

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6301978号  
(P6301978)

(45) 発行日 平成30年3月28日 (2018.3.28)

(24) 登録日 平成30年3月9日 (2018.3.9)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H O 1 L 23/373 (2006.01)</b>	H O 1 L 23/36 M
<b>H O 1 L 23/36 (2006.01)</b>	H O 1 L 23/36 D
<b>C O 8 K 7/00 (2006.01)</b>	C O 8 K 7/00

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-12663 (P2016-12663)	(73) 特許権者	000108410
(22) 出願日	平成28年1月26日 (2016.1.26)		デクセリアルズ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-135211 (P2017-135211A)		東京都品川区大崎一丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階
(43) 公開日	平成29年8月3日 (2017.8.3)	(74) 代理人	100107515
審査請求日	平成29年6月28日 (2017.6.28)		弁理士 廣田 浩一
早期審査対象出願		(72) 発明者	金谷 紘希
前置審査			東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式会社内
		(72) 発明者	野村 優
			東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱伝導シート、熱伝導シートの製造方法、放熱部材及び半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バインダ樹脂と、炭素繊維と、前記炭素繊維以外の熱伝導性フィラーとを含有する熱伝導シートであって、

前記炭素繊維と、前記バインダ樹脂との質量比（炭素繊維／バインダ樹脂）が、0.30以上0.88以下であり、

前記炭素繊維の含有量が、4体積％～10.20体積％であり、

前記熱伝導性フィラーの含有量が、48体積％～70体積％であり、

前記炭素繊維が、前記熱伝導シートの厚み方向に配向しており、

荷重0.5kgf/cm<sup>2</sup>における圧縮率が、3％以上であり、

前記熱伝導シートの表面が、突出した前記炭素繊維による凸形状を追従するように前記熱伝導シートから滲み出した滲出成分で覆われていることを特徴とする熱伝導シート。

【請求項 2】

前記熱伝導性フィラーが、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、及び酸化亜鉛の少なくともいずれかを含有する請求項1に記載の熱伝導シート。

【請求項 3】

前記バインダ樹脂が、シリコン樹脂である請求項1から2のいずれかに記載の熱伝導シート。

【請求項 4】

請求項1から3のいずれかに記載の熱伝導シートの製造方法であって、

10

20

前記バインダ樹脂と、前記炭素繊維と、前記熱伝導性フィラーとを含有する熱伝導性樹脂組成物を所定の形状に成型して硬化することにより、前記熱伝導性樹脂組成物の成型体を得る工程と、

前記成型体をシート状に切断し、成型体シートを得る工程と、

前記成型体シートの表面を、突出した前記炭素繊維による凸形状を追従するように前記成型体シートから滲み出した滲出成分により覆う表面被覆工程と、

を含むことを特徴とする熱伝導シートの製造方法。

#### 【請求項 5】

前記成型体を得る工程が、中空状の型内に、前記熱伝導性樹脂組成物を押出機で押出すことで所定の形状に成型して、更に硬化することにより、前記炭素繊維が押出し方向に沿って配向した前記成型体を得る工程であり、

前記成型体シートを得る工程が、前記成型体を、前記押出し方向に対して垂直方向に切断し、シート状の前記成型体シートを得る工程である、

請求項 4 に記載の熱伝導シートの製造方法。

#### 【請求項 6】

電子部品の発する熱を放熱するヒートスプレッドと、

前記ヒートスプレッドに配設され、前記ヒートスプレッドと前記電子部品との間に挟持される請求項 1 から 3 のいずれかに記載の熱伝導シートとを有することを特徴とする放熱部材。

#### 【請求項 7】

電子部品と、

前記電子部品の発する熱を放熱するヒートスプレッドと、

前記ヒートスプレッドに配設され、前記ヒートスプレッドと前記電子部品との間に挟持される請求項 1 から 3 のいずれかに記載の熱伝導シートとを有することを特徴とする半導体装置。

#### 【請求項 8】

ヒートシンクを備え、

前記ヒートスプレッドと前記ヒートシンクとの間に請求項 1 から 3 のいずれかに記載の熱伝導シートが挟持されている請求項 7 に記載の半導体装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、半導体素子等の発熱体とヒートシンク等の放熱体との間に配置される熱伝導シート、熱伝導シートの製造方法、熱伝導シートを備えた放熱部材及び半導体装置に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

従来、パーソナルコンピュータ等の各種電気機器やその他の機器に搭載されている半導体素子においては、駆動により熱が発生し、発生した熱が蓄積されると半導体素子の駆動や周辺機器へ悪影響が生じることから、各種冷却手段が用いられている。半導体素子等の電子部品の冷却方法としては、当該機器にファンを取り付け、機器筐体内の空気を冷却する方式や、その冷却すべき半導体素子に放熱フィンや放熱板等のヒートシンクを取り付ける方法等が知られている。

#### 【0003】

上述の半導体素子にヒートシンクを取り付けて冷却を行う場合、半導体素子の熱を効率よく放出させるために、半導体素子とヒートシンクとの間に熱伝導シートが設けられている。この熱伝導シートとしては、シリコーン樹脂に熱伝導性フィラー等の充填剤を分散含有させたものが広く用いられており、熱伝導性フィラーの 1 つとして、炭素繊維が好適に採用されている（例えば、特許文献 1 ～ 4 参照）。

しかし、炭素繊維を含有した熱伝導シートは、熱伝導性に優れる一方で、電気伝導性が

10

20

30

40

50

高くなりやすいという問題がある。

【 0 0 0 4 】

そのため、熱伝導シートの絶縁性を高めることを目的として、炭素繊維と、電気絶縁性熱伝導充填剤とを、それぞれ特定の割合で含有させた熱伝導シートが提案されている（例えば、特許文献 5 参照）。

しかし、この提案の技術では、近年要求される高い熱伝導性が得られないという問題がある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特許第 5 6 7 1 2 6 6 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 5 - 5 4 0 9 4 号公報

【 特許文献 3 】 特許第 5 6 6 0 3 2 4 号公報

【 特許文献 4 】 特許第 4 7 9 1 1 4 6 号公報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 0 2 - 0 0 3 7 1 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、従来における前記諸問題を解決し、以下の目的を達成することを課題とする。即ち、本発明は、高い熱伝導性を有しつつ、絶縁性にも優れる熱伝導シート、及びその製造方法、並びに前記熱伝導シートを用いた放熱部材及び半導体装置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 】

