

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7629012号
(P7629012)

(45)発行日 令和7年2月12日(2025.2.12)

(24)登録日 令和7年2月3日(2025.2.3)

(51)国際特許分類 F I
H 0 5 K 7/20 (2006.01) H 0 5 K 7/20 F

請求項の数 3 (全18頁)

(21)出願番号	特願2022-530641(P2022-530641)	(73)特許権者	000003296 デンカ株式会社 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和3年6月11日(2021.6.11)	(74)代理人	100207756 弁理士 田口 昌浩
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/022361	(72)発明者	和田 光祐 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/251495	(72)発明者	藤 清隆 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内
(87)国際公開日	令和3年12月16日(2021.12.16)	(72)発明者	谷口 佳孝 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内
審査請求日	令和5年6月1日(2023.6.1)	審査官	五貫 昭一
(31)優先権主張番号	特願2020-102303(P2020-102303)		
(32)優先日	令和2年6月12日(2020.6.12)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放熱シート

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

無機フィラー成分と樹脂成分とを配合してなる熱伝導性樹脂組成物を成形してなる放熱シートであって、

前記無機フィラー成分は第1の無機フィラー及び第2の無機フィラーを含み、

前記無機フィラー成分の粒度分布は、前記第1の無機フィラーに起因する第1の極大点及び前記第2の無機フィラーに起因する第2の極大点を有し、

前記第1の極大点の粒径が40 μm以上であり、前記第2の極大点の粒径が前記第1の極大点の粒径の3分の2以下であり、

前記第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドまでの間の頻度の積算量が75%以上であり、

表面粗さが1.5 ~ 3.0 μmであり、

厚さが0.2 mm以下である放熱シート。

【請求項2】

前記無機フィラー成分の粒度累積において、0 ~ 15 μmの粒径の頻度の積算量が60%未満である請求項1に記載の放熱シート。

【請求項3】

厚さが0.05 mm以下の基材をさらに含む請求項1又は2に記載の放熱シート。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は熱伝導性樹脂組成物を成形してなる放熱シートに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

パワーデバイス、トランジスタ、サイリスタ、CPU等の発熱性電子部品においては、使用時に発生する熱を如何に効率的に放熱するかが重要な課題となっている。従来から、このような放熱対策としては、(1)発熱性電子部品を実装するプリント配線板の絶縁層を高熱伝導化する、(2)発熱性電子部品又は発熱性電子部品を実装したプリント配線板を電気絶縁性の熱インターフェース材(Thermal Interface Materials)を介してヒートシンクに取り付ける、ことが一般的に行われてきた。プリント配線板の絶縁層及び熱インターフェース材としては、シリコン樹脂やエポキシ樹脂にセラミックス粉末を充填させたものが使用されている。

10

【 0 0 0 3 】

近年、発熱性電子部品内の回路の高速・高集積化、及び発熱性電子部品のプリント配線板への実装密度の増加に伴って、電子機器内部の発熱密度は年々増加している。そのため、従来にも増して高い熱伝導率を有するセラミックス粉末が求められてきている(例えば、特許文献1参照)。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 文献 】 特開平9 - 202663号公報

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

近年、発熱性電子部品の小型化に伴い、薄い放熱シートが求められている。ところで、セラミック原料粉末と有機質系成分とから構成された薄い成形体を連続して得る方法としてドクターブレード法が知られている。ドクターブレード法は、均一なスラリーをキャリアフィルムの上に薄く延ばして成形体を得る方法である。ドクターブレード法は、電子機器用のセラミック基板、IC用のセラミックパッケージ、多層セラミックパッケージ、多層セラミック回路基板、セラミックコンデンサー等に広く使用されている。薄い放熱シートを量産するという観点から、薄い放熱シートもドクターブレード法で作製することが望ましい。ドクターブレード法では、ブレードとキャリアフィルムとの間隙からスラリーを流出して、シート状の成形体を作製する。そして、ブレードとキャリアフィルムとの間の寸法を小さくすることにより、成形体を薄くすることができる。しかし、従来の厚さを有する放熱シートに含まれているセラミックス粉末を用いて製造したスラリーでは、ブレードとキャリアフィルムとの間の寸法を小さくして、熱伝導性を高い水準で維持しつつ、薄い放熱シートを作製するのは困難であった。

30

【 0 0 0 6 】

そこで、本発明は優れた熱伝導性を有する薄い放熱シート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 】

40

【 0 0 0 7 】

本発明者らは、上記の目的を達成すべく鋭意研究を進めたところ、特定の粒径の無機フィラーを組み合わせて使用し、表面粗さが所定の範囲になるまで無機フィラーを充填すれば、良好な熱伝導性を発揮しつつ、0.2mm以下、さらには0.15mm以下の放熱シートになることを見出した。

本発明は、上記の知見に基づくものであり、以下を要旨とする。

[1] 無機フィラー成分と樹脂成分とを配合してなる熱伝導性樹脂組成物を成形してなる放熱シートであって、無機フィラー成分は第1の無機フィラー及び第2の無機フィラーを含み、無機フィラー成分の粒度分布は、第1の無機フィラーに起因する第1の極大点及び第2の無機フィラーに起因する第2の極大点を有し、第1の極大点の粒径が15µm以上

50

であり、第2の極大点の粒径が第1の極大点の粒径の3分の2以下であり、第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドまでの間の頻度の積算量が50%以上であり、表面粗さが1.5~3.0 μmであり、厚さが0.2 mm以下である放熱シート。

[2] 無機フィラー成分の粒度累積において、0~15 μmの粒径の頻度の積算量が60%未満である上記[1]に記載の放熱シート。

[3] 厚さが0.05 mm以下の基材をさらに含む上記[1]又は[2]に記載の放熱シート。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、優れた熱伝導性を有する薄い放熱シートを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】 図1は、無機フィラー成分の粒度分布の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の放熱シートは、無機フィラー成分と樹脂成分とを配合してなる熱伝導性樹脂組成物を成形してなるものである。

【0011】

[熱伝導性樹脂組成物]

本発明の熱伝導性樹脂組成物は無機フィラー成分と樹脂成分とを配合してなるものである。

【0012】

(無機フィラー成分)

