

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7116690号
(P7116690)

(45)発行日 令和4年8月10日(2022.8.10)

(24)登録日 令和4年8月2日(2022.8.2)

(51)国際特許分類

H 01 L 23/36 (2006.01)
C 04 B 41/88 (2006.01)

F I

H 01 L 23/36
C 04 B 41/88

C
U

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号 特願2019-13765(P2019-13765)
(22)出願日 平成31年1月30日(2019.1.30)
(65)公開番号 特開2020-123639(P2020-123639)
A)
(43)公開日 令和2年8月13日(2020.8.13)
審査請求日 令和4年1月28日(2022.1.28)

(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
(74)代理人 100110928
弁理士 速水 進治
太田 寛朗
福岡県大牟田市新開町1 デンカ株式会社
大牟田工場内
(72)発明者 後藤 大助
福岡県大牟田市新開町1 デンカ株式会社
大牟田工場内
審査官 正山 旭

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放熱部材およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属・炭化珪素複合体を備えた板状の放熱部材であって、

当該放熱部材は実質的に矩形であり、

当該放熱部材の2つの主面のうち一方の主面は当該放熱部材の外側方向に凸に湾曲し、他方の主面は当該放熱部材の内側方向に凸に湾曲しており、

当該放熱部材を、当該放熱部材に略垂直で、かつ、前記他方の主面の2つの長辺の中点の両方を通る断面で断面視したときの、前記他方の主面が成す曲線C'において、

曲線C'の両端点P_{1'}およびP_{2'}を通る直線をl_{1'}とし、

曲線C'上でl_{1'}との距離が最大となる点をP_{max}'とし、

P_{max}'からl_{1'}に下ろした垂線とl_{1'}との交点をP_{3'}とし、

線分P_{1'}P_{3'}の中点をP_{4'}とし、

P_{4'}通り、l_{1'}に垂直である直線と、曲線C'との交点をP_{mid}'とし、

線分P_{1'}P_{3'}の長さをL'、線分P_{3'}P_{max}'の長さをH'、線分P_{4'}P_{mid}'の長さをh'としたとき、

(2h'/L') / (H'/L') が1.1以上である放熱部材。

【請求項2】

請求項1に記載の放熱部材であって、

前記一方の主面および前記他方の主面は、アルミニウムまたはマグネシウムを含有する

表面金属層を備える放熱部材。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の放熱部材であって、

前記 H' / L の値が 5.0×10^{-4} 以上 6.0×10^{-3} 以下である放熱部材。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の放熱部材であって、

周縁部に貫通孔が設けられている放熱部材。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の放熱部材であって、

前記貫通孔は、当該放熱部材の長辺の周縁部に設けられている放熱部材。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載の放熱部材であって、

4 個以上の貫通孔が、当該放熱部材の長辺の周縁部に設けられている放熱部材。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の放熱部材の製造方法であって、

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体を準備する準備工程と、

前記金属 - 炭化珪素複合体を凹凸型で挟み加熱プレスする加熱プレス工程と

を含む放熱部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、放熱部材およびその製造方法に関する。より具体的には、アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体を備えた板状の放熱部材およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電気自動車や電鉄用途におけるパワーモジュール用放熱部品として、従来の銅に替わり、金属 - 炭化珪素複合体で構成された放熱部材が使用されるようになってきている。

金属 - 炭化珪素複合体の金属としては、アルミニウムやその合金がしばしば用いられる。

【0003】

30

放熱部材は、他の部品（例えば放熱フィンや放熱ユニット）と接合されて用いることが多く、その接合部分の性状が重要である。

例えば、放熱部材を他の部品に接合する場合、一般的には放熱部材の周縁部に設けられた孔を利用して、放熱部材を他の部品にネジ固定する。しかし、放熱部材の他の部品に接する面が凹面であったり、微少な凹凸が多く存在していたりすると、放熱部材と他の部品との間に隙間が生じ、熱伝導性が低下してしまうという問題があった。

【0004】

上記問題を鑑み、放熱部材と他の部品との間にできるだけ隙間がないよう、他の部品と接合する面が凸型に湾曲した放熱部材がいくつか提案されている。

これは、上述のように、放熱部材は、他の部品と、ネジ等の固定部材で固定して用いられることが通常であるところ、他の部品との接合面が凸型に湾曲していることで、固定部材で固定された際にその接合面が「適度に平ら」になり、他の部品との接合性（密着性）が高まるためである。

40

【0005】

例えば、特許文献 1 には、多孔質炭化珪素成形体にアルミニウムを主成分とする金属を含浸してなる板状複合体であって、板状複合体の面内に他の放熱部品に当該板状複合体の凸面を向けてネジ止めするための 4 個以上の穴部を有し、穴間方向（X 方向）の長さ 10 cm に対する反り量（ $C_x ; \mu m$ ）と、それに垂直な方向（Y 方向）の長さ 10 cm に対する反り量（ $C_y ; \mu m$ ）の関係が、 $50 \leq C_x \leq 250$ 、且つ $-50 \leq C_y \leq 200$ である ($C_y = 0$ を除く) ことを特徴とする炭化珪素複合体が記載されている。

50

【0006】

また、特許文献2には、多孔質炭化珪素成形体にアルミニウムを主成分とする金属を含浸してなる板状複合体であって、複合体の正面の長さ10cmに対しての反り量が250μm以下の反りを有する炭化珪素複合体が記載されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】**

【文献】特許第3468358号公報

国際公開第2015/115649号

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

上述のように、(1)まず、湾曲した放熱部材を製造し、(2)それを他の部品と接合する際に、ネジ等の固定用部材の力により湾曲を「平らに」することで、放熱部材と他の部品との接合性を高め、ひいては放熱性を高めることが知られている。