【 0 0 0 7 】

前記課題を解決するための手段としては、以下の通りである。即ち、

< 1 > バインダ樹脂と、炭素繊維と、前記炭素繊維以外の熱伝導性フィラーとを含有する熱伝導シートであって、

前記炭素繊維と、前記バインダ樹脂との質量比（炭素繊維 / バインダ樹脂）が、1 . 3 0 未満であり、

前記熱伝導性フィラーの含有量が、4 8 体積 % ~ 7 0 体積 % であり、

前記炭素繊維が、前記熱伝導シートの厚み方向に配向している、  
ことを特徴とする熱伝導シートである。

< 2 > 荷重  $0.5 \text{ kgf/cm}^2$  における圧縮率が、3 % 以上である前記 < 1 > に記載の熱伝導シートである。

< 3 > 前記熱伝導性フィラーが、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、及び酸化亜鉛の少なくともいずれかを含有する前記 < 1 > から < 2 > のいずれかに記載の熱伝導シートである。

< 4 > 前記バインダ樹脂が、シリコーン樹脂である前記 < 1 > から < 3 > のいずれかに記載の熱伝導シートである。

< 5 > 前記 < 1 > から < 4 > のいずれかに記載の熱伝導シートの製造方法であって、  
前記バインダ樹脂と、前記炭素繊維と、前記熱伝導性フィラーとを含有する熱伝導性樹脂組成物を所定の形状に成型して硬化することにより、前記熱伝導性樹脂組成物の成型体を得る工程と、

前記成型体をシート状に切断し、成型体シートを得る工程と、  
を含むことを特徴とする熱伝導シートの製造方法である。

< 6 > 前記成型体を得る工程が、中空状の型内に、前記熱伝導性樹脂組成物を押出機で押出すことで所定の形状に成型して、更に硬化することにより、前記炭素繊維が押し出し方向に沿って配向した前記成型体を得る工程であり、

前記成型体シートを得る工程が、前記成型体を、前記押し出し方向に対して垂直方向に切断し、シート状の前記成型体シートを得る工程である、

10

20

30

40

50

前記< 5 >に記載の熱伝導シートの製造方法である。

< 7 > 電子部品の発する熱を放熱するヒートスプレッドと、

前記ヒートスプレッドに配設され、前記ヒートスプレッドと前記電子部品との間に挟持される前記< 1 >から< 4 >のいずれかに記載の熱伝導シートとを有することを特徴とする放熱部材である。

< 8 > 電子部品と、

前記電子部品の発する熱を放熱するヒートスプレッドと、

前記ヒートスプレッドに配設され、前記ヒートスプレッドと前記電子部品との間に挟持される前記< 1 >から< 4 >のいずれかに記載の熱伝導シートとを有することを特徴とする半導体装置である。

10

< 9 > ヒートシンクを備え、

前記ヒートスプレッドと前記ヒートシンクとの間に前記< 1 >から< 4 >のいずれかに記載の熱伝導シートが挟持されている前記< 8 >に記載の半導体装置である。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、従来における前記諸問題を解決し、前記目的を達成することができ、高い熱伝導性を有しつつ、絶縁性にも優れる熱伝導シート、及びその製造方法、並びに前記熱伝導シートを用いた放熱部材及び半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

20

【図1】図1は、本発明の熱伝導シートの製造方法の流れの一例を示す模式図である。

【図2】図2は、本発明が適用された熱伝導シート、放熱部材及び半導体装置を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(熱伝導シート)

本発明の熱伝導シートは、バインダ樹脂と、炭素繊維と、熱伝導性フィラーとを少なくとも含有し、更に必要に応じて、その他の成分を含有する。

【0011】

< バインダ樹脂 >

30

前記バインダ樹脂としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、熱硬化性ポリマーなどが挙げられる。

【0012】

前記熱硬化性ポリマーとしては、例えば、架橋ゴム、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ベンゾシクロブテン樹脂、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル、ジアリルフタレート樹脂、シリコーン樹脂、ポリウレタン、ポリイミドシリコーン、熱硬化型ポリフェニレンエーテル、熱硬化型変性ポリフェニレンエーテルなどが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

【0013】

前記架橋ゴムとしては、例えば、天然ゴム、ブタジエンゴム、イソpreneゴム、ニトリルゴム、水添ニトリルゴム、クロロpreneゴム、エチレンプロピレンゴム、塩素化ポリエチレン、クロロスルホン化ポリエチレン、ブチルゴム、ハロゲン化ブチルゴム、フッ素ゴム、ウレタンゴム、アクリルゴム、ポリイソブチレンゴム、シリコーンゴムなどが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

40

【0014】

これらの中でも、成形加工性、耐候性に優れると共に、電子部品に対する密着性及び追従性の点から、前記熱硬化性ポリマーは、シリコーン樹脂であることが特に好ましい。

【0015】

前記シリコーン樹脂としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、液状シリコーンゲルの主剤と、硬化剤とを含有することが好ましい。そのようなシ

50

リコーン樹脂としては、例えば、付加反応型シリコーン樹脂、過酸化物を加硫に用いる熱加硫型ミラブルタイプのシリコーン樹脂などが挙げられる。これらの中でも、電子部品の発熱面とヒートシンク面との密着性が要求されるため、付加反応型シリコーン樹脂が特に好ましい。

#### 【0016】

前記付加反応型シリコーン樹脂としては、ビニル基を有するポリオルガノシロキサンを主剤、Si-H基を有するポリオルガノシロキサンを硬化剤とした、2液性の付加反応型シリコーン樹脂が好ましい。

#### 【0017】

前記液状シリコーンゲルの主剤と、硬化剤との組合せにおいて、前記主剤と前記硬化剤との配合割合としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

10

#### 【0018】

前記バインダ樹脂の含有量としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、10体積%～50体積%が好ましく、15体積%～40体積%がより好ましく、20体積%～40体積%が特に好ましい。

なお、本明細書において「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載される数値をそれぞれ最小値および最大値として含む範囲を示す。

#### 【0019】

<炭素繊維>

前記炭素繊維としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ピッチ系炭素繊維、PAN系炭素繊維、PBO繊維を黒鉛化した炭素繊維、アーク放電法、レーザー蒸発法、CVD法（化学気相成長法）、CCVD法（触媒化学気相成長法）等で合成された炭素繊維を用いることができる。これらの中でも、熱伝導性の点から、PBO繊維を黒鉛化した炭素繊維、ピッチ系炭素繊維が特に好ましい。

