

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7689194号
(P7689194)

(45)発行日 令和7年6月5日(2025.6.5)

(24)登録日 令和7年5月28日(2025.5.28)

(51)国際特許分類

F I

H O 1 L 23/36 (2006.01)

H O 1 L 23/36

Z

H O 1 L 23/373 (2006.01)

H O 1 L 23/36

M

請求項の数 9 (全17頁)

(21)出願番号	特願2023-552868(P2023-552868)	(73)特許権者	000003296
(86)(22)出願日	令和4年10月3日(2022.10.3)		デンカ株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/036939		東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号
(87)国際公開番号	WO2023/058597	(74)代理人	100110928
(87)国際公開日	令和5年4月13日(2023.4.13)		弁理士 速水 進治
審査請求日	令和6年4月1日(2024.4.1)	(72)発明者	後藤 大助
(31)優先権主張番号	特願2021-164568(P2021-164568)		東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号
(32)優先日	令和3年10月6日(2021.10.6)		デンカ株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	太田 寛朗
			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
		審査官	佐藤 靖史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放熱部材

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

アルミニウムを含む平板状の金属－炭化珪素質複合体を備えた放熱部材であって、
前記平板状の金属－炭化珪素質複合体を板厚方向に貫通する、少なくとも一個以上の貫通孔と、
前記貫通孔の片方または両方の端部における周囲に、外側に向かって前記貫通孔の内径が徐々に広がるテーパ部と、
前記貫通孔の内部の表面上に形成されたアルミニウムを含む金属部と、
前記金属部中に形成されたネジ穴と、
を備え、
前記ネジ穴の内部において、前記金属部の表面に形成されためっき層を備える、放熱部材。

【請求項2】

請求項1に記載の放熱部材であって、
前記テーパ部の角度が、0.2°以上7°以下である、放熱部材。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の放熱部材であって、
前記貫通孔の最大孔径をD1とし、前記ネジ穴の孔径をD2としたとき、D2／D1が0.1以上0.9以下を満たすように構成される、放熱部材。

【請求項4】

請求項 1 又は 2 に記載の放熱部材であって、

前記貫通孔の断面視において、前記金属部の厚みを $W1$ とし、前記ネジ穴の内部のめっき層の厚みを $W2$ としたとき、 $W2/W1$ が 0.001 以上 0.04 以下を満たすように構成される、放熱部材。

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 に記載の放熱部材であって、

前記放熱部材の主面側に設けられためっき層を備える、放熱部材。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の放熱部材であって、

前記めっき層は、Ni 元素を含む Ni めっき層で構成される、放熱部材。

10

【請求項 7】

請求項 1 又は 2 に記載の放熱部材であって、

当該放熱部材の主面上に設けられた、アルミニウムを含有する金属層を備える、放熱部材。

【請求項 8】

請求項 1 又は 2 に記載の放熱部材であって、

放熱部材の、 25°C から 150°C の平均熱膨張係数が、 4 ppm/K 以上 12 ppm/K 以下である、放熱部材。

【請求項 9】

請求項 1 又は 2 に記載の放熱部材であって、

前記放熱部材の、 25°C における板厚方向の熱伝導率が、 $150\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上 $300\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下である、放熱部材。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放熱部材に関する。

【背景技術】

【0002】

これまで放熱部材について様々な開発がなされてきた。この種の技術として、例えば、特許文献 1 に記載の技術が知られている。特許文献 1 には、炭化珪素多孔体にアルミニウムを含浸して形成された Al-SiC 複合本体部と、Al-SiC 複合本体部を貫通する固定用穴と、固定用穴の内面および Al-SiC 複合本体部の外周縁部の全面にわたって形成されるアルミニウム被覆層と、を備える板状の放熱部品について開示されている（特許文献 1 の図 2、段落 0012 等）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2002-299532 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

しかしながら、本発明者が検討した結果、上記特許文献 1 に記載の板状の放熱部品において、ネジ締め付け容易性の点で改善の余地があることが判明した。

【課題を解決するための手段】

【0005】

このような知見に基づき鋭意研究したところ、本発明者は、テーパー部を有する貫通孔内のアルミニウムを含む金属部にネジ穴を形成することにより、かかるネジ穴におけるネジ締め付け容易性を向上できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0006】

本発明の一態様によれば、以下の放熱部材が提供される。

50

1. アルミニウムを含む平板状の金属－炭化珪素質複合体を備えた放熱部材であって、
前記平板状の金属－炭化珪素質複合体を板厚方向に貫通する、少なくとも一個以上の貫通孔と、

前記貫通孔の片方または両方の端部における周囲に、外側に向かって前記貫通孔の内径が徐々に広がるテーパ部と、

前記貫通孔の内部の表面上に形成されたアルミニウムを含む金属部と、

前記金属部中に形成されたネジ穴と、

を備える、放熱部材。

2. 1. に記載の放熱部材であって、

前記テーパ部の角度が、 0.2° 以上 7° 以下である、放熱部材。

3. 1. 又は2. に記載の放熱部材であって、

前記貫通孔の最大孔径を $D1$ とし、前記ネジ穴の孔径を $D2$ としたとき、 $D2/D1$ が 0.1 以上 0.9 以下を満たすように構成される、放熱部材。

4. 1. ～3. のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

前記ネジ穴の内部において、前記金属部の表面に形成されためっき層を備える、放熱部材。

5. 4. に記載の放熱部材であって、

前記貫通孔の断面視において、前記金属部の厚みを $W1$ とし、前記ネジ穴の内部のめっき層の厚みを $W2$ としたとき、 $W2/W1$ が 0.001 以上 0.04 以下を満たすように構成される、放熱部材。