【0009】

しかし、放熱部材の、放熱フィン等と接する面とは反対側の面には、通常、パワー素子等の部品が接続されるところ、特に量産段階において、湾曲した放熱部材に対して部品を接続することは、位置合わせが難しかったり、部品の接続自体が難しかったりする場合がある。

すなわち、湾曲した放熱部材の片面に部品を接続してパワーモジュール等を製造するに当たっては、その製造安定性(歩留まりなど)の点で改善の余地がある。

【0010】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものである。本発明の目的の1つは、湾曲した放熱部材の片面に部品を接続してパワーモジュール等を製造に当たって、その製造安定性(歩留まりなど)を改善することである。

【課題を解決するための手段】**【0011】**

本発明者らは、鋭意検討の結果、以下に提供される発明を完成させ、上記課題を解決した。

【0012】

本発明によれば、

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属・炭化珪素複合体を備えた板状の放熱部材であって、

当該放熱部材は実質的に矩形であり、

当該放熱部材の2つの正面のうち一方の正面は当該放熱部材の外側方向に凸に湾曲し、他方の正面は当該放熱部材の内側方向に凸に湾曲しており、

当該放熱部材を、当該放熱部材に略垂直で、かつ、前記他方の正面の2つの長辺の中点の両方を通る断面で断面視したときの、前記他方の正面が成す曲線C'において、

曲線C'の両端点P_{1'}およびP_{2'}を通る直線をl_{1'}とし、

曲線C'上のl_{1'}との距離が最大となる点をP_{max'}とし、

P_{max'}からl_{1'}に下ろした垂線とl_{1'}との交点をP_{3'}とし、

線分P_{1'}P_{3'}の中点をP_{4'}とし、

P_{4'}を通り、l_{1'}に垂直である直線と、曲線C'との交点をP_{mid'}とし、

線分P_{1'}P_{3'}の長さをL'、線分P_{3'}P_{max'}の長さをH'、線分P_{4'}P_{mid'}の長さをh'としたとき、

(2h'/L') / (H'/L') が1.1以上である放熱部材

が提供される。

【0013】

また、本発明によれば、

10

20

30

40

50

上記の放熱部材の製造方法であって、
アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体を準備する準備工程と、
前記金属 - 炭化珪素複合体を凹凸型で挟み加熱プレスする加熱プレス工程と
を含む放熱部材の製造方法

が提供される。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、湾曲した放熱部材の片面に部品を接続してパワーモジュール等を製造に当たって、その製造安定性（歩留まりなど）を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本実施形態の放熱部材を説明するための模式的な図である。図1(a)は、本実施形態の放熱部材の俯瞰図であり、図1(b)は、放熱部材を図1(a)の面で切断したときの断面図である。

【図2】本実施形態の放熱部材の他方の正面について説明するための図である。

【図3】図2の断面にて、本実施形態の放熱部材の他方の正面を切断したときの断面図である。

【図4】図2の断面にて、本実施形態の放熱部材の他方の正面を切断したときの断面図である。

【図5】本実施形態の放熱部材の製造工程における「加熱プレス」について説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ、詳細に説明する。

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。

煩雑さを避けるため、(i)同一図面内に同一の構成要素が複数ある場合には、その1つのみに符号を付し、全てには符号を付さない場合や、(ii)特に図2以降において、図1と同様の構成要素に改めては符号を付さない場合がある。

すべての図面はあくまで説明用のものである。図面中の各部材の形状や寸法比などは、必ずしも現実の物品と対応するものではない。特に、説明上のわかりやすさのため、形状や寸法比は誇張して描かれている場合がある。とりわけ、各図において「湾曲」の大きさは実際の物品よりも誇張されている。

【0017】

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。

【0018】

<放熱部材>

図1(a)は、本実施形態の放熱部材(放熱部材1)の俯瞰図である。

放熱部材1は、板状である。

放熱部材1の主たる材質は、アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体である(材質の詳細は、放熱部材1の製造方法とあわせて、追って説明する)。

【0019】

放熱部材1は、実質的に矩形状である。つまり、放熱部材1の一方の正面または他方の正面を上面として放熱部材1を上面視したとき、放熱部材1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1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)。

なお、放熱部材1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、矩形の「頂点」は、放熱部材1の一方の正面を上面として放熱部材1を上面視したときの、短辺の直線部分と長辺の直線部分を延長したときに交差する点と定義される。また、こ

10

20

30

40

50

のとき、放熱部材 1 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される。

【 0 0 2 0 】

放熱部材 1 の縦横の長さは、一例として、 $40\text{ mm} \times 90\text{ mm}$ から $140\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ 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

【 0 0 2 1 】

図 1 (b) は、放熱部材 1 を、図 1 (a) の面 α で切断したときの断面図である。

板状の放熱部材 1 は、2つの主面を備える（一方の主面を主面 2 A、他方の主面を主面 2 B とする）。典型的には、主面 2 A のほうが放熱フィン等の他の部品と接合される面、主面 2 B のほうがパワー素子等と接続される面である。

放熱部材 1においては、主面 2 A が、放熱部材 1 の内側方向ではなく外側方向に凸に湾曲している。また、主面 2 B は、放熱部材 1 の外側方向ではなく内側方向に凸に湾曲している（放熱部材 1 の外側方向に向かっては凹型形状となっている）。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、放熱部材 1 の主面 2 B のみを示した図である。

20

また、図 3 は、その主面 2 B を、放熱部材 1 に略垂直で、かつ、主面 2 B の2本の短辺の中点の両方を通る面 β で断面視したとき（面 β で切断したとき）の、主面 2 B が成す曲線 C を表す。