20

なお、前記炭素繊維は、絶縁性材料で被覆された炭素繊維ではなく、導電性を有する。

#### 【0020】

前記炭素繊維は、必要に応じて、前記皮膜との密着性を高めるために、その一部又は全部を表面処理して用いることができる。前記表面処理としては、例えば、酸化処理、窒化処理、ニトロ化、スルホン化、あるいはこれらの処理によって表面に導入された官能基若しくは炭素繊維の表面に、金属、金属化合物、有機化合物等を付着あるいは結合させる処理などが挙げられる。前記官能基としては、例えば、水酸基、カルボキシル基、カルボニル基、ニトロ基、アミノ基などが挙げられる。

30

#### 【0021】

前記炭素繊維の平均繊維長（平均長軸長さ）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、50μm～250μmが好ましく、75μm～200μmよりが好ましく、90μm～170μmが特に好ましい。

#### 【0022】

前記炭素繊維の平均繊維径（平均短軸長さ）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、4μm～20μmが好ましく、5μm～14μmがより好ましい。

40

#### 【0023】

前記炭素繊維のアスペクト比（平均長軸長さ/平均短軸長さ）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、8以上が好ましく、9～30がより好ましい。前記アスペクト比が、8未満であると、炭素繊維の繊維長（長軸長さ）が短いため、熱伝導率が低下してしまうことがある。

ここで、前記炭素繊維の平均長軸長さ、及び平均短軸長さは、例えばマイクロ스코プ、走査型電子顕微鏡（SEM）などにより測定することができる。

#### 【0024】

前記炭素繊維の含有量としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、2体積%～40体積%が好ましく、3体積%～38体積%がより好ましく、4体

50

積%～30体積%が特に好ましい。前記含有量が、2体積%未満であると、十分に低い熱抵抗を得ることが困難になることがあり、40体積%を超えると、前記熱伝導シートの成型性及び前記炭素繊維の配向性に影響を与えてしまうことがある。

#### 【0025】

前記炭素繊維と、前記バインダ樹脂との質量比(炭素繊維/バインダ樹脂)は、1.30未満であり、0.10以上1.30未満が好ましく、0.30以上1.30未満がより好ましく、0.50以上1.30未満が更により好ましく、0.60以上1.20以下が特に好ましい。前記質量比が、1.30以上であると、前記熱伝導シートの絶縁性が不十分となる。

また、前記熱伝導シートが前記炭素繊維を含有しないと、前記熱伝導シートの熱特性(特に熱伝導性)が不十分となる。

なお、前記熱伝導シートは、前記炭素繊維を含有する。すなわち、前記炭素繊維と、前記バインダ樹脂との質量比(炭素繊維/バインダ樹脂)の下限値が0.00ではない(前記質量比が0.00超である)ことは、当然である。

#### 【0026】

##### <熱伝導性フィラー>

前記熱伝導性フィラーとしては、前記炭素繊維以外の熱伝導性フィラーであれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、無機物フィラーなどが挙げられる。

#### 【0027】

前記無機物フィラーとしては、その形状、材質、平均粒径などについては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。前記形状としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、球状、楕円球状、塊状、粒状、扁平状、針状などが挙げられる。これらの中でも、球状、楕円形状が充填性の点から好ましく、球状が特に好ましい。

なお、本明細書において、前記無機物フィラーは、前記炭素繊維とは異なる。

#### 【0028】

前記無機物フィラーとしては、例えば、窒化アルミニウム(窒化アルミ: AlN)、シリカ、酸化アルミニウム(アルミナ)、窒化ホウ素、チタニア、ガラス、酸化亜鉛、炭化ケイ素、ケイ素(シリコン)、酸化珪素、酸化アルミニウム、金属粒子などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。これらの中でも、酸化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、シリカが好ましく、熱伝導率の点から、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化亜鉛が特に好ましい。

#### 【0029】

なお、前記無機物フィラーは、表面処理が施されていてもよい。前記表面処理としてカップリング剤で前記無機物フィラーを処理すると、前記無機物フィラーの分散性が向上し、熱伝導シートの柔軟性が向上する。

#### 【0030】

前記無機物フィラーの平均粒径としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

前記無機物フィラーがアルミナの場合、その平均粒径は、1 $\mu$ m～10 $\mu$ mが好ましく、1 $\mu$ m～5 $\mu$ mがより好ましく、3 $\mu$ m～5 $\mu$ mが特に好ましい。前記平均粒径が、1 $\mu$ m未満であると、粘度が大きくなり、混合しにくくなることがあり、10 $\mu$ mを超えると、前記熱伝導シートの熱抵抗が大きくなることがある。

前記無機物フィラーが窒化アルミニウムの場合、その平均粒径は、0.3 $\mu$ m～6.0 $\mu$ mが好ましく、0.3 $\mu$ m～2.0 $\mu$ mがより好ましく、0.5 $\mu$ m～1.5 $\mu$ mが特に好ましい。前記平均粒径が、0.3 $\mu$ m未満であると、粘度が大きくなり、混合しにくくなることがあり、6.0 $\mu$ mを超えると、前記熱伝導シートの熱抵抗が大きくなることがある。

前記無機物フィラーの平均粒径は、例えば、粒度分布計、走査型電子顕微鏡(SEM)

10

20

30

40

50

により測定することができる。

【0031】

前記熱伝導性フィラーの含有量は、48体積%～70体積%であり、50体積%～69体積%好ましい。前記含有量が、48体積%未満、又は70体積%を超えると、絶縁性と高い熱伝導性との両立ができなくなる。なお、前記含有量が、48体積%未満、又は70体積%を超えると、熱伝導シートを作製することも困難となる。

【0032】

<その他の成分>

前記その他の成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、チキソトロピー性付与剤、分散剤、硬化促進剤、遅延剤、微粘着付与剤、可塑剤、難燃剤、酸化防止剤、安定剤、着色剤などが挙げられる。

10

【0033】

前記熱伝導シートの平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、0.05mm～5.00mmが好ましく、0.07mm～4.00mmがより好ましく、0.10mm～3.00mmが特に好ましい。

【0034】

前記熱伝導シートの表面は、突出した前記炭素繊維による凸形状を追従するように、前記熱伝導シートからしみ出した滲出成分で覆われていることが好ましい。

前記熱伝導シートの表面をこのようにする方法は、例えば、後述する表面被覆工程により行うことができる。

20

【0035】

前記熱伝導シートは、使用される半導体素子周辺の電子回路の短絡防止の点から、1,000Vの印加電圧における体積抵抗値が、 $1.0 \times 10^8 \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましく、 $1.0 \times 10^{10} \cdot \text{cm}$ 以上であることがより好ましい。前記体積抵抗値は、例えば、JIS K-6911に準じて測定される。

