

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年4月14日(14.04.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/056567 A1

- (51) 国際特許分類:  
C23C 24/04 (2006.01) H01L 23/12 (2006.01)  
B22F 1/00 (2006.01) H01L 23/36 (2006.01)  
B22F 7/08 (2006.01) H01L 23/373 (2006.01)  
B32B 15/01 (2006.01) H05K 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/078396
- (22) 国際出願日: 2015年10月6日(06.10.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2014-208424 2014年10月9日(09.10.2014) JP
- (71) 出願人: 日本発條株式会社(NHK SPRING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 瀧本 優(TAKIMOTO, Masaru); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 宮地 真也(MIYAJI, Shinya); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内

Kanagawa (JP). 山内 雄一郎(YAMAUCHI, Yuichiro); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 竹川 哲也(TAKEKAWA, Tetsuya); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP).

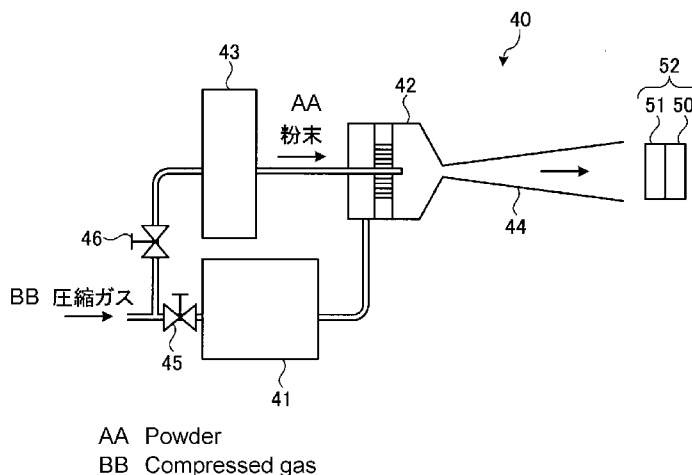
(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: LAYERED BODY FOR RADIATOR MEMBER, SUBSTRATE WITH HEAT SINK, AND METHOD FOR MANUFACTURING LAYERED BODY FOR RADIATOR MEMBER

(54) 発明の名称: 放熱部材用積層体、ヒートシンク付き基板、および放熱部材用積層体の製造方法



(57) Abstract: Provided are: a layered body for a radiator member, in which a film comprising aluminum or the like and a ceramic with prescribed characteristics is formed by a cold-spray method on a base material surface comprising copper or the like, wherein the film is provided with a prescribed coefficient of thermal expansion and a prescribed coefficient of thermal conductivity and adhesion between the base material and the film can be improved; a substrate with a heat sink; and a method for manufacturing the layered body for a radiator member. This layered body 52 is characterized: by being equipped with a film 51 that contains a base material 50 formed from copper or the like, an aluminum or aluminum alloy powder, and a ceramic powder with the coefficient of thermal expansion of 7 ppm/K or less and the coefficient of thermal conductivity of 30 W/m·K or more; and in that the proportion of the aluminum or aluminum alloy in the film 51 is 30-95% by volume, the proportion of the ceramic is 5-70% by volume, and the coefficient of thermal expansion of the film is 21 ppm/K or less and the coefficient of thermal conductivity of the film is 140 W/m·K or more.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/056567 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

銅等からなる基材表面に、アルミニウム等と所定の特性を有するセラミックスからなる皮膜をコールドスプレー法により形成された積層体において、皮膜が所定の熱膨張率および熱伝導率を備えるとともに、基材と皮膜との密着性を向上しうる放熱部材用積層体、ヒートシンク付き基板、および放熱部材用積層体の製造方法を提供する。本発明の積層体 52 は、銅等からなる基材 50 と、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が  $7 \text{ ppm/K}$  以下であって熱伝導率が  $30 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  以上であるセラミックスの粉末とを含む皮膜 51 と、を備え、皮膜 51 中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が  $30 \sim 95$  体積%、前記セラミックスの割合が  $5 \sim 70$  体積%であって、前記皮膜の熱膨張率は  $21 \text{ ppm/K}$  以下、熱伝導率は  $140 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  以上であることを特徴とする。

## 明 細 書

発明の名称：

放熱部材用積層体、ヒートシンク付き基板、および放熱部材用積層体の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、パワーモジュール等に使用される放熱部材用積層体、ヒートシンク付き基板、および放熱部材用積層体の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、絶縁層となるセラミックス基板の片面にアルミニウムまたは銅等の回路層が積層され、この回路層上に半導体素子等が半田付けされるとともに、セラミックス基板の他面に形成されたアルミニウムまたは銅等からなる金属層を介して、低熱膨張で高熱伝導率のA I S i C系複合材料により形成されたヒートシンクが接合されたパワーモジュールが知られている（例えば、特許文献1または2参照）。