曲線 C は、好ましくは、略左右対称である。すなわち、曲線 C の「湾曲の度合い」は、左右で略同様である。

【 0 0 2 3 】

図 3 に示された曲線 C において、

- ・曲線 C の両端点 P₁ および P₂ を通る直線を l₁（破線で示している）、
- ・曲線 C 上での l₁ との距離が最大となる点を P_{max}、
- ・P_{max} から l₁ に下ろした垂線と l₁ との交点を P₃、
- ・線分 P₁P₃ の中点を P₄、
- ・P₄ を通り、l₁ に垂直である直線と、曲線 C との交点を P_{mid}、
- ・線分 P₁P₃ の長さを L、
- ・線分 P₃P_{max} の長さを H、
- ・線分 P₄P_{mid} の長さを h

30

とする。

なお、曲線 C が略左右対称である場合、P₃ は、線分 P₁P₂ の略中点となる。

【 0 0 2 4 】

このとき、放熱部材 1 において、 $(2h/L) / (H/L)$ は、1.1 以上である。

40

【 0 0 2 5 】

「 $(2h/L) / (H/L)$ が 1.1 以上である」ということの技術的意義については、以下のように説明することができる。

【 0 0 2 6 】

H/L は、面 α における（放熱部材 1 の長辺方向における）、主面 2 B の「全体的な」湾曲の度合いと意味づけられる。単位長さあたりの湾曲量とも言うことができる。

一方、 $2h/L$ は、面 β における（放熱部材 1 の長辺方向における）、主面 2 B の「端に近い部分」の局所的な湾曲の度合いと意味づけられる（ $2h/L = h/(L/2)$ であることに留意されたい）。ここで、主面 2 B の「端に近い部分」とは、具体的には、図 3 では、点 P₁ から点 P_{mid} までの部分である。

そうすると、 $(2h/L) / (H/L)$ が 1.1 以上であるということは、面 β におい

50

ては、主面 2 B の全体的な湾曲の度合いよりも、主面 2 B の「端に近い部分」の湾曲の度合いのほうが、十分に大きいことを表している。

【 0 0 2 7 】

換言すると、放熱部材 1 の少なくとも主面 2 B においては、ネジ等の固定用部材により放熱部材 1 を他の部品に接合する際に特に力が強くかかる部分（それゆえに特に変形が大きい部分）の湾曲の度合いが比較的大きく、一方、中心付近（パワー素子等の部品が接続される部分）の湾曲の度合いが比較的小さくなっている。

【 0 0 2 8 】

このように放熱部材 1 を設計することで、放熱部材 1 の中心付近にパワー素子を接続する際、位置合わせをしやすかったり、部品の接続自体をより容易しやすかったり等の、製造安定性向上のメリットを得ることができる。10

その一方で、放熱部材 1 の端に近い部分、すなわちネジ等の固定用部材により放熱部材 1 を他の部品（放熱フィン等）に接合する際に特に力が強くかかる部分の湾曲の度合いが比較的大きいことにより、固定用部材により放熱部材 1 を他の部品に接合した際、放熱部材 1 を「全体として」一層「平ら」にしやすくなる。これにより、放熱部材 1 と他の部品（放熱フィン等）との間の「すき間」を少なくすることができ、接合性ひいては放熱性をより高めることができる。

【 0 0 2 9 】

なお、 $(2h/L) / (H/L)$ は、1.1 以上であればよいが、好ましくは 1.3 以上 2.0 以下、より好ましくは 1.4 以上 1.6 以下である。 $(2h/L) / (H/L)$ を 2.0 以下にすることで、適度な（強すぎない）力により、放熱部材 1 を「平らに」しやすい。20

【 0 0 3 0 】

放熱部材 1 についてより具体的な説明を続ける。

【 0 0 3 1 】

[全体的な湾曲の度合い (H / L)]

主面 2 B の「全体的な」湾曲の度合い、または、単位長さあたりの湾曲量と解釈される H/L の値を最適に設計すること、すなわち、放熱部材 1 全体としての湾曲の程度を適切に設計することで、通常の固定部材（ネジ等）による力で、ちょうどよい具合に主面 2 B を「平らに」しやすい。すなわち、放熱部材 1 と他の部品との接合性を一層高めることができる。30

【 0 0 3 2 】

具体的には、 H/L は、好ましくは 5.0×10^{-4} 以上 6.0×10^{-3} 以下、より好ましくは 1.0×10^{-3} 以上 3.0×10^{-3} 以下である。

【 0 0 3 3 】

[放熱部材 1 の「短辺方向」における湾曲の度合いなど]

上記では、図 2 の「面 の方向」（放熱部材 1 の長辺方向）における、全体的な湾曲の度合いや局所的な湾曲の度合いなどについて定量的に説明した。

同様に、図 2 の「面 の方向」（放熱部材 1 の短辺方向）における、全体的な湾曲の度合いや局所的な湾曲の度合いについても適切に設計することで、パワー素子の接続のしやすさや放熱フィンとの接合性などを一層高めうる。40

【 0 0 3 4 】

図 4 は、図 2 の放熱部材 1 の主面 2 B を、放熱部材 1 に略垂直で、かつ、主面の 2 B の 2 本の短辺の中点の両方を通る面 で断面視したとき（面 で切断したとき）の、主面 2 B が成す曲線 C' を表す。

【 0 0 3 5 】

図 4 に示された曲線 C' において、

- ・ 曲線 C' の両端点 P_{1'} および P_{2'} を通る直線を l_{1'}（破線で示している）、
- ・ 曲線 C' 上での l_{1'} との距離が最大となる点を P_{max'}、
- ・ P_{max'} から l_{1'} に下ろした垂線と l_{1'} との交点を P_{3'}、

- ・線分 $P_1'P_3'$ の中点を P_4' 、
- ・ P_4' を通り、 P_1' に垂直である直線と、曲線 C' との交点を P_{mid}' 、
- ・線分 $P_1'P_3'$ の長さを L' 、
- ・線分 $P_3'P_{max}$ の長さを H' 、
- ・線分 $P_4'P_{mid}$ の長さを h'