前記体積抵抗率の上限値としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、前記体積抵抗率は、 $1.0 \times 10^{18} \cdot \text{cm}$ 以下が挙げられる。

【0036】

前記熱伝導シートは、電子部品及びヒートシンクに対する密着性の点から、荷重0.5kgf/cm<sup>2</sup>における圧縮率が、3%以上であることが好ましく、15%以上がより好ましい。

30

前記熱伝導シートの圧縮率の上限値としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、前記熱伝導シートの圧縮率は、30%以下が好ましい。

【0037】

前記熱伝導シートにおいては、前記炭素繊維が前記熱伝導シートの厚み方向に配向している。そうすることにより、前記炭素繊維と前記バインダ樹脂との前述の特定の質量比、及び前述の前記熱伝導性フィラーの特定の含有量と相まって、高い熱伝導性を有しつつ、絶縁性にも優れる熱伝導シートが得られる。

ここで、「炭素繊維が、熱伝導シートの厚み方向に配向している」とは、前記熱伝導シートが含有する前記炭素繊維の45%以上が、厚み方向に対して0°～45°の範囲内に配向していることを指す。なお、前記炭素繊維は必ずしもすべての炭素繊維が同一の方向に配向している必要はない。

40

前記炭素繊維の配向は、例えば電子顕微鏡により、測定することができる。

【0038】

(熱伝導シートの製造方法)

本発明の熱伝導シートの製造方法は、成型体作製工程と、成型体シート作製工程とを少なくとも含み、好ましくは、表面被覆工程とを含み、更に必要に応じて、その他の工程を含む。

前記熱伝導シートの製造方法は、本発明の前記熱伝導シートを製造する方法である。

【0039】

50

## &lt; 成型体作製工程 &gt;

前記成型体作製工程としては、バインダ樹脂、炭素繊維、及び熱伝導性フィラーを含有する熱伝導性樹脂組成物を所定の形状に成型して硬化することにより、前記熱伝導性樹脂組成物の成型体を得る工程であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

## 【 0 0 4 0 】

## - 熱伝導性樹脂組成物 -

前記熱伝導性樹脂組成物は、バインダ樹脂と、炭素繊維と、熱伝導性フィラーとを少なくとも含有し、更に必要に応じて、その他の成分を含有する。

前記バインダ樹脂としては、前記熱伝導シートの説明において例示した前記バインダ樹脂が挙げられる。

10

前記炭素繊維としては、前記熱伝導シートの説明において例示した前記炭素繊維が挙げられる。

前記熱伝導性フィラーとしては、前記熱伝導シートの説明において例示した前記熱伝導性フィラーが挙げられる。

## 【 0 0 4 1 】

前記成型体作製工程において、前記熱伝導性樹脂組成物を所定の形状に成型する方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、押出し成型法、金型成型法などが挙げられる。

## 【 0 0 4 2 】

20

前記成型体作製工程は、中空状の型内に、前記熱伝導性樹脂組成物を押出機で押出すことで所定の形状に成型して、更に硬化することにより、前記炭素繊維が押出し方向に沿って配向した前記成型体を得る工程であることが、得られる熱伝導シートにおいて、前記炭素繊維を、前記熱伝導シートの厚み方向に配向させやすい点で好ましい。

## 【 0 0 4 3 】

成型体（ブロック状の成型体）の大きさ及び形状は、求められる熱伝導シートの大きさに応じて決めることができる。例えば、断面の縦の大きさが 0 . 5 c m ~ 1 5 c m で横の大きさが 0 . 5 c m ~ 1 5 c m の直方体が挙げられる。直方体の長さは必要に応じて決定すればよい。

## 【 0 0 4 4 】

30

前記成型体作製工程における前記熱伝導性樹脂組成物の硬化は熱硬化であることが好ましい。前記熱硬化における硬化温度としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、前記バインダ樹脂が、液状シリコーンゲルの主剤と、硬化剤とを含有する場合、6 0 ~ 1 2 0 が好ましい。前記熱硬化における硬化時間としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、0 . 5 時間 ~ 1 0 時間などが挙げられる。

## 【 0 0 4 5 】

## &lt; 成型体シート作製工程 &gt;

前記成型体シート作製工程としては、前記成型体をシート状に切断し、成型体シートを得る工程であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、スライス装置により行うことができる。

40

## 【 0 0 4 6 】

前記成型体シート作製工程においては、前記成型体をシート状に切断して、成型体シートを得る。得られる前記成型体シートの表面においては、前記炭素繊維が突出している。これは、前記成型体をスライス装置等によりシート状に切断する際に、前記バインダ樹脂の硬化成分と、前記炭素繊維との硬度差により、前記バインダ樹脂の硬化成分がスライス装置等の切断部材に引っ張られて伸長し、前記成型体シート表面において、前記炭素繊維表面から前記バインダ樹脂の硬化成分が除去されるためと考えられる。

## 【 0 0 4 7 】

前記スライス装置としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、

50



例えば、超音波カッター、かんな（鉋）などが挙げられる。前記成型体の切断方向としては、成型方法が押し成型法である場合には、押し方向に配向しているものもあるために押し方向に対して60度～120度が好ましく、70度～100度がより好ましく、90度（垂直）が特に好ましい。

#### 【0048】

前記成型体作製工程が、中空状の型内に、前記熱伝導性樹脂組成物を押出機で押出すことで所定の形状に成型して、更に硬化することにより、前記炭素繊維が押し方向に沿って配向した前記成型体を得る工程である場合、前記成型体シート作製工程としては、前記成型体を、前記押し方向に対して垂直方向に切断し、シート状の前記成型体シートを得る工程であることが好ましい。

10

#### 【0049】

前記成型体シートの平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、0.06mm～5.01mmが好ましく、0.08mm～4.01mmがより好ましく、0.11mm～3.01mmが特に好ましい。

#### 【0050】

##### <表面被覆工程>

前記表面被覆工程としては、前記成型体シートの表面を、突出した前記炭素繊維による凸形状を追従するように、前記成型体シートから滲み出した滲出成分により覆う工程であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、プレス処理、成型体シート放置処理などが挙げられる。

20

ここで、「滲出成分」とは、前記熱伝導性樹脂組成物に含まれるが、硬化に寄与しなかった成分であって、非硬化性成分、及びバインダ樹脂のうちの硬化しなかった成分などを意味する。

#### 【0051】

##### - プレス処理 -

前記プレス処理としては、前記成型体シートをプレスして、前記成型体シートの表面を、突出した前記炭素繊維による凸形状を追従するように、前記成型体シートから滲み出した滲出成分により覆う処理であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