6. 1. ～5. のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

前記放熱部材の主面側に設けられためっき層を備える、放熱部材。

7. 6. に記載の放熱部材であって、

前記めっき層は、Ni元素を含むNiめっき層で構成される、放熱部材。

8. 1. ～7. のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

当該放熱部材の主面上に設けられた、アルミニウムを含有する金属層を備える、放熱部材。

9. 1. ～8. のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

放熱部材の、 25°C から 150°C の平均熱膨張係数が、 4 ppm/K 以上 12 ppm/K 以下である、放熱部材。

10. 1. ～9. のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

前記放熱部材の、 25°C における板厚方向の熱伝導率が、 $150\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上 $300\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下である、放熱部材。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、ネジ締め付け容易性に優れた放熱部材が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】放熱部材の一例を模式的に表した図（（a）上面図、（b）断面図）である。

【図2】電子装置の一例を模式的に表した図（断面図）である。

【図3】本実施形態の放熱部材の製造工程の一例を模式的に示す斜視図である。

【図4】図3（c）のA－A矢視における断面図である。

【図5】テーパ部を有する場合の含浸工程の一例を模式的に示す工程断面図である。

【図6】テーパ部を有しない場合の含浸工程の一例を模式的に示す工程断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。なお、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。また、図は概略図であり、実際の寸法比率とは一致していない。

【0010】

10

20

30

40

50

特に明示的な説明の無い限り、本明細書中、「略」という用語は、特に明示的な説明の無い限りは、製造上の公差や組立て上のばらつき等を考慮した範囲を含むことを表す。

特に断りの無い限り、本明細書中の各種数値（特に測定値）のうち、温度により値が変わりうるものについては、室温（25℃）での値を採用することができる。

本明細書中、「～」は、特に明示しない限り、上限値と下限値を含むことを表す。

【0011】

本実施形態の放熱部材を概説する。

【0012】

本実施形態の放熱部材は、アルミニウムを含む平板状の金属－炭化珪素質複合体を備えた放熱部材であり、平板状の金属－炭化珪素質複合体を板厚方向に貫通する、少なくとも一個以上の貫通孔と、貫通孔の片方または両方の端部における周囲に、外側に向かって貫通孔の内径が徐々に広がるテーパ部と、貫通孔の内部の表面上に形成されたアルミニウムを含む金属部と、金属部中に形成されたネジ穴と、を備える。

10

【0013】

図1(a)は、放熱部材10の構成の一例を模式的に示す平面図、図1(b)は、図1(a)のB-B矢視における断面図である。なお、図1(a)中、金属－炭化珪素質複合体20の外縁を実線、金属層30の外縁を点線で示す。

【0014】

図1(a)(b)の放熱部材10は、上記の含浸工程において炭化珪素質多孔体2中に溶融アルミニウム3が含浸し固化することにより形成される金属－炭化珪素質複合体20を備える。

20

金属－炭化珪素質複合体20中、上記の含浸工程において貫通孔40に充填された金属部32において、ネジ穴60が形成されている。

ネジ穴60は、ネジ等で放熱部材10を他の部材（例えば、プラスチック製ケースなど）に接合する際に利用される。

【0015】

ネジ穴60は、穴の内面がアルミニウムを含む金属部32bで構成されている。アルミニウムは、炭化珪素と比べてねじ溝を形成しやすい柔軟な金属材料である。このため、ネジ等を金属部32aに密着させて固定できるため、接合強度を高められる。したがって、ネジ穴60は、ネジの締め付け易さに優れた構造を有する。

30

また、ネジ穴60は、柔軟な金属材料で構成された金属部32bの周囲が炭化珪素質多孔体で覆われるように形成されている。このため、ネジ穴60は、機械的強度にも優れた構造を有する。

【0016】

図2は、電子装置100の構成の一例を模式的に示す断面図である。

図2の電子装置100は、ネジ64をネジ穴60に挿入し、放熱部材10にケース80を接合した構造を有する。ネジ穴60を有する放熱部材10には、ネジ64を用いて、他の部材を着脱自在に固定できる。

【0017】

図2のテーパ部50は、貫通孔40の両方の端部における周囲に形成されており、外側に向かって貫通孔40の内径が徐々に広がるように構成される。テーパ部50上にある金属部32aにネジ64の頭部が密着した状態で固定される。金属部32aの厚みは、非テーパ構造の場合と比べて厚くなるため、ネジ64の頭部の密着性が良好となる。このため、貫通孔40内にあるネジ穴60におけるネジの締め付け易さを向上できる。

40

一方、テーパ部50の最大孔径（孔径D1）よりも、ネジ穴60の孔径D2を小さくする。すなわち、貫通孔40近傍における炭化珪素に対するアルミニウムの体積比を低減できる。このため、金属－炭化珪素質複合体20の機械的強度の低下を抑制することが可能である。また、アルミニウムと炭化珪素との線膨張係数差に起因する歪みを抑制できる。

【0018】

図5は、テーパ形成工程が有る場合の含浸工程を説明する工程断面である。

50

図5は、貫通孔40が形成された炭化珪素質多孔体2（プリフォーム）に溶融アルミニウム3を含浸させる含浸工程を示す。

この含浸工程では、通常、型内の空間に、スペーサー1a, 1bにより挟まれた炭化珪素質多孔体2を配置し、加熱溶融させたアルミニウム、すなわち溶融アルミニウム3を供給する。供給された溶融アルミニウム3は、炭化珪素質多孔体2の内部に含浸していくが、このとき、凝固潜熱の差により、炭化珪素質多孔体2の内部に含浸したものや、その表面近傍に存在するものから先に固化し、固化アルミニウム3bとなる。そうすると、後から供給された溶融アルミニウム3は、先に固化した固化アルミニウム3bによって流路が塞がれてしまい、炭化珪素質多孔体2の内部や表面近傍を通して移動し難くなる。