とする。

なお、曲線 C' が略左右対称である場合、 P_3' は、線分 $P_1'P_2'$ の略中点となる。

【0036】

このとき、放熱部材 1 において、 $(2h'/L') / (H'/L')$ は、好ましくは 1.1 以上、より好ましくは 1.3 以上 2.0 以下、さらに好ましくは 1.4 以上 1.6 以下である。10

図 2 の「面 の方向」(放熱部材 1 の長辺方向)だけでなく、図 2 の「面 の方向」(放熱部材 1 の短辺方向)についても、主面 2B の「端に近い部分」の湾曲の度合いを相当に大きく設計することで、パワー素子の接続のしやすさや放熱フィンとの接合性などを一層高めうる。

【0037】

[主面 2A について]

放熱部材 1 においては、特に主面 2B 側の湾曲形状を適切なものとしていることで、パワーモジュール製造における製造安定性を高める等の効果を得ることができるが、主面 2A 側の湾曲形状も適切に設計することが好ましい。20

具体的には、主面 2A は放熱部材 1 の内側方向ではなく外側方向に凸に湾曲していることを除き、主面 2A の湾曲形状は、主面 2B と同様に「端に近い部分」の湾曲の度合いが比較的大きく、中心付近の湾曲の度合いが比較的小さいことが好ましい。

より定量的には、図 2 の「主面 2B」を「主面 2A」とした図を考え、主面 2A における L 、 H 、 h 、 L' 、 H' 、 h' などを定義したとすると、主面 2A における L 、 H および h の関係については、主面 2B と同様であることが好ましい(例えば、 $(2h/L) / (H/L)$ が 1.1 以上あることを満たす等)。 L' 、 H' および h' の関係についても同様である(例えば、 $(2h'/L') / (H'/L')$ が 1.1 以上である等)。

【0038】

なお、上記のように主面 2A を設計することは、放熱部材 1 の製造しやすさという観点からも好ましい。主面 2A と主面 2B の湾曲の度合いがおおよそ同じである放熱部材 1 は、後述の加熱プレス等により製造することができるためである。30

【0039】

[貫通孔]

放熱部材 1 の周縁部には、好ましくは、貫通孔が設けられている。貫通孔を利用して放熱部材 1 を他の部品(放熱フィン等)に接合することで、放熱性が良好な最終製品(パワーデバイス等)を得ることができる。

【0040】

ここで、「周縁部」とは、放熱部材 1 を主面 2B の側から上面視したときに、以下(1)(2)の少なくともいずれかに該当する部分と定義することができる。

(1) 放熱部材 1(主面 2B)の長辺から $L/3$ 以内の領域(長辺の周縁部)40

(2) 放熱部材 1(主面 2B)の短辺から $L'/3$ 以内の領域(短辺の周縁部)

要は、貫通孔は、上記(1)または(2)の領域内(もしくは(1)と(2)が重複する領域内)に収まっていることが好ましい。

【0041】

貫通孔は、特に、放熱部材 1 の長辺の周縁部(上記(1)の領域、または、上記(1)と(2)の重複領域)に設けられていることが好ましい。

放熱部材 1 においては、短辺方向(図 2 における面 の方向)に特定の湾曲を有することが必須である。よって、放熱部材 1 の長辺の周縁部に貫通孔があり、その貫通孔にネジを通して放熱部材 1 を他の部品(放熱フィン等)に接合することで、特に短辺方向における

る主面 2 B の平面性を一層高めることができる。

【 0 0 4 2 】

貫通孔の数は、放熱部材 1 を他の部品に安定的に接合するなどの点から、好ましくは 4 個以上、より好ましくは 4 個以上 8 個以下、さらに好ましくは 4 個以上 6 個以下である。

【 0 0 4 3 】

特に、放熱部材 1 は、上記(1)と(2)が重複する領域内(すなわち、放熱部材 1 の四隅の周縁部)に、少なくとも 1 個ずつ貫通孔を有することが好ましい。これにより、放熱部材 1 を他の部品にネジ止めした際、意図せぬ歪みや応力等の発生を極力抑えることができる。

【 0 0 4 4 】

貫通孔の直径は、例えば 5 mm 以上 9 mm 以下、好ましくは 6 mm 以上 8 mm 以下である。

なお、放熱部材 1 を他の部品に接合するための手段は、ネジに限定されない。例えば、他の部品への取り付けができる専用治具などにより接合を行ってもよい。

【 製造方法 / 材質 】

【 0 0 4 5 】

本実施形態の放熱部材の製造方法は特に限定されず、公知の方法を適宜応用して製造することができる。

好ましくは、本実施形態の放熱部材は、アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体を準備する準備工程(以下、単に「準備工程」とも表記する)と、その金属 - 炭化珪素複合体を凹凸型で挟み加熱プレスする加熱プレス工程(以下、単に「加熱プレス工程」とも表記する)により製造することができる。換言すると、本実施形態の放熱部材は、まず、湾曲が無いまたは湾曲が小さい平板状の金属 - 炭化珪素複合体を準備し、その金属 - 炭化珪素複合体を、適切な湾曲形状の凹凸型で挟み加熱プレスすることで製造することができる。

【 0 0 4 6 】

以下、準備工程および加熱プレス工程について説明する。

【 0 0 4 7 】

(準備工程)

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体の製造に好ましく用いられる方法は、高圧下で多孔質体に金属を含浸させる高圧鍛造法である。より具体的には、溶湯鍛造法またはダイキャスト法を採用することができる。高圧鍛造法は、高圧容器内に炭化珪素の多孔体(プリフォーム)を装填し、これにアルミニウムまたはマグネシウムを含む金属の溶湯を高圧で含浸させて複合体を得る方法である。