[0003] A I S i C系複合材料からなるヒートシンクとセラミックス基板の金属層とを接合する場合、半田や、ろう材等を使用して接合している。しかしながら、A I S i C系複合材料は、S i Cの細孔に溶解したA Iを含浸させて作製するため、工程が複雑でコストが増大するという問題を有している。また、半田により接合する場合、低温接合が可能であるものの、金属層やヒートシンクにメッキ処理が必要となり工程が多くなるという問題がある。一方、ろう材により接合する場合、高温で接合するため、セラミックス基板に熱応力がかかるとともに、A I S i C系複合材料からアルミニウム等が溶け出し、おそれがあるため、A I S i C系複合材料に使用するアルミニウム材料が制限されるという問題を有していた。

[0004] 近年、材料粉末を高温、高速にして基材に吹き付けることにより、該材料粉末を基材に堆積・コーティングするコールドスプレー法が注目されており、該コールドスプレー法によりパワーモジュールのヒートシンクとセラミッ

クス基板との間の緩衝部材を製造する方法が開示されている（例えば、特許文献3参照）。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2003-306730号公報

特許文献2：特許第3171234号公報

特許文献3：特許第4645464号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献3では、銅を金属材料粉末としてセラミックス粉末とともに使用して、酸素を含むガスを使用したコールドスプレー法により皮膜中のセラミックスの含有量が10～50体積%となる皮膜を形成した場合、セラミックス粉末を使用しない場合より、皮膜の熱膨張係数を低減しつつ、熱伝導率が向上できることが確認されている。しかしながら、金属粉末としてアルミニウムを使用して皮膜を形成する場合、酸素ガスを使用すると粉塵爆発のおそれがある。また、特許文献3にはコールドスプレー方法によるヒートシンクの製造については記載も示唆もない。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、銅またはアルミニウム等からなる基材表面に、アルミニウム等と所定の特性を有するセラミックスからなる皮膜をコールドスプレー法により形成された積層体において、低熱膨張率および高熱伝導率の皮膜を備えるとともに、基材と皮膜との密着性を向上しうる放熱部材用積層体、ヒートシンク付き基板、および放熱部材用積層体の製造方法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

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる放熱部材用積層体は、銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材と、アルミニウムまたはアルミニウム合金の

粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを含む皮膜と、を備え、前記皮膜中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が $30\sim 95$ 体積%、前記セラミックスの割合が $5\sim 70$ 体積%であって、前記皮膜の熱膨張率は $21\text{ ppm/K}$ 以下、熱伝導率は $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴とする。

[0009] また、本発明にかかる放熱部材用積層体は、上記発明において、前記皮膜の気孔率は、 $3.0$ 体積%以下であることを特徴とする。

[0010] また、本発明にかかるヒートシンク付き基板は、セラミックス基材の片面に銅もしくは銅合金、またはアルミニウムもしくはアルミニウム合金からなる回路層が設けられるとともに、他面に銅もしくは銅合金、またはアルミニウムもしくはアルミニウム合金からなる金属層が設けられた基板と、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを含むヒートシンクと、を備え、前記ヒートシンク中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が $30\sim 95$ 体積%、前記セラミックスの割合が $5\sim 70$ 体積%であって、前記ヒートシンクの熱膨張率は $21\text{ ppm/K}$ 以下、熱伝導率は $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴とする。

[0011] また、本発明にかかるヒートシンク付き基板は、上記発明において、前記皮膜の気孔率は、 $3.0$ 体積%以下であることを特徴とする。

[0012] また、本発明にかかる放熱部材用積層体の製造方法は、銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材に、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを混合した混合粉末を、アルミニウムまたはアルミニウム合金の融点より低い温度に加熱された不活性ガスとともに加速し、前記基材の表面に固相状態のままで吹き付けて堆積させて皮膜を形成する工程を含み、前記皮膜中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が $30\sim 95$ 体積%、前記セラミックスの割合が $5\sim 70$ 体積%であることを特徴とする。

[0013] また、本発明にかかる放熱部材用積層体の製造方法は、銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材に、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7 \text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを混合した混合粉末を、アルミニウムまたはアルミニウム合金の融点より低い温度に加熱された不活性ガスとともに加速し、前記基材の表面に固相状態のままで吹き付けて堆積させて皮膜を形成する工程を含み、前記皮膜の熱膨張率は $21 \text{ ppm/K}$ 以下、熱伝導率は $140 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴とする。

