

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-29919

(P2010-29919A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 D 18/02 (2006.01)	B 2 2 D 18/02 L	4 G 1 4 6
H O 1 L 23/373 (2006.01)	H O 1 L 23/36 M	5 F 1 3 6
B 2 2 D 19/00 (2006.01)	B 2 2 D 19/00 V	
H O 1 L 23/12 (2006.01)	H O 1 L 23/12 J	
H O 1 L 23/36 (2006.01)	H O 1 L 23/36 C	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-195803 (P2008-195803)	(71) 出願人	000003296
(22) 出願日	平成20年7月30日 (2008.7.30)		電気化学工業株式会社
			東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号
			日本橋三井タワー
		(74) 代理人	100101199
			弁理士 小林 義教
		(74) 代理人	100109726
			弁理士 園田 吉隆
		(74) 代理人	100130328
			弁理士 奥野 彰彦
		(72) 発明者	日隈 智志
			福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株
			式会社大牟田工場内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アルミニウム-黒鉛質複合体、それを用いた回路基板及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】

低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されたアルミニウム - 黒鉛質複合体を提供することを目的とする。

【解決手段】

黒鉛材の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を含浸させた平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体であって、上記黒鉛材が等方性であり、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面の反り量が200mmあたり0～400μmであることを特徴とするアルミニウム - 黒鉛質複合体を提供する。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

黒鉛材の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を含浸させた平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体であって、

前記黒鉛材が等方性であり、

前記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面の反り量が 200 mm あたり $0 \sim 400\text{ }\mu\text{ m}$ であることを特徴とするアルミニウム - 黒鉛質複合体。

【請求項 2】

前記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の熱伝導率が $150\text{ W / (m } \cdot \text{ K)}$ 以上であり、かつ前記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面に平行な方向の熱伝導率に対する主面に垂直な方向の熱伝導率の比が $0.8 \sim 1.5$ であることを特徴とする請求項 1 に記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体。

10

【請求項 3】

前記アルミニウム - 黒鉛質複合体に占める黒鉛の体積比が $75 \sim 85$ 体積%であり、前記アルミニウム - 黒鉛質複合体の密度が $2.0 \sim 2.3\text{ g / cm}^3$ であり、かつ気孔率が $3 \sim 12$ 体積%であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体。

【請求項 4】

前記アルミニウム - 黒鉛質複合体の 3 点曲げ強度が 50 MPa 以上であり、かつ $25 \sim 150$ までの前記アルミニウム - 黒鉛質複合体の熱膨張係数が $4.0 \times 10^{-6} \sim 10.0 \times 10^{-6} / \text{K}$ であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体。

20

【請求項 5】

前記黒鉛材が、コークス系炭素を黒鉛化したものであることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体。

【請求項 6】

前記アルミニウム - 黒鉛質複合体の厚みが $2 \sim 6\text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体を、半田付けによってセラミックス回路基板に接合したことを特徴とする回路基板。

30

【請求項 8】

等方性黒鉛成形体を準備する工程と、

前記等方性黒鉛成形体の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を溶湯鍛造法により加圧含浸させてアルミニウム - 黒鉛質複合体を得る工程と、

前記アルミニウム - 黒鉛質複合体を平板状に加工する工程と、

機械加工により、前記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を 200 mm あたり $0 \sim 400\text{ }\mu\text{ m}$ の反り量に調整する工程を含むことを特徴とするアルミニウム - 黒鉛質複合体の製造方法。

【請求項 9】

前記加圧含浸が 20 MPa 以上の圧力で行われることを特徴とする請求項 8 に記載のアルミニウム - 黒鉛質複合体の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アルミニウム - 黒鉛質複合体、それを用いた回路基板及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

今日では、半導体素子の高集積化、大型化に伴い、その発熱量は増加の一途をたどって

50

おり、いかに効率よく放熱させるかが課題となっている。そして、高絶縁性・高熱伝導性を有する、例えば、窒化アルミニウム基板、窒化珪素基板等のセラミックス基板の表面に、銅製又はアルミニウム製の金属回路が、また裏面に銅製又はアルミニウム製の金属放熱板が形成されてなるセラミックス回路基板が、パワーモジュール用基板として使用されている。