【0019】

図6(a)の貫通孔40は、ドリルなどの一般的な手法で形成されたもので、炭化珪素質多孔体2の板厚方向において、テーパ部を有さず、同一孔径を有する筒状構造を備える。

図6(a)では、先に固化した固化アルミニウム3bによって、溶融アルミニウム3の流れ3aが阻害される状態を示している。なぜならば、溶融アルミニウム3は、固化アルミニウム3bが存在する炭化珪素質多孔体2の内部を移動できず、貫通孔40の端部周囲における表面近傍を通り難くなるためである。そのため、貫通孔40に移動する溶融アルミニウム3の供給量が不足する。そのような状態で、貫通孔40中の溶融アルミニウム3が固化すると、図6(b)に示すように、貫通孔40の内部において、鬆4が多く発生することになる。また、冷却時に金属収縮が起きることも鬆4が形成される一要因と考えられる。

【0020】

これに対して、図5(a)の貫通孔40は、両方の端部における周囲に、外側に向かって貫通孔40の内径が徐々に広がるテーパ部50を備える。

図5(b)では、貫通孔40が備えるテーパ部50が、先に固化した固化アルミニウム3bによって塞がれていない流路となる。この流路を通して、貫通孔40の端部周囲を溶融アルミニウム3が移動できる。そうすると、供給された溶融アルミニウム3の流れ3aは、図6(a)と比べて、良好となる。したがって、溶融アルミニウム3を貫通孔40中に十分量供給できる。そのような状態で、貫通孔40中の溶融アルミニウム3が固化すると、図5(b)に示すように、貫通孔40の内部において、金属部32に鬆4が発生することを抑制できる。

【0021】

このように、貫通孔40中の金属部32bにおいて鬆4の形成が抑制される。このため、ネジ穴60の孔内表面である金属部32bの表面に形成されたネジ山は、ネジ締め付け時において潰れ難くなる。

したがって、本実施形態の放熱部材10において、ネジ穴60へのネジの締め付けが容易となる。

【0022】

以下、本実施形態の放熱部材の製造方法の各工程について詳述する。

【0023】

本実施形態の放熱部材10の製造方法について、図3～5を用いて説明する。

図3は、放熱部材の製造工程の一例を模式的に示す斜視図であり、図4は、図3(c)のA-A矢視における断面図であり、図5は、含浸工程の一例を模式的に示す工程断面図である。

【0024】

準備工程では、図3(a)の平板状の炭化珪素質多孔体2bを製造する。

【0025】

上記の炭化珪素質多孔体(SiCプリフォーム)の製造方法に関して特に制限はなく、公知の方法で製造することが可能である。例えば、原料である炭化珪素(SiC)粉末にシリカ若しくはアルミナ等を結合材として添加して混合、成形し、800℃以上で焼成す

10

20

30

40

50

ることによって製造することができる。

平板状にする方法としては、公知の方法を適宜適用することができる。例えば、乾式プレス法、湿式プレス法、押出し成型法、インジェクション法、キャスティング法、シート成形後打ち抜く方法等を用いることができる。

【0026】

炭化珪素質多孔体中のSiC含有率の高い方が、熱伝導率が高く、熱膨張係数が小さくなるため好ましい。ただし、含有率が高くなりすぎると、アルミニウム合金が十分に含浸しない場合がある。

実用的には、平均粒子径が好ましくは40μm以上の粗いSiC粒子を40質量%以上含み、SiCプリフォームの相対密度が好ましくは55%以上75%以下の範囲にあるものが好適である。

10

【0027】

炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）の強度は、取り扱い時や含浸中の割れを防ぐため、曲げ強度で3MPa以上あることが好ましい。平均粒子径は、走査型電子顕微鏡（例えば日本電子社製「JSM-T200型」）と画像解析装置（例えば日本アビオニクス社製）を用い、1000個の粒子について求めた径の平均値を算出することによって測定することができる。また、相対密度は、アルキメデス法等によって測定することができる。

【0028】

炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）の原料であるSiC粉については、粗粉と微粉を適宜併用するなどして、粒度調整を行うことが好ましい。こうすることで、炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）の強度と、最終的に得られる放熱部材の熱伝導率の高さとを両立させやすい。

20

具体的には、(i) 平均粒子径40μm以上150μm以下のSiC粗粉と、(ii) 平均粒子径5μm以上15μm以下のSiC微粉を混合した混合粉末が好適である。ここで、混合粉末中の(i)と(ii)の量比は、好ましくは、(i)が40質量%以上80質量%以下、(ii)が20質量%以上60質量%以下である。

【0029】

炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）は、SiC粉末に結合材を添加した混合物の成形体を、脱脂、焼成などすることにより得られる。焼成温度が800℃以上であれば、焼成時の雰囲気に関係なく、曲げ強度が3MPa以上の炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）を得やすい。

30

ただし、酸化性雰囲気中では、1100℃を超える温度で焼成すると、SiCの酸化が促進され、金属-炭化珪素質複合体の熱伝導率が低下してしまう場合がある。よって、酸化性雰囲気中では、1100℃以下の温度で焼成することが好ましい。

焼成時間は、炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）の大きさ、焼成炉への投入量、焼成雰囲気等の条件に合わせて適宜決めればよい。

【0030】

炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）は、成形時に所定の形状にする場合、1枚ずつ乾燥を行うか、SiCプリフォーム間にプリフォーム形状と等しい形状のカーボン等のスペーサーを用いて乾燥することで、乾燥による湾曲の変化を防ぐことができる。また、焼成に関しても乾燥時と同様の処理を行うことにより、内部組織の変化に伴う形状変化を防ぐことが可能である。

40

【0031】

必定に応じて、例えば旋盤などの切削・研削機具により、炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）の少なくとも片面を、その外側に向かって凸型の湾曲形状となるように加工してもよい。炭化珪素質多孔体（SiCプリフォーム）の片面だけでなく、両面に加工を施してもよい。

このように、プリフォームの段階で機械加工（切削加工）を施すことで、金属含浸後に切削のための特別な器具等を用いる必要がなく、容易に湾曲の度合いや平面度を制御しやすいメリットがある。