### 発明の効果

[0014] 本発明によれば、アルミニウム等と所定の特性を有するセラミックスとからなる混合粉末を、不活性ガスを使用したコールドスプレー法によりセラミックス基板の金属層に吹き付けることにより、低熱膨張、かつ高熱伝導率であるとともに、金属層との密着性に優れるヒートシンク等の放熱部材を作製することができる。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、本発明の実施の形態にかかるパワーモジュールの構造を示す断面図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態にかかるヒートシンクの形成に使用されるコールドスプレー装置の概要を示す模式図である。

[図3]図3は、密着強度試験（ロミュラス試験）を説明する模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、以下の説明において参照する各図は、本発明の内容を理解し得る程度に形状、大きさ、及び位置関係を概略的に示してあるに過ぎない。即ち、本発明は各図で例示された形状、大きさ、及び位置関係のみに限定されるものではない。

- [0017] 図1は、本発明の実施の形態にかかるパワーモジュールの構造を示す断面図である。図1に示すパワーモジュール100は、基板10と、ヒートシンク20とを備える。
- [0018] 基板10は、平板状をなすセラミックス基材1の片面に形成された回路層2と、セラミックス基材1の他面に形成された金属層3とを有する。
- [0019] セラミックス基材1は、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素等の窒化物系セラミックスや、アルミナ、マグネシア、ジルコニア、ステアタイト、フォルステライト、ムライト、チタニア、シリカ、サイアロン等の酸化物系セラミックスといった絶縁性材料からなる略板状の部材である。
- [0020] 回路層2は、銅もしくは銅合金、またはアルミニウムもしくはアルミニウム合金からなる金属層である。この回路層2には、半導体チップ30が半田31等により実装されている。回路層2は、エッチング等により所定の回路パターン状に形成されている。
- [0021] 半導体チップ30は、ダイオード、トランジスタ、IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）等の半導体素子によって実現される。なお、半導体チップ30は、使用の目的に合わせて回路層2上に複数個設けられても良い。
- [0022] 金属層3は、銅もしくは銅合金、またはアルミニウムもしくはアルミニウム合金からなる。回路層2と同一の材料、例えば、回路層2が銅または銅合金の場合は、金属層3も銅または銅合金、回路層2がアルミニウムまたはアルミニウム合金である場合は、金属層3もアルミニウムまたはアルミニウム合金であることが好ましい。金属層3と回路層2を同一の金属材料から形成することにより、回路層2と金属層3とをセラミックス基材1に同時に接合することができる。
- [0023] ヒートシンク20は、後述するコールドスプレー法により形成され、半導体チップ30が発生した熱を、回路層2、セラミックス基材1および金属層3を介して外部に放熱する。ヒートシンク20は、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が3

0W/m・K以上であるセラミックスの粉末から形成される。ヒートシンク20に使用されるセラミックスの熱膨張率は2ppm/K以上、7ppm/K以下であることが好ましい。また、ヒートシンク20用のセラミックスの熱伝導率は、30W/m・K以上、300W/m・K以下であることが好ましい。ここで、ヒートシンク20用のセラミックス粉末の熱膨張率および熱伝導率は、該セラミックス粉体を所定条件で焼結した焼結体の数値である。

[0024] ヒートシンク20の材料として使用されるセラミックスとしては、例えば、炭化ケイ素(SiC)、窒化アルミニウム(AlN)等が例示され、低熱膨張率および高熱伝導率を達成する観点から炭化ケイ素が好ましく使用される。上記した炭化ケイ素(SiC)、窒化アルミニウム(AlN)等において、不純物等により熱膨張率が7ppm/Kより大きい市販品も存在するが、低熱膨張率かつ高熱伝導率のヒートシンク20とするためには、熱膨張率が7ppm/K以下である市販品を使用することが好ましい。

[0025] ヒートシンク20において、アルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックスとの割合は、アルミニウムまたはアルミニウム合金が30~95体積%に対し、セラミックスが5~70体積%である。ヒートシンク20中のセラミックスの割合が5体積%未満の場合、熱膨張率が高く、セラミックス基材1との熱膨張率の差に起因する熱応力が発生し、セラミックス基材1の割れ等を生じるおそれがある。一方、ヒートシンク20中のセラミックスの割合が70体積%より大きい場合、緻密な皮膜が形成されないおそれがある。ヒートシンク20中のアルミニウムまたはアルミニウム合金の割合は50~95体積%、セラミックスの割合は、15~50体積%であることが好ましい。

