(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
2019年8月22日(22.08.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/159257 A1

(51) 国際特許分類:
C04B 37/00 (2006.01) *H01L 23/373* (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/005089

(22) 国際出願日： 2018年2月14日(14.02.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (**MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 湯本 遼平 (**YUMOTO Ryouhei**); 〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目２９７番地 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 大開 智哉(**OOHIRAKI Tomoya**); 〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目２９７番地 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 大井 宗太郎 (**OOI Soutarou**); 〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目２９７番地 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP).

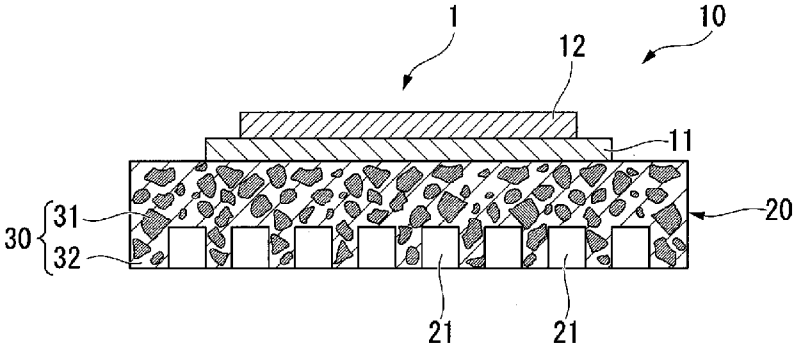
(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(**MATSUNUMA Yasushi et al.**); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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.

(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,

(54) **Title:** METHOD FOR MANUFACTURING CERAMIC/AL-SiC COMPOSITE MATERIAL JOINED BODY, AND METHOD FOR MANUFACTURING HEAT SINK-EQUIPPED SUBSTRATE FOR POWER MODULE

(54) 発明の名称: セラミックス／ＡＩ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法、及びヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法



(57) **Abstract:** This method for manufacturing a ceramic/Al-SiC composite material joined body includes: a step for forming a magnesium layer having a thickness of 0.1-10 μm on at least one surface among a ceramic member and an Al-SiC composite material, wherein the Al-SiC composite material has an aluminum material made of an Al-Si alloy having a silicon content of 0.1 atomic% or more; a step for laminating the ceramic member and the Al—SiC composite material with the magnesium layer therebetween and obtaining a laminate; and a step for joining the ceramic member and the Al—SiC composite material by heating the laminate to a temperature range of 550-575°C.

WO 2019/159257 A1

［続葉有］

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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明のセラミックス／ＡＩ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法は、ＡＩ－ＳｉＣ複合材料が、ケイ素含有量が０．１原子％以上であるＡＩ－Ｓｉ合金からなるアルミニウム材を有し、セラミックス部材および前記ＡＩ－ＳｉＣ複合材料のうちの少なくとも一方の表面に、厚さが０．１μｍ以上１０μｍ以下のマグネシウム層を形成する工程と、前記セラミックス部材と前記ＡＩ－ＳｉＣ複合材料とを、前記マグネシウム層を介して積層して、積層体を得る工程と、前記積層体を５５０℃以上５７５℃以下の温度範囲で加熱することによって、前記セラミックス部材と前記ＡＩ－ＳｉＣ複合材料とを接合する工程と、を備えている。

明　細　書

発明の名称 ：

セラミックス／ＡＩ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法、及びヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、セラミックス部材とＡＩ－ＳｉＣ複合材料とが接合されてなるセラミックス／ＡＩ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法、及びパワーモジュール用基板のセラミックス基板とＡＩ－ＳｉＣ複合材料で構成されているヒートシンクとが接合されてなるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 風力発電、電気自動車、ハイブリッド自動車等を制御するために用いられる大電力制御用のパワー半導体素子においては、発熱量が多いことから、これを搭載する基板としては、例えばＡＩＮ（窒化アルミ）、Al_2O_3（アルミナ）などからなるセラミックス基板と、このセラミックス基板の一方の面に導電性の優れた金属板を接合して形成した回路層と、を備えたパワーモジュール用基板が、従来から広く用いられている。また、回路層に搭載した半導体素子等から発生した熱を効率的に放散させるために、セラミックス基板の他方の面にヒートシンクを接合したヒートシンク付パワーモジュール用基板が提供されている。

[0003] ヒートシンクの材料としては、ＳｉＣからなる多孔質体と、この多孔質体に含浸されたアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム材とを有するＡＩ－ＳｉＣ複合材料（アルミニウム基複合材料ともいう）が知られている。

[0004] 例えば、特許文献１には、天板部がＡＩ－ＳｉＣ複合材料で構成されているヒートシンクを、セラミックス基板に接合したヒートシンク付パワーモジュール用基板が開示されている。この特許文献１には、セラミックス基板と

Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する方法として、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材を純度９９．９８％以上のアルミニウム（純アルミニウム）とし、Ａｌ－Ｓｉ系のろう材を用いて、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する方法が記載されている。また、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する別の方法として、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材を融点が６００℃以下のアルミニウム合金（Ａｌ－Ｓｉ合金）とし、そのＡｌ－ＳｉＣ複合材料のセラミックス基板側部分にＡｌ－Ｓｉ合金からなるスキン層を形成して、そのスキン層の一部を溶融させる方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１０－９８０５８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、特許文献１に記載されているように、アルミニウム材が純度９９．９８％以上のアルミニウムであるＡｌ－ＳｉＣ複合材料とセラミックス基板とをＡｌ－Ｓｉ系のろう材を用い接合する場合には、接合温度を６００℃よりも高い温度とする必要があった。

一方、融点が６００℃以下のＡｌ－Ｓｉ合金からなるスキン層が形成されたＡｌ－ＳｉＣ複合材料とセラミックス基板とを、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のスキン層の一部を溶融させて接合する場合は、接合温度を６００℃以下にすることは可能である。しかしながら、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のスキン層の一部のみを溶融させることは難しく、スキン層を溶融させると、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム合金も溶融し、その一部が溶出して、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中に空隙（ボイド）が生成するおそれがあった。Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中に空隙が生成すると、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料の熱伝導性が低下する要因となる。

[0007] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを、比較的低温での加熱によって、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材を溶出させずに、かつ高強度で接合することができるセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法、及び、ヒートシンク付パワーモジュール用基板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] このような課題を解決して前記目的を達成するために、本発明の一態様であるセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法は、セラミックス部材と、ＳｉＣからなる多孔質体及びこの多孔質体に含浸されたケイ素含有量が０．１原子％以上であるＡｌ－Ｓｉ合金からなるアルミニウム材を有するＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合するセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法であって、前記セラミックス部材および前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のうちの少なくとも一方の表面に、厚さが０．１μｍ以上１０μｍ以下のマグネシウム層を形成する工程と、前記セラミックス部材と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを、前記マグネシウム層を介して積層して、積層体を得る工程と、前記積層体を５５０℃以上５７５℃以下の温度範囲で加熱することによって、前記セラミックス部材と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する工程と、を備えていることを特徴としている。