50

【0032】

準備工程では、必要に応じて、炭化珪素質多孔体2bの外周を加工して、所望の外周構造を有する、図3(b)の炭化珪素質多孔体2を形成する。具体的には、炭化珪素質多孔体2の少なくとも四隅において、一部が除外されてなる切り欠き部22を形成してもよい。

【0033】

外周加工として、通常の機械加工、研削加工、ウォータージェット加工、レーザー加工、放電加工等が用いられるが、これに限定されない。

【0034】

続いて、孔形成工程では、の平板状の炭化珪素質多孔体2において、板厚方向に貫通する貫通孔40を形成する。図3(b)の貫通孔40は、炭化珪素質多孔体2の周縁部に複数形成される。具体的には、炭化珪素質多孔体2の少なくとも4隅に貫通孔40を設けることが好ましい。

ドリルなどの機械加工により、貫通孔40を形成できる。

【0035】

続いて、テーパ形成工程では、貫通孔40の片方または両方の端部に、図3(c)のテーパ部50を形成する。具体的には、全ての貫通孔40の両方の端部のそれぞれにテーパ部50を設けることが好ましい。

テーパ加工方法としては、図4に示すように、所定の角度を設けたテーパ加工用工具(工具5)を用いて、工具5の落とし込み量や工具5の角度を調整することによって、テーパ部50の孔径D1(テーパ径)やテーパ部50の高さH(テーパ高さ)を制御できる。また、孔径D1と高さHとにより、テーパ部50の角度 θ (テーパ角)を制御できる。

テーパ径とテーパ高さ、および／またはテーパ角を調整することにより、金属-炭化珪素複合体20への金属含浸時において、貫通孔40中に鬆が発生することを抑制できる。

ここで、テーパ径(孔径D1)は、図2の放熱部材10の断面図の一つにおける板厚方向において、貫通孔40の最大直径と定義する。

貫通孔40の孔径D0は、図2の放熱部材10の断面図の一つにおける板厚方向において、貫通孔40の最小直径と定義する。

【0036】

テーパ径は、例えば、貫通孔40の最小孔径(孔径D0)に対して+6~+40mm、好ましくは+8~+36mm、より好ましくは+10~+32mmである。

あるいは、テーパ径は、孔径D1/孔径D0が、例えば、1.5~16、好ましくは2~15、より好ましくは2.3~14を満たすように構成されてもよい。

【0037】

貫通孔40の孔径D0の一例は、平板状の炭化珪素質多孔体2の面積や用途に応じて適宜選択可能であるが、例えば、4~10mm、好ましくは5~9mm、より好ましくは6~9mmである。

【0038】

テーパ高さは、図2の放熱部材10の断面図の一つにおいて、貫通孔40が最大直径となる表面側のテーパ部50の端部を通して引いた補助線L1と、貫通孔40が最小直径となる内部側のテーパ部50の端部を通して引いた補助線L2との距離(高さH)であると定義する。なお、この補助線L1は、炭化珪素質多孔体2の主面に沿って形成されてもよい。

テーパ高さ(高さH)は、例えば、0.1~1mm、好ましくは0.2~0.8mm、より好ましくは0.3~0.6mmである。

【0039】

テーパ角は、図2の放熱部材10の断面図の一つにおいて、上記の補助線L1とテーパ部50のテーパ面に沿って引いた補助線L3とがなす角(θ)であると定義する。

テーパ角(θ)は、例えば、0.2~7°、好ましくは0.3~6°、より好ましく

10

20

30

40

50

は0.4～5°である。

テーパ角を上記上限値以下とすることにより、金属－炭化珪素複合体20における機械的強度の低下を抑制できる。またアルミニウムと炭化珪素との線膨張係数差に起因する歪みを抑制できる。また、テーパ角を上記下限値以上とすること、放熱部材10の製造安定性を向上できる。

【0040】

テーパ部50の形状は、溶融アルミニウム3の流路となるものであれば、とくに限定されない。

炭化珪素質多孔体2の主面に対して垂直方向（以下、主面－垂直方向と呼称する。）から見たときのテーパ部50の形状は、貫通孔40の周囲を囲むようなリング状構造を有してもよいが、これに限定されない。このテーパ部50の外縁形状は、正円や楕円などの円形、四角形や六角形等の多角形となるように構成されてもよい。

【0041】

また、テーパ部50は、主面－垂直方向から見たとき、互いに離間する離間部を複数個有していてもよい。すなわち、テーパ部50は、個別に設けられた溶融アルミニウム3の流路を2個以上有してもよい。

また、主面－垂直方向からみたときのテーパ部50の一部が、他の部分よりも外縁側に突出した延在部を有していてもよい。テーパ部50の外縁または延在部は、炭化珪素質多孔体2の外周縁に達してもよいが、機械的強度の観点から、その外周縁よりも内側にあることが好ましい。

【0042】

炭化珪素質多孔体2の断面視におけるテーパ部50のテーパ面は、直線状でも、曲線状でもよいが、面内に段部や溝部を1個または2個以上有してもよい。具体的には、炭化珪素質多孔体2の断面視における図2のテーパ面は、直線状であってもよい。これより、溶融アルミニウム3の流れ3aを良好なものとなる。

【0043】

続いて、含浸工程では、平板状の炭化珪素質多孔体2の内部にアルミニウムを含む金属を含浸させ、金属－炭化珪素複合体20を得る。

【0044】

まず、図5(a)では、両面をスペーサー1a, 1bで挟み込んだ状態の炭化珪素質多孔体2を金型にセットし、その後、金型に、溶融金属（アルミニウムを含む金属）を投入する。そして、溶融金属をプレスすることにより、炭化珪素質多孔体2の空隙内に金属が含浸され、貫通孔40の内部に金属が充填される。図5(b)では、冷却を経て、アルミニウムを含む金属－炭化珪素複合体20が得られる。このとき、貫通孔40の内部において、金属が冷却され金属部32が充填される。