[0026] また、ヒートシンク20は、熱膨張率が21ppm/K以下であって熱伝導率が140W/m・K以上である。熱膨張率が21ppm/K以下であることにより、セラミックス基材1との熱膨張率の差に起因する熱応力の発生を抑制でき、熱伝導率が140W/m・K以上であることにより、パワーモジュール100から速やかに放熱をおこなうことができる。ヒートシンク2



0の熱膨張率は4 ppm/K以上21 ppm/K以下であることが好ましく、熱伝導率は140 W/m・K以上200 W/m・K以下であることが好ましい。

- [0027] ヒートシンク20の気孔率は、3.0体積%以下であることが好ましい。金属層3とヒートシンク20との界面の密着強度向上のために、ヒートシンク20の気孔率が3.0体積%以下であることが好ましく、ヒートシンク20の気孔率は、1.0体積%であることがより好ましい。
- [0028] つづいて、本実施の形態にかかるヒートシンク20の製造方法について説明する。ヒートシンク20は、基板10の金属層3側の表面に、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末とヒートシンク用セラミックス粉末との混合粉末を、アルミニウムまたはアルミニウム合金の融点より低い温度に加熱されたガスとともに加速し、金属層3の表面に固相状態のままで吹き付けて堆積させてヒートシンク20を形成することにより製造することができる。
- [0029] 基板10の金属層3の表面へのヒートシンク20の形成は、上述した混合粉末を用いてコールドスプレー法により行なう。ヒートシンク20の形成について、図2を参照して説明する。図2は、本実施の形態にかかるヒートシンク20の形成に使用されるコールドスプレー装置40の概要を示す模式図である。
- [0030] コールドスプレー装置40は、作動ガスを加熱するガス加熱器41と、粉末材料を収容し、スプレーガン42に供給する粉末供給装置43と、スプレーガン42で加熱された作動ガスと混合された粉末材料を噴射するガスノズル44とを備えている。ここでいう粉末材料は、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末とヒートシンク用セラミックス粉末とを混合した混合粉末である。なお、混合粉末は、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末とセラミックス粉末とを、ふるい等により混合して調製することができる。
- [0031] 作動ガスとしては、ヘリウム、窒素などの不活性ガスが使用される。不活性ガスを使用することにより、アルミニウム粉末による粉塵爆発のリスクを低減することができる。コスト等の観点から、窒素を使用することが好まし

い。供給された作動ガスは、バルブ45および46により、ガス加熱器41と粉末供給装置43にそれぞれ供給される。ガス加熱器41に供給された作動ガスは、例えば100℃以上であって、粉末材料であるアルミニウムまたはアルミニウム合金の融点以下の温度に加熱された後、スプレーガン42に供給される。作動ガスの加熱温度は、好ましくは100℃以上であって粉末材料であるアルミニウムまたはアルミニウム合金の融点以下の温度である。

[0032] 粉末供給装置43に供給された作動ガスは、粉末供給装置43内の、粉末材料をスプレーガン42に所定の吐出量となるように供給する。加熱された圧縮ガスは先細末広形状をなすガスノズル44により超音速流（約340 m/s以上）にされる。

[0033] このようなコールドスプレー装置40において、基材50として、基板10の金属層3側をスプレーガン42に向けて配置した後、混合粉末を粉末供給装置43に供給し、ガス加熱器41及び粉末供給装置43への作動ガスの供給を開始する。それにより、スプレーガン42に供給された粉末材料が、この作動ガスの超音速流の中に投入されて加速され、スプレーガン42から噴射される。この粉末材料が、固相状態のまま基材50（金属層3）に高速で衝突して堆積することにより、皮膜51が形成される。そして、この皮膜51を所望の厚さとなるまで堆積させることで、ヒートシンク20が形成される。

[0034] アルミニウムまたはアルミニウム合金のみからなる粉末をコールドスプレー法により基材50に吹き付けて皮膜51を形成する場合、基材50と皮膜51との密着性が低くなる場合がある。特に、銅もしくは銅合金、またはA5052、A6061等のアルミニウム合金からなる基材50に、アルミニウムまたはアルミニウム合金から主としてなる皮膜51を形成する場合は、基材50と皮膜51との界面の密着強度も十分なレベルではなかった。

[0035] 本実施の形態では、皮膜51を形成するアルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末にヒートシンク用セラミックス粉末を混合することにより、ヒートシンク用セラミックス粉末が基材50の表面に吹き付けられる際、基材5

0の表面がブラストされて基材50の新生面が露出されるため、基材50の材料とアルミニウムまたはアルミニウム合金との金属結合の形成が容易となり、基材50、特に、銅もしくは銅合金、またはA5052、A6061等のアルミニウム合金からなる基材50と皮膜51との界面の密着強度を向上することができる。

