(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
2017年12月14日(14.12.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/213258 A1

(51) 国際特許分類:
C04B 37/02 (2006.01) *B23K 20/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/021503

(22) 国際出願日: 2017年6月9日(09.06.2017)

(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 2016-115124 2016年6月9日(09.06.2016) JP

(71) 出願人(*US* を除く全ての指定国について):国立研究開発法人産業技術総合研究所(**NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関一丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(71) 出願人 (*US* についてのみ): 北 憲一郎 (**KITA, Ken'ichiro**) [JP/JP]; 〒4638560 愛知県名古屋市守山区大字下志段味字穴ケ洞２２６６番地の９８ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 中部センター内 Aichi (JP). 近藤 直樹 (**KONDO, Naoki**) [JP/JP]; 〒4638560 愛知県名古屋市守山区大字下志段味字穴ケ洞２２６６番地の９８ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 中部センター内 Aichi (JP).

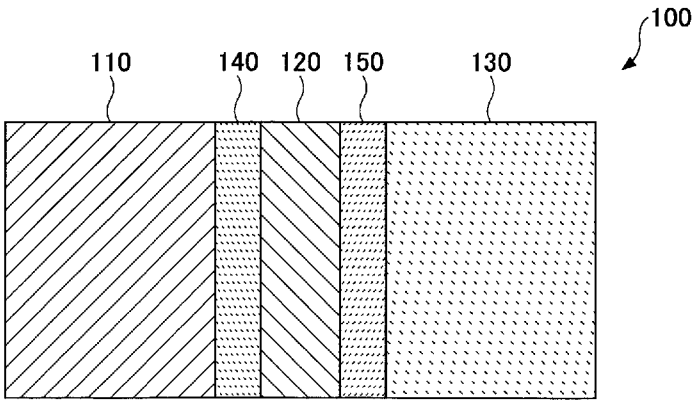
(74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (**ITOH, Tadashige** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ (明治安田生命ビル) １６階 Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING CONJUGATE, AND CONJUGATE

(54) 発明の名称: 接合体の製造方法および接合体

[図3]



(57) **Abstract:** The method for producing a conjugate has (a) a step for preparing an aluminum member, a ceramic member, and an alloy member including silicon and aluminum, the thermal expansion coefficient of the alloy member being smaller than that of the aluminum member and larger than that of the ceramic member, (b) a step for installing a first bonding material on a bonding surface of the aluminum member and/or a first surface of the alloy member as well as installing a second bonding material on a bonding surface of the ceramic member and/or a second surface of the alloy member, (c) a step for laminating the aluminum member, alloy member, and ceramic member in that order and constructing an assembly, and (d) a step for heating the assembly at a temperature of 400-800°C in an inert gas atmosphere or a vacuum atmosphere.

WO 2017/213258 A1

[続葉有]

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, 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：本接合体の製造方法は、（ａ）アルミニウム部材、セラミックス部材、ならびにケイ素およびアルミニウムを含む合金部材を準備するステップであって、前記合金部材の熱膨張係数は、前記アルミニウム部材よりも小さく、前記セラミックス部材よりも大きい、ステップと、（ｂ）アルミニウム部材の被接合面および合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置するとともに、セラミックス部材の被接合面および合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置する、ステップと、（ｃ）アルミニウム部材、合金部材、およびセラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップと、（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップと、を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 接合体の製造方法および接合体

技術分野

[0001] 本発明は、アルミニウム部材とセラミックス部材とが接合された接合体の製造方法、およびそのような接合体に関する。

背景技術

[0002] セラミックス部材と金属部材とを接合する技術には、多くの需要がある。しかしながら、セラミックス部材と金属部材の組み合わせ如何では、接合が難しい場合があることが知られている。