【 0 0 0 3 】

従来のセラミックス回路基板の典型的な放熱構造は、セラミックス回路基板の裏面（放熱面）の金属板（例えば銅板）を介してベース板が半田付けされてなるものであり、ベース板としては、銅、アルミニウムが一般的であった。しかしながら、この構造においては、半導体装置に熱負荷がかかった時に、ベース板とセラミックス回路基板の熱膨張係数の差に起因するクラックが半田層に発生し、その結果、放熱が不十分となり半導体素子を誤動作させたり、破損させたりする問題があった。

10

【 0 0 0 4 】

そこで、熱膨張係数をセラミックス回路基板の熱膨張係数に近づけたベース板として、アルミニウム - 炭化珪素質複合体が提案されている（特許文献 1 参照）。また、アルミニウム - 炭化珪素質複合体の低熱膨張性と高熱伝導性を維持し、かつ、表面のアルミニウム層を機械加工により制御することで、理想的な球面形状の放熱面を有するアルミニウム - 炭化珪素質複合体が提案されている（特許文献 2 参照）。

【 0 0 0 5 】

一方、熱膨張係数を制御できる材料として、アルミニウム - 黒鉛質複合材料がある。黒鉛材は充填性がよく、黒鉛材の種類の選定により、低熱膨張性かつ優れた材質強度を確保できる材料であることが知られている。例えば、内燃機関のピストン用素材であり、回路基板のベース板に関する本発明とは技術分野が異なるために、等方性の黒鉛材であることを除いては本発明と何ら関係がないが、このような黒鉛材は特許文献 3 に記載されている。

20

【 0 0 0 6 】

また、炭素材料を含む金属基複合材料には、金属成分マトリックスに炭素粒子または炭素繊維を強化材料として分散、配列する金属基炭素複合材料や、押出法、型込法、及び CIP 法等で成形した炭素成形体に金属成分を分散する炭素基金属複合材料が知られている（特許文献 4 及び特許文献 5 参照）。

30

【特許文献 1】特開平 3 - 5 0 9 8 6 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 6 4 2 6 1 A 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 3 3 7 6 3 0 A 号公報

【特許文献 4】特許第 3 3 5 1 7 7 8 号公報

【特許文献 5】特許第 3 6 7 3 4 3 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

上記のように、セラミックス回路基板に接合されるベース板としての用途では、セラミックス回路基板とベース板との熱膨張係数の差を小さくすることにより、セラミックス回路基板とベース板間に発生する応力を低減し信頼性を高めるといった手法がとられているが、ベース板の異方性が大きいとセラミックス回路基板とベース板間に熱膨張係数差に伴う応力が発生しやすくなり、基板が剥離し半導体素子が誤動作する恐れがある。即ち、特許文献 1 及び 2 の発明では、低熱膨張率と高熱伝導性は確保できるものの、このような問題がある。

40

【 0 0 0 8 】

また、今後は、Pbフリー半田化に伴う基板の低熱膨張化や、接合温度の高温化によって、セラミックス回路基板とベース板間のわずかな熱膨張係数の差で、接合後のベース板の形状が変化してしまい、放熱が不十分になる恐れがある。その回避手段の一つとして、接合後の形状変化量を考慮した反り量をベース板に付与する対応がなされているが、反り

50

量が大きすぎるため制御が非常に困難であり、製造が難しいといった問題があった。また、熱膨張係数をセラミックス回路基板同等に合わせるために、炭化珪素の含有量を増加するといった対応も考えられるが、破碎粒子である炭化珪素粉末を高密度に充填することは非常に困難であった。

【 0 0 0 9 】

一方、押出法の黒鉛材料を含む金属複合材料は、押出方向に黒鉛粒子が配向しているため、測定方向により、熱膨張係数、熱伝導率、かつ強度等の物性が異なるといった問題がある。

【 0 0 1 0 】

よって、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有しつつも、異方性が改善され、セラミックス回路基板に接合されるベース板として好ましく用いることができる材料が求められている。

10

【 0 0 1 1 】

即ち、本発明の目的は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されたアルミニウム - 黒鉛質複合体及びそれを用いた回路基板。さらには、理想的な反り形状を有する上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の安価な製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

即ち、本発明のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、黒鉛材の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を含浸させた平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体であって、上記黒鉛材が等方性であり、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面の反り量が 200 mm あたり $0 \sim 400\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする。