#### 【0052】

30

前記プレスは、例えば、平盤と表面が平坦なプレスヘッドとからなる一対のプレス装置を使用して行うことができる。また、ピンチロールを使用して行ってもよい。

#### 【0053】

前記プレスの際の圧力としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、低すぎるとプレスをしない場合と熱抵抗が変わらない傾向があり、高すぎるとシートが延伸する傾向があるので、0.1MPa～100MPaが好ましく、0.5MPa～95MPaがより好ましい。

#### 【0054】

前記プレスの時間としては、特に制限はなく、バインダ樹脂の成分、プレス圧力、シート面積、滲出成分の滲み出し量等に応じて、適宜選択することができる。

40

#### 【0055】

前記プレス処理においては、滲出成分の滲み出し、前記成型体シート表面の被覆の効果をより促進させるために、ヒータを内蔵したプレスヘッドを用いて、加熱しながら行ってもよい。このような効果を高めるため、加熱温度はバインダ樹脂のガラス転移温度以上で行うことが好ましい。これにより、プレス時間を短縮することができる。

#### 【0056】

前記プレス処理においては、前記成型体シートをプレスすることにより、前記成型体シートより滲出成分を滲み出させ、前記滲出成分によって表面を被覆する。したがって、得られる熱伝導シートは、電子部品やヒートスプレッドの表面に対する追従性、密着性が向上し、熱抵抗を低減させることができる。また、前記滲出成分による被覆が熱伝導シート

50

表面の炭素繊維の形状を反映する程度の厚みである場合には、熱抵抗の上昇を回避できる。

【 0 0 5 7 】

なお、成型体シートは、プレスされることにより厚み方向に圧縮され、炭素繊維及び熱伝導性フィラー同士の接触の頻度を増大させることができる。これにより、熱伝導シートの熱抵抗を低減させることが可能となる。

【 0 0 5 8 】

前記プレス処理は、前記成型体シートを所定の厚みに圧縮するためのスペーサを用いて行われることが好ましい。即ち、熱伝導シートは、例えば、プレスヘッドと対峙する載置面にスペーサを配置して成型体シートがプレスされることにより、スペーサの高さに応じた所定のシート厚に形成することができる。

10

【 0 0 5 9 】

- 成型体シート放置処理 -

前記成型体シート放置処理としては、前記成型体シートを放置して、前記成型体シートの表面を、前記成型体シートから滲み出した滲出成分により覆う処理であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【 0 0 6 0 】

成型体シートより滲み出たバインダ樹脂の滲出成分によって、成型体シートの表面及び成型体シート表面より露出する前記炭素繊維を被覆する処理は、前記プレス処理に代え、前記成型体シート放置処理であってもよい。この場合も、プレス処理と同様に、得られる熱伝導シートは、電子部品やヒートスプレッドの表面に対する追従性、密着性が向上し、熱抵抗を低減させることができる。また、前記滲出成分による被覆が熱伝導シート表面の炭素繊維の形状を反映する程度の厚みである場合には、熱抵抗の上昇を回避できる。

20

【 0 0 6 1 】

前記放置の時間としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【 0 0 6 2 】

ここで、本発明の熱伝導シートの製造方法の一例を、図を用いて説明する。

本発明の熱伝導シートは、図 1 に示すように、押出し、成形、硬化、切断（スライス）などの一連の工程を経て製造される。

まず、バインダ樹脂、炭素繊維、及び熱伝導性フィラーを混合、及び攪拌し熱伝導性樹脂組成物を調製する。次に、調製した熱伝導性樹脂組成物を押出し成型する際に、複数のスリットを通過させることで熱伝導性樹脂組成物中に配合された炭素繊維を押出し方向に配向させ、成型体を得る。次に、得られた成型体を硬化させた後、硬化した成型体を押出し方向に対し垂直方向に超音波カッターで所定の厚みに切断することにより、成型体シート（熱伝導シート）が作製できる。

30

【 0 0 6 3 】

（放熱部材）

本発明の放熱部材は、ヒートスプレッドと、熱伝導シートとを少なくとも有し、更に必要に応じて、その他の部材を有する。

【 0 0 6 4 】

40

（半導体装置）

本発明の半導体装置は、電子部品と、ヒートスプレッドと、熱伝導シートとを少なくとも有し、更に必要に応じて、その他の部材を有する。

【 0 0 6 5 】

前記電子部品としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、CPU、MPU、グラフィック演算素子などが挙げられる。

【 0 0 6 6 】

前記ヒートスプレッドは、前記電子部品の発する熱を放熱する部材であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【 0 0 6 7 】

50

前記熱伝導シートは、本発明の前記熱伝導シートであり、前記ヒートスプレッドに配設され、前記ヒートスプレッドと前記電子部品との間に挟持される。

【0068】

本発明の半導体装置の一例を図を用いて説明する。

【0069】

図2は、本発明の半導体装置の一例の概略断面図である。本発明の熱伝導シート1は、半導体素子等の電子部品3の発する熱を放熱するものであり、図2に示すように、ヒートスプレッド2の電子部品3と対峙する主面2aに固定され、電子部品3と、ヒートスプレッド2との間に挟持されるものである。また、熱伝導シート1は、ヒートスプレッド2とヒートシンク5との間に挟持される。そして、熱伝導シート1は、ヒートスプレッド2とともに、電子部品3の熱を放熱する放熱部材を構成する。

10

【0070】

ヒートスプレッド2は、例えば方形板状に形成され、電子部品3と対峙する主面2aと、主面2aの外周に沿って立設された側壁2bとを有する。ヒートスプレッド2は、側壁2bに囲まれた主面2aに熱伝導シート1が設けられ、また主面2aと反対側の他面2cに熱伝導シート1を介してヒートシンク5が設けられる。ヒートスプレッド2は、高い熱伝導率を有するほど、熱抵抗が減少し、効率よく半導体素子等の電子部品3の熱を吸熱することから、例えば、熱伝導性の良い銅やアルミニウムを用いて形成することができる。

【0071】

電子部品3は、例えばBGA等の半導体素子であり、配線基板6へ実装される。またヒートスプレッド2も、側壁2bの先端面が配線基板6に実装され、これにより側壁2bによって所定の距離を隔てて電子部品3を囲んでいる。

20

【0072】

そして、ヒートスプレッド2の主面2aに、熱伝導シート1が接着されることにより、電子部品3の発する熱を吸収し、ヒートシンク5より放熱する放熱部材が形成される。ヒートスプレッド2と熱伝導シート1との接着は、熱伝導シート1自身の粘着力によって行うことができるが、適宜、接着剤を用いてもよい。接着剤としては、熱伝導シート1のヒートスプレッド2への接着と熱伝導を担う公知の放熱性樹脂、あるいは放熱性の接着フィルムを用いることができる。