[0009] この構成のセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法によれば、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材が、ケイ素含有量が０．１原子％以上であるＡｌ－Ｓｉ合金で構成されていて、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料との間に配置されたマグネシウム層がＡｌ－Ｓｉ合金と接触しているので、５５０℃以上５７５℃以下と比較的低温での加熱によって、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料を接合することができる。

即ち、マグネシウム層のマグネシウムがセラミックス部材やＡｌ－ＳｉＣ複合材料の表面の酸化被膜を除去するとともに、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材へ拡散して、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料との間

に、アルミニウムと、マグネシウムと、ケイ素と、拡散してきたマグネシウムとケイ素との反応によって形成されたＭｇ$_2$ＳｉとによＡｌ－ＳｉＣ複合材料とが、アルミニウムとマグネシウムとケイ素を含む接合部を介して接合される。また、これらの酸化被膜とマグネシウムの反応によってマグネシウム酸化物が生じる。

そして、この液相が凝固した部分（接合部）によって、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを高強度で接合することができる。

[0010] また、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを、固液共存領域を形成させて接合しているので、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材を溶出させずに、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合することができる。さらにＡｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材が溶出しないので、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材が流出することによる空隙（ボイド）の発生や、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のひび割れを抑制することができる。

[0011] ここで、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材のケイ素含有量が０．１原子％未満だと、固液共存領域の液相量が少なくなり、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料との接合性が低下するおそれがある。

また、マグネシウム層の厚さが０．１μｍ未満の場合、加熱時に生成するＭｇ$_2$Ｓｉの量が少なくなりセラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料との接合性が低下する。一方、マグネシウム層の厚さが１０μｍを超えた場合、固液共存領域中の液相が多くなり、接合性が低下する。

さらに、加熱温度が５５０℃未満の場合、固液共存領域中の液相量が少なくなるため、接合性が低下する。５７５℃を超えた場合、ヒートシンク母材の溶融が生じる。

[0012] ここで、本発明の一態様であるセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法においては、前記積層体において、前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料の前記セラミックス部材との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在している前記Ａｌ－Ｓｉ合金中のケイ素の量と、前記マグネシウム層に存

在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）が、原子比で０．０１以上９９．０以下の範囲内にあることが好ましい。

[0013] この場合、加熱によって生成する固液共存領域中にMg_2Siが生成し易くなるので、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを確実に接合することが可能となる。

[0014] 本発明の一態様であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板とこのセラミックス基板の一方の面に接合された回路層とを有するパワーモジュール用基板の前記セラミックス基板と、ＳｉＣからなる多孔質体及びこの多孔質体に含浸されたケイ素含有量が０．１原子％以上であるＡｌ－Ｓｉ合金からなるアルミニウム材を有するＡｌ－ＳｉＣ複合材料で構成されているヒートシンクと、を接合するヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、前記セラミックス基板および前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のうちの少なくとも一方の表面に、厚さが０．１μｍ以上１０μｍ以下のマグネシウム層を形成する工程と、前記セラミックス基板と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを、前記マグネシウム層を介して積層して、積層体を得る工程と、得られた前記積層体を５５０℃以上５７５℃以下の温度範囲で加熱することによって、前記セラミックス基板と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する工程と、を備えていることを特徴としている。

[0015] この構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によれば、上述のセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法の場合と同様に、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを、５５０℃以上５７５℃以下と比較的低温での加熱によって、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材を溶出させずに、かつ高強度で接合することができる。

[0016] ここで、本発明の一態様であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法においては、前記積層体において、前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料の前記セラミックス基板との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在している前記Ａｌ－Ｓｉ合金中のケイ素の量と、前記マグネシウム層に存在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）が、原子比で０．０１以上９

９．０以下の範囲内にあることが好ましい。

[0017] この場合、上述のセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法の場合と同様に、固液共存領域中にMg_2Siが生成し易くなるので、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを確実に接合することが可能となる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを、比較的低温での加熱によって、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材を溶出させずに、かつ高強度で接合することができるセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法、及び、ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によって得られるヒートシンク付パワーモジュール用基板の断面図である。

[図2A]本発明の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によって得られるヒートシンク付パワーモジュール用基板のセラミックス基板と金属層とが接合されている部分の拡大断面図である。

[図2B]本発明の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によって得られるヒートシンク付パワーモジュール用基板のセラミックス基板と金属層とが接合されている部分の拡大断面図である。

[図3]本発明の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示すフロー図である。

[図4]本発明の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図5A]実施例における母材溶融が発生したＡｌ－ＳｉＣ複合材料を説明する写真である。

[図5B]実施例における母材溶融が発生したＡｌ－ＳｉＣ複合材料を説明する写真である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照して、本発明のセラミックス／ＡｌーＳｉＣ複合材料接合体の製造方法およびヒートシンク付きパワーモジュール用基板の製造方法について説明する。なお、以下に示す各実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。また、以下の説明で用いる図面は、本発明の特徴をわかりやすくするために、便宜上、要部となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。

[0021] まず、本発明の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によって得られるヒートシンク付パワーモジュール用基板の構成を、図１と図２Ａおよび図２Ｂを参照して説明する。

[0022] 図１において、ヒートシンク付パワーモジュール用基板１は、パワーモジュール用基板１０とヒートシンク２０とを備える。

パワーモジュール用基板１０は、セラミックス基板１１と、このセラミックス基板１１の一方の面（図１において上面）に接合された回路層１２を備えている。

セラミックス基板１１は、回路層１２とヒートシンク２０との間の電気的接続を防止するものであって、絶縁性および放熱性に優れたSi_3N_4（窒化ケイ素）、ＡｌＮ（窒化アルミニウム）、Al_2O_3（アルミナ）等のセラミックスで構成されている。本実施形態では、ＡｌＮで構成されている。セラミックス基板１１の厚さは、０．２～１．５ｍｍの範囲内に設定されており、本実施形態では、０．６３５ｍｍに設定されている。

[0023] 回路層１２は、セラミックス基板１１の一方の面にアルミニウムまたはアルミニウム合金からなるアルミニウム部材が接合されることで形成されている。アルミニウム部材としては、純度が９９ｍａｓｓ％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）や純度が９９．９９ｍａｓｓ％以上のアルミニウム（４Ｎアルミニウム）を用いることができる。本実施形態では、４Ｎアルミニ