20

【 0 0 1 3 】

上記構成からなるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。よって、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載する回路基板のベース板として好ましく用いることができる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明のアルミニウム - 黒鉛質複合体の製造方法は、等方性黒鉛成形体を準備する工程と、上記等方性黒鉛成形体の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を溶湯鍛造法により加圧含浸させてアルミニウム - 黒鉛質複合体を得る工程と、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体を平板状に加工する工程と、機械加工により、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を 200 mm あたり $0 \sim 400\text{ }\mu\text{m}$ の反り量に調整する工程とを含むことを特徴とする。

30

【 0 0 1 5 】

上記構成からなる製造方法によって得られるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。また、機械加工により反りを形成させているため、従来のベース板に比べて、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載する回路基板のベース板として好ましく用いることができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。また、本発明のアルミニウム - 黒鉛質複合体の製造方法によれば、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善され、さらには理想的な反り形状を有するアルミニウム - 黒鉛質複合体を安価に得ることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 7 】

[用語の説明]

本発明において、「等方性」とは、物質の特性がその方向によって異なることを意味する。例えば、等方性黒鉛成形体とは、材料の全方向において機械的、熱的、電気的等の特性が等方性を示す黒鉛成形体を意味する。通常、熱膨張係数、固有抵抗、機械的強度

50

等の最大値と最小値の比が 1 . 0 ~ 1 . 1 の範囲にあるものであればよく、上記特性が全く一致することのみを意味するものではない。

【 0 0 1 8 】

また、本明細書において、「 ~ 」という記号は「以上」及び「以下」を意味する。例えば、「 A ~ B 」というのは、 A 以上であり B 以下であるという意味である。

【 0 0 1 9 】

以下、本発明のアルミニウム - 黒鉛質複合体、それを用いた回路基板及びその製造方法について説明する。

【 0 0 2 0 】

本実施形態のアルミニウム - 炭化系素質複合体は、黒鉛材の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を含浸させた平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体であって、上記黒鉛材が等方性であり、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面の反り量が 2 0 0 mm あたり 0 ~ 4 0 0 μ m であることを特徴とする。

10

【 0 0 2 1 】

上記構成からなるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。よって、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載する回路基板のベース板として好適である。

【 0 0 2 2 】

次に、本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体について、その製造方法を説明する。

【 0 0 2 3 】

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の製造方法は、等方性黒鉛成形体を準備する工程と、上記等方性黒鉛成形体の気孔組織内にアルミニウムを主成分とする金属を溶湯鍛造法により加圧含浸させてアルミニウム - 黒鉛質複合体を得る工程と、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体を平板状に加工する工程と、機械加工により、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を 2 0 0 mm あたり 0 ~ 4 0 0 μ m の反り量に調整する工程とを含むことを特徴とする。

20

【 0 0 2 4 】

上記構成からなる製造方法によって得られるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。また、機械加工により反りを形成させているため、従来のベース板に比べて、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載する回路基板のベース板として好ましく用いることができる。

30

【 0 0 2 5 】

ここで、金属とセラミックス等の複合体の製造方法は、大別すると、粉末冶金法と含浸法の 2 種がある。粉末冶金法は熱伝導率等の特性面に十分なものを得るのが難しいことから、実際には含浸法を用いるものが多い。特に、セラミックス等の基材の充填量が高い場合や、気孔内に均一に金属を充填する場合には、含浸法が好適である。含浸法には非加圧含浸法と溶湯鍛造法やダイキャスト法等の高圧鍛造法などがあるが、本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、生産性や品質安定化の点から、溶融したアルミニウム又はアルミニウム合金を用いる溶湯鍛造法により製造されることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

[黒鉛成形体]

本実施形態の黒鉛成形体は、原料として、熱伝導性が高い石油コークス系炭素（例えばニードルコークス）を黒鉛化した黒鉛を粉砕したものをを用いるのが好ましい。しかし、その他の、ピッチコークス、天然黒鉛、無鉛炭、カーボンブラック等を用いてもよい。また、バインダーとしては、熱伝導性を高くするために、コールタールピッチ、コールタール、合成樹脂等を使用することが好ましい。

40

【 0 0 2 7 】

上記黒鉛成形体の成形法として、押出法、モールド成形法、及び C I P 成形法（冷間等方圧加工法）等があげられるが、黒鉛成形体に異方性が生じ難い C I P 成形法が好ましい。このようにすれば、等方性黒鉛成形体を容易かつ安価に得ることができる。

50

【 0 0 2 8 】

[アルミニウムを主成分とする金属]

本実施形態のアルミニウムを主成分とする金属は、アルミニウムの純金属でもよいが、含浸時に上記黒鉛成形体の空隙中に十分に浸透させるために、なるべく融点が低いことが好ましい。