[0036] また、本実施の形態では、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末にヒートシンク用セラミックス粉末を混合することにより、ヒートシンク用セラミックス粉末が基材50上に堆積したアルミニウムまたはアルミニウム合金をピーニングするため、気孔の少ない緻密な皮膜51を得ることができる。

[0037] 本実施の形態において、作動ガスのガス圧力は、1MPa～5MPa程度とする。作動ガスの圧力を1MPa～5MPa程度とすることにより、作動ガスとして安価な窒素を使用した場合においても基材50と皮膜51との間の密着強度の向上を図ることができる。作動ガスのガス圧力は、2MPa～5MPa程度とすることが好ましい。アルミニウムまたはアルミニウム合金粉末と、ヒートシンク用セラミックス粉末の混合粉末を基材50に固相状態で衝突させて皮膜51を形成できる装置であれば、図2のコールドスプレー装置40に限定されるものではない。

[0038] 本実施の形態で使用するアルミニウムまたはアルミニウム合金粉末は、平均粒径が20 $\mu$ m～150 $\mu$ mであるものを好適に使用することができる。平均粒径が20 $\mu$ m～150 $\mu$ mの場合、流動性がよく、入手も容易となる。アルミニウムまたはアルミニウム合金粉末は、例えばガスアトマイズ法により製造される。

[0039] また、基材50の表面に、アルミニウムまたはアルミニウム合金粉末とともに吹き付けられるセラミックス粉末の平均粒径(D50)は、30～150 $\mu$ mであることが好ましい。セラミックス粉末の平均粒径(D50)が30 $\mu$ mより小さい場合、アルミニウムまたはアルミニウム合金粉末のピーニング効果が小さくなる。一方、ヒートシンク用セラミックスの平均粒径(D

50) が150  $\mu\text{m}$ より大きい場合、基材50や堆積した皮膜51にエロージョンを生じるおそれがある。セラミックス粉末の平均粒径(D50)は、100~150  $\mu\text{m}$ であることが特に好ましい。

[0040] 本発明の実施の形態によれば、アルミニウムまたはアルミニウム合金粉末と、ヒートシンク用セラミックス粉末との混合粉末を、コールドスプレー法により基材50(金属層3)の表面に吹き付けることにより、基材50との密着性に優れ、所望の熱膨張率および熱伝導率を備えた皮膜51(ヒートシンク20)を作製することができる。なお、上記の実施の形態では、ヒートシンク20は平板状であるが、皮膜51を形成する際、マスク等を使用することにより、上述したコールドスプレー法により冷却フィンを有するヒートシンクも作製することができる。

[0041] 以上、パワーモジュールを例として本発明の実施の形態について説明したが、基板を有しない放熱部材用積層体とすることもできる。たとえば、銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材上に、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が7 ppm/K以下であって熱伝導率が30 W/m·K以上であるセラミックスの粉末とを混合した混合粉末を、アルミニウムまたはアルミニウム合金の融点より低い温度に加熱された不活性ガスとともに加速し、前記基材の表面に固相状態のままで吹き付け、堆積させて皮膜を形成することにより、基材との密着性に優れ、所望の熱膨張率および熱伝導率を備えた放熱部材用積層体を得ることもできる。

## 実施例

[0042] (実施例1~4)

C1020-Hからなる基材50に、コールドスプレー装置40により、作動ガス：窒素、作動ガス温度：150℃、作動ガス圧力：5 MPa、ワーキングディスタンス(WD)：25 mm、トラバース速度：400 mm/sで、アルミニウム粉末(D50=30  $\mu\text{m}$ 、純度99.5%)と炭化ケイ素(SiC)粉末(熱膨張率：6.6 ppm/K、熱伝導率：100 W/m·

K以上、 $D50 = 57 \mu\text{m}$ )との配合割合を変更して、皮膜51(厚さ0.5mm)を形成し、積層体52を作製した。作製した積層体52について、皮膜51内の炭化ケイ素含有量および気孔率、皮膜51の熱膨張率および熱伝導率を測定した。皮膜51の気孔率は、皮膜51の断面のSEM画像について、気孔を黒、アルミニウムおよび炭化ケイ素等の皮膜部分を白とする二値化する画像処理を行い、皮膜51に対する気孔の割合により算出した。熱伝導率は非定常法(熱拡散率:レーザーフラッシュ法、比熱: DSC、密度:アルキメデス法)、熱膨張率は、TMA(熱機械分析)により測定した。