ウムの圧延板を用いている。回路層１２の厚さは、０．１ｍｍ以上１．０ｍｍ以下の範囲内に設定されており、本実施形態では０．４ｍｍに設定されている。回路層１２とセラミックス基板１１とは、例えば、Ａｌ－Ｓｉ系ろう材によって接合されている。

[0024] ヒートシンク２０は、パワーモジュール用基板１０側の熱を放散するためのものである。このヒートシンク２０には、冷却用の流体が流れるための流路２１が設けられている。

[0025] ヒートシンク２０は、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料（いわゆるＡｌＳｉＣ）３０で構成されている。Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０は、ＳｉＣからなる多孔質体３１と、この多孔質体３１に含浸されたアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム材３２とを有する。アルミニウム材３２としては、純度が９９ｍａｓｓ％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）や純度が９９．９９ｍａｓｓ％以上のアルミニウム（４Ｎアルミニウム）等の純アルミニウムや、Ａｌ：８０ｍａｓｓ％以上９９．９９ｍａｓｓ％以下、Ｓｉ：０．０１ｍａｓｓ％以上１３．５ｍａｓｓ％以下、Ｍｇ：０．０３ｍａｓｓ％以上５．０ｍａｓｓ％以下、残部：不純物の組成を有するアルミニウム合金を用いることができる。また、ＡＤＣ１２やＡ３５６等のアルミニウム合金を用いることもできる。

Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０はスキン層３３を有していてもよい。このスキン層３３は、多孔質体３１となるＳｉＣにアルミニウム材３２を溶融して含浸させてＡｌ－ＳｉＣ複合材料を製造する際に、このアルミニウム材３２の一部が表面に滲み出すことによって形成される層である。従って、スキン層３３は、アルミニウム材３２と同じ組成となる。スキン層３３の厚さは、滲み出したアルミニウム材を切削加工することによって調整される。

ヒートシンク２０の厚さは０．５ｍｍ～５．０ｍｍとすることができる。なお、ヒートシンク２０の厚さはスキン層が形成されている場合はそのスキン層の厚さを含んだ厚さである。また、スキン層の片面当たりの厚さは、ヒートシンク２０の厚さの０．０１倍～０．１倍とするとよい。

なお、本実施形態のヒートシンク付パワーモジュール用基板１において、ヒートシンク２０の面積は、セラミックス基板１１の面積と同じか、又は、大きくなるように設定されている。

[0026] ここで、セラミックス基板１１とヒートシンク２０との接合部分の構造について、図２Ａおよび図２Ｂを用いて説明する。

[0027] 図２Ａおよび図２Ｂにおいて、セラミックス基板１１とヒートシンク２０であるＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とは、接合部４０を介して接合されている。図２Ａは、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０がスキン層３３を有する場合であり、接合部４０は、スキン層３３内に形成されている。図２Ｂは、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０がスキン層３３を有しない場合であり、接合部４０は、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のアルミニウム材３２内に形成されている。

[0028] 接合部４０は、アルミニウムとマグネシウムとケイ素を含む。接合部４０は、後述するヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法において、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを、マグネシウム層を介して積層した積層体を加熱することによって生成した、アルミニウムとマグネシウムとケイ素を含む固液共存領域が凝固して形成された層である。

[0029] 接合部４０には、マグネシウム酸化物４１が析出している。マグネシウム酸化物４１は、セラミックス基板１１と接合部４０との接合界面近傍に析出している。マグネシウム酸化物４１は、通常、酸化マグネシウム（ＭｇＯ）、スピネル（$MgAl_2O_4$）およびこれらの複合物である。マグネシウム酸化物４１は、後述するヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法において、セラミックス基板１１の表面と、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０の表面とにそれぞれ存在していた酸化被膜と、マグネシウム層中のマグネシウムが反応することによって生成した生成物である。接合部４０にはさらに、Mg_2Siが析出している場合もある。

[0030] 次に、本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板１の製造方法について、図３と図４を参照して説明する。本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板１の製造方法は、図３に示すように、回路層

接合工程Ｓ０１とヒートシンク接合工程Ｓ０２とを有する。

[0031] まず、図４に示すように、セラミックス基板１１の一方の面に、回路層１２となるアルミニウム部材５１を、ろう材５２を介して積層する。次いで、積層方向に加圧しながら加熱することによって、セラミックス基板１１に回路層１２を接合する。

以上の回路層接合工程Ｓ０１により、本実施形態におけるパワーモジュール用基板１０が製造される。

[0032]（ヒートシンク接合工程Ｓ０２）

次に、パワーモジュール用基板１０のセラミックス基板１１と、ヒートシンク２０となるＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを接合して、ヒートシンク付パワーモジュール用基板１を製造する。このヒートシンク接合工程Ｓ０２は、図３に示すように、マグネシウム層形成工程Ｓ２１と積層工程Ｓ２２と接合工程Ｓ２３とを有する。

[0033] マグネシウム層形成工程Ｓ２１において、図４に示すように、セラミックス基板１１およびＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０のうちの少なくとも一方の表面にマグネシウム層５３を形成する。本実施形態では、マグネシウム層５３はＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０の表面に形成されている。

[0034] マグネシウム層５３は、マグネシウム濃度が８０原子％以上であることが好ましく、９０原子％以上であることが特に好ましい。マグネシウム層５３のマグネシウム濃度が８０原子％以上であると、後述の接合工程Ｓ２３において、固液共存領域が生成し易くなり、また固液共存領域中にMg_2Siが生成し易くなる。

[0035] マグネシウム層５３の厚さは、０．１μｍ以上１０μｍ以下（セラミックス基板１１およびＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０の両方に形成される場合は、合計の厚さ）の範囲とされている。マグネシウム層５３の厚さが薄くなりすぎると、後述の接合工程Ｓ２３において、生成するMg_2Siの量が少なくなり、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０との接合強度が低下する。一方、マグネシウム層５３の厚さが厚くなりすぎると、後述の接合工程

Ｓ２３において、固液共存領域中に液相が過剰に生成して、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０との接合性が低下するおそれがある。

[0036] マグネシウム層５３の形成方法としては、スパッタ法、蒸着法、マグネシウム粉末のペーストを塗布して乾燥する方法を用いることができる。

[0037] 次に、積層工程Ｓ２２では、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを、マグネシウム層５３を介して積層して、積層体を得る。