無機フィラー成分は第1の無機フィラー及び第2の無機フィラーを含み、無機フィラー成分の粒度分布は、第1の無機フィラーに起因する第1の極大点及び第2の無機フィラーに起因する第2の極大点を有する。第1の極大点の粒径が15 μm以上であり、第2の極大点の粒径が第1の極大点の粒径の3分の2以下である。第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドまでの間の頻度の積算量が50%以上である。

【0013】

熱伝導性樹脂組成物中の無機フィラー成分の粒度分布は、例えば、以下のようにして測定できる。トルエン、キシレン、塩素系炭化水素など溶剤を用いて熱伝導性樹脂組成物の無機フィラー成分以外の成分を溶かし出して、熱伝導性組成物から無機フィラー成分以外の成分を除く。そして、残った無機フィラー成分の粒度分布を、ベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置(LS-13320)を用いて測定する。また、3つ以上のピークが存在する場合は、極大点の頻度が最も高いピークを第1の無機フィラーに起因する極大点を有するピークとし、その次に極大点の頻度が高いピークを第2の無機フィラーに起因する極大点を有するピークとする。なお、本明細書において粒度分布における頻度の単位は体積%である。

【0014】

<第1の無機フィラー>

第1の無機フィラーは、樹脂成分よりも熱伝導率が高い無機フィラーであれば特に限定されない。第1の無機フィラーには、例えば、アルミナ粒子、窒化アルミニウム粒子、窒化ホウ素粒子などが挙げられる。これらの第1の無機フィラーは、1種を単独で、又は2種以上を組み合わせて使用することができる。これらの中で、第1の無機フィラーは好ましくは窒化ホウ素粒子である。第1の無機フィラーが窒化ホウ素粒子であると、放熱シートの熱伝導率をさらに高くすることができる。熱伝導率をさらに高くすることができるという観点から、塊状窒化ホウ素粒子がより好ましい。塊状窒化ホウ素は六方晶窒化ホウ素一次粒子が凝集してなるものである。塊状窒化ホウ素粒子には熱伝導率をさらに高くすることができるというメリットがあるものの、一次粒子が剥がれて熱伝導性樹脂組成物のス

10

20

30

40

50

ラリーの粘度が上昇し、薄い放熱シートを製造しづらくなるデメリットもある。このような観点から、第1の無機フィラーは、さらに好ましくは、六方晶窒化ホウ素一次粒子が凝集してなり、圧壊強度が6 MPa以上である塊状窒化ホウ素粒子である。これを用いることにより、熱伝導性樹脂組成物のスラリーを作製しているとき、第1の無機フィラーの一部が第1の無機フィラーから剥がれて、熱伝導性樹脂組成物のスラリーの粘度が増加することをさらに抑制できる。以下、圧壊強度が6 MPa以上である塊状窒化ホウ素粒子を単に塊状窒化ホウ素粒子と呼び、圧壊強度が6 MPa未満である塊状窒化ホウ素粒子を凝集窒化ホウ素粒子と呼ぶ。

【0015】

第1の無機フィラーに起因する第1の極大点の粒径は15 μm以上である。第1の無機フィラーに起因する第1の極大点の粒径が15 μm未満であると、熱伝導性樹脂組成物が第1の無機フィラーを高充填で含むことができなくなり、熱伝導性樹脂組成物を用いて作製した放熱シートの熱伝導率が低くなる場合がある。このような観点から、第1の極大点の粒径は、好ましくは20 μm以上であり、より好ましくは30 μm以上であり、よりさらに好ましくは40 μm以上であり、とくに好ましくは50 μm以上である。また、第1の極大点の粒径は、好ましくは100 μm以下である。第1の極大点の粒径が100 μm以下であると、熱伝導性樹脂組成物を用いて薄い放熱シートを作製できる。このような観点から、第1の極大点の粒径は、より好ましくは90 μm以下であり、さらに好ましくは80 μm以下である。

【0016】

なお、上記の粒径を有する第1の無機フィラーは市販品を用いてもよい。また、第1の無機フィラーとして用いるために塊状窒化ホウ素粒子を製造する場合には、第1の極大点の粒径は、例えば、塊状窒化ホウ素粒子の原料であるB₄Cの平均粒子径を調整することにより調節することができる。すなわち、塊状窒化ホウ素粒子の原料であるB₄Cの平均粒子径を大きくすれば、第1の極大点の粒径は大きくなり、B₄Cの平均粒子径を小さくすれば、第1の極大点の粒径は小さくなる。また、第1の極大点の粒径が第1の無機フィラーに起因するとは、第1の無機フィラーの粒度分布の極大点が無機フィラー成分の粒度分布に第1の極大点として現れることをいう。なお、第1の無機フィラー以外の無機フィラー成分の粒度分布の影響で、第1の極大点の粒径が第1の無機フィラーの粒度分布の極大点の粒径から若干異なる場合がある。

【0017】

上記の通り、第1の無機フィラーは、六方晶窒化ホウ素一次粒子が凝集してなり、圧壊強度が6 MPa以上である塊状窒化ホウ素粒子であることが好ましい。塊状窒化ホウ素粒子の圧壊強度が6 MPa未満であると、熱伝導性樹脂組成物をスラリー状にするとき、塊状窒化ホウ素粒子の一部が塊状窒化ホウ素粒子から剥がれ、熱伝導性樹脂組成物の粘度が増加して、ドクターブレード法により薄い成形体を作製することができない場合がある。また、樹脂成分との混練時や熱伝導性樹脂組成物のプレス時等に加わる塊状窒化ホウ素粒子に対する応力により、塊状窒化ホウ素粒子が崩れてしまい、放熱シートの熱伝導率が低下する場合がある。このような観点から、塊状窒化ホウ素粒子の圧壊強度は、好ましくは7 MPa以上であり、より好ましくは8 MPa以上であり、さらに好ましくは9 MPa以上であり、よりさらに好ましくは10 MPa以上であり、特に好ましくは11 MPa以上である。なお、塊状窒化ホウ素粒子の圧壊強度の上限値は、特に限定されないが、例えば30 MPa以下である。

【0018】

塊状窒化ホウ素粒子および凝集窒化ホウ素粒子の圧壊強度は、JIS R1639-5:2007に準拠して測定することができる。具体的には、以下のようにして測定することができる。トルエン、キシレン、塩素系炭化水素など溶剤を用いて熱伝導性樹脂組成物の無機フィラー成分以外の成分を溶かし出して、熱伝導性樹脂組成物から無機フィラー成分以外の成分を除く。そして、残った無機フィラー成分の粒度分布をベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置、(LS-13320)を用いて