大量に安定して製造することができるという理由から、金属 - 炭化珪素複合体の製造には、溶湯鍛造法が特に好ましい。以下、溶湯鍛造法による製造方法を説明する。

【 0 0 4 8 】

・ 炭化珪素多孔体(SiC プリフォーム)の製造

金属 - 炭化珪素複合体の製造においては、まず、平板状の炭化珪素多孔体(SiC プリフォーム)を形成する。こ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できる。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℃以上で焼成することによって製造することができる。なお、ここで、原料としてシリカやアルミナ等を用いてよいように、炭化珪素多孔体は、化学成分として炭化珪素のみにより構成されずともよく、例えば全体の 50 質量%以上が炭化珪素により構成されていればよい。

成形方法についても特に制限は無く、プレス成形、押し出し成形、鋳込み成形等を用いることができ、必要に応じて保形用バインダーの併用が可能である。

【 0 0 4 9 】

炭化珪素多孔体にアルミニウムまたはマグネシウムを含む金属を含浸せしめてなる金属 - 炭化珪素複合体の重要な特性は、熱伝導率と熱膨張係数である。炭化珪素多孔体中の Si

10

20

30

40

50

i C 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、金属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 40 μm 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。炭化珪素多孔体 (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 3 MPa 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。

10

【0050】

炭化珪素多孔体 (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。

具体的には、(i) 平均粒子径 40 μm 以上 150 μm 以下の SiC 粗粉と、(ii) 平均粒子径 5 μm 以上 15 μm 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。

20

【0051】

炭化珪素多孔体 (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 3 MPa 以上の炭化珪素多孔体 (SiC プリフォーム) を得やすい。

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。

30

【0052】

炭化珪素多孔体 (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、乾燥による形状の変化 (例えば湾曲量の変化) を抑えることができる。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。

【0053】

・金属の含浸

高压鍛造法等により、上記のようにして得られた炭化珪素多孔体 (SiC プリフォーム) に、アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属を含浸させ、金属 - 炭化珪素複合体を得ることができる。

40

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 (合金) を、炭化珪素多孔体 (SiC プリフォーム) に含浸させて、金属 - 炭化珪素複合体を得る方法としては、例えば、下記方法がある。

【0054】

まず、炭化珪素多孔体 (SiC プリフォーム) を金型にセットし、その後、金型に、溶融金属 (アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属) を投入する。そして、溶融金属をプレスすることにより、炭化珪素多孔体 (SiC プリフォーム) の空隙内に金属が含浸される。冷却を経て、金属 - 炭化珪素複合体が得られる。

【0055】

ここで、炭化珪素多孔体 (SiC プリフォーム) を金型にセットする際には予熱を行つ

50

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。

【0056】

なお、炭化珪素多孔体（SiC プリフォーム）に金属を含浸させて金属 - 炭化珪素複合体を得る際、金属 - 炭化珪素複合体の表面（主面など）に表面金属層を設けてもよい。これにより、表面金属層（具体的には、アルミニウムまたはマグネシウムを含有する表面金属層）を、2つの主面等の表面に備える放熱部材を得ることができる。

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の金型を準備し、その金型内に SiC プリフォームを配置し、溶融金属を注入することでき、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5質量%以上40質量%以下、さらに好ましくは10質量%以上20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。

【0057】

溶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。

【0058】

金属（好ましくはアルミニウムまたはマグネシウムを含む合金）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、例えばシリコンを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%以下含有することで、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、シリコン、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。

【0059】

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

【0060】

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。

【0061】

以上の準備工程により得られた金属 - 炭化珪素複合体（平板状）は、典型的には、平坦であったり、制御されていない湾曲を有していたりする。しかし、例えば以下の加熱プレス工程により、適切な湾曲が付与された放熱部材とすることができます。

【0062】

- ・ 加熱プレス工程

加熱プレス工程では、例えば、図5(a)、図5(b)および図5(c)に示されるように、プレス凸型10とプレス凹型11とにより、金属 - 炭化珪素複合体1Aを挟み、加熱プレスする（加熱しながら押圧する）。これにより、所定の湾曲が付与された放熱部材1を得ることができる。

【0063】

プレス凸型10とプレス凹型11については、放熱部材1に所定の湾曲が付与されるよ

10

20

30

40

50

うに形状加工されている。例えば、プレス凸型 10 は、中心部の曲率半径が比較的小さく、中心部から離れた部分の曲率半径が比較的大きいものを用いることができる。プレス凹型 11 も同様であることができる。

プレス凸型 10 の凸部の形態と、プレス凹型 11 の凹部の形態は、典型的には略同一である。つまり、典型的には、金属 - 炭化珪素複合体 1A を挟まずにプレス凸型 10 とプレス凹型 11 とを重ねた場合、プレス凸型 10 とプレス凹型 11 の間にすき間はほとんどできない。

【 0 0 6 4 】

プレス凸型 10 およびプレス凹型 11 の材質は特に限定されず、後述の温度および圧力条件下で実質上変形しないものであればよい。具体的には、カーボン、窒化ホウ素等のセラミックスや、超硬合金、ステンレス鋼などの金属材料が好ましく使用される。10

【 0 0 6 5 】

適切な湾曲が付与された放熱部材 1 が得られる限り、加熱プレス時の加熱温度は特に限定されない。しかしながら、生産性や、圧力を小さくする観点から、加熱温度は、金属 - 炭化珪素複合体 1A 中の金属が溶融しない範囲内でできるだけ高い温度であることが好ましい。本実施形態では、金属 - 炭化珪素複合体 1A 中に含まれる金属はアルミニウムやマグネシウム等（合金である場合を含む）であることを踏まえると、好ましくは 450 以上 550 以下である。

【 0 0 6 6 】

適切な湾曲が付与された放熱部材 1 が得られる限り、加熱プレス時の圧力は特に限定されず、金属 - 炭化珪素複合体 1A の厚みや、加熱温度等に応じて、圧力は適宜調整すればよい。しかしながら、生産性や、金属 - 炭化珪素複合体 1A に対して確実に湾曲を付与する等の観点から、圧力は 10 kPa 以上が好ましく、30 kPa 以上 250 kPa 以下がより好ましい。20