【 0 0 2 9 】

アルミニウム合金の場合には、その溶融金属は湯流れがよく（粘性が低く）、上記黒鉛成形体への加圧含浸の際に空隙内や粒子内の気孔に十分に浸透する。このようなアルミニウム合金として、例えばシリコンを3～25質量%、好ましくは4～15質量%含有するアルミニウム合金が挙げられる。シリコンを3～25質量%含有したアルミニウム合金を用いることにより、アルミニウム - 黒鉛質複合体の緻密化が促進されるという効果を得ることができる。さらに、シリコンを4～15質量%含有する湯流れが良好なアルミニウム合金を用いることにより、黒鉛質複合体の気孔中にアルミニウム合金が進入し易く、緻密、かつ、特性が均一なアルミニウム - 黒鉛質複合体が得られるという効果を得ることができる。

10

【 0 0 3 0 】

また、アルミニウム合金中には、アルミニウム、シリコン以外の金属成分の他に、極端に特性が変化しない範囲であれば、例えば、マグネシウム、銅、亜鉛、マンガン、鉄、クロム及びチタン等が含まれていてもよい。

【 0 0 3 1 】

上記等方性黒鉛成形体の気孔組織内に、上記アルミニウムを主成分とする金属を溶湯鍛造法により加圧含浸させることにより、アルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

20

【 0 0 3 2 】

ここで、アルミニウム又はアルミニウム合金を溶湯鍛造法により含浸する場合、含浸圧力は20MPa以上が好ましい。含浸圧力が20MPa以上であれば、黒鉛成形体中にアルミニウムが完全に充填されるようになり、十分な熱伝導率を有するアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。さらに好ましくは、含浸圧力は、50MPa以上である。50MPa以上であれば、より安定した熱伝導率特性を有するアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

30

【 0 0 3 3 】

[加工]

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体を平板状に加工する方法については、特に限定されず、公知のバンドソーやダイヤモンドカッターにより加工してもよいし、又はワイヤーカットで加工してもよい。このような製造方法では、低コストで同時に複数のアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

一方、事前に所定の厚みに加工したものを、離型剤を塗布したステンレス板などの離型板と共に積層して、アルミニウムを含浸後に板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を離型する手法でもよい。このような製造方法では、より品質の安定したアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

40

【 0 0 3 5 】

次に、機械加工により、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を所望の反り量に調整する

【 0 0 3 6 】

[反りの形成]

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、加工性に優れ、容易に機械加工することができるため、理想的な球面形状の放熱面を得ることが可能であり、良好な放熱特性と共に応力緩和性を有する放熱部品として有効な板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。そして、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載することが可能となる

50

。

【 0 0 3 7 】

本実施形態において、放熱面又はセラミックス回路基板搭載面の反りの形成は、旋盤等の機械加工にて行うことができる。旋盤等への被加工品の固定は、被加工品の外周部をチャッキングする方法や、被加工品の周縁部に設けられた穴等を利用してネジ止めする方法が好ましく用いられる。このような方法により、理想的な球面形状を有するベース板を得ることができ、放熱フィンとの間に隙間が生じることがなく、高い放熱性を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

機械加工後の放熱面の反り量は、200 mmあたり0 ~ 400 μ mになるように加工することが好ましい。機械加工品の反り量が400 μ m以下であれば、放熱フィンとの接合の際のネジ止め時に、ベース板、又はセラミックス回路基板を破損することなく、安全に接合することができる。

【 0 0 3 9 】

一方、反り量が0以上、つまり放熱面に対して凸型の反りであれば、組立後のパワーモジュールの放熱面の反りが凸型となり、放熱フィンに取り付ける際に放熱フィンとの間に隙間が生じることがない。そのため、セラミックス回路基板、ベース板、放熱フィン等で構成されるモジュール全体として高い放熱性を得ることができる。

【 0 0 4 0 】

また、セラミックス回路基板搭載面の反り量は200 mmあたり - 200 ~ + 200 μ mになるように加工することが好ましい。セラミックス回路基板搭載面の反りが200 mmあたり - 200 ~ + 200 μ mであれば、接合の際の半田厚みが一定となり、また、半田付け時にボイドが発生することなく、十分な放熱性を得ることができる。

【 0 0 4 1 】

[アニール処理]