【実施例】

30

【0073】

次いで、本発明の実施例について説明する。本実施例では、熱伝導性樹脂組成物のバインダ成分と硬化剤成分の成分比を変えて熱伝導シートのサンプルを形成し、各サンプルについて、各種評価を行った。

【0074】

(比較製造例1)

<絶縁被覆炭素繊維の作製>

ポリエチレン製容器に、平均繊維径9 $\mu$ m、平均繊維長100 $\mu$ mのピッチ系炭素繊維(商品名XN-100-10M:日本グラファイトファイバー(株)製)を100g、テトラエトキシシラン(TEOS)200g、エタノール900gを投入し、攪拌翼にて混合した。

40

その後、50℃まで加温しながら、反応開始剤(10%アンモニア水)176gを5分かけて投入した。溶媒の投入が完了した時点をもって、3時間攪拌を行った。

攪拌終了後、降温させ、吸引濾過して固形分を回収し、固形分を水とエタノールを用いて洗浄し、再度吸引濾過を行い、固形分を回収した。

回収した固形分を100℃にて2時間乾燥後、更に200℃で8時間焼成を行うことで、絶縁被覆炭素繊維を得た。

【0075】

(評価)

比較製造例1で得られた絶縁被覆炭素繊維について、以下の評価を行った。また、抵抗

50

については、絶縁被覆をしていない以下の炭素繊維の評価も行った。評価結果を表 2 に示す。

試料 1 :

平均繊維径  $9\ \mu\text{m}$ 、平均繊維長  $100\ \mu\text{m}$  のピッチ系炭素繊維 (商品名 XN - 100 - 10M : 日本グラファイトファイバー (株) 製)

試料 2 :

平均繊維径  $9\ \mu\text{m}$ 、平均繊維長  $120\ \mu\text{m}$  のピッチ系炭素繊維 (商品名 XN - 100 - 12M : 日本グラファイトファイバー (株) 製)

試料 3 :

平均繊維径  $9\ \mu\text{m}$ 、平均繊維長  $150\ \mu\text{m}$  のピッチ系炭素繊維 (商品名 XN - 100 - 15M : 日本グラファイトファイバー (株) 製)

【0076】

(1) 回収率

絶縁被覆炭素繊維のサンプルについて、その質量を測定した後、用いた炭素繊維の質量で除することで回収率の算出を行った。算出された回収率については、大きいほど被覆の量が大きなことがわかる。

【0077】

(2) 被覆の膜厚

絶縁被覆炭素繊維のサンプルについて、収束イオンビーム (FIB) を用いて切断した後、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて、断面を観察して、被覆の平均膜厚を測長した。

【0078】

(3) 炭素繊維の抵抗

炭素繊維の各サンプルを、充填密度が  $0.750\ \text{g}/\text{cm}^3$  となるように筒状の容器 (直径:  $9\ \text{mm}$ 、長さ:  $15\ \text{mm}$ ) へ投入した後、低抵抗測定装置を用いて、四端子法で、印加電圧が最大  $10\ \text{V}$  の範囲で抵抗の測定を行った。

絶縁被覆炭素繊維については、高抵抗測定装置を用いて、二端子法で、印加電圧を変化させた場合の抵抗の測定を行った。高抵抗測定装置の測定可能範囲は、以下のとおりである。

【0079】

【表 1】

		測定可能範囲
抵抗 ( $\Omega$ )	測定電圧 1V	$1.0 \times 10^3$ 以上 $1.0 \times 10^{11}$ 未満
	測定電圧 10V	$1.0 \times 10^3$ 以上 $1.0 \times 10^{11}$ 未満
	測定電圧 50V	$1.0 \times 10^6$ 以上 $1.0 \times 10^{12}$ 未満
	測定電圧 100V	$1.0 \times 10^6$ 以上 $1.0 \times 10^{12}$ 未満
	測定電圧 250V	$1.0 \times 10^6$ 以上 $1.0 \times 10^{12}$ 未満
	測定電圧 500V	$1.0 \times 10^7$ 以上 $1.0 \times 10^{13}$ 未満
	測定電圧 1000V	$1.0 \times 10^8$ 以上 $1.0 \times 10^{15}$ 未満

【0080】

10

20

30

40

【表 2】

			比較製造例 1	試料 1	試料 2	試料 3
配合 (g)	炭素繊維	XN-100-10M	100	XN-100-10M	XN-100-12M	XN-100-15M
	被覆成分	TEOS	200			
		10%NH <sub>3</sub> 水溶液	176			
	溶媒	エタノール	900			
反応条件		温度(°C)	50	—	—	—
		時間(hr)	3			
評価	回収率		107%			
	TEM膜厚(N=2 Ave.)		70nm			
	凝集		なし			
	抵抗 Ω	10V	1.03E+10	3.98E-01	5.70E-02	1.56E-02
		100V	7.31E+09	—	—	—
		500V	1.65E+09	—	—	—
		1000V	6.02E+08	—	—	—

表 2 中、「E」は、「10 のべき乗」を表す。すなわち、「1E+3」は「1000」を表し、「1E-1」は、「0.1」を表す。表 4-1～表 4-3 においても同様である。

## 【0081】

(実施例 1)

以下の配合で混合し、シリコン樹脂組成物(熱伝導性樹脂組成物)を調製した。

- 配合 -

- 配合物 1 (合計 100 体積%) -

- ・炭素繊維 7.99 体積%  
(商品名 XN-100-12M: 日本グラファイトファイバー(株)製)
- ・アルミナ 37.83 体積%  
(商品名: DAW03、平均粒子径 4 μm、デンカ(株))
- ・窒化アルミ 27.28 体積%  
(商品名: JC、平均粒子径 1.2 μm、東洋アルミニウム(株))
- ・シリコン樹脂 26.90 体積%

## 【0082】

なお、シリコン樹脂は、以下のとおりである。

- シリコン樹脂 -

- ・シリコン樹脂 A 55 質量%  
(商品名: 527(A)、東レ・ダウコーニング(株))
- ・シリコン樹脂 B 45 質量%  
(商品名: 527(B)、東レ・ダウコーニング(株))

## 【0083】

得られたシリコン樹脂組成物を、内壁に剥離処理した PET フィルムを貼った直方体状の金型(42mm×42mm)の中に押出してシリコン成型体を成型した。得られたシリコン成型体をオープンにて 100 で 6 時間硬化してシリコン硬化物とした。