適切な湾曲が付与された放熱部材 1 が得られる限り、加熱プレスの時間も特に限定されない。しかしながら、金属 - 炭化珪素複合体 1A に対して確実に湾曲を付与する等の観点から、例えば、金属 - 炭化珪素複合体 1A 自体の温度が 450 以上となる時間が、30 秒以上となることが好ましく、30 秒以上 300 秒以下となることがより好ましい。

【 0 0 6 7 】

所望の湾曲を得るために、加熱プレス工程を複数回行ってもよい。例えば、第一のプレス凸型 10 およびプレス凹型 11 を用いて加熱プレス工程を行い、その後、第一のプレス凸型 10 およびプレス凹型 11 とは湾曲形状が異なる、第二のプレス凸型 10 およびプレス凹型 11 を用いて、2 回目の加熱プレス工程を行ってもよい。30

【 0 0 6 8 】

加熱プレス後、金属 - 炭化珪素複合体 1A を冷却する。冷却は、例えば急冷であってもよいし、空冷であってもよい。冷却の方法により湾曲が変化する場合があるため、所望の湾曲を得るためにには、冷却の条件を適切に設定することが好ましい。

つまり、適切な湾曲が付与された放熱部材 1 を得るためにには、適切な形状のプレス凸型 10 とプレス凹型 11 を用いることに加え、加熱プレスの温度および時間、加熱プレス後の冷却の具体的方法などを適切に調整・最適化することが重要である。なお、ここで調整・最適化は、何度かの予備実験により湾曲の傾向を把握するようにすれば、さほど難しいことではない。40

【 0 0 6 9 】

本実施形態の放熱部材の製造方法は、上述していない他の工程を含んでもよい。

例えば、ネジ止め用の孔を設ける工程を含んでもよい。具体的には、機械加工などにより、他の部品と接合するためのネジ止め用の孔を設けることができる。ネジ止め用の孔を設ける位置などについては既に述べたため省略する。

ネジ止め用の孔を設ける工程は、例えば、準備工程と加熱プレス工程の間に行なうことができる。または、加熱プレス工程の後に行なうことができる。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

また、放熱部材1の表面の少なくとも一部に機械的加工を施す工程を行ってもよい。ここで「機械的加工」には、切削加工、研削加工、研磨加工等を含む。

例えば、機械的加工により放熱部材1の主面2Aおよび/または主面2Bの湾曲形状を微調整し、これにより一層パワー素子と接続をしやすくしたり、放熱フィンとの接合性を一層高めたりすることができる。

また例えば、放熱部材1の表面(主面2A、2B等)を研磨することで、その表面粗さを適切に調整し、パワー素子の接続性や放熱フィン等との接合性を一層高めることも考えられる。

【0071】

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。

以下、参考形態の例を付記する。

1.

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属-炭化珪素複合体を備えた板状の放熱部材であって、

当該放熱部材は実質的に矩形であり、

当該放熱部材の2つの主面のうち一方の主面は当該放熱部材の外側方向に凸に湾曲し、他方の主面は当該放熱部材の内側方向に凸に湾曲しており、

当該放熱部材を、当該放熱部材に略垂直で、かつ、前記他方の主面の2つの短辺の中点の両方を通る断面で断面視したときの、前記他方の主面が成す曲線Cにおいて、

曲線Cの両端点P₁およびP₂を通る直線をl₁とし、

曲線C上でl₁との距離が最大となる点をP_{max}とし、

P_{max}からl₁に下ろした垂線とl₁との交点をP₃とし、

線分P₁P₃の中点をP₄とし、

P₄を通り、l₁に垂直である直線と、曲線Cとの交点をP_{mid}とし、

線分P₁P₃の長さをL、線分P₃P_{max}の長さをH、線分P₄P_{mid}の長さをhとしたとき、

(2h/L)/(H/L)が1.1以上である放熱部材。

2.

1.に記載の放熱部材であって、

前記一方の主面および前記他方の主面は、アルミニウムまたはマグネシウムを含有する表面金属層を備える放熱部材。

3.

1.または2.に記載の放熱部材であって、

当該放熱部材を、当該放熱部材に略垂直で、かつ、前記他方の主面の2つの長辺の中点の両方を通る断面で断面視したときの、前記他方の主面が成す曲線C'において、

曲線C'の両端点P_{1'}およびP_{2'}を通る直線をl_{1'}とし、

曲線C'上でl_{1'}との距離が最大となる点をP_{max'}とし、

P_{max'}からl_{1'}に下ろした垂線とl_{1'}との交点をP_{3'}とし、

線分P_{1'}P_{3'}の中点をP_{4'}とし、

P_{4'}を通り、l_{1'}に垂直である直線と、曲線C'との交点をP_{mid'}とし、

線分P_{1'}P_{3'}の長さをL'、線分P_{3'}P_{max'}の長さをH'、線分P_{4'}P_{mid'}の長さをh'としたとき、

(2h'/L')/(H'/L')が1.1以上である放熱部材。

4.

1.から3.のいずれか1つに記載の放熱部材であって、

前記H/Lの値が5.0×10-4以上6.0×10-3以下である放熱部材。

5.

1.から4.のいずれか1つに記載の放熱部材であって、

10

20

30

40

50

周縁部に貫通孔が設けられている放熱部材。

6.

5. に記載の放熱部材であって、

前記貫通孔は、当該放熱部材の長辺の周縁部に設けられている放熱部材。

7.

6. に記載の放熱部材であって、

4個以上の貫通孔が、当該放熱部材の長辺の周縁部に設けられている放熱部材。

8.