【0045】

スペーサー1a, 1bは、得られた金属－炭化珪素複合体20を離型できるものであれば、とくに限定されない。スペーサー1aの上に他の炭化珪素質多孔体と他のスペーサーをさらに配置してなる炭化珪素質多孔体の積層構造体を含浸工程に用いてもよい。

【0046】

ここで、炭化珪素質多孔体2を金型にセットする際には予熱を行っておくことが好ましい。予熱温度は例えば500℃以上650℃以下である。そして、温度低下を防ぐため、炭化珪素多孔体（SiCプリフォーム）を金型にセットした後は、できるだけ速やかに溶融金属を投入することが好ましい。

【0047】

なお、炭化珪素質多孔体2に金属を含浸させて金属－炭化珪素複合体20を得る際、金属－炭化珪素複合体20の表面（主面など）に表面金属層（金属層30）を設けてもよい。これにより、アルミニウムを含む金属層30を金属－炭化珪素複合体20の一方の面または両面に形成できる。

一例として、含浸の際の金型として、SiCプリフォームの寸法よりも若干大きな寸法

10

20

30

40

50

の金型を準備し、その金型内にSiCプリフォームを配置し、熔融金属を注入することで、表面金属層を設けることができる。

別の例として、アルミナ若しくはシリカからなる、繊維、球状粒子、及び破碎形状の粒子のうち1種以上を、SiCプリフォームの表面に直接接するように配置したうえで、金属を含浸させることでも、表面金属層を設けることができる。このとき、表面金属層中の、アルミナ若しくはシリカからなる繊維、球状粒子及び破碎形状の粒子のうちの1種以上からなる材料の含有量は、金属-炭化珪素複合体の質量に対して、好ましくは0.1質量%以上5質量%以下、さらに好ましくは0.3質量%以上2質量%以下である。

さらに別の例として、金属の薄板または薄膜をSiCプリフォームの表面に配置してから金属を含浸させる、SiCプリフォームの表面に予め溝などを付加しておくなどの方法によっても、表面金属層を設けることができる。

【0048】

熔融金属のプレス圧力は、金属が十分に含浸する限り特に限定されないが、例えば30 MPa以上である。

【0049】

金属（好ましくはアルミニウムまたはアルミニウムを含む合金）をプリフォームの空隙内に十分に浸透させるため、含浸させる金属の融点は適度に低いことが好ましい。

この点で、例えばケイ素を7質量%以上25質量%以下含有したアルミニウム合金が好ましく挙げられる。更にマグネシウムを0.2質量%以上5質量%以下含有させることで、炭化珪素粒と金属部分との結合がより強固になり好ましい。アルミニウム合金中のアルミニウム、ケイ素、マグネシウム以外の金属成分に関しては、極端に特性が変化しない範囲であれば特に制限はなく、例えば銅等が含まれていてもよい。

【0050】

アルミニウム合金としては、好ましくは、鑄造用合金である、AC4C、AC4CH、ADC12なども使用することができる。

【0051】

ちなみに、含浸時に生じた歪み除去の目的で、金属-炭化珪素複合体20に対してアニール処理を行ってもよい。アニール処理は、例えば、400℃以上550℃以下程度の温度で10分以上の条件で行うことができる。

【0052】

以上により、本実施形態の放熱部材10が得られる。

【0053】

なお、当然ながら、本実施形態の放熱部材の製造方法は、上記に限定されない。

例えば、本実施形態の放熱部材10においては、表面金属層は任意の構成であるから、表面金属層は必ずしも形成されなくてもよい。

また、得られた放熱部材10の表面を研磨処理またはブラスト処理する工程を行ってもよい。

【0054】

また、得られた放熱部材10において、上記含浸工程の後、ネジ穴を形成する工程を行ってもよい。

ネジ穴形成工程は、図5(b)において、貫通孔40の内部にアルミニウムを充填することにより形成された金属部32にネジ穴を形成する。

【0055】

図1(b)の放熱部材10は、貫通孔40の内部において、金属部32bに形成されたネジ64を備える。ネジ64は、非貫通孔であり、内面に形成されたネジ山を有する。

【0056】

放熱部材10の断面視において、ネジ64の孔径をD2とし、貫通孔40の最大孔径をD1とする。

D2/D1は、例えば、0.1~0.9、好ましくは0.15~0.7、より好ましくは0.2~0.6である。

10

20

30

40

50

【0057】

また、得られた放熱部材10において、上記含浸工程の後、めっき工程を行ってもよい。例えば、公知の無電解Ni-PめっきやNi-Bめっきの手法により、放熱部材10の主面側にめっき層を設けることができる。

【0058】

放熱部材10は、図1(b)のネジ穴62の内部において、金属部32bの表面に形成されためっき層をさらに備えてもよい。

このとき、貫通孔40の断面視において、金属部32bの厚みW1とし、ネジ穴62の内部におけるめっき層の厚みをW2とする。

W2/W1は、例えば、0.001~0.04、好ましくは0.002~0.03、より好ましくは0.003~0.02である。

10

【0059】

本実施形態の放熱部材10について詳述する。

【0060】

図1(a)(b)の放熱部材10は、平板状の金属-炭化珪素複合体20、および金属-炭化珪素複合体20の少なくとも表裏両面に形成された金属層30を備える。

放熱部材10の2つの両面のうち、電子部品が搭載される側の面を主面30A、他方の面を裏面30Bとする。

【0061】

一態様として、主面30Aおよび/または裏面30B（すなわち放熱部材10の表面）は、アルミニウムを含む金属-炭化珪素複合体20であることができる。

20

別の態様として、主面30Aおよび/または裏面30B（放熱部材10の表面）は、金属層30であってもよい。例えば、放熱部材10の主面30Aおよび/または裏面30Bは、アルミニウムを含有する金属層30（表面金属層）を備えることが好ましい。この場合、放熱部材10における、表面金属層以外の部分は、金属-炭化珪素質複合体等であることができる。