10

20

30

40

50

測定する。次に、無機フィラー成分を微小圧縮試験器（「MCT-W500」株式会社島津製作所製）の試料台に散布後、無機フィラー成分のX方向及びY方向の径を測ってその平均を無機フィラー成分の粒径とする。第1の極大点の粒径 $\pm 5 \mu\text{m}$ の範囲内の粒径を有する無機フィラー成分を5個選び出し、1粒ずつ圧縮試験を行う。そして、圧壊強度（ P : MPa）は、粒子内の位置によって変化する無次元数（ $n = 2.48$ ）と圧壊試験力（ P : N）と粒径（ d : μm ）から $n \times P / (d \times d^2)$ の式を用いて算出する。JIS R 1625 : 2010に準拠して5個の無機フィラー成分の圧壊強度をワイブルプロットし、累積破壊率が63.2%となる圧壊強度を第1の無機フィラーの圧壊強度とする。なお、「63.2%の累積破壊率」とは、上記JIS R 1639 - 5 : 2007が引用するJIS R 1625 : 2010に教示されている、ワイブル（Weibull）分布関数における $\ln \ln \{ 1 / (1 - F(t)) \} = 0$ を満たす値として知られているものであり、粒子の個数基準の値である。

10

【0019】

第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドの間の頻度の積算量は50%以上である。上記積算量が50%未満であると、第1の無機フィラー以外の無機フィラーにより、熱伝導性樹脂組成物の粘度が増加して、ドクターブレード法により薄い成形体を作製することができない場合がある。このような観点から、上記積算量は、好ましくは60%以上であり、より好ましくは70%以上である。また、無機フィラー成分が後述の第2の無機フィラーを含有することによる効果を発現できるようにするために、上記積算量は、好ましくは90%以下であり、より好ましくは80%以下である。特に強度の高い大きめの第1の無機フィラーと、後述する第2の無機フィラーとの組み合わせにより、製造性を改善するとともに、無機フィラーが密に詰まった放熱シートにすることができる。なお、第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドの間の頻度の積算量は、概ね、第1の無機フィラーの無機フィラー成分における含有量（体積%）である。したがって、無機フィラー成分の組成を分析することにより、第1の極大点に該当する無機フィラーを判別することができる。

20

【0020】

図1を参照して、第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドの間の頻度の積算量を説明する。図1は、無機フィラー成分の粒度分布の一例を示す図である。横軸は対数である。符号M1は第1の極大点を示し、符号M2は第2の極大点を示す。また、PSはピークスタートを示し、PEはピークエンドを示す。なお、図1に示すように、隣り合うピークの裾が重なる場合は、ピークの谷になる位置がピークスタート（PS）となる。そして、第1の極大点（M1）を有するピークの斜線の部分の積算量が、第1の極大点（M1）を有するピークにおけるピークスタート（PS）からピークエンド（PE）の間の頻度の積算量となる。また、ピークエンド側で隣り合うピークの裾が重なる場合は、ピークの谷になる位置がピークエンドとなる。

30

【0021】

上記の通り、第1の無機フィラーとしては、圧壊強度の高い塊状窒化ホウ素粒子の使用が好ましい。そこで、この圧壊強度の高い窒化ホウ素塊状粒子の製造方法について説明する。

40

六方晶窒化ホウ素一次粒子が凝集してなり、圧壊強度が6 MPa以上である塊状窒化ホウ素粒子は、例えば、ホウ素とアセチレンブラックとを原料として炭化ホウ素を合成し、得られた炭化ホウ素に対して（1）加圧窒化焼成工程及び（2）脱炭結晶化工程を実施することにより塊状窒化ホウ素粒子を製造することができる。以下、各工程を詳細に説明する。

【0022】

（1）加圧窒化焼成工程

加圧窒化焼成工程では、平均粒子径が6 ~ 55 μm で炭素量18 ~ 21%の炭化ホウ素を加圧窒化焼成する。これにより、本発明の塊状窒化ホウ素粒子の原料として好適な炭素化ホウ素を得ることができる。

50

【 0 0 2 3 】

(i) 加圧窒化工程に使用する原料の炭化ホウ素

加圧窒化工程で使用する原料の炭化ホウ素の平均粒子径が最終的にできる塊状窒化ホウ素粒子に強く影響するため、適切な粒径のものを選択する必要があり、平均粒子径 6 ~ 55 μm の炭化ホウ素を原料として使用することが望ましい。その際、不純物のホウ酸や遊離炭素が少ないことが望ましい。

【 0 0 2 4 】

原料の炭化ホウ素の平均粒子径は、好ましくは 6 μm 以上であり、より好ましくは 7 μm 以上であり、さらに好ましくは 10 μm 以上であり、そして、好ましくは 55 μm 以下であり、より好ましくは 50 μm 以下であり、さらに好ましくは 45 以下 μm である。また、原料の炭化ホウ素の平均粒子径は、好ましくは 7 ~ 50 μm であり、より好ましくは 10 ~ 45 μm である。なお、炭化ホウ素の平均粒子径は、ベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置 (L S - 1 3 3 2 0) を用いて測定することができる。

10

【 0 0 2 5 】

加圧窒化工程で使用する原料の炭化ホウ素の炭素量は組成上の B_4C (2 1 . 7 %) より低いことが望ましく、18 ~ 21 % の炭素量を有する炭化ホウ素を使用することが望ましい。炭化ホウ素の炭素量をこのような範囲にするのは、後述の脱炭結晶化工程の際に発する炭素量が少ない方が、緻密な塊状窒化ホウ素粒子が生成されるためであり、最終的にできる塊状窒化ホウ素粒子の炭素量を低くするためでもある。また炭素量 18 % 未満の安定な炭化ホウ素を作製することは理論組成との乖離が大きくなり過ぎて困難である。

20

【 0 0 2 6 】

(i i) 加圧窒化焼成

加圧窒化焼成は、特定の焼成温度及び加圧条件の雰囲気にて行う。加圧窒化焼成における焼成温度は、好ましくは、1800 ~ 2200 である。加圧窒化焼成における圧力は、好ましくは 0 . 6 ~ 1 . 0 M P a である。加圧窒化焼成における雰囲気として、窒化反応が進行するガスが求められ、例えば、窒素ガス及びアンモニアガス等が挙げられ、これらを単独で又は 2 種以上組み合わせ使用することができる。このうち、窒素ガスが窒化のため、またコスト的に好適である。加圧窒化焼成における焼成時間は、好ましくは 6 ~ 30 時間である。