[0038] 得られた積層体は、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のセラミックス基板１１との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在しているＡｌ－Ｓｉ合金中のケイ素の量と、マグネシウム層５３に存在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）が、原子比で０．０１以上９９．０以下の範囲内とされている。ＳｉとＭｇとの存在量比が上記の範囲内にあると、後述の接合工程Ｓ２３において、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを接合するのに必要なMg_2Siが生成しやすくなり、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを確実に接合することができる。Ｓｉ／Ｍｇは、１．１以上６．７以下の範囲内にあることが好ましい。

ここで、マグネシウム層５３に存在しているマグネシウム量は、マグネシウム層５３の純度と厚さと密度から求めることができる。Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在しているケイ素量は、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のケイ素含有量から求めることができる。なお、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０がスキン層を有している場合、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のケイ素含有量は、スキン層３３中のケイ素量を含む。

[0039] 次に、接合工程Ｓ２３では、得られた接合体を積層方向に加圧しながら、５５０℃以上５７５℃以下の温度範囲にて加熱する。この加熱によって、マグネシウム層５３のマグネシウムがセラミックス基板１１やＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０の表面に存在する酸化被膜を除去するとともに、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のアルミニウム材３２に拡散して、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０との間に、アルミニウムと、マグネシウムと、ケイ素と、拡散してきたマグネシウムとケイ素との反応によって形成されたMg_2S

ｉとによって、固液共存領域が生成される。そして、固液共存領域が凝固することによって、図２Ａおよび図２Ｂに示すようにセラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とが、アルミニウムとマグネシウムとケイ素を含む接合部４０を介して接合される。

なお、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０がスキン層３３を有する場合、接合部４０は、スキン層３３内のセラミックス基板１１側に形成される。スキン層３３を有しない場合、接合部４０は、アルミニウム材３２内のセラミックス基板１１側に形成される。

また、マグネシウム酸化物４１はこれらの酸化被膜とマグネシウムの反応によって生じる。また、接合温度が高い場合や保持時間が長い場合では、接合部４０にMg_2Siがほとんど観察されない場合もある。なお、固液共存領域の凝固は、冷却による凝固であってもよいし、マグネシウムの拡散等によって固液共存領域中の液相の融点が上昇して、加熱温度を保ったまま凝固する、いわゆる等温凝固によるものであってもよい。

[0040] 本実施形態では、上記の接合体の接合条件として、積層方向の荷重を０．１ＭＰａ以上３．５ＭＰａ以下（１ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以上３５ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以下）の範囲内、接合温度を５５０℃以上５７５℃以下の範囲内、保持時間を１５分以上１８０分以下の範囲内とされている。接合温度が低くなりすぎると固液共存領域が生成しないおそがある。一方、接合温度が高くなりすぎると、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０の母材の溶融が生じるおそれがある。なお、接合温度は、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のアルミニウム材３２の流出を抑えるために、アルミニウム材３２の融点よりも低い温度であることが好ましい。

また、付与する荷重が低くなりすぎると、固液共存領域がＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０に接触しにくくなり、接合不良となるおそれがある。付与する荷重が高くなりすぎると、回路層１２、セラミックス基板１１又はＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０に亀裂や破損が生じるおそれがある。

[0041] 以上のような構成とされた本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュ

ール用基板１の製造方法によれば、ヒートシンク接合工程Ｓ０２において、パワーモジュール用基板１０のセラミックス基板１１とヒートシンク２０となるＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを、マグネシウム層５３のマグネシウムをＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０のＡｌ－Ｓｉ合金に拡散させて、固液共存領域を形成させて接合しているので、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０中のアルミニウム材３２を溶出させずに、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを高強度で接合することができる。また、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材が溶出しないので、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材が流出することによる空隙（ボイド）の発生や、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のひび割れを抑制することができる。

[0042] さらに、本実施形態では、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０のセラミックス基板１１との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在しているＡｌ－Ｓｉ合金中のケイ素の量と、マグネシウム層５３に存在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）が、原子比で０．０１以上９９．０以下の範囲内とされているので、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを接合するのに必要なMg_2Siが生成しやすくなり、セラミックス基板１１とＡｌ－ＳｉＣ複合材料３０とを確実に接合することができる。

[0043] 従って、本実施形態での製造方法によって得られたヒートシンク付パワーモジュール用基板１は、セラミックス基板１１とヒートシンク２０（Ａｌ－ＳｉＣ複合材料３０）との接合強度が高く、また、ヒートシンク中の空隙（ボイド）が少ないので、ヒートサイクル信頼性が優れたものとなる。

[0044] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、本実施形態では、ヒートシンク付パワーモジュール用基板を例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合したセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体であればよい。

[0045] また、本実施形態では、回路層１２を４Ｎアルミニウムの圧延板が接合されることで形成したが、これに限らず、銅又は銅合金板をセラミックス基板１１に接合することで、銅又は銅合金からなる回路層（厚さ０．３ｍｍ～３．０ｍｍ）を形成してもよい。この場合、銅又は銅合金板をセラミックス基板１１に接合する場合には、Ａｇ－Ｃｕ－ＴｉやＡｇ－Ｔｉろう材による、活性金属ろう付け法が好適に用いられる。

さらに、回路層が、アルミニウムと銅（若しくはそれらの合金）の積層体から構成されていてもよい。この場合、セラミックス基板上にアルミニウム層が形成され、アルミニウム層上に銅層が形成されている。

実施例

[0046] 本発明の有効性を確認するために行った確認実験について説明する。

[0047] ［本発明例１～１６、比較例１～５］

表１に示すように、回路層形成用金属板と、セラミックス基板（４０ｍｍ×４０ｍｍ、ＡｌＮ及びAl_2O_3の場合：厚さ０．６３５ｍｍ、ＳｉＮの場合：０．３２ｍｍ）と、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料（ＡｌＳｉＣ）の板材（５０ｍｍ×６０ｍｍ×厚さ５ｍｍ（スキン層が有る場合：スキン層は両面に形成され、片面の厚さは０．２ｍｍ））と、ろう材とを準備した。

なお、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材の融点は、ＡＤＣ１２が５７０℃、４Ｎアルミニウムが６６０℃、３Ｎアルミニウムが６５５℃、２Ｎアルミニウムが６５０℃である。

[0048] 回路層形成用金属板とセラミックス基板とを下記のようにして接合して、回路層が形成されたセラミックス基板を得た。

回路層形成用金属板が４Ｎ－Ａｌの場合、セラミックス基板の一方の面に、回路層形成用金属板（３７ｍｍ×３７ｍｍ×厚さ０．４ｍｍ）を、ろう材（Ａｌ－７．５ｍａｓｓ％Ｓｉ、厚さ：１２μｍ）を介して積層した。次いで、積層方向に加圧しながら加熱することによって、セラミックス基板に回路層形成用金属板を接合し、回路層が形成されたセラミックス基板を得た。なお、積層方向の荷重は０．６ＭＰａ、接合温度は６４５℃、保持時間は４