【0062】

図1(a)の放熱部材10は、その周縁部に複数のネジ穴62（貫通孔）を有する。より具体的には、後述のように放熱部材10が実質的に矩形である場合には、放熱部材10の少なくとも四隅の切り欠き部22に形成された金属層30aにネジ穴62が設けられることが好ましい。

30

ネジ穴62は、ネジ等で放熱部材10を他の放熱部品（例えば放熱フィンなど）に接合する際に利用される。

【0063】

電子部品は、例えば、パワー半導体素子であることができる。パワー半導体素子である電子素子90からは多量の熱が放出されるが、本実施形態の放熱部材10（素子搭載用基板）を他の放熱部材（放熱フィン等）に適切に接合することで、その熱を効率的に排熱しうる。

【0064】

電子素子90は、少なくともセラミックス基板92を含む。図2においては、電子素子90は、セラミックス基板92が2つの金属層13により挟まれた構造となっている。

40

電子素子90は、例えば、半田70によりはんだ付けされることで、放熱部材10の主面3A側に搭載される。なお、放熱部材10の主面3Aを上面として電子素子90を上面視したとき、放熱部材10の面積の10~80%が電子素子90で覆われている。

【0065】

放熱部材10は、好ましくは、実質的に矩形である。つまり、放熱部材10の主面30Aに対して垂直方向からみたとき、放熱部材10の形状は実質的に矩形である。

ここで「実質的に矩形である」とは、放熱部材10の四隅の少なくとも1つが、直角形状ではなく、丸みを帯びた形状に加工されていてもよいことを意味する（もちろん、四隅は直角形状であってもよい）。

50

なお、放熱部材 10 の四隅の少なくとも 1 つが、丸みを帯びた形状に加工されている場合、放熱部材 10 を上面視したときの短辺と長辺の直線部分を延長したときに交差する点を、矩形の「頂点」と定義することができる。また、このとき、放熱部材 10 の「短辺の長さ」や「長辺の長さ」は、上記「頂点」を始点または終点として定義することができる。

【0066】

放熱部材 1 の縦横の長さは、一例として、40 mm×90 mm から 140 mm×250 mm 程度である。

放熱部材 1 の厚みは、一例として 2 mm 以上 6 mm 以下、好ましくは 3 mm 以上 5 mm 以下である。なお、放熱部材 1 の厚みが一様ではない場合には、少なくとも放熱部材 1 の重心部分における厚みが上記範囲にあることが好ましい。または、放熱部材 1 の厚みが一様ではない場合には、孔以外の各部分での厚みが上記範囲内に収まっていることが好ましい。

10

【0067】

放熱部材 10 の 25℃ から 150℃ の平均熱膨張係数は、例えば、4~12 ppm/K、好ましくは 4~10 ppm/K である。これにより、セラミックス板との熱膨張係数差に起因するクラックや割れ等を抑制できる。

線熱膨張係数としては、温度 150℃ から 25℃ の降温時の値を用いる。線熱膨張係数は、熱膨張計により、JIS R1618 に準拠して、降温速度が 5℃/分以下の条件で測定できる。

【0068】

20

放熱部材 10 の 25℃ における板厚方向の熱伝導率は、例えば、150~300 W/m・K、好ましくは 180~300 W/m・K である。

【0069】

金属-炭化珪素複合体 20 に含まれる金属は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム又はマグネシウム合金であってよい。熱伝導率の観点から、金属-炭化珪素複合体 20 は、アルミニウムまたはアルミニウム合金を含むことが好ましい。

また、合金として、例えば、ケイ素 (Si) を 7~25 質量% 含有したアルミニウム合金が挙げられる。ケイ素を 7~25 質量% 含有したアルミニウム合金を用いることにより、金属-炭化珪素複合体 20 の緻密化が促進されるという効果を得ることができる。

【0070】

30

金属-炭化珪素複合体 20 がアルミニウム-炭化珪素複合体の場合、アルミニウムが主成分として含まれており、金属中のアルミニウムの含有量は、例えば、60~100 質量%、80~99.8 質量% でもよい。

アルミニウム-炭化珪素複合体に含まれる金属は、主成分であるアルミニウム以外、本発明の効果を損なわない限り、マグネシウム、ケイ素、鉄、銅からなる群から選ばれる一または二以上の元素が含まれていてもよい。

【0071】

金属層 30 に含まれる金属は、金属-炭化珪素複合体 20 に含まれる金属と同種のものであればよく、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム又はマグネシウム合金であってよい。

40

【0072】

金属層 30 の厚みは、例えば、10~300 μm、好ましくは 30~150 μm である。上記下限値以上とすることにより、金属層 30 の皮膜強度を向上できる。上記上限値以下とすることにより、金属-炭化珪素複合体 20 との熱膨張係数差による反り発生を抑制できる。

熱伝導率は、レーザーフラッシュ法により、JIS R1611 に準拠して測定できる。

【0073】

電子部品が含むセラミックス基板 92 の材質は、セラミックス材料である限り特に限定されない。

例えば、窒化珪素、窒化アルミニウムなどの窒化物系セラミックス、酸化アルミニウム

50

、酸化ジルコニウムなどの酸化物系セラミックス、炭化珪素等の炭化物系セラミックス、ほう化ランタン等のほう化物系セラミックス等であることができる。中でも、窒化アルミニウム、窒化ケイ素および酸化アルミニウムが、絶縁性、金属層13との接合性の強さ、機械的強度などの観点から好ましい。

【0074】

金属層30とセラミックス基板92と接合するろう材としては、Ag-Cu系ろう材を好ましい。すなわち、ろう材は、Ag粉末、Cu粉末等の混合物であることが好ましい。

ろう材は、セラミックス板との濡れ性改善などの目的から、SnまたはInを含んでもよい。

ろう材は、セラミックス板との反応性を高める等の観点から、活性金属を含むことが好ましい。活性金属としては、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブなどを挙げることができる。窒化アルミニウム基板や窒化珪素基板との反応性が高く、接合強度を非常に高くできる観点で、チタンを含むことが好ましい。