なお、上記操作により得られたアルミニウム - 黒鉛質複合体には、含浸時の歪み除去の為にアニール処理を行ってもよい。上記アニール処理は、含浸に用いたアルミニウム又はアルミニウム合金の溶融温度未満の温度でアニール処理を行うことが好ましい。アニール処理は、400以上550 以下の温度で10分以上行うのが好ましい。

【 0 0 4 2 】

アニール温度が400 以上であれば、複合体内部の歪みが十分に開放されて形状の変化が抑制される。一方、アニール温度が550 以下であれば、含浸に用いたアルミニウム合金が溶融せずに処理が行える。また、アニール時間が10分以上であれば、複合体内部の歪みが十分に除去できる。また、降温は急冷より徐冷の方が歪み除去には好適であり、5 / min以下の速度が好ましい。アニール回数は単数より、複数回行った方がより内部の歪みまで開放できるためより好ましい。

【 0 0 4 3 】

なお、本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、必要に応じてめっき処理を行ってもよい。めっき処理方法は特に限定されず、無電解めっき処理、電気めっき処理法のいずれでもよい。めっきの種類についてはNi、Cu、Ni + Cu等の一般的なめっきがあげられ、密着性が確保されるめっきであれば特に制限はない。

【 0 0 4 4 】

また、めっきの厚みは1 ~ 20 μ mであることが好ましい。めっき厚みが1 μ m以上であれば、めっきのピンホールが発生することがなく、良好な外観を得ることができる。また、めっきの厚みが20 μ m以下であれば、めっき膜とアルミニウム - 黒鉛質複合体との熱膨張係数の違いによるめっきの剥離を防止することができる。

【 0 0 4 5 】

上記製造方法によって得られるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、高熱伝導性、低熱膨張性を有し、かつ異方性が改善されている。さらには、放熱面が理想的な球面形状に加工されているので、良好な放熱特性と共に応力緩和性を有しており、例えば、セラミックス回

10

20

30

40

50

路基板と放熱フィン等の放熱部品との間に介在するベース板として好ましく用いられる。

【0046】

即ち、上記製造方法によって得られるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、セラミックス回路基板のベース板として使用する際、ベース板と放熱フィン等の放熱部品との接触が良好となり、セラミックス回路基板、ベース板及び放熱フィン等で構成されるモジュール全体の放熱特性に優れるという効果を奏することができる。

【0047】

次に、本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の各特性について説明する。

【0048】

[体積比]

本実施形態の等方性黒鉛成形体のアルミニウム - 黒鉛質複合体中に占める体積比（以下、粉体の充填率を V_f という）は75体積%以上85体積%以下が好ましく、更に好ましくは77体積%以上83体積%以下である。 V_f が75体積%以上であれば、アルミニウムの充填量が少ないために熱膨張係数を抑制できる。また、 V_f が85体積%以下であれば、上記黒鉛成形体中の気孔内にアルミニウムが十分に充填され、未含浸部分が生じ難い。さらに、 V_f が77体積%以上83体積%以下であれば、未含浸部分が少なくアルミニウム - 黒鉛質複合体の特性バラツキが低減し、かつ低熱膨張性を有するという効果を得ることができる。

【0049】

[密度]

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の密度は、好ましくは $2.0 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ である。密度が $2.0 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ であれば、黒鉛基材中の気孔または、黒鉛粒子中の空隙にアルミニウムが十分に複合化され、アルミニウム複合の効果により、強度、熱伝導率が向上し物性が安定するという効果を得ることができる。

【0050】

[気孔率]

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の気孔率は3体積%以上12体積%以下が好ましい。アルミニウム - 黒鉛質複合体の気孔率が3体積%以上であれば、低コストで、かつ容易に製造を行うことができる。また、気孔率が12体積%以下であれば、十分な強度、及び熱伝導特性を確保できる。

【0051】

ここで、気孔率とは、アルキメデス法により測定したアルミニウム - 黒鉛質複合体の密度をアルミニウム - 黒鉛質複合体の理論密度で除して算出した相対密度の残部を気孔率とした。このとき、黒鉛材の理論密度は 2.20 g/cm^3 、アルミニウムの理論密度は 2.70 g/cm^3 とした。

【0052】

[熱伝導率]

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の熱伝導率は $150 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上が好ましい。熱伝導率が $150 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上であれば、半導体素子からの放熱を充分に行うことができ、半導体素子の誤動作や破損を防止することができる。また、さらに好ましくは熱伝導率が $180 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上である。熱伝導率が $180 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上であれば、半導体素子の安定した動作が保て、信頼性が向上するという効果を得ることができる。