５分とした。

回路層形成用金属板がＣｕの場合、セラミックス基板の一方の面に無酸素銅からなる銅板（３７ｍｍ×３７ｍｍ×厚さ０．６ｍｍ）を、ろう材（Ａｇ－９．８ｍａｓｓ％Ｔｉ）を介して積層し、荷重０．６ＭＰａ、接合温度８３０℃、保持時間３０分の条件で接合し、回路層が形成されたセラミックス基板を得た。

[0049] 次に、表１に示すように、回路層が接合されたセラミックス基板およびＡｌ－ＳｉＣ複合材料の表面のうちの一方にマグネシウム層を、表１に示す厚さで形成した。マグネシウム層は、蒸着法（イオンプレーティング法）により形成した。

[0050] 形成したマグネシウム層の純度と、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のセラミックス部材との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在しているアルミニウム材（Ａｌ－Ｓｉ合金）中のケイ素の量と、マグネシウム層に存在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）を、下記の表１に示す。なお、Ｓｉ／Ｍｇは、以下の方法により測定した。

[0051] （Ｓｉ／Ｍｇの測定方法）

マグネシウム層のマグネシウム量は、マグネシウム層の純度と厚さを測定し、マグネシウム層の密度を１．７４ｇ／ｃｍ^{3}として求めた。マグネシウム層の純度はＥＰＭＡを用いて測定し、厚さは、断面ＳＥＭ観察により測定した。

Ａｌ－Ｓｉ合金中のケイ素量は、スキン層有りのＡｌ－ＳｉＣ複合材料の場合は、スキン層のケイ素濃度を測定することによって求めた。スキン層無しのＡｌ－ＳｉＣ複合材料の場合は、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料内のケイ素濃度を測定することによって求めた。ケイ素濃度はＥＰＭＡを用いて測定した。

そして、求められたマグネシウム量とケイ素量とからＳｉとＭｇとの比（Ｓｉ／Ｍｇ）を求めた。

[0052] 次に、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを、マグネシウム層を介して積層して、積層体を得た。次いで、積層方向に加圧しながら加熱する

ことによって、セラミックス基板にＡｌ－ＳｉＣ複合材料（ヒートシンク）を接合して、評価用試料（ヒートシンク付パワーモジュール用基板）を作製した。接合条件は、表１の通りとした。

[0053] ［従来例１～４］

本発明例１と同様に回路層を接合した後、回路層が形成されたセラミックス基板の他方の面に、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料を、表１に記載のＡｌ－Ｓｉ系ろう材箔を介して積層し、次いで、積層方向に加圧しながら加熱することによって、評価用試料（ヒートシンク付パワーモジュール用基板）を作製した。

[0054] （初期接合性）

得られた評価用試料を用いて、セラミックス基板とヒートシンクとの接合率を測定して、初期接合性を評価した。

具体的には、超音波探傷装置（インサイト社製ＩＮＳＩＧＨＴ－３００）を用いて評価し、以下の式から算出した。ここで、初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわちセラミックス基板の面積（４０ｍｍ×４０ｍｍ）とした。超音波探傷像を二値化処理した画像において剥離は接合部内の白色部で示されることから、この白色部の面積を剥離面積とした。評価結果を表１に示す。

（接合率）＝｛（初期接合面積）－（非接合部面積）｝／（初期接合面積）×１００

[0055] （冷熱サイクル後の接合性）

冷熱サイクル後の接合性は、冷熱衝撃試験機エスペック社製ＴＳＢ－５１を使用し、上述の評価用試料に対して、液相（フロリナート）で、－４０℃で１０分と１７５℃で１０分の２０００サイクルを実施し、上述した方法と同じ方法で接合率を測定して、評価した。評価結果を表１に示す。

[0056] （母材溶融の評価）

得られた評価用試料のＡｌ－ＳｉＣ複合材料表面を目視で観察し、母材溶融によるアルミニウムの流出や割れが確認された試料を「Ｂ」、確認されな

かった試料を「Ａ」と評価した。なお、図５Ａおよび図５Ｂは、母材溶融が発生したＡｌ－ＳｉＣ複合材料の一例の側面の写真である。図５Ａは、母材溶融によるアルミニウムの流出が生じたＡｌ－ＳｉＣ複合材料の側面写真である。図５Ｂは、母材溶融による割れが生じたＡｌ－ＳｉＣ複合材料の角部の側面写真である。図５Ａに示すように、母材溶融によるアルミニウムの流出が生じた場合、アルミニウムはＡｌ－ＳｉＣ複合材料表面に玉状になって存在する。

[0057]

[表1]

	ヒートシンク付パワーモジュール用基板の構成												評価		
	金属板(回路層)	セラミックス基板	Al-SiC複合材料(ヒートシンク)			セラミックス基板とヒートシンクの接合方法							初期接合性(%)	冷熱サイクル後の接合性(%)	母材溶融
			Al材	Si濃度(原子%)	スキン層	Mg層					荷重(MPa)	接合温度(℃)			
						形成場所	厚さ(μm)	純度(原子%)	Si/Mg						
本発明例1	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	560	91.6	90.8	A
本発明例2	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	セラミック基板側	2	99.9	3.36		1.5	560	90.2	89	A
本発明例3	4N-Al	AlN	ADC12	10	無	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	560	84.6	83.5	A
本発明例4	4N-Al	AlN	ADC12	10	無	セラミック基板側	2	99.9	3.36		1.5	560	85.5	83.7	A
本発明例5	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	1	99.9	6.71		1.5	560	87.6	86.3	A
本発明例6	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	10	99.9	0.67		1.5	560	89.1	88.2	A
本発明例7	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	89	3.68		1.5	560	88.6	85.5	A
本発明例8	4N-Al	AlN	Al-Si	0.1	有	ヒートシンク側	2	99.9	0.03		1.5	560	87.6	85.5	A
本発明例9	Cu	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	560	90.8	90.1	A
本発明例10	4N-Al	Al_2O_3	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	560	89.9	89.5	A
本発明例11	4N-Al	SiN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	560	90.5	88.6	A
本発明例12	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	550	85.3	80.8	A
本発明例13	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	575	90.9	89.8	A
本発明例14	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	0.1	99.9	67.11		1.5	560	83.2	80.6	A
本発明例15	4N-Al	AlN	Al-Si	0.04	有	ヒートシンク側	2	99.9	0.01		1.5	560	86.8	82.1	A
本発明例16	4N-Al	AlN	Al-Si	12.1	有	ヒートシンク側	0.1	99.9	84.60		1.5	560	84	81.4	A
従来例1	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	Al-10.1mass%Si (厚さ50μm)					0.6	610	92.1	90.1	B
従来例2	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	Al-10.1mass%Si-15.mass%Mg (厚さ50μm)					0.6	610	91.5	90.2	B
従来例3	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	Al-10.1mass%Si (厚さ50μm)					0.6	560	29.2	12.7	A
従来例4	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	Al-10.1mass%Si-15.mass%Mg (厚さ50μm)					0.6	560	37.6	22.2	A
比較例1	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	0.05	99.9	134.23		1.5	560	64.3	59.2	A
比較例2	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	15	99.9	0.13		1.5	560	69.4	64.8	A
比較例3	4N-Al	AlN	4N-Al	0.01	無	ヒートシンク側	2	99.9	0.00		1.5	560	60.3	55	A
比較例4	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	530	67.2	61	A
比較例5	4N-Al	AlN	ADC12	10	有	ヒートシンク側	2	99.9	3.36		1.5	580	92.1	90.7	B