【0075】

また、半田70として、特に種類は限定しないが、例えば、鉛すず共晶はんだ、または鉛フリーはんだを用いることができる。

【0076】

放熱部材10は、図1には示していないが、放熱部材10の主面30A側、具体的には最表面に形成されためっき層を備えてもよい。これにより、はんだとの接合性を高められる。

【0077】

めっき層は、Ni、Au及びAgの少なくとも一種を含んでいてよい。この中でも、めっき層は、Niを含むNiめっき層で構成されることが好ましい。

【0078】

めっき層の厚みは、例えば、3~15 μ m、好ましくは4~10 μ mである。

上記下限値以上とすることにより、めっき層の被覆安定性を向上できる。上記上限値以下とすることにより、金属層30などの下地層との熱膨張係数差による反り発生を抑制できる。

【0079】

以上、本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することができる。また、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれる。

【実施例】

【0080】

以下、本発明について実施例を参照して詳細に説明するが、本発明は、これらの実施例の記載に何ら限定されるものではない。

【0081】

<放熱部材の製造>

(炭化珪素質多孔体の形成)

まず、以下の炭化珪素粉末A、炭化珪素粉末Bおよびシリカゾルを、攪拌混合機で30分間混合し、混合物を得た。

・炭化珪素粉末A（太平洋ランダム株式会社製：NG-150、平均粒径：100 μ m）
300g

・炭化珪素粉末B（屋久島電工株式会社製：GC-1000F、平均粒径：10 μ m）
150g

・シリカゾル（日産化学工業株式会社製：スノーテックス） 30g

【0082】

得られた混合物を金型へ投入し、圧力10MPaでプレス成形した。これにより、135mm×75mm×5.0mmの寸法の平板状の成形体を得た。得られた成形体を、大気中、温度900℃で2時間焼成して、相対密度（嵩密度）が65体積%の炭化珪素質多孔

10

20

30

40

50

体を得た。

【0083】

（貫通孔／テーパ部形成工程）

炭化珪素質多孔体の四隅にドリルを用いて貫通孔を形成した。

続いて、各貫通孔の両端に、図4の所定の角度を設けたテーパ加工用工具（工具5）を押し当てて、テーパ部を形成した。

なお、実施例1、2のテーパ部の寸法を下記の表1に示す。比較例1においては、テーパ部を形成しなかった。

なお、表1中の貫通孔の孔径は、最小孔径（D0）を意味する。

【0084】

（金属の含浸）

機械加工した炭化珪素質多孔体の両面をカーボンコートした170mm×100mm×0.8mmの寸法のステンレス板で挟んで、積層した。

次に、両側に6mm厚みの鉄板を配置して、M10のボルト6本で連結して面方向の締め付けトルクが2Nmとなるようにトルクレンチで締め付けて一つのブロックとした。

その後、一体としたブロックを電気炉で620℃に予備加熱し、さらにその後、あらかじめ加熱しておいた内径400mmφのプレス型内に収めた。そのプレス型内に、ケイ素を12質量%、マグネシウムを1.0質量%含有するアルミニウム合金の溶湯を注ぎ、そして60MPaの圧力で20分間加圧した。これにより、炭化珪素質多孔体にアルミニウム合金を含浸させた。

【0085】

含浸終了後、25℃まで冷却し、その後、湿式バンドソーにてステンレス板の形状に沿って切断し、挟んだステンレス板をはがした。さらにその後、含浸時の歪み除去のために500℃の温度で3時間アニール処理を行った。

以上により、アルミニウム－炭化珪素質複合体を得た。

【0086】

（含浸後の処理）

得られたアルミニウム－炭化珪素質複合体の外周を、NC旋盤で加工して、縦横の大きさを140mm×80mmとした。

続いて、アルミニウム－炭化珪素質複合体の貫通孔内に形成された金属部にネジ穴（孔径D2：4mm）を形成した。

以上により、めっき層無しの放熱部材を得た。

【0087】

（鬆の評価）

得られた各放熱部材を切断し、貫通孔の内部表面について光学顕微鏡を用いて、50倍の表面写真において、鬆（単独または連結した気泡のような筋）の有無を観察した。

また、観察を行った別領域における写真の枚数（検査数）をN1とし、鬆が観察された写真の枚数（発生枚数）をN2としたとき、式： $N2 / N1 \times 100\%$ に基づいて鬆発生率を算出し、表1に記した。

【0088】

（ネジ締め付け容易性）

得られた各放熱部材を用いて、ネジ穴にネジを締め付けたときの作業性を評価した。

比較例1では、4箇所のネジ穴において、ネジ山が潰れることがあり、ネジの締め付けができないことがあった（不良）。

実施例1、2では、4箇所のネジ穴において、比較例1と比べてネジ山が潰れなくなり、ネジの締め付けを容易に行うことができた（優良）。

【0089】

10

20

30

40

50

【表 1】

表1

	貫通孔	テーパ径(DI)	テーパ高さ(H)	テーパ角(θ)	鬆発生率	ネジ締め付け容易性
比較例1	6mm	テーパ部なし	—	—	78%	不可
実施例2	6mm	16mm	0.3mm	4.6°	50%	優良
実施例1	9mm	49mm	0.5mm	1.4°	18%	優良

10

20

30

【0090】

実施例1、2の放熱部材は、比較例1と比べて、ネジ山が潰れなくなり、ネジ穴にネジが締め付け易いことが分かった。

40

【0091】

この出願は、2021年10月6日に出願された日本出願特願2021-164568号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0092】