[0043] また、図3に示す密着強度試験装置60により基材50と皮膜51との界面の密着強度を測定した。この方法では、基材50上に形成した皮膜51に接着剤63を介してスタッドピン62( $\Phi 4.1\text{mm}$ )を接着し、接着剤63を介して皮膜51に接着したスタッドピン62の上方から、孔部61aを有する支持台61( $\Phi 7.5 \sim 9.5\text{mm}$ )を挿通した後、スタッドピン62を上方に引っ張ることにより、基材50と皮膜51との間の密着強度を評価する。評価は、基材50と皮膜51とが剥離した時点での引張応力と剥離状態により行なった。実施例2~4では、接着剤層で破断したため正確な密着強度を測定することはできなかった。結果を表1に示す。

[0044] (比較例1)

比較例1として、実施例1と同様の基材50に、アルミニウム粉末( $D50 = 30 \mu\text{m}$ 、純度99.5%)100体積%の粉末を、実施例1と同様の条件で吹き付けて皮膜51を形成し、積層体52を作製した。作製した比較例1にかかる積層体52について、皮膜51内の炭化ケイ素含有量および気孔率、皮膜51の熱膨張率および熱伝導率、ならびに基材50と皮膜51との界面の密着強度を測定した。結果を表1に示す。

[0045] (比較例2)

実施例1~4と同様の条件にて、アルミニウム粉末( $D50 = 30 \mu\text{m}$ 、純度99.5%)に混合するヒートシンク用セラミックス粉末を、ジルコン( $ZrSiO_4$ 、熱膨張率:  $3.9\text{ppm/K}$ 、熱伝導率:  $1.8\text{W/m}\cdot\text{K}$ )

、 $D_{50} = 106 \mu\text{m}$ ) に変更して積層体 52 を作製した。作製した比較例 2 にかかる積層体 52 について、皮膜 51 内のジルコン有量および気孔率、皮膜 51 の熱膨張率および熱伝導率、ならびに基材 50 と皮膜 51 との界面の密着強度を測定した。なお、上記のジルコンの熱伝導率および熱膨張率は、使用したジルコンの焼結体について測定したものではなく参考値を示している。結果を表 1 に示す。

[0046]

[表1]

	主原料	添加材		気孔率 [体積%]	熱膨張率 [ppm/K]	熱伝導率 [W/m·K]	密着強度 [MPa]
		材質	含有量[体積%]				
実施例1	Al	SiC	15	0.8	20.9	180	60
実施例2		SiC	24	2.4	19.4	156	-
実施例3		SiC	28	1.4	18.3	155	-
実施例4		SiC	38	1.1	14.9	139	-
比較例1		なし		6.4	23.6	142	10
比較例2		ZrSiO4	1.7	0.1	23.4	201	66

(表1)

符号の説明

[0047] 1 セラミックス基材

- 2 回路層
- 3 金属層
- 10 基板
- 20 ヒートシンク
- 30 半導体チップ
- 31 半田
- 40 コールドスプレー装置
- 41 ガス加熱器
- 42 スプレーガン
- 43 粉末供給装置
- 44 ガスノズル
- 45、46 バルブ
- 50 基材
- 51 皮膜
- 52 積層体
- 60 密着強度試験装置
- 61 支持台
- 61 a 孔部
- 62 スタッドピン
- 63 接着剤
- 100 パワーモジュール



## 請求の範囲

- [請求項1] 銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材と、
- アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを含む皮膜と、
- を備え、前記皮膜中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が $30\sim 95$ 体積%、前記セラミックスの割合が $5\sim 70$ 体積%であって、前記皮膜の熱膨張率は $21\text{ ppm/K}$ 以下、熱伝導率は $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴とする放熱部材用積層体。
- [請求項2] 前記皮膜の気孔率は、 $3.0$ 体積%以下であることを特徴とする請求項1に記載の放熱部材用積層体。
- [請求項3] セラミックス基材の片面に銅もしくは銅合金、またはアルミニウムもしくはアルミニウム合金からなる回路層が設けられるとともに、他面に銅もしくは銅合金、またはアルミニウムもしくはアルミニウム合金からなる金属層が設けられた基板と、
- アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを含むヒートシンクと、
- を備え、前記ヒートシンク中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が $30\sim 95$ 体積%、前記セラミックスの割合が $5\sim 70$ 体積%であって、前記ヒートシンクの熱膨張率は $21\text{ ppm/K}$ 以下、熱伝導率は $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上あることを特徴とするヒートシンク付き基板。
- [請求項4] 前記皮膜の気孔率は、 $3.0$ 体積%以下であることを特徴とする請求項3に記載のヒートシンク付き基板。
- [請求項5] 銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材に、アルミニウムまたはアルミニウム合金