## 【0084】

得られたシリコン硬化物を、オープンにて 100、1 時間加熱した後、超音波カッターで、押し出し方向に対して垂直方向に切断し、厚み 2.05mm の成型体シートを得た。超音波カッターのスライス速度は、毎秒 50mm とした。また、超音波カッターに付与する超音波振動は、発振周波数を 20.5kHz とし、振幅を 60 μm とした。

## 【0085】

得られた成型体シートを剥離処理をした PET フィルムで挟んだ後、厚み 1.98mm

のスペーサを入れてプレスすることにより、厚み 2.00 mm の熱伝導シートサンプルを得た。プレス条件は、50、0.5 MPa 設定で、3 min とした。スライス直後の表面に見えるフィラーはバインダで被覆されていないが、プレスによってフィラーがシートに押し付けられ、シート内に没入することでバインダ成分が表面に出てくるのでシート表面のフィラー形状を反映してバインダで被覆されている。プレス後にシートと接触していた剥離 PET 面にはバインダ成分が確認できる。

【0086】

< 評価 >

以下の評価を行った。結果を表 4 - 1 に示した。

【0087】

< 炭素繊維の配向の有無 >

炭素繊維が熱伝導シートの厚み方向に配向しているかどうかは、得られた熱伝導シートの断面をマイクロスコプ (HiROX Co. Ltd 製、KH7700) で観察することで確認した。結果を表 4 - 1 に示した。

表 4 - 1 には、炭素繊維が、熱伝導シートの厚み方向に配向している場合、「配向有り」と記し、炭素繊維が、熱伝導シートの厚み方向に配向していない場合、「配向なし」と記した。

【0088】

< 熱特性 (有効熱伝導率、熱抵抗、圧縮率) >

熱特性の測定は、ASTM - D5470 に準拠した熱抵抗測定装置 (デクセリアルズ (株) 製) を用いて行った。

なお、有効熱伝導率は、厚み方向の熱伝導率である。

また、各特性は、荷重 0.5 kgf / cm<sup>2</sup> をかけて測定した。

【0089】

< 電気特性 (体積抵抗、絶縁破壊電圧) >

- 体積抵抗 -

抵抗測定器 ((株) 三菱化学アナリテック製ハイレスタ UX) を用いて、印加電圧を変化させた場合の体積抵抗値を測定した。

抵抗値が極めて高く、測定範囲 (表 1 を参照) を超えたサンプルについては、表 4 - 1 ~ 表 4 - 3 の中で、「Over Range」又は「O. R.」と示し、抵抗値が極めて低く、測定範囲 (表 1 を参照) を下回ったサンプルについては、表 4 - 2 及び表 4 - 3 の中で、「Under Range」又は「U. R.」と示している。

なお、前記体積抵抗の測定範囲は抵抗値の測定範囲に依拠するため、表 1 中の測定範囲の単位は である。

【0090】

- 絶縁破壊電圧 -

絶縁破壊電圧は、超高電圧耐圧試験器 ((株) 計測技術研究所製、7473) を用いて、昇圧速度 0.05 kV / 秒、室温で測定した。絶縁破壊が生じた時点の電圧を絶縁破壊電圧 (kV / mm) とした。

【0091】

(実施例 2 ~ 7、比較例 1 ~ 9)

実施例 1 において、配合物の配合を、表 3 - 1 又は表 3 - 2、及び表 4 - 1 ~ 表 4 - 3 に記載の通りに変更した以外は、実施例 1 と同様にして熱伝導シートを作製した。

ただし、比較例 7 に関しては、実施例 3 において、成型物を作製する際に、内壁に剥離処理した PET フィルムを貼った直方体状の金型容器 (42 mm x 42 mm) の中に、シエアを掛けずにシリコン樹脂組成物を入れ、PET フィルムを貼った蓋を載せて成型した以外は、実施例 3 と同様にして熱伝導シートを作製した。そうすることで、炭素繊維が厚み方向に配向していない熱伝導シートを得た。

得られた熱伝導シートについて、実施例 1 と同様の評価を行った。結果を表 4 - 1 ~ 表 4 - 3 に示した。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

【表 3 - 1】

シリコーン樹脂		実施例						
		1	2	3	4	5	6	7
527(A)	質量%	55	59	58	59	58	55	55
527(B)		45	41	42	41	42	45	45

【 0 0 9 3 】

【表 3 - 2】

シリコーン樹脂		比較例								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
527(A)	質量%	56	57	57	57	50	59	58	59	59
527(B)		44	43	43	43	50	41	42	41	41

10

【 0 0 9 4 】

5 2 7 ( A ) : シリコーン樹脂、東レ・ダウコーニング ( 株 )

5 2 7 ( B ) : シリコーン樹脂、東レ・ダウコーニング ( 株 )

【 0 0 9 5 】

【表 4 - 1】

			実施例				
			1	2	3	4	5
配合比 (体積%)	炭素繊維	XN-100-10M			12.40		
		XN-100-12M	7.99	10.20		12.48	
		XN-100-15M					12.56
		比較製造例 1					
	アルミナ	DAW03	37.83	37.09	55.37	54.44	54.79
	窒化アルミ	HI					
		JC	27.28	25.68			
	シリコーン樹脂		26.90	27.03	32.23	33.08	32.65
合計 (体積%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
熱伝導性フィラー含有量 (体積%)			65.12	62.76	55.37	54.44	54.79
炭素繊維 (C)-シリコーン樹脂 (S) 比率		C/S (質量比)	0.68	0.86	0.88	0.86	0.88
炭素繊維の配向の有無			配向有り	配向有り	配向有り	配向有り	配向有り
熱特性	有効熱伝導率	[W/mK]	11.92	13.97	9.23	10.19	14.14
	熱抵抗	[℃・cm <sup>2</sup> /W]	1.55	1.32	1.96	1.54	1.07
	圧縮率	[%]	7.88	8.10	9.49	21.77	24.17
電気特性	体積抵抗 [(Ω・cm)]	1V	OverRange				
		10V	OverRange				
		50V	OverRange				9.01E+09
		100V	OverRange		1.90E+11	4.52E+09	2.16E+09
		250V	OverRange		4.49E+10	2.98E+09	6.18E+08
		500V	8.56E+12	5.50E+11	4.46E+09	1.27E+09	4.37E+08
		1000V	1.20E+11	1.05E+11	2.91E+08	3.66E+08	3.47E+08
	絶縁破壊電圧	[kV]	1.73	1.43	1.10	1.51	0.71