[0003] 例えば、アルミナとアルミニウム部材を適正に接合させることが難しいことは、当業者には良く知られている。

[0004] これは、アルミニウム部材の表面には、セラミックス部材との接合を妨害する酸化膜（アルミナ層）が存在するためであると考えられる。すなわち、接合過程において、アルミニウム部材の表面に存在する酸化膜によって、アルミニウム部材とセラミックス部材の間に良好な親和性、さらには良好な密着性が得られず、これにより両者の間で良好な接合状態を形成することができないものと考えられる。

[0005] このような背景の下、最近、アルミニウム部材とセラミックス部材を接合する新たな方法が提案されている（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１４－１９６２３３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献１に記載の方法では、アルミニウム部材とセラミックス部材の間にシロキサン系ポリマーを設置した状態で、両者を加熱することにより、アルミニウム部材とセラミックス部材を接合することができる。

[0008] しかしながら、元来、アルミニウム部材とセラミックス部材では、熱膨張係数の差が比較的大きいという問題がある。このため、前述の方法により、アルミニウム部材とセラミックス部材を接合することができたとしても、そのような接合体は、例えば使用中に、熱応力を受けた際に、破損する可能性がある。

[0009] 本発明は、このような背景に鑑みなされたものであり、本発明では、熱応力を受けても比較的破損が生じ難い、アルミニウム部材とセラミックス部材の接合体の製造方法を提供することを目的とする。また、本発明では、熱応力を受けても比較的破損が生じ難い、アルミニウム部材とセラミックス部材の接合体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

[0010] 本発明では、アルミニウム部材とセラミックス部材とを有する接合体の製造方法であって、

（ａ）アルミニウム部材、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材、ならびにアルミニウムを含む第１の合金部材を準備するステップであって、

前記第１の合金部材は、第１および第２の表面を有し、

前記第１の合金部材の熱膨張係数は、前記アルミニウム部材よりも小さく、前記セラミックス部材よりも大きい、ステップと、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記第１の合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置するとともに、前記セラミックス部材の被接合面および前記第１の合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置する、ステップであって、

前記第１および第２の接合材は、それぞれ独立に、

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

の少なくとも一つの化合物を有する、ステップと、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記第１の合金部材、および前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップであって、

前記第１の合金部材は、前記第１の表面の側が前記アルミニウム部材の被接合面と対面し、前記第２の表面の側が前記セラミックス部材の被接合面と対面するように配置される、ステップと、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップと、

を有する製造方法が提供される。

[0011] また、本発明では、アルミニウム部材とセラミックス部材とを有する接合体の製造方法であって、

（ａ）アルミニウム部材、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材、アルミニウムを含む第１の合金部材、ならびにアルミニウムを含む第２の合金部材を準備するステップであって、

前記第１の合金部材は、第１および第２の表面を有し、

前記第２の合金部材は、第３および第４の表面を有し、

前記第１および第２の合金部材の熱膨張係数は、それぞれ、前記アルミニウム部材よりも小さく、前記セラミックス部材よりも大きく、

前記第２の合金部材の熱膨張係数は、前記第１の合金部材の熱膨張係数よりも小さい、ステップと、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記第１の合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置し、前記セラミックス部材の被接合面および前記第２の合金部材の第４の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置し、前記第１の合金部材の第２の表面および前記第２の合金部材の第３の表面の少なくとも一方に、第３の接合材を設置する、ステップであって、

前記第１、第２、および第３の接合材は、それぞれ独立に、

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

の少なくとも一つを有する、ステップと、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記第１の合金部材、前記第２の合金部材、および前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップであって、

前記第１の合金部材は、前記第１の表面の側が前記アルミニウム部材の被接合面と対面するように配置され、前記第２の合金部材は、前記第４の表面が前記セラミックス部材の被接合面と対面するように配置される、ステップと、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップと、

を有する製造方法が提供される。

[0012] さらに、本発明では、アルミニウム部材と、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材と、を含む接合体であって、