[0058] Ａｌ－Ｓｉろう材箔やＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇろう材箔を用い、６１０℃で接合

した従来例１及び従来例２では、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料に母材溶融が確認された。５６０℃で接合した従来例３及び従来例４では、接合率が低かった。

Ｍｇ層の厚さが０．１μｍ未満と薄くされた比較例１、Ｍｇ層の膜厚が１０μｍよりも厚くされた比較例２、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のアルミニウム材のＳｉ濃度が０．１原子％未満の比較例３、接合温度が低い比較例４では、接合率が低くなった。接合温度が高かった比較例５では、母材溶融が生じていた。

[0059] 一方、本発明例で得られたヒートシンク付パワーモジュール用基板は、いずれも母材溶融が生じることもなく、セラミックス基板とＡｌ－ＳｉＣ複合材料（ヒートシンク）との接合率も高い値を示すことが確認された。

産業上の利用可能性

[0060] 本発明によれば、セラミックス部材とＡｌ－ＳｉＣ複合材料とを、比較的低温での加熱によって、Ａｌ－ＳｉＣ複合材料中のアルミニウム材を溶出させずに、かつ高強度で接合することができるセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法、及び、ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を提供することができる。

符号の説明

[0061] １　ヒートシンク付パワーモジュール用基板

１０　パワーモジュール用基板

１１　セラミックス基板

１２　回路層

２０　ヒートシンク

２１　流路

３０　Ａｌ－ＳｉＣ複合材料

３１　多孔質体

３２　アルミニウム材

３３　スキン層

４０　接合部

４１　マグネシウム酸化物

５１　アルミニウム部材

５２　ろう材

５３　マグネシウム層

請求の範囲

[請求項1] セラミックス部材と、ＳｉＣからなる多孔質体及びこの多孔質体に含浸されたケイ素含有量が０．１原子％以上であるＡｌ－Ｓｉ合金からなるアルミニウム材を有するＡｌ－ＳｉＣ複合材料と、を接合するセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法であって、

前記セラミックス部材および前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のうちの少なくとも一方の表面に、厚さが０．１μｍ以上１０μｍ以下のマグネシウム層を形成する工程と、

前記セラミックス部材と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを、前記マグネシウム層を介して積層して、積層体を得る工程と、

前記積層体を５５０℃以上５７５℃以下の温度範囲で加熱することによって、前記セラミックス部材と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する工程と、

を備えていることを特徴とするセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法。

[請求項2] 前記積層体において、前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料の前記セラミックス部材との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在している前記Ａｌ－Ｓｉ合金中のケイ素の量と、前記マグネシウム層に存在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）が、原子比で０．０１以上９９．０以下の範囲内にあることを特徴とする請求項１に記載のセラミックス／Ａｌ－ＳｉＣ複合材料接合体の製造方法。

[請求項3] セラミックス基板とこのセラミックス基板の一方の面に接合された回路層とを有するパワーモジュール用基板の前記セラミックス基板と、ＳｉＣからなる多孔質体及びこの多孔質体に含浸されたケイ素含有量が０．１原子％以上であるＡｌ－Ｓｉ合金からなるアルミニウム材を有するＡｌ－ＳｉＣ複合材料で構成されているヒートシンクと、を接合するヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記セラミックス基板および前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料のうちの少なくとも一方の表面に、厚さが０．１μｍ以上１０μｍ以下のマグネシウム層を形成する工程と、

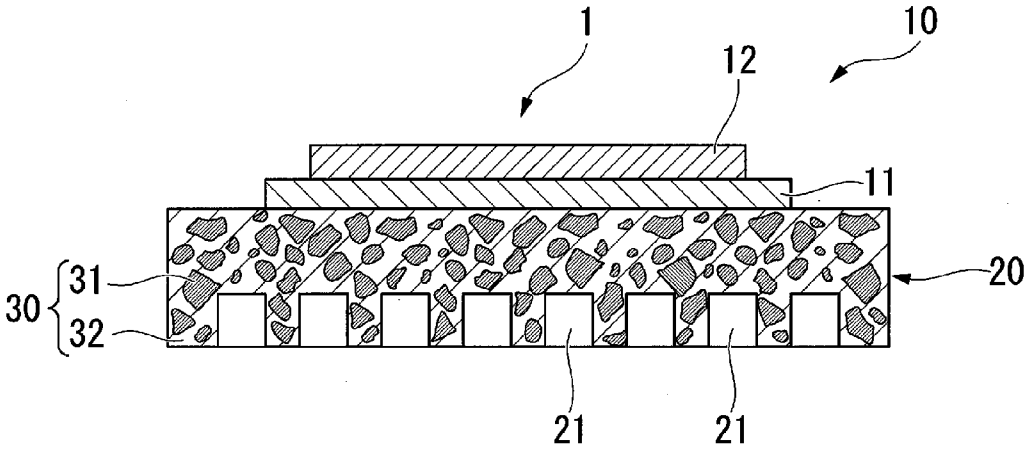
前記セラミックス基板と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを、前記マグネシウム層を介して積層して、積層体を得る工程と、

得られた前記積層体を５５０℃以上５７５℃以下の温度範囲で加熱することによって、前記セラミックス基板と前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料とを接合する工程と、