【0053】

さらに、本実施形態の平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面に平行な方向の熱伝導率に対する主面に垂直な方向の熱伝導率の比は、 0.8 以上 1.5 以下であることが好ましい。この比が 0.8 以上 1.5 以下であれば、どの方向に切り出しても、ベース板内の放熱機構が異なることがなく、局所的に放熱が不十分になることがなく放熱が均一に行われる。そして、半導体素子の誤動作や破損を防止することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

ここで、「主面」とは、平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の平面を意味し、「主面に平行な方向」とは、上記主面を含む方向を意味する。また、「主面に垂直な方向」とは、上記主面に対して略垂直な方向を意味する。

【 0 0 5 5 】

〔 熱膨張係数 〕

また、本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の熱膨張係数は $4.0 \times 10^{-6} / K$ 以上 $10.0 \times 10^{-6} / K$ 以下が好ましく、更に好ましくは $4.0 \times 10^{-6} / K$ 以上 $8.0 \times 10^{-6} / K$ 以下が好ましい。熱膨張係数が $4.0 \times 10^{-6} / K$ より小さなアルミニウム - 黒鉛質複合体を製造は黒鉛充填量を 85 体積 % より高くする必要があり、製造上困難である。また、熱膨張係数が $10.0 \times 10^{-6} / K$ 以下であれば、回路基板と近い熱膨張係数差であるために、セラミックス回路基板が剥離しない、長期信頼性のあるベース板を得ることができる。

10

【 0 0 5 6 】

〔 曲げ強度 〕

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の曲げ強度は、50 MPa 以上であることが好ましい。セラミックス回路基板を接合するベース板としては、曲げ強度 50 MPa 以上が、カケ、ハンドリングの面から好ましい。

【 0 0 5 7 】

〔 弾性率 〕

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の弾性率は、好ましくは 10 GPa 以上 30 GPa 以下である。また、弾性率が 30 GPa 以下であれば、回路基板とベース板の熱膨張係数差によって発生する応力に対して、応力緩和が容易であり回路基板への負荷が低減され、長期信頼性が望める。

20

【 0 0 5 8 】

なお、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の厚みが 2 ~ 6 mm であることが好ましい。このようにすれば、セラミックス回路基板等を接合するベース板として好適である。

【 0 0 5 9 】

本実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、半田付けによってセラミックス回路基板等に接合することにより、放熱フィン等の放熱部品との接触が良好なセラミックス回路基板を得ることができる。このような回路基板は、ベース板及び放熱フィン等で構成されるモジュール全体の放熱特性に優れるという効果を奏することができる。

30

【 0 0 6 0 】

作用効果

以下、上記実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体、それを用いた回路基板及びその製造方法の作用効果について説明する。

【 0 0 6 1 】

上記実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。よって、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載する回路基板のベース板として好ましく用いることができる。

40

【 0 0 6 2 】

ここで、上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の熱伝導率が $150 W / (m \cdot K)$ 以上であり、かつ上記平板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体の主面に平行な方向の熱伝導率に対する主面に垂直な方向の熱伝導率の比が 0.8 ~ 1.5 であってもよい。このような、熱伝導率が等方的であるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、セラミックス回路基板とベース板間の、熱膨張係数差に伴う応力の発生を抑制し、基板の剥離による半導体素子の誤動作を防止することができる。

【 0 0 6 3 】

また、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体に占める黒鉛の体積比が 75 ~ 85 体積 % であり、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の密度が $2.0 \sim 2.3 g / cm^3$ であり、かつ気

50

孔率が3～12体積%であってもよい。このようにすれば、より高い熱伝導特性を有しつつも、十分な強度特性を有するアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

【0064】

また、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の3点曲げ強度が50MPa以上であり、かつ25～150までの上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の熱膨張係数が $4.0 \times 10^{-6} \sim 10.0 \times 10^{-6} / K$ であってもよい。このようにすれば、十分な強度特性を有しつつも、半導体素子に近い熱膨張係数を有し、回路基板のベース板として好ましく使用することができるアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

【0065】

また、上記黒鉛材が、コークス系炭素を黒鉛化したものであってもよい。このような炭素を用いることにより、より熱伝導性が高いアルミニウム - 黒鉛質複合体を得ることができる。

10

【0066】

また、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の厚みが2～6mmであってもよい。このようにすれば、セラミックス回路基板等を接合するベース板として好適である。