1. から 7. のいずれか 1 つに記載の放熱部材の製造方法であって、

アルミニウムまたはマグネシウムを含む金属 - 炭化珪素複合体を準備する準備工程と、

前記金属 - 炭化珪素複合体を凹凸型で挟み加熱プレスする加熱プレス工程と
を含む放熱部材の製造方法。

10

【実施例】

【0072】

本発明の実施態様を、実施例および比較例に基づき詳細に説明する。なお、本発明は実施例に限定されるものではない。

【0073】

<放熱部材の製造>

【実施例1】

(炭化珪素多孔体の作成)

20

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 μm) 300 g、炭化珪素粉末 B (屋久島電工株式会社製 : GC - 1000F、平均粒径 : 10 μm) 150 g、および、シリカゾル (日産化学工業株式会社製 : スノーテックス) 30 g を攪拌混合機で 30 分混合した。得られた混合物を 178 mm × 128 mm × 5.5 mm の金型へ投入し、10 MPa の圧力でプレス成形した。これを大気中で温度 900 にて 2 時間焼成し、炭化珪素多孔体を得た。

なお、以下の工程のために、同様の炭化珪素多孔体を 30 枚作製した。

【0074】

炭化珪素多孔体の両面を、両面に離型剤を塗布した 210 mm × 160 mm × 0.8 mm の寸法のステンレス製 (SUS304) の板で挟み、30 枚を積層した。さらに、両端に厚み 6 mm の鉄板を配した後、10 mm のボルト、ナットで固定し、一つのブロックを形成した。

30

【0075】

(アルミニウム - 炭化珪素複合体の作成)

上記のブロックを、電気炉で温度 600 に予備加熱した。その後、そのブロックを、あらかじめ加熱しておいた内寸 400 mm × 300 mm の空隙を有するプレス型内に収めた。

その後、珪素を 12 %、マグネシウムを 1 % 含有し、残部がアルミニウム及び不可避的不純物からなる組成を有する温度 800 のアルミニウム合金の溶湯をプレス型内に注ぎ、100 MPa の圧力で 20 分間加圧した。これにより、炭化珪素多孔体にアルミニウム合金を含浸させ、アルミニウム - 炭化珪素複合体を含む金属塊を得た。

40

得られた金属塊を、室温まで冷却し、その後、湿式バンドソーにて離型板の側面形状に沿って切断し、そして挟んだステンレス板を剥がした。

以上により、アルミニウム - 炭化珪素複合体を得た。

【0076】

(含浸後の処理)

得られたアルミニウム - 炭化珪素複合体の外周を NC 旋盤で加工し、縦横の大きさを 180 mm × 130 mm とした。その後、縁周部 8 力所に直径 7 mm の貫通穴、4 力所に 10 - 4 mm の皿穴を加工した。

【0077】

50

(湾曲の付与)

アルミニウム - 炭化珪素複合体に湾曲を付与するため、プレス凸型とプレス凹型を準備した。具体的には、所望の湾曲形状を得るために、中心部の曲率半径が比較的小小さく、中心部から離れた部分の曲率半径が比較的大きいプレス凸型とプレス凹型を準備した。

これらの凹凸型を加熱プレス機に装着し、加熱して型の表面温度を460とした。この凹凸型の間に上記のアルミニウム - 炭化珪素複合体を配置し、そして40kPaでプレスした。この際、複合体の側面に熱電対を接触させて測温した。複合体の温度が450になった時点からそのまま3分間保持し、その後、加圧を解除し、室温まで自然冷却した。

【0078】

その後、その複合体を、圧力0.4MPa、搬送速度1.0m/minの条件でアルミニナ砥粒にてプラスト処理を行い清浄化した。さらにその後、無電解Ni-P及びNi-Bめっきを行った。これにより、複合体表面に8μm厚(Ni-P: 6μm, Ni-B: 2μm)のめっき層を形成した。

【0079】

以上により、放熱部材を得た。

【0080】

(各種パラメータの測定)

以下構成のレーザー三次元形状測定機を用いて、主面2A、主面2B、それぞれの形状に関するデータを取得し、そのデータを解析することで、L、H、h、L'、H'およびh'を求めた(これらの記号の定義は前述のとおりである)。

装置：レーザー三次元形状測定機(以下4つの装置が一体となったもの)

XYステージユニット：K2-300(神津精機株式会社製)

高精度レーザー変位計：LK-G500(株式会社キーエンス製)

モータコントローラ：SC-200K(神津精機株式会社製)

AD変換機：DL-100(神津精機株式会社製)

【0081】

[実施例2～7]

放熱部材の長辺および短辺の長さ、上記(湾曲の付与)におけるプレス凸型とプレス凹型の湾曲形状を変更したこと以外は、実施例1と同様にして放熱部材を作製した。そして、実施例1と同様にして、各種数値を測定した。

【0082】

[比較例1]

比較例1では、凹凸型の湾曲形状を変更したこと以外は、実施例1と同様の工程により放熱部材を作製した。

【0083】

各種数値を表1にまとめて示す。

念のため述べておくと、表1に記載のL、H、hなどの値は、放熱部材の内側方向に凸に湾曲している方の主面(他方の主面、図1の(b)の主面2B)についての値である。

放熱部材の外側方向に凸に湾曲している方の主面(一方の主面、図1の(b)の主面2A)の湾曲度合に関する数値自体は表1には記載していないが、湾曲の方向が逆であること以外は、おおよそ同様の湾曲形状を有していた。具体的には、図2の「主面2B」を「主面2A」とした図を考え、hを測定したところ、(主面2Bにおけるh)/(主面2Aにおけるh)の値はほぼ1.0であった。