の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを混合した混合粉末を、アルミニウムまたはアルミニウム合金の融点より低い温度に加熱された不活性ガスとともに加速し、前記基材の表面に固相状態のまま吹き付けて堆積させて皮膜を形成する工程を含み、

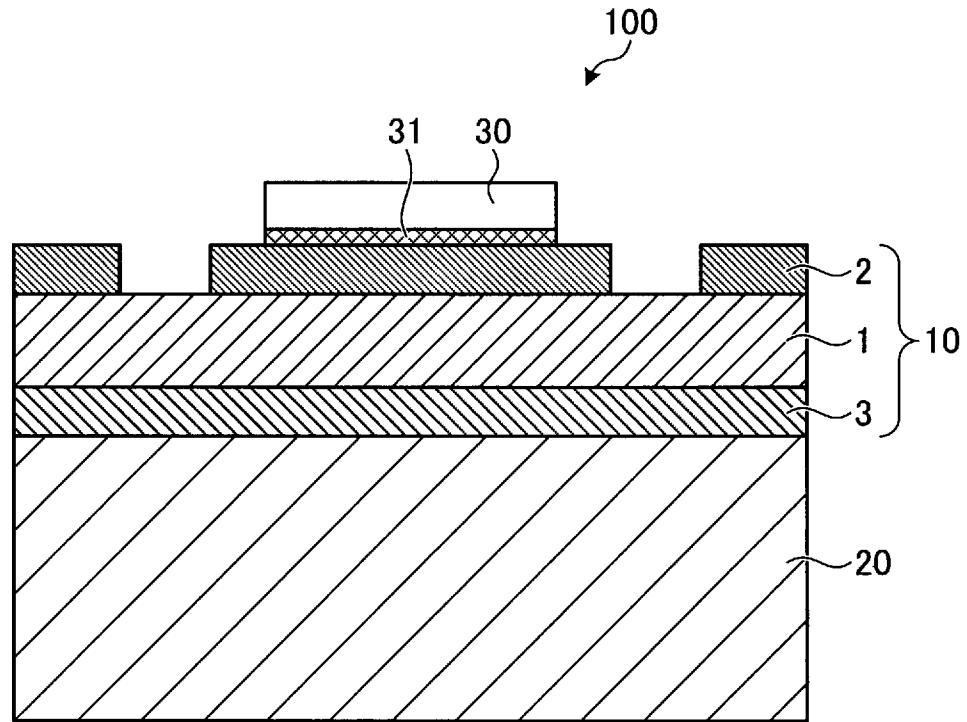
前記皮膜中の前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の割合が $30\sim 95$ 体積%、前記セラミックスの割合が $5\sim 50$ 体積%であることを特徴とする放熱部材用積層体の製造方法。

[請求項6]

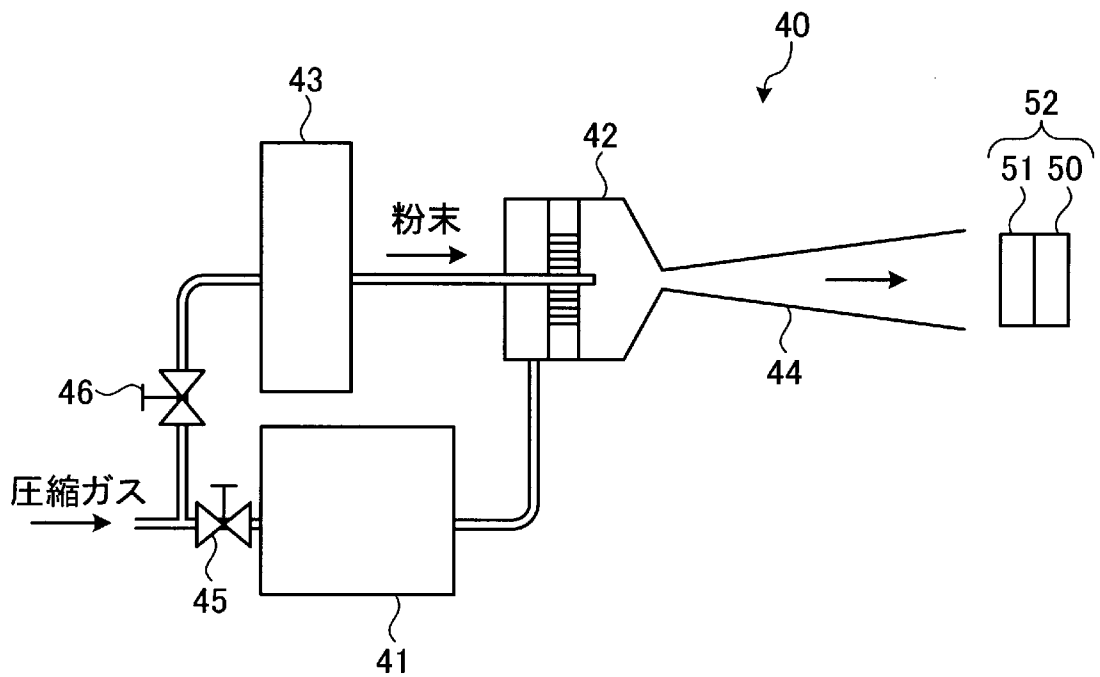
銅、アルミニウム、鉄、チタンまたはこれらの金属の少なくとも1種を含む合金からなる基材に、アルミニウムまたはアルミニウム合金の粉末と、熱膨張率が $7\text{ ppm/K}$ 以下であって熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であるセラミックスの粉末とを混合した混合粉末を、アルミニウムまたはアルミニウム合金の融点より低い温度に加熱された不活性ガスとともに加速し、前記基材の表面に固相状態のまま吹き付けて堆積させて皮膜を形成する工程を含み、