【0067】

また、上記アルミニウム - 黒鉛質複合体の凹面を、半田付けによってセラミックス回路基板に接合することにより、モジュール全体の放熱特性に優れた回路基板を得ることができる。

【0068】

さらに、実施形態のアルミニウム - 黒鉛質複合体の製造方法によって得られるアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、かつ異方性が改善されている。また、機械加工により反りを形成させているため、従来のベース板に比べて、特に高信頼性が要求される半導体部品を搭載する回路基板のベース板として好ましく用いることができる。

20

【0069】

また、上記加圧含浸が20MPa以上の圧力で行われてもよい。このようにすれば、十分な熱伝導率を有するアルミニウム - ダイヤモンド系複合体を得ることができる。

【0070】

以上、本実施形態に係るアルミニウム - 黒鉛質複合体及びその製造方法について、実施形態を挙げて説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。

30

【実施例】

【0071】

以下に、実施例及び比較例を挙げて、本発明を更に詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0072】

(実施例1)

両面をカーボンコートした210mm×160mm×0.8mmの寸法のステンレス板を用いて、ニードルコークス黒鉛粉末をCIP成型した等方性黒鉛板(東洋炭素社製: Vf=83.1%、210mm×150mm×150mm)を挟んで積層した。

40

【0073】

そして、両側に厚み12mmの鉄板を配置して、M10のボルト6本で連結し、面方向の締め付けトルクが3Nmになるようにトルクレンチで締め付けて1つのブロックとした。次に、このブロックを窒素雰囲気電気炉で650℃に予備加熱した後、あらかじめ加熱しておいた内径φ400mmのプレス型内に納め、アルミニウム合金(日本軽金属株式会社製: AC3A)の溶湯を注ぎ、100MPaの圧力で20分間加圧して等方性黒鉛板の気孔内にアルミニウムを含浸させたアルミニウム - 黒鉛質複合体のための成形体を得た。

【0074】

上記アルミニウム - 黒鉛質複合体を室温まで冷却した後、湿式バンドソーにて離型板の

50

形状に沿って切断し、挟んだステンレス板を剥がした。その後、含浸時の歪み除去のために450の温度で3時間保持し、アニール処理を行い、200mm×150mm×150mmのアルミニウム - 黒鉛質複合体を得た。さらに、得られたアルミニウム - 黒鉛質複合体をバンドソーで200mm×150mm×5mmの大きさにスライス加工し、板状のアルミニウム - 黒鉛質複合体を得た。

【0075】

得られたアルミニウム - 黒鉛質複合体の縁周部8箇所に直径7mmの貫通穴を、4箇所にΦ10 - Φ4mmの皿穴を加工し、アルミニウム - 黒鉛質複合体の外周部分をNC旋盤で加工して、187mm×137mm×5mmの形状とした。

【0076】

この加工穴は、アルミニウム - 黒鉛質複合体を、旋盤治具等の機械に対してネジ止めるために設ける、平板状のアルミニウム - ダイヤモンド系複合体の上下面を貫くように加工される貫通穴である。

【0077】

次に、このアルミニウム - 黒鉛質複合体に反りを付与するため、上記加工穴を利用して旋盤治具にネジによって固定し、アルミニウム - 黒鉛質複合体の面に100mmあたり80μmの反りを付け、球面形状になるように加工した。

【0078】

次に、圧力0.2MPa、搬送速度1.0m/minの条件でアルミナ砥粒にてブラスト処理を行い洗浄した。その後、無電解Ni - PおよびNi - Bめっきを行い、アルミニウム - 黒鉛質複合体の表面に8μm厚(Ni - P: 6μm + Ni - B: 2μm)のめっき層を形成した。

【0079】

また、得られたアルミニウム - 黒鉛質複合体から、研削加工により熱膨張係数測定用試験体(20mm×4mm×4mm)、熱伝導率測定用試験体(25mm×25mm×1mm)、強度測定用試験体(40mm×4mm×3mm)試験片を作製した。そして、それぞれの試験片を用いて、25～150の熱膨張係数を熱膨張計(株式会社リガク製; TMA8310)で、25の熱伝導率をレーザーフラッシュ法(理学電機社製; TC-7000)で、25の3点曲げ強度を抗折強度計(今田製作所製; SV-301)で測定した。