30

【 0 0 2 7 】

(2) 脱炭結晶化工程

脱炭結晶化工程では、加圧窒化工程にて得られた炭窒化ホウ素を、(a) 常圧以上の雰囲気にて、(b) 特定の昇温温度で (c) 特定の温度範囲の焼成温度になるまで昇温を行い、(d) 焼成温度で一定時間保持する熱処理を行う。これにより、一次粒子 (一次粒子が鱗片状の六方晶窒化ホウ素) が凝集して塊状になった塊状窒化ホウ素粒子を得ることができる。とくに上記熱処理の条件を後述する範囲にすれば、圧壊強度を 6 M P a 以上とすることができる。

この脱炭結晶化工程において、上述の如き、調製された炭化ホウ素から得られた炭窒化ホウ素を、脱炭化させるとともに、所定の大きさの鱗片状にさせつつ、凝集させて塊状窒化ホウ素粒子とする。

40

【 0 0 2 8 】

より具体的には、脱炭結晶化工程では、加圧窒化焼成工程で得られた炭窒化ホウ素 100 質量部と、酸化ホウ素及びホウ酸の少なくとも一方の化合物 65 ~ 130 質量部とを混合して混合物を作製し、得られた混合物を脱炭開始可能な温度に上昇させた後、昇温温度 5 / m i n 以下で 1800 以上の焼成温度になるまで昇温を行い、上記焼成温度で 0 . 5 時間超 40 時間未満保持する熱処理を行う。

【 0 0 2 9 】

脱炭結晶化工程における「(a) 常圧以上の雰囲気」の圧力条件は、好ましくは常圧以上であり、より好ましくは 0 . 1 M P a 以上である。また、雰囲気の圧力条件の上限値は、

50

特に限定されないが、好ましくは1MPa以下である。脱炭結晶化工程における上記「雰囲気」は、窒素ガスが好適である。

脱炭結晶化工程における「(b)特定の昇温温度」の昇温は、1段階又は多段階のいずれでもよい。「脱炭開始可能な温度」は、特に限定されず、通常行っている温度であればよく、例えば800~1200程度(好適には、約1000)であればよい。「第1段階の昇温」は、例えば、5~20/minの範囲で行うことができ、好適には8~12/minである。

「(c)特定の温度範囲の焼成温度になるまで昇温」における特定の温度範囲(昇温後の焼成温度)は、1800以上であり、さらに好ましくは2000以上としてもよい。また保持温度の上限値は特に限定されないが、好ましくは2200以下、より好ましくは2100以下にできる。保持温度が1800未満と低すぎると、粒成長が十分に起こらず、熱伝導率が低下する恐れがある。一方保持温度が1800以上であると、粒成長が良好に起こりやすく、熱伝導率が向上しやすいという効果を奏する。

10

「(d)焼成温度で一定時間保持」の一定時間保持(昇温後の焼成時間)は、結晶化が十分に進むものであれば特に限定はされず、好ましい実施形態においては例えば、0.5時間超40時間未満の範囲、より好ましくは1~30時間の範囲とすることができる。また保持時間は、好ましくは1時間以上、より好ましくは3時間以上、さらに好ましくは5時間以上、さらにより好ましくは10時間以上としてもよい。また保持時間の上限値は、好ましくは30時間以下、より好ましくは20時間以下にしてもよい。保持時間が1時間以上の場合には粒成長が良好に起こることが期待され、また保持時間が30時間以下であると、粒成長が進みすぎて粒子強度が低下することを低減でき、また、焼成時間が長いことで工業的にも不利になることも低減できると期待できる。

20

【0030】

そして、上記加圧窒化焼成工程及び上記脱炭結晶化工程を経て、本発明の塊状窒化ホウ素粒子を得ることができる。さらに、塊状窒化ホウ素粒子間の弱い凝集をほぐす場合には、脱炭結晶化工程にて得られた塊状窒化ホウ素粒子を、粉碎又は解砕し、さらに分級することが望ましい。粉碎及び解砕は、特に限定されず、一般的に使用されている粉碎機及び解砕機を用いればよく、また、分級は、平均粒子径が20µm以上になるような一般的な篩分け方法を用いればよい。例えば、ヘンシェルミキサーや乳鉢により解砕をおこなった後、振動篩機による分級をする方法などが挙げられる。

30

【0031】

<第2の無機フィラー>

第2の無機フィラーに起因する第2の極大点の粒径は第1の極大点の粒径の3分の2以下である。第2の極大点の粒径が第1の極大点の粒径の3分の2よりも大きいと、熱伝導性樹脂組成物は無機フィラー成分を高充填で含むことができず、優れた熱伝導性を有する薄い放熱シートを作製できない場合がある。このような観点から、第2の極大点の粒径は、好ましくは第1の極大点の粒径の60%の粒径以下であり、より好ましくは第1の極大点の粒径の55%の粒径以下であり、さらに好ましくは第1の極大点の粒径の52%の粒径以下である。なお、第2の極大点の粒径の下限値は、例えば、第1の極大点の粒径の20%以上であり、30%以上または40%以上が好ましい。また、第2の極大点は、第1の極大点と同様にして測定することができる。なお、第2の極大点は複数あってもよい。また、第2の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドの間の頻度の積算量は、概ね、第2の無機フィラーの無機成分における含有量(体積%)である。したがって、無機フィラー成分の組成を分析することにより、第2の極大点に該当する無機フィラーを判別することができる。

40

第2の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドの間の頻度の積算量は50%以下であり、45%以下であってよく、40%以下であってよく、35%以下であってよい。下限は10%以上であってよく、15%以上であってよく、20%以上であってよく、25%以上であってよい。