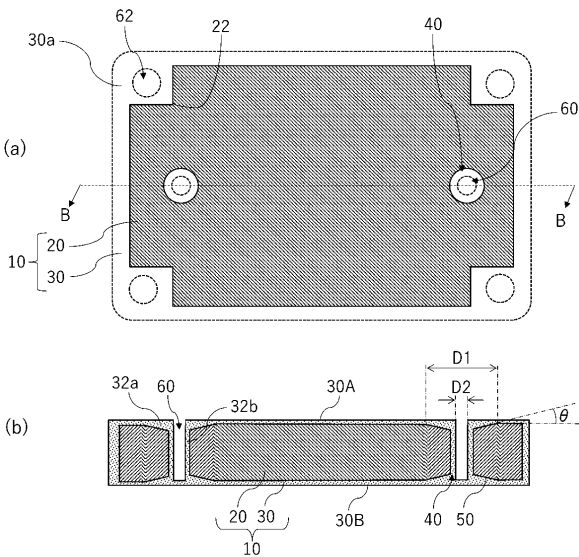
- 1 a スペーサー
- 1 b スペーサー
- 2 炭化珪素質多孔体（プリフォーム）
 - 2 a 炭化珪素質多孔体
 - 2 b 炭化珪素質多孔体

50

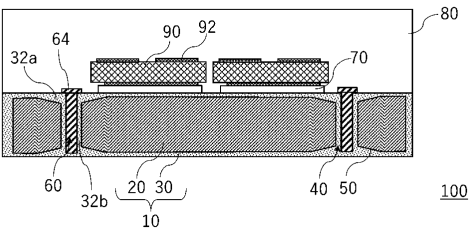
- 3 溶融アルミニウム
 - 3 a 流れ
 - 3 b 固化アルミニウム
- 4 鬆
- 5 工具
- 10 放熱部材
- 20 金属－炭化珪素複合体
 - 20 a 金属－炭化珪素複合体
- 22 切り欠き部
- 30 金属層
- 30 a 金属層
- 30 A 主面
- 30 B 裏面
- 32 金属部
 - 32 a 金属部
 - 32 b 金属部
- 40 貫通孔
- 50 テーパー部
- 60 ネジ穴
- 62 ネジ穴
- 64 ネジ
- 70 半田
- 80 ケース
- 90 電子素子
- 92 セラミックス基板
- 100 電子装置

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

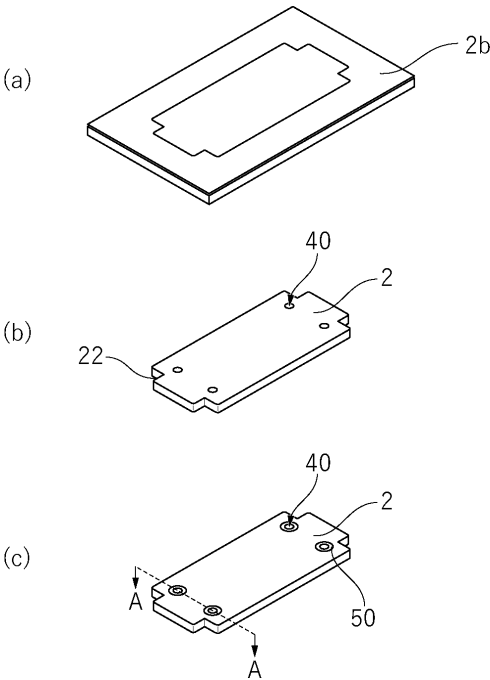
20

30

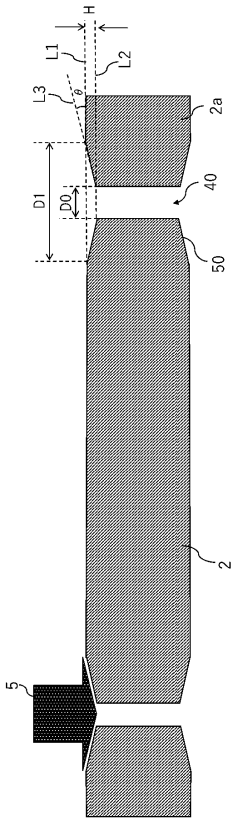
40

50

【図 3】



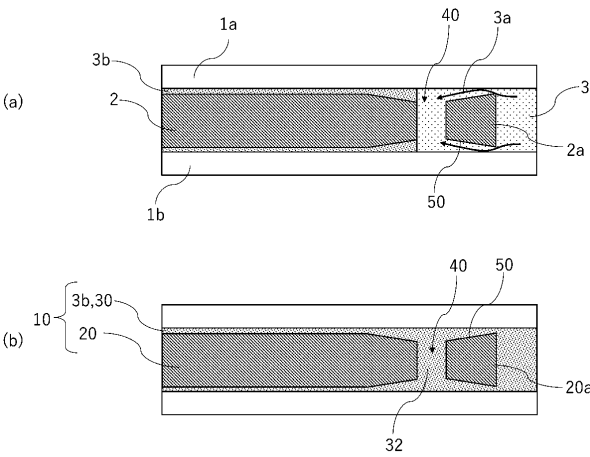
【図 4】



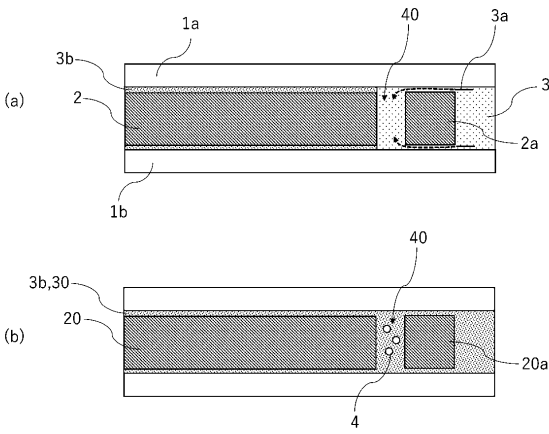
10

20

【図 5】



【図 6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2020/110824 (WO, A1)
 特開2008-240155 (JP, A)
 国際公開第2017/022012 (WO, A1)
 特開2020-012194 (JP, A)
 国際公開第2020/013300 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 H01L 23/36
 H01L 23/373