343
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 6 8 3
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5