【0032】

50

第2の無機フィラーも、樹脂成分よりも熱伝導率が高い無機フィラーであれば特に限定されない。第2の無機フィラーには、例えば、アルミナ粒子、窒化アルミニウム粒子、窒化ホウ素粒子などが挙げられる。これらの第2の無機フィラーは、1種を単独で、又は2種以上を組み合わせ使用することができる。これらの中で、第2の無機フィラーは好ましくは窒化ホウ素粒子である。第2の無機フィラーが窒化ホウ素粒子であると、熱伝導性樹脂組成物を用いて作製した放熱シートの熱伝導率をさらに高くすることができる。熱伝導率をさらに高くすることができるという観点から、塊状窒化ホウ素粒子がより好ましい。塊状窒化ホウ素は六方晶窒化ホウ素一次粒子が凝集してなるものである。塊状窒化ホウ素粒子には熱伝導率をさらに高くすることができるというメリットがあるものの、一次粒子が剥がれて製造しづらくなるデメリットもある。このような観点から、第2の無機フィラーも、さらに好ましくは、六方晶窒化ホウ素一次粒子が凝集してなり、圧壊強度が6 MPa以上である塊状窒化ホウ素粒子である。以下、第2の無機フィラーについても、圧壊強度が6 MPa以上である塊状窒化ホウ素粒子を単に塊状窒化ホウ素粒子と呼び、圧壊強度が6 MPa未満である塊状窒化ホウ素粒子を凝集窒化ホウ素粒子と呼ぶ。なお、第2の無機フィラーの塊状窒化ホウ素粒子は、第1の無機フィラーの塊状窒化ホウ素粒子と同様な方法で作製することができる。また、塊状窒化ホウ素粒子の原料であるB₄Cの平均粒子径を調整することにより、第2の無機フィラーに起因する第2の極大点の粒径を第1の極大点の粒径の3分の2以下とすることができる。

10

【0033】

第2の無機フィラーについても、塊状窒化ホウ素粒子および凝集窒化ホウ素粒子の圧壊強度は、JIS R 1639-5:2007に準拠して測定することができる。具体的には、以下のようにして測定することができる。トルエン、キシレン、塩素系炭化水素など溶剤を用いて熱伝導性樹脂組成物の無機フィラー成分以外の成分を溶かし出して、熱伝導性樹脂組成物から無機フィラー成分以外の成分を除く。そして、残った無機フィラー成分の粒度分布をベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置、(LS-13320)を用いて測定する。次に、無機フィラー成分を微小圧縮試験器(「MCT-W500」株式会社島津製作所製)の試料台に散布後、無機フィラー成分のX方向及びY方向の径を測ってその平均を無機フィラー成分の粒径とする。第2の極大点の粒径 $\pm 5 \mu\text{m}$ の範囲内の粒径を有する無機フィラー成分を5個選び出し、1粒ずつ圧縮試験を行う。そして、圧壊強度(: MPa)は、粒子内の位置によって変化する無次元数(= 2.48)と圧壊試験力(P : N)と粒径(d : μm)から $= \times P / (\times d^2)$ の式を用いて算出する。JIS R 1625:2010に準拠して5個の無機フィラー成分の圧壊強度をワイブルプロットし、累積破壊率が63.2%となる圧壊強度を第2の無機フィラーの圧壊強度とする。

20

30

【0034】

無機フィラー成分の粒度累積において、0~15 μm の粒径の頻度の積算量が60%未満である好ましい。そうすると、無機フィラー成分における粒径が15 μm 以上である無機フィラーの含有量が、概ね40体積%以上となり、熱伝導性樹脂組成物が無機フィラー成分を高充填で含むことができ、熱伝導性樹脂組成物を用いて作製した放熱シートの熱伝導率をさらに高くすることができる。このような観点から、無機フィラー成分の粒度累積において、0~15 μm の粒径の頻度の積算量は、より好ましくは50%未満であり、さらに好ましくは40%未満であり、よりさらに好ましくは30%未満である。

40

【0035】

(樹脂成分)

樹脂成分の樹脂には、例えばエポキシ樹脂、シリコン樹脂(シリコンゴムを含む)、アクリル樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、不飽和ポリエステル、フッ素樹脂、ポリアミド(例えば、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド等)、ポリエステル(例えば、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート等)、ポリフェニレンエーテル、ポリフェニレンスルフィド、全芳香族ポリエステル、ポリスルホン、液晶ポリマー、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネート、マレイミド変性

50

樹脂、ABS樹脂、AAS（アクリロニトリル - アクリルゴム・スチレン）樹脂、AES（アクリロニトリル・エチレン・プロピレン・ジエンゴム - スチレン）樹脂などが挙げられる。これらの中で、耐熱性、柔軟性及びヒートシンク等への密着性の観点から、シリコン樹脂が好ましい。シリコン樹脂は有機過酸化物による加硫して硬化するものが好ましい。熱伝導性樹脂組成物の25における粘度は、シート状の成形体の柔軟性を改善する観点から、例えば、100,000cp以上である。

【0036】

無機フィラー成分および樹脂成分の合計100体積%中の無機フィラー成分の含有量は、30～85体積%が好ましく、40～80体積%がより好ましい。無機フィラー成分の含有量が30体積%以上の場合、熱伝導率が向上し、十分な放熱性能が得られやすい。また、無機フィラー成分の含有量が85体積%以下の場合、成形時に空隙が生じやすくなることを低減でき、絶縁性や機械強度が低下することを低減できる。また、熱伝導性樹脂組成物100体積%中の樹脂成分の含有量は、15～70体積%が好ましく、20～60体積%がより好ましい。

10

【0037】

（溶媒）

熱伝導性樹脂組成物の粘度を調節するために、熱伝導性樹脂組成物は溶媒をさらにも含む。溶媒は、樹脂成分を溶解でき、熱伝導性樹脂組成物を塗布したのち、塗布した熱伝導性樹脂組成物から容易に除去されるものであれば特に限定されない。樹脂成分がシリコン樹脂である場合、溶媒には、例えば、トルエン、キシレン、塩素系炭化水素などが挙げられる。除去が容易であるという観点から、これらの溶媒の中でトルエンが好ましい。溶媒の含有量は、熱伝導性樹脂組成物の目的とする粘度により適宜選択することができる。溶媒の含有量は、例えば、熱伝導性樹脂組成物の溶媒以外の成分100質量部に対して40～200質量部である。

20

【0038】

なお、熱伝導性樹脂組成物は、無機フィラー成分、樹脂成分および溶媒以外の成分が含まれてもよい。その他の成分は添加剤、不純物等であり、その他の成分の含有量は、無機フィラー成分および樹脂成分の合計100質量部に対して、好ましくは5質量部以下であり、より好ましくは3質量部以下であり、さらに好ましくは1質量部以下である。