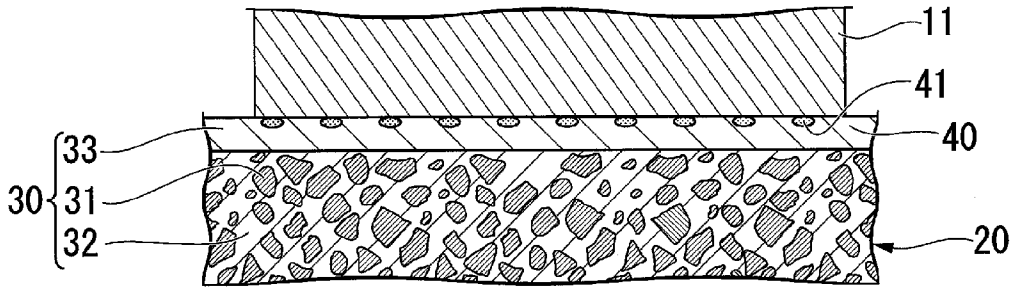
を備えていることを特徴とするヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法。

[請求項4] 前記積層体において、前記Ａｌ－ＳｉＣ複合材料の前記セラミックス基板との接合面の表面から厚さ５０μｍまでの範囲に存在している前記Ａｌ－Ｓｉ合金中のケイ素の量と、前記マグネシウム層に存在しているマグネシウムの量との比（Ｓｉ／Ｍｇ）が、原子比で０．０１以上９９．０以下の範囲内に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パワーモジュール用基板の製造方法。

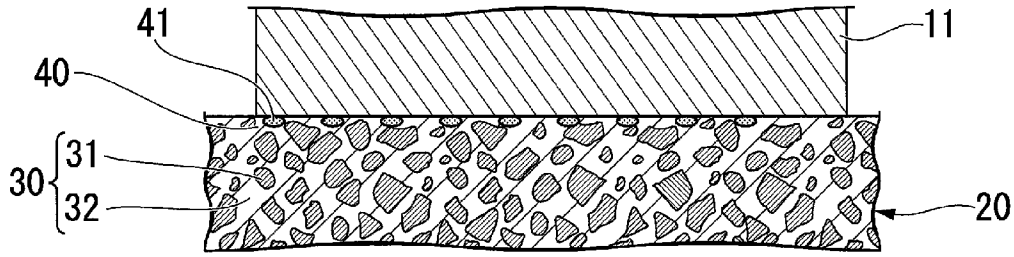
[図1]



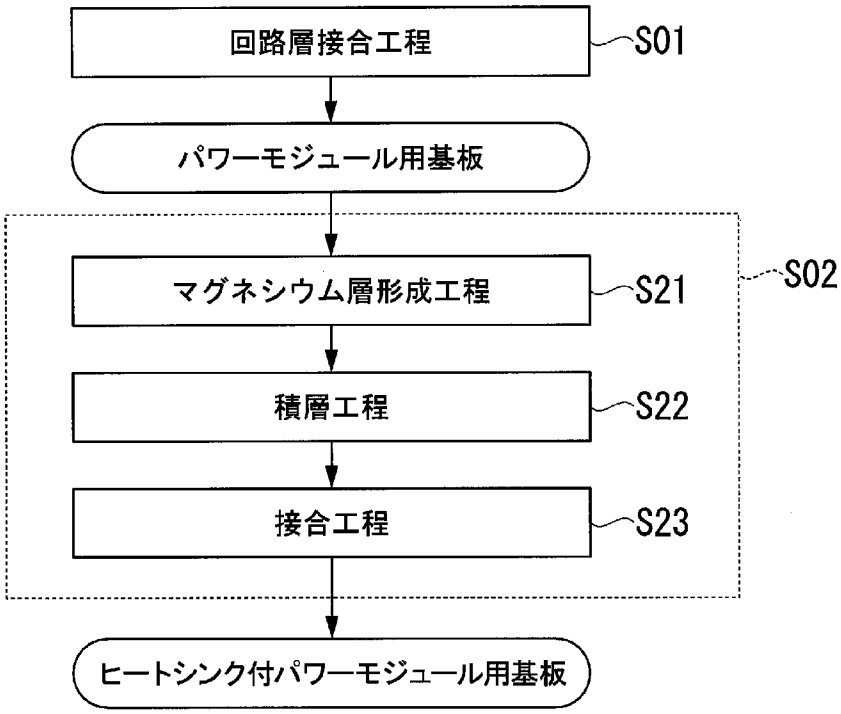
[図2A]



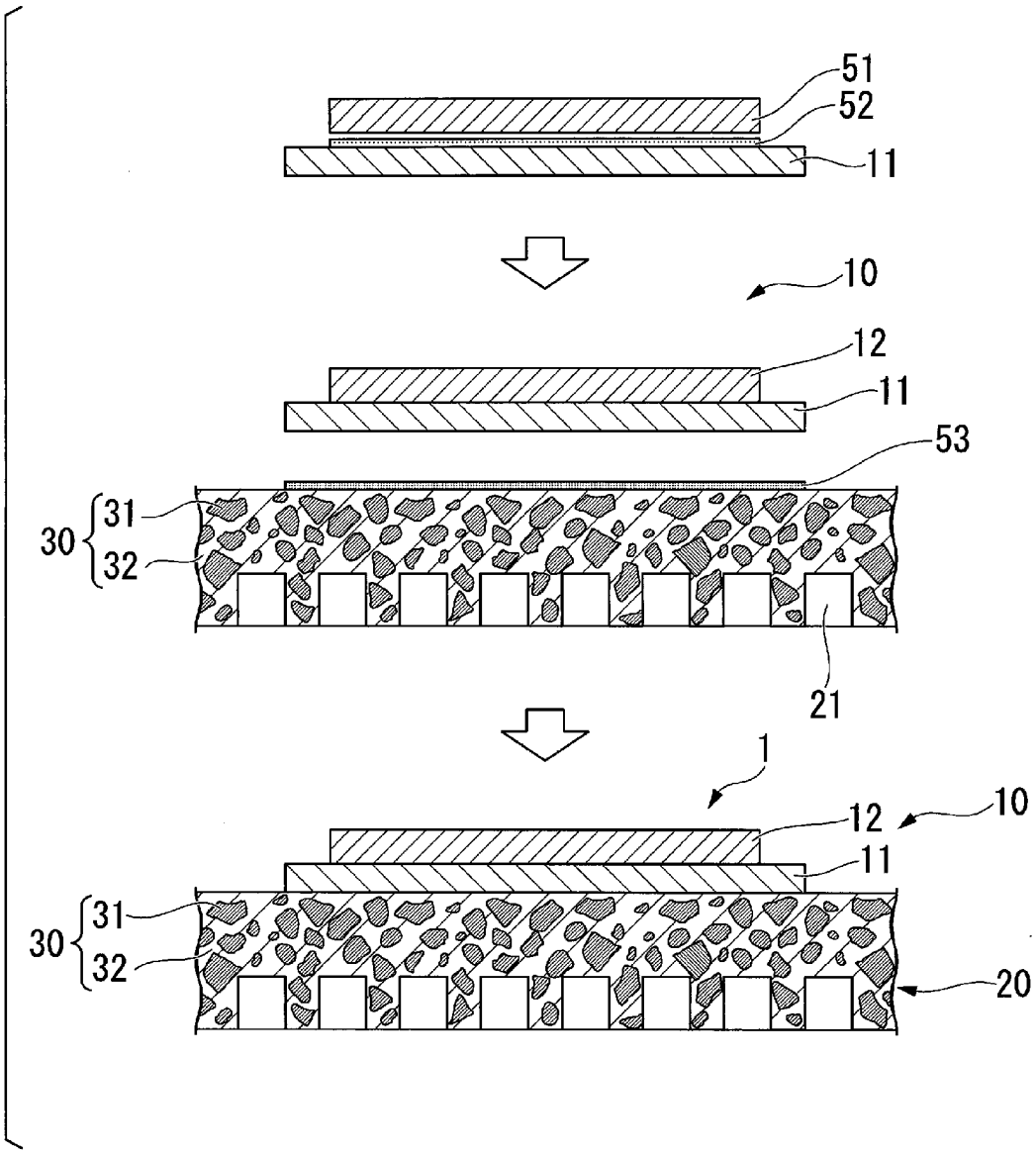
[図2B]