前記皮膜の熱膨張率は $21\text{ ppm/K}$ 以下、熱伝導率は $140\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴とする放熱部材用積層体の製造方法。

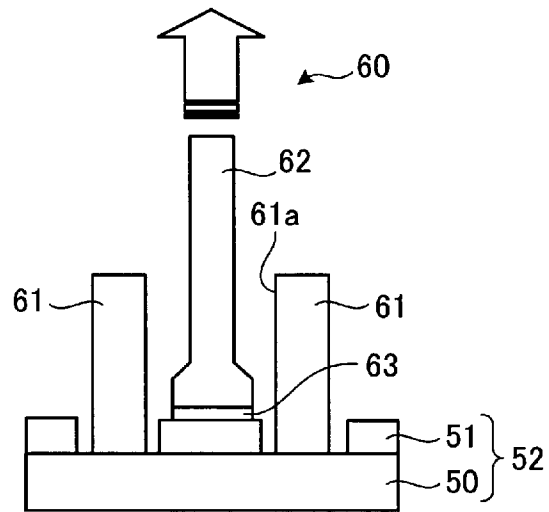
[図1]



[図2]



[図3]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/078396

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> C23C24/04(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F7/08(2006.01)i, B32B15/01 (2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L23/373 (2006.01)i, H05K7/20(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23C24/04, B22F1/00, B22F7/08, B32B15/01, H01L23/12, H01L23/36, H01L23/373, H05K7/20 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y <u>A</u>	JP 11-106848 A (Mitsubishi Aluminum Co., Ltd.), 20 April 1999 (20.04.1999), claims; paragraphs [0016] to [0026] (Family: none)	1-4 <u>5, 6</u>
Y <u>A</u>	JP 2004-055577 A (Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 19 February 2004 (19.02.2004), claims; paragraphs [0029] to [0039] (Family: none)	1-4 <u>5, 6</u>
Y <u>A</u>	JP 2014-082370 A (Mitsubishi Materials Corp.), 08 May 2014 (08.05.2014), paragraphs [0013] to [0015] (Family: none)	1-4 <u>5, 6</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 09 December 2015 (09.12.15)		Date of mailing of the international search report 22 December 2015 (22.12.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/078396

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4645464 B2 (Toyota Motor Corp.), 09 March 2011 (09.03.2011), entire text (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. C23C24/04(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F7/08(2006.01)i, B32B15/01(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L23/373(2006.01)i, H05K7/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. C23C24/04, B22F1/00, B22F7/08, B32B15/01, H01L23/12, H01L23/36, H01L23/373, H05K7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2015年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 11-106848 A（三菱アルミニウム株式会社）1999.04.20, 特許請求の範囲, 【0016】 - 【0026】（ファミリーなし）	1 - 4 5, 6
Y A	JP 2004-055577 A（電気化学工業株式会社）2004.02.19, 特許請求の範囲, 【0029】 - 【0039】（ファミリーなし）	1 - 4 5, 6
Y A	JP 2014-082370 A（三菱マテリアル株式会社）2014.05.08, 【0013】 - 【0015】（ファミリーなし）	1 - 4 5, 6

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 09.12.2015	国際調査報告の発送日 22.12.2015
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 國方 康伸 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	4E	9442
--	---	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 4645464 B2 (トヨタ自動車株式会社) 2011. 03. 09, 全文 (ファミリーなし)	1 - 6