【0039】

〔放熱シート〕

上述したように、本発明の放熱シートは上記熱伝導性樹脂組成物を成形してなるものである。本発明の熱伝導性樹脂組成物を用いることにより、ドクターブレード法によって、薄い放熱シートを容易に作製することができる。本発明の放熱シートの厚さは、0.20mm以下である。放熱シートの厚さが0.20mm以下であると、発熱性電子部品の小型化に伴う放熱シートの厚さの要求に応えることができる。このような観点から、放熱シートの厚さは、より好ましくは0.15mm以下であり、さらに好ましくは0.12mm以下であり、よりさらに好ましくは0.10mm以下である。

30

【0040】

また、本発明の放熱シートの表面粗さは1.5～3.0μmである。第1の無機フィラーと第2の無機フィラーとの組み合わせを採用しつつ、表面粗さが1.5μm以上になるまで、無機フィラー成分を十分に充填することで、放熱シートを薄くしつつも、十分な熱伝導性を達成できる。これは、特定の無機フィラーの組み合わせを用いることで、充填量を高くできることに加えて、熱が伝達しやすい充填形態になるためと推測される。放熱シートの表面粗さが1.5μm未満であると、熱伝導性が低くなる場合がある。熱伝導性樹脂組成物中の無機フィラー成分の割合が低くなるか、上記の特殊な充填形態が形成されないためと考えられる。なお、熱伝導性樹脂組成物中の無機フィラー成分の割合が低いと、無機フィラー成分は樹脂成分の中に埋もれてしまい、放熱シートの表面は非常に平滑になる。一方、放熱シートの表面粗さが3.0μmよりも大きいと、熱伝導性が低くなる場合がある。無機フィラー成分が十分に密なパッキング状態になっておらず、充填率が高めら

40

50

れておらず、上記の充填形態に至らず熱伝導性が高まらなると考えられる。放熱シートの表面粗さは算術平均粗さ R_a であり、算術平均粗さ R_a は、JIS B 0601:2013「製品の幾何特性使用(GPS) - 表面性状: 輪郭曲線方式 - 用語, 定義及び表面性状パラメータ」の記載に準拠して測定する。

【0041】

放熱シートは、厚さが0.05mm以下の基材を含むことが好ましい。これにより、放熱シートを薄くできるとともに、放熱シートの取扱い中に放熱シートが破損することを抑制できる。基材は、熱伝導性樹脂組成物層を保持でき、適度な強度を有し、厚さが0.05mm以下であり、柔軟性を有するものであれば特に限定されない。基材には、例えば、紙、布、フィルム、不織布、金属箔などが挙げられる。これらの中で、熱伝導性樹脂組成物層との接着性が良好であり、また、目開き部分を設けることで、基材による熱伝導性樹脂組成物の熱伝導の阻害を抑制できるという観点から、布が好ましく、基材を薄くし、かつ目開きを大きくしても基材の強度をある程度、維持できるという観点から、ガラスクロス及びポリアミド-イミド繊維クロスがより好ましく、ガラスクロスがさらに好ましい。また、放熱シートを薄くできるという観点から、基材の厚さはより好ましくは0.03mm以下である。また、基材の強度の観点から、基材の厚さは好ましくは0.005mm以上である。基材がガラスクロスである場合、熱伝導性樹脂組成物とガラスクロスとの間に隙間ができることを抑制するために、ガラスクロスにシランカップリング処理を施してもよい。

【0042】

放熱シートはドクターブレード法で作製することができる。例えば、放熱シートは以下のように作製することができる。無機フィラー成分、樹脂成分などの溶媒以外の原料を溶媒に分散させてスラリー状の熱伝導性樹脂組成物を作製する。なお、以下、スラリー状の熱伝導性樹脂組成物を、単に、「スラリー」と呼ぶ場合がある。なお、第1の無機フィラーとして用いられる塊状窒化ホウ素粒子は圧壊強度が6MPaと高いので、溶媒以外の原料を溶媒に分散させるとき、六方晶窒化ホウ素一次粒子は塊状窒化ホウ素粒子から、ほとんど剥がれない。これにより、熱伝導性樹脂組成物の溶媒以外の原料を溶媒に分散させるとき、スラリーの粘度が上昇することを抑制できる。溶媒量を増やすことにより、スラリーの粘度を低下させることもできる。しかし、この場合、熱伝導性樹脂組成物をシート状に成形する際、熱伝導性樹脂組成物が発泡したり、シート状に成形した成形体から溶媒を除去する際、熱伝導性組成物中の加硫剤、硬化剤等の添加剤が失効したりすることがあるので、溶媒量を増やすことなく、スラリーの粘度を低下させることが望ましい。また、第1の無機フィラーとして用いられる塊状窒化ホウ素粒子の平均粒子径はおよそ15 μ m以上と比較的大きいので、熱伝導性樹脂組成物の溶媒以外の原料を溶媒に分散させた後、分散した無機フィラー成分が凝集してスラリーが不均一になることを抑制できる。なお、無機フィラーの平均粒子径が非常に小さいと、分散した無機フィラーが凝集してスラリーが不均一になる場合がある。

【0043】

作製したスラリーはドクターブレード装置に供給される。ドクターブレード装置は、ブレードとキャリアフィルムとの間隙からスラリーを流出して、熱伝導性樹脂組成物をシート状に成形する。なお、成形体の厚さは、ブレードとキャリアフィルムとの間の寸法及びキャリアフィルムの移動速度を調節することにより、精度よくコントロールすることができる。また、スラリーの圧力をより精度よく制御して、成形体の厚さをさらに精度よくコントロールするために、2枚のブレードを持つドクターブレード装置を用いてもよい。

【0044】

ブレードとキャリアフィルムとの間隙から流出したスラリーは、キャリアフィルムと一緒にドクターブレード装置内を移動し、移動している間に乾燥して固化してシート状の成形体となる。得られたシート状の成形体は、例えば、加圧及び加熱し硬化させて放熱シートとなる。なお、放熱シートをキャリアフィルムから容易に剥離できるようにするために、キャリアフィルムの表面に剥離剤を塗布してもよい。剥離剤には、例えば、シリコーン