20

30

40

【 0 0 9 6 】

【表 4 - 2】

			実施例		比較例		
			6	7	1	2	3
配合比 (体積%)	炭素繊維	XN-100-10M		7.14	22.34	23.07	
		XN-100-12M	13.41				
		XN-100-15M					23.07
		比較製造例 1					
	アルミナ	DAW03	26.46	31.69	20.66	42.68	42.68
	窒化アルミ	H1			23.84		
		JC	33.75	34.13			
	シリコン樹脂		26.38	27.04	33.16	34.25	34.25
合計 (体積%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
熱伝導性フィラー含有量 (体積%)			60.21	65.82	44.51	42.68	42.68
炭素繊維 (C)-シリコン樹脂 (S) 比率		C/S (質量比)	1.16	0.60	1.54	1.54	1.54
炭素繊維の配向の有無			配向有り	配向有り	配向有り	配向有り	配向有り
熱特性	有効熱伝導率	[W/mK]	17.59	9.20	17.21	11.54	15.30
	熱抵抗	[°C・cm <sup>2</sup> /W]	1.04	1.95	0.85	1.17	0.83
	圧縮率	[%]	8.65	10.30	27.14	32.47	36.38
電気特性	体積抵抗 [(Ω・cm]	1V	OverRange		4.40E+04	2.51E+04	1.20E+03
		10V	OverRange		UnderRange		
		50V	OverRange		UnderRange		
		100V	1.28E+10	0. R.	UnderRange		
		250V	1.03E+10	0. R.	UnderRange		
		500V	4.60E+09	5.46E+12	UnderRange		
		1000V	2.51E+09	3.80E+11	UnderRange		
	絶縁破壊電圧	[kV]	0.97	1.82	0.04	0.04	0.04

【 0 0 9 7 】

【表 4 - 3】

			比較例					
			4	5	6	7	8	9
配合比 (体積%)	炭素繊維	XN-100-10M		20.19		12.40		
		XN-100-12M					14.39	7.85
		XN-100-15M						
		比較製造例 1			12.48			
	アルミナ	DAW03		6.23	54.44	55.37	47.46	71.34
	窒化アルミ	H1						
		JC	68.86	40.23				
	シリコン樹脂		31.14	33.35	33.08	32.23	38.15	20.81
合計 (体積%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
熱伝導性フィラー含有量 (体積%)		68.86	48.31	54.44	55.37	47.46	71.34	
炭素繊維 (C)-シリコン樹脂 (S) 比率		C/S (質量比)	0.00	1.39	0.86	0.88	0.86	0.86
炭素繊維の配向の有無			—	配向有り	配向有り	配向なし	—	—
熱特性	有効熱伝導率	[W/mK]	6.80	22.80	8.78	5.20	—	—
	熱抵抗	[℃・cm <sup>2</sup> /W]	2.91	0.78	1.82	3.38	—	—
	圧縮率	[%]	1.06	10.80	20.26	12.08	—	—
電気特性	体積抵抗 [Ω・cm]	1V	0. R.	1.80E+03	OverRange		—	—
		10V	0. R.	U. R.	OverRange		—	—
		50V	0. R.	U. R.	OverRange		—	—
		100V	0. R.	U. R.	0. R.	3.86E+09	—	—
		250V	0. R.	U. R.	0. R.	1.72E+09	—	—
		500V	9.21E+12	U. R.	8.37E+12	7.84E+08	—	—
		1000V	1.12E+13	U. R.	4.29E+11	4.80E+08	—	—
	絶縁破壊電圧		[kV]	10.2	0.04	1.61	1.28	—

【 0 0 9 8 】

・ H 1 : 窒化アルミ、平均粒子径 1 μm、(株)トクヤマ

【 0 0 9 9 】



ここで、各成分の比重は以下のとおりである。

シリコーン樹脂： 0 . 9 7

炭素繊維： 2 . 2 2

アルミナ： 3 . 7 5

窒化アルミ： 3 . 2 5

【 0 1 0 0 】

実施例 1 ～ 7 の熱伝導シートは、高い熱伝導性を有しつつ、絶縁性にも優れていた。

一方、比較例 1 ～ 3、5 の熱伝導シートは、絶縁性が不十分であった。

比較例 4 の熱伝導シートは、炭素繊維を含有していないために、熱特性が、本発明の熱伝導シートよりも劣っていた。

10

比較例 6 の熱伝導シートは、炭素繊維を絶縁被覆しているため、熱特性が、本発明の熱伝導シートよりも劣っていた。

比較例 7 の熱伝導シートは、炭素繊維が厚み方向に配向していないため、熱特性が、本発明の熱伝導シートよりも劣っていた。

比較例 8 では、熱伝導性フィラーの含有量が、48 体積 % 未満であるため、シリコーン樹脂組成物（熱伝導性樹脂組成物）の粘度が低すぎて、熱伝導シートを調製できなかった。

比較例 9 では、熱伝導性フィラーの含有量が、70 体積 % を超えるため、シリコーン樹脂組成物（熱伝導性樹脂組成物）の粘度が高すぎて、熱伝導シートを調製できなかった。

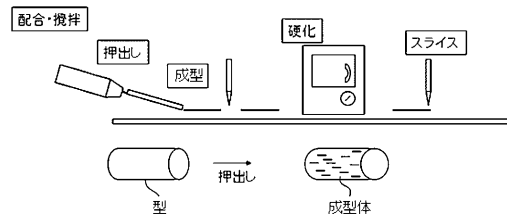
20

【 符号の説明 】

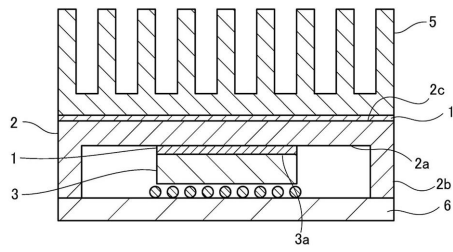
【 0 1 0 1 】

- 1 熱伝導シート
- 2 ヒートスプレッダ
- 2 a 主面
- 3 電子部品
- 3 a 上面
- 5 ヒートシンク
- 6 配線基板

【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 内田 俊介  
東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式  
会社内
- (72)発明者 内田 信一  
東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式  
会社内
- (72)発明者 荒巻 慶輔  
東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式  
会社内

審査官 秋山 直人

- (56)参考文献 特開2007-326976(JP,A)  
特開2012-023335(JP,A)  
特開2012-001638(JP,A)  
特開2015-029076(JP,A)  
特開2012-109313(JP,A)  
特開2000-150740(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |
|------|--------|
| H01L | 23/373 |
| H01L | 23/36  |
| C08K | 7/00   |