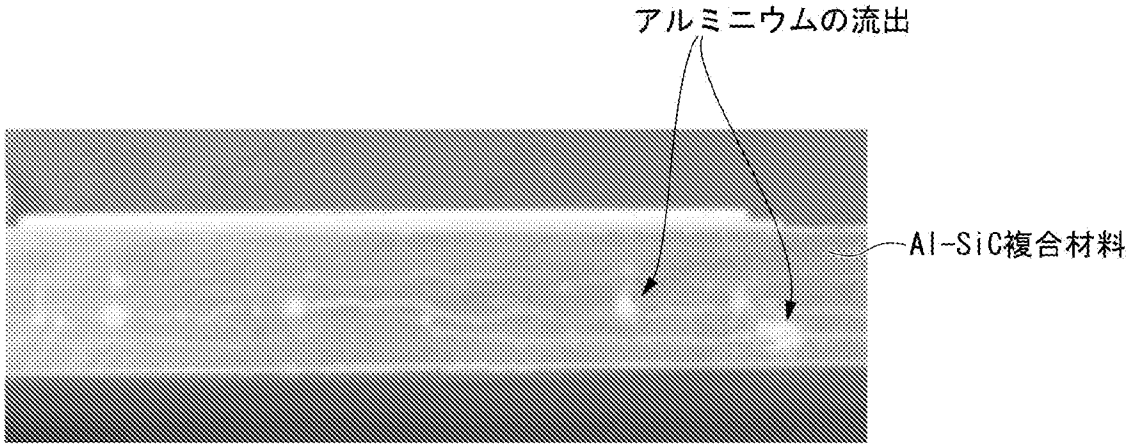
[図3]


回路層接合工程
S01
パワーモジュール用基板
マグネシウム層形成工程
S21
S02
積層工程
S22
接合工程
S23
ヒートシンク付パワーモジュール用基板

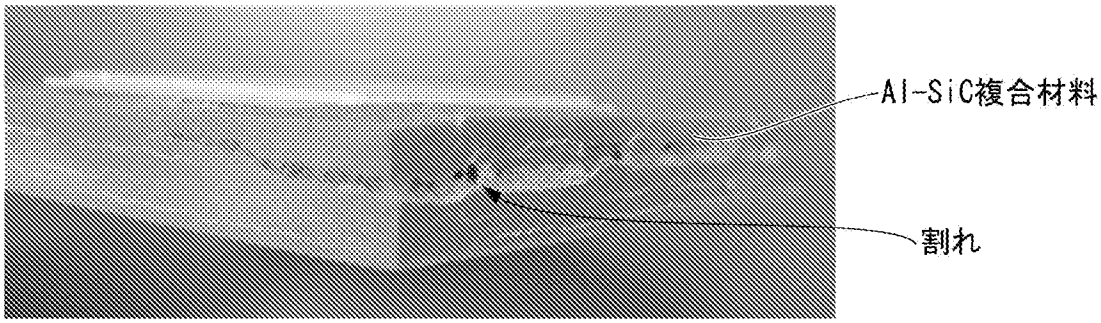
[図4]



[図5A]



[図5B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/005089

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. C04B37/00(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L23/373(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. C04B37/00-37/02, H01L23/36, H01L23/373

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-183360 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 05 October 2017, claims, paragraph [0021] (Family: none)	1-4
Y	JP 2010-98058 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 30 April 2010, claims, paragraphs [0019], [0043]-[0046], [0049] (Family: none)	1-4
Y	JP 2017-183716 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 05 October 2017, claims, paragraph [0023] (Family: none)	1-4
Y	JP 2012-116683 A (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 21 June 2012, claims, paragraphs [0002], [0042] (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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	Date of mailing of the international search report
28.03.2018	10.04.2018
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/JP2018/005089

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	JP 2018-32732 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 01 March 2018, claims (Family: none)	1-4
A	JP 59-164675 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 17 September 1984, claims, page 5, upper left column, lines 5-9 (Family: none)	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００５０８９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C04B37/00(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L23/373(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.　C04B37/00-37/02, H01L23/36, H01L23/373

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
X	JP 2017-183360 A（三菱マテリアル株式会社）2017.10.05, 特許請求の範囲, [0021]（ファミリーなし）	1-4
Y	JP 2010-98058 A（三菱マテリアル株式会社）2010.04.30, 特許請求の範囲 ,[0019],[0043]-[0046],[0049](ファミリーなし)	1-4
Y	JP 2017-183716 A（三菱マテリアル株式会社）2017.10.05, 特許請求の範囲,[0023]（ファミリーなし）	1-4

☑　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
「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
「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
「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）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「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
「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
「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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２８．０３．２０１８	１０．０４．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｔ　９２７０
小川　武
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６５

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
Ｙ	JP 2012-116683 A（昭和電工株式会社）2012.06.21，特許請求の範囲，[0002],[0042]（ファミリーなし）	1-4
Ｅ，Ｘ	JP 2018-32732 A（三菱マテリアル株式会社）2018.03.01，特許請求の範囲（ファミリーなし）	1-4
Ａ	JP 59-164675 A（日産自動車株式会社）1984.09.17，特許請求の範囲，５頁左上欄５－９行（ファミリーなし）	1-4