系剥離剤、アルキルペンダント系剥離剤、縮合ワックス系剥離剤などが挙げられる。

【0045】

放熱シートが基材を含む場合は、例えば、放熱シートは以下のように作製される。ドクターブレード法により得られた、キャリアフィルムの付いた2枚のシート状の成形体で基材をサンドイッチして積層体を得る。このときの積層体の層構造は、キャリアフィルム/熱伝導性樹脂組成物/基材/熱伝導性樹脂組成物/キャリアフィルムとなる。そして、積層体は加圧及び加熱され、キャリアフィルムを剥がして、放熱シートとなる。なお、この場合も、放熱シートをキャリアフィルムから容易に剥離できるようにするために、キャリアフィルムの表面に剥離剤を塗布してもよい。

【0046】

放熱シートはカレンダー加工によっても作製することができる。しかし、シート状の熱伝導性樹脂組成物がカレンダーロールを通過する際、熱伝導性樹脂組成物中の塊状窒化ホウ素粒子から塊状窒化ホウ素粒子の一部が剥がれるおそれがある。したがって、放熱シートはドクターブレード法により作製することが好ましい。

【実施例】

【0047】

以下、本発明について、実施例及び比較例により、詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0048】

実施例及び比較例の熱伝導性樹脂組成物に対して以下の評価を行った。

(スラリーの粘度)

実施例及び比較例の放熱シートの作製に使用したスラリーの粘度は、B型粘度計を用いて、静置後30秒後のスラリーの粘度を回転速度20rpmで測定した。

【0049】

(粒度分布)

トルエンを用いて熱伝導性樹脂組成物の無機フィラー成分以外の成分を溶かし出して、熱伝導性樹脂組成物から無機フィラー成分以外の成分を除いた。残った無機フィラー成分の粒度分布をベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置、(LS-13320)を用いて測定した。そして、得られた粒度分布から第1の極大値及び第2の極大値、並びに第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドまでの間の頻度の積算量を求めた。

【0050】

(圧壊強度)

塊状窒化ホウ素粒子および凝集窒化ホウ素粒子の圧壊強度は、JIS R1639-5:2007に準拠して測定した。具体的には、トルエン、キシレン、塩素系炭化水素など溶剤を用いて熱伝導性樹脂組成物の無機フィラー成分以外の成分を溶かし出して、熱伝導性樹脂組成物から無機フィラー成分以外の成分を除いた。そして、残った無機フィラー成分の粒度分布をベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置、(LS-13320)を用いて測定した。次に、無機フィラー成分を微小圧縮試験器(「MCT-W500」株式会社島津製作所製)の試料台に散布後、無機フィラー成分のX方向及びY方向の径を測ってその平均を無機フィラー成分の粒径とした。第1の極大点の粒径 $\pm 5 \mu\text{m}$ の範囲内の粒径を有する無機フィラー成分を5個選び出し、1粒ずつ圧縮試験を行った。そして、圧壊強度(: MPa)は、粒子内の位置によって変化する無次元数(= 2.48)と圧壊試験力(P : N)と粒径(d : μm)から = $\times P / (\times d^2)$ の式を用いて算出した。JIS R1625:2010に準拠して5個の無機フィラー成分の圧壊強度をワイブルプロットし、累積破壊率が63.2%となる圧壊強度を第1の無機フィラーの圧壊強度とした。同様な方法で、第2の無機フィラーの圧壊強度も測定した。

【0051】

(0~15 μm の粒径の頻度の積算量)

トルエンを用いて熱伝導性樹脂組成物の無機フィラー成分以外の成分を溶かし出して、放熱シートから無機フィラー成分以外の成分を除いた。そして、残った無機フィラー成分の粒度累積をベックマン・コールター株式会社製レーザー回折散乱法粒度分布測定装置、(LS-13320)を用いて測定した。そして、得られた粒度積算から0~15 μm の粒径の頻度の積算量を算出した。

【0052】

実施例及び比較例の放熱シートに対して以下の評価を行った。

(熱抵抗)

ASTM D5470に準拠して1MPaの荷重をかけて放熱シートの熱抵抗を測定した。

10

【0053】

(相対密度)

アルキメデス法にて放熱シートの密度を理論密度で割り算した相対密度を算出した。

【0054】

(表面粗さRa)

放熱シートの表面粗さは算術平均粗さRaであり、算術平均粗さRaは、JIS B 0601:2013に準拠して測定した。

【0055】

(実施例1)

実施例1は、以下のように、炭化ホウ素合成、加圧窒化工程、脱炭結晶化工程にて、塊状窒化ホウ素粒子を作製した。

20

【0056】

(炭化ホウ素合成)

新日本電工株式会社製オルトホウ酸(以下ホウ酸)100質量部と、デンカ株式会社製アセチレンブラック(HS100)35質量部とをヘンシェルミキサーを用いて混合したのち、黒鉛ルツボ中に充填し、アーク炉にて、アルゴン雰囲気、2200にて5時間加熱し炭化ホウ素(B₄C)を合成した。合成した炭化ホウ素塊をボールミルで1時間粉碎し、篩網を用いて粒径75 μm 以下に篩分け、更に硝酸水溶液で洗浄して鉄分等不純物を除去後、濾過・乾燥して平均粒子径20 μm の炭化ホウ素粉末を作製した。得られた炭化ホウ素粉末の炭素量は20.0%であった。

30

【0057】

(加圧窒化工程)

合成した炭化ホウ素を窒化ホウ素ルツボに充填した後、抵抗加熱炉を用い、窒素ガスの雰囲気、2000、9気圧(0.8MPa)の条件で10時間加熱することにより炭窒化ホウ素(B₄CN₄)を得た。

【0058】

(脱炭結晶化工程)

合成した炭窒化ホウ素100質量部と、ホウ酸90質量部とをヘンシェルミキサーを用いて混合したのち、窒化ホウ素ルツボに充填し、抵抗加熱炉を用い0.2MPaの圧力条件で、窒素ガスの雰囲気、室温から1000までの昇温速度を10/min、1000からの昇温速度を2/minで昇温し、焼成温度2020、保持時間10時間で加熱することにより、一次粒子が凝集して塊状になった塊状窒化ホウ素粒子を合成した。合成した塊状窒化ホウ素粒子をヘンシェルミキサーにより15分解砕をおこなった後、篩網を用いて、篩目150 μm のナイロン篩にて分級を行った。焼成物を解砕及び分級することにより、一次粒子が凝集して塊状になった塊状窒化ホウ素粒子1を得た。