【0080】

また、密度はアルキメデス法にて算出した。気孔率はアルキメデス法により求めた密度を理論密度で除して、相対密度を算出した。

【0081】

反り形状については、輪郭形状測定機(東京精密社製; コンターレコード1600D-22)を使用し、長さ10cmあたりの反り量を測定した。以上の測定結果を表1に示す。また、輪郭形状測定機による実施例1の反り形状の測定結果を図1に示す。

【0082】

【表1】

	Vf	密度	気孔率	強度	弾性率	熱伝導率 (W/(m・K))		平行方向の熱伝導率/	熱膨張係数
	(%)	(g/cm ³)	(%)	(MPa)	(GPa)	平行方向	垂直方向	垂直方向の熱伝導率	(×10 ⁻⁶ /K)
実施例1	83.1	2.16	5.5	56	10	249	240	1	5.2
実施例2	75.5	2.08	9.8	64	17	178	190	0.9	6.7
実施例3	85	2.12	6.7	79	16	210	203	1	4.7
実施例4	80.5	2.06	11.2	70	15	165	153	1.1	6.3
実施例5	82.4	2.02	13	38	7	133	102	1.3	4.9
比較例1	78.2	2.21	4.6	42	8	253	132	1.9	7.1

【0083】

(実施例2)

等方性黒鉛板に東海カーボン株式会社製、Vf = 75.5vol%の黒鉛材を使用したこと以外は、実施例1と同様にしてアルミニウム - 黒鉛質複合体を作製し、評価を行った

。結果を表 1 に示す。

【 0 0 8 4 】

(実施例 3)

等方性黒鉛板に東海カーボン株式会社製、 $V_f = 85.0 \text{ vol} \%$ を使用したこと以外は、実施例 1 と同様にしてアルミニウム - 黒鉛質複合体を作製し、評価を行った。結果を表 1 に示す。

【 0 0 8 5 】

(実施例 4)

等方性黒鉛板に東海カーボン株式会社製、 $V_f = 80.5 \text{ vol} \%$ を使用し、アルミニウム - 黒鉛質複合体の気孔率が $11.2 \text{ vol} \%$ であること以外は、実施例 1 と同様にしてアルミニウム - 黒鉛質複合体を作製し、評価を行った。結果を表 1 に示す。

【 0 0 8 6 】

(実施例 5)

含浸時の圧力を 15 MPa とした以外は、実施例 1 と同様にしてアルミニウム - 黒鉛質複合体を作製し、評価を行った。結果を表 1 に示す。

【 0 0 8 7 】

(比較例 1)

東海カーボン株式会社製の押出成形黒鉛材を使用したこと以外は、実施例 1 と同様にしてアルミニウム - 黒鉛質複合体を作製し、評価を行った。結果を表 1 に示す。

【 0 0 8 8 】

考察

表 1 からわかるように、実施例 1 ~ 4 のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、低熱膨張特性と高熱伝導特性を有し、熱伝導率が等方的である。また、機械加工により、理想的な反り形状を有している。即ち、実施例 1 ~ 4 のアルミニウム - 黒鉛質複合体は、高い放熱性が求められる、セラミックス回路基板に接合されるベース板として好ましく用いることができる。また、実施例 5 では、強度、熱伝導率が低くなっているが、これは、含浸圧力が 15 MPa であり、圧力が不足しているためだと考えられる。

【 0 0 8 9 】

これに対し、比較例 1 では、押出成形黒鉛材を使用しているため、測定方向によって熱伝導率のばらつきがあり、熱膨張係数も大きい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 0 】

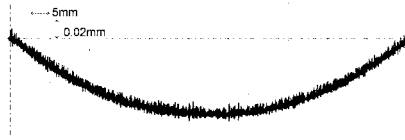
【 図 1 】 輪郭形状測定機による実施例 1 についての反り形状の測定結果。

10

20

30

【図 1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
C 0 1 B 31/04 (2006.01) C 0 1 B 31/04 1 0 1 A

(72)発明者 廣津留 秀樹
福岡県大牟田市新開町 1 電気化学工業株式会社大牟田工場内

(72)発明者 築地原 雅夫
福岡県大牟田市新開町 1 電気化学工業株式会社大牟田工場内

F ターム(参考) 4G146 AA02 AA16 AB05 AC04A AC04B AC22A AC22B AC23A AC23B AC25A
AC25B AC26A AC26B AC27A AD20 AD28 BA27 BA43 BC23 BC33B
CB08 CB11 CB19
5F136 BB04 EA41 FA42 FA82 FA83 GA14 GA33