【0084】

10

20

30

40

50

【表1】

単位など	温度 ℃	圧力 kPa	時間 min	長辺方向の各種寸法				短辺方向の各種寸法			
				L	h	H	(2h/L) / (H/L)	L'	h'	H'	(2h'/L') / (H'/L')
実施例1	460	40	3	90	154	207	-	$\times 10^{-3}$	mm	μm	$\times 10^{-3}$
実施例2	460	40	3	90	172	306	1.124	2,300	65	81	104
実施例3	460	40	3	90	388	409	1.897	3,400	65	95	157
実施例4	460	40	3	90	41	46	1.783	4,544	65	191	199
実施例5	460	40	3	90	325	533	1.220	0.511	65	28	35
実施例6	460	40	3	120	258	308	1.675	5,922	65	184	281
実施例7	460	40	3	48	34	57	1.193	2,567	70	142	152
比較例1	460	40	3	90	96	193	0.995	1.188	22	20	29
								2,144	65	46	111
											0.829

【0085】

(パワーモジュールの製造安定性などの評価)

各実施例または比較例の放熱部材を10個ずつ準備し、それらに模擬的なパワー素子を接続することで、模擬パワーモジュール用基板を製造した。

製造の具体的な手順としては、パワーモジュールの製造に通常用いられている装置を利用して、各実施例または比較例の放熱部材の2つの主面のうち、主面2B上の特定の6箇所に、セラミックス基板（セラミックス板の両面に銅、アルミニウム等の金属層が設けられた基板）をはんだ付けした。これにより模擬パワーモジュール用基板を得た。

その後、模擬パワーモジュールとするため、模擬パワーモジュール用基板に対し、ケース付、樹脂封止、蓋付を行い、模擬パワーモジュールを得た。

【0086】

得られた模擬パワーモジュールについて、量産上問題となりうる不具合が無いかを検査

した。

各実施例の放熱部材を用いて製造した模擬パワーモジュール全てにおいて、量産上問題となりうる不具合は存在しなかった。

【0087】

また、実施例1～7の放熱部材を、放熱フィンにネジにより接合し、放熱部材と放熱フィンとの密着性、放熱性等を評価したところ、密着性および放熱性は良好であった。

【0088】

一方、比較例1においては、セラミックス基板の位置合わせ用の治具がうまく嵌らず、また、部品の接続自体が行いにくかった。

【0089】

以上より、実施例1～7のような、「端に近い部分」の湾曲が比較的大きい放熱部材を用いることで、パワーモジュール製造の際の生産性向上を図ることができ、また、放熱性を良好とすることができますが示された。

【符号の説明】

【0090】

1 放熱部材

2 A 主面（一方の主面）

2 B 主面（他方の主面）

1 A 金属 - 炭化珪素複合体

1 0 プレス凸型

1 1 プレス凹型

10

20

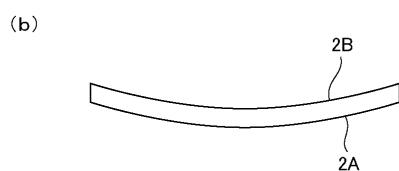
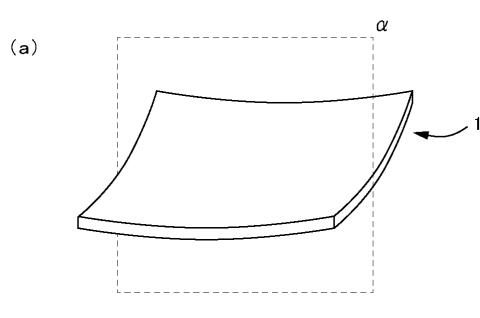
30

40

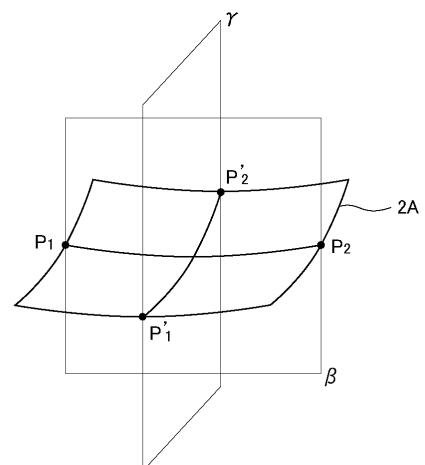
50

【図面】

【図 1】



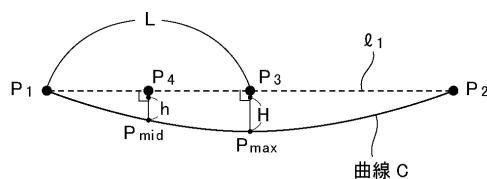
【図 2】



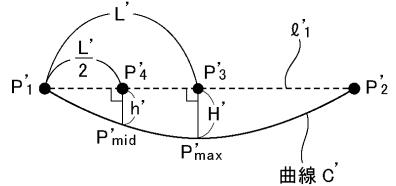
10

20

【図 3】



【図 4】

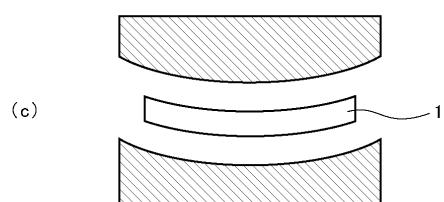
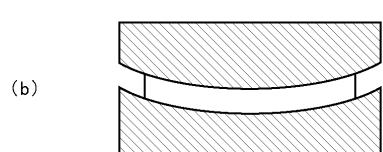
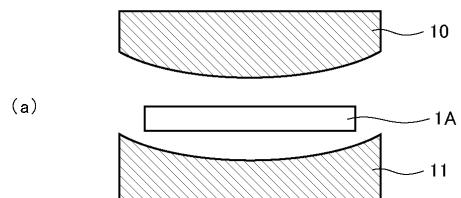


30

40

50

【図5】



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2018/105297 (WO, A1)
 - 国際公開第2018/012616 (WO, A1)
 - 国際公開第2015/053316 (WO, A1)
 - 国際公開第2018/163864 (WO, A1)
 - 特開2002-246515 (JP, A)
 - 特許第6591114 (JP, B1)
 - 国際公開第2019/026836 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- H01L 23/36
 - C04B 41/88