40

【0059】

得られた塊状窒化ホウ素粒子1のレーザー散乱法により測定した平均粒子径(D50)は40 μm であった。また、塊状窒化ホウ素粒子1の圧壊強度は12MPaであった。

【0060】

(放熱シートの作製)

50

〔実施例 5〕

塊状窒化ホウ素粒子 2 の代わりに平均粒子径が 55 μm であり圧壊強度が 10 MPa である塊状窒化ホウ素粒子 4 を配合した点、及びドクターブレード法の塗工条件を変更して厚さ 0.10 mm の放熱シートを作製した点を除いて、実施例 3と同様にして、実施例 5 の放熱シートを作製した。なお、実施例 5 の放熱シートに用いた塊状窒化ホウ素粒子 4 は、合成した炭化ホウ素塊のボールミルによる粉碎時間を変更して、炭化ホウ素粉末の平均粒子径を変更した以外は、実施例 1 の放熱シートに用いた塊状窒化ホウ素粒子 1 と同様な方法で作製した。また、スラリーの粘度は 9500 cp であった。

【0065】

〔実施例 6〕

ドクターブレード法の塗工条件を変更して厚さ 0.20 mm の放熱シートを作製した以外は実施例 5 と同様にして、実施例 6 の放熱シートを作製した。

【0066】

〔比較例 1〕

塊状窒化ホウ素粒子 1 及び鱗片状窒化ホウ素粒子を配合しなかった点、凝集窒化ホウ素粒子の配合量を 12 体積% から 60 体積% に変更した点、シランカップリング剤の配合量を 0.5 質量部から 0.2 質量部に変更した点、及びドクターブレード法の塗工条件を変更して厚さ 0.20 mm の放熱シートを作製した点以外は、実施例 1 と同様にして、比較例 1 の放熱シートを作製した。なお、スラリーの粘度は 12000 cp であった。また、スラリーの粘度が高かったため、0.15 mm 以下の厚さを有する放熱シートを作製することはできなかった。

【0067】

〔比較例 2〕

ドクターブレード法の塗工条件を変更して厚さ 0.30 mm の放熱シートを作製した以外は、比較例 1 と同様にして、比較例 2 の放熱シートを作製した。

【0068】

〔比較例 3〕

塊状窒化ホウ素粒子 3 を塊状窒化ホウ素粒子 1 に変更した以外は、実施例 5 と同様にして、スラリーを作製した。しかし、スラリーの粘度が 16000 cp と高かったため、0.20 mm の厚さを有する放熱シートを作製することはできなかった。

【0069】

〔比較例 4〕

塊状窒化ホウ素粒子 1 の配合量を 45 体積% から 12 体積% に変更した点、及び凝集窒化ホウ素粒子の配合量を 12 体積% から 45 体積% に変更した点を除いて、実施例 1 と同様にして、スラリーを作製した。しかし、スラリーの粘度が 18000 cp と高かったため、0.20 mm の厚さを有する放熱シートを作製することはできなかった。

【0070】

実施例 1 ~ 6 及び比較例 1 ~ 4 の放熱シートの評価結果を表 1 に示す。

10

20

30

40

50

伝導特性が悪くなることがわかった。また、第2の無機フィラーを有していないと0.15 mm以下の薄い放熱シートを作製できないことがわかった。

比較例3については、放熱シートを作製できなかったが、熱伝導性樹脂組成物の配合から、第2の極大点の粒径は第1の極大点の粒径の3分の2よりも大きくなると考えられる。

比較例4については、放熱シートを作製できなかったが、熱伝導性樹脂組成物の配合から、第1の極大点を有するピークにおけるピークスタートからピークエンドまでの間の頻度の積算量は50%よりも小さくなると考えられる。

【0072】

〔実施例7〕

シリコン樹脂CF3110をエポキシ樹脂（三菱ケミカル株式会社製ビスフェノール型エポキシ樹脂、型番；JER-807）に変更し、硬化剤トリゴノックス101（1質量部）を硬化剤MEH-8005（明和化成株式会社製、10質量部）に変更し、硬化促進剤として2PHZ-PW（四国化成工業株式会社製、1資料部）を添加した以外は、実施例4と同様にして0.2 mmの放熱シートを作製し、熱抵抗を上述の方法で測定した。なお、表面粗さは2.6 μmであった。

10

【0073】

〔比較例5〕

シリコン樹脂CF3110をエポキシ樹脂（三菱ケミカル株式会社製ビスフェノール型エポキシ樹脂、型番；JER-807）に変更し、硬化剤トリゴノックス101（1質量部）を硬化剤MEH-8005（明和化成株式会社製、10質量部）に変更し、硬化促進剤として2PHZ-PW（四国化成工業株式会社製、1資料部）を添加した以外は、比較例1と同様にして0.2 mmの放熱シートを作製し、熱抵抗を上述の方法で測定した。なお、表面粗さは3.2 μmであった。

20

【0074】

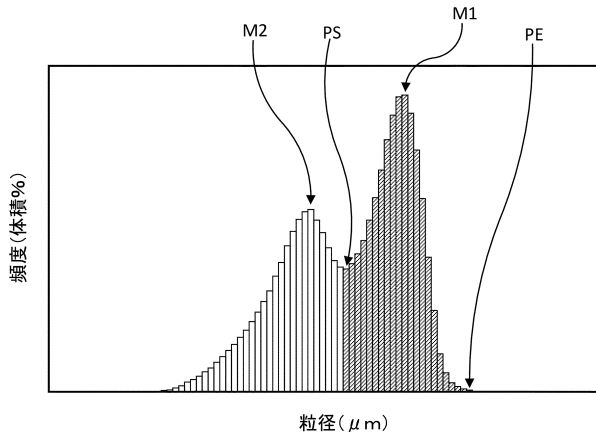
実施例7の熱抵抗と比較例5の熱抵抗を比較すると実施例7の方が熱抵抗が低く、良好な結果であった。したがって、特定の無機フィラーを組み合わせ得られる効果は、樹脂の種類によらずに得られた。

30

40

50

【図面】
【図 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2019/065150(WO, A1)
特開2015-21025(JP, A)
特開2005-343983(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H05K 7/20