さらに、前記アルミニウム部材と前記セラミックス部材との間に、第１の合金部材を有し、

前記第１の合金部材は、第１の側および第２の側を有し、前記第１の側は、前記第２の側よりも前記アルミニウム部材に近く、

前記第１の合金部材は、アルミニウムを含み、

前記第１の合金部材の熱膨張係数は、前記アルミニウム部材よりも小さく、前記セラミックス部材よりも大きく、

前記第１の合金部材の前記第１の側には、第１の接合層が存在し、

前記第１の合金部材の前記第２の側には、第２の接合層が存在し、

前記第１および第２の接合層は、それぞれ、

（ｉ）炭素およびケイ素を含むアモルファス相であって、炭素量が８重量％以上であり、酸素量が３０重量％未満である、アモルファス相、ならびに／または

（ｉｉ）アルミノシリケート、

を含む、接合体が提供される。

発明の効果

[0013] 本発明では、本発明では、熱応力を受けても比較的破損が生じ難い、アルミニウム部材とセラミックス部材の接合体の製造方法を提供することができる。また、本発明では、熱応力を受けても比較的破損が生じ難い、アルミニウム部材とセラミックス部材の接合体を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の一実施例によるアルミニウム部材とセラミックス部材を含む接合体の製造方法のフローを概略的に示した図である。

[図2]本発明の一実施例によるアルミニウム部材とセラミックス部材を含む接合体の別の製造方法のフローを概略的に示した図である。

[図2A]本発明の一実施例によるアルミニウム部材とセラミックス部材を含む接合体のさらに別の製造方法のフローを概略的に示した図である。

[図3]本発明の一実施例による接合体の概略的な構成を示した断面図である。

[図4]本発明の一実施例による別の接合体の概略的な構成を示した断面図である。

[図5]例１に係る接合体における、シルミン板とセラミックス部材の間の接合層のＸ線回折（ＸＲＤ）分析の結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明について詳しく説明する。

[0016] 前述のように、アルミニウム部材の表面には、セラミックス部材との接合を妨害する酸化膜（アルミナ層）が存在するため、セラミックス部材とアルミニウム部材を適正に接合させることは難しいという問題がある。

[0017] この問題に関連して、本願発明者らは、これまでに、アルミニウム部材と

セラミックス部材の間にシロキサン系ポリマーを設置した状態で、両者を加熱することにより、セラミックス部材とセラミックス部材とを接合できることを見出している（例えば特許文献１）。

[0018] しかしながら、元来、アルミニウム部材とセラミックス部材とでは、熱膨張係数の差が比較的大きいという問題がある。このため、前述の方法により、アルミニウム部材とセラミックス部材とを接合することができたとしても、そのような接合体は、例えば使用中に、熱応力を受けた際に、破損する可能性がある。

[0019] このような問題意識の下、本願発明者らは、アルミニウム部材とセラミックス部材の接合方法に関する研究をさらに推し進めてきた。その結果、アルミニウム部材とセラミックス部材の接合体の熱応力に対する耐性を有意に改善できる方策を見出し、本願発明に至った。

[0020] すなわち、本発明の一実施形態では、アルミニウム部材とセラミックス部材とを有する接合体の製造方法であって、

（ａ）アルミニウム部材、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材、ならびにケイ素およびアルミニウムを含む第１の合金部材を準備するステップであって、

前記第１の合金部材は、第１および第２の表面を有し、

前記第１の合金部材の熱膨張係数は、前記アルミニウム部材よりも小さく、前記セラミックス部材よりも大きい、ステップと、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記第１の合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置するとともに、前記セラミックス部材の被接合面および前記第１の合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置する、ステップであって、

前記第１および第２の接合材は、それぞれ独立に、

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

の少なくとも一つの化合物を有する、ステップと、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記第１の合金部材、および前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップであって、

前記第１の合金部材は、前記第１の表面の側が前記アルミニウム部材の被接合面と対面し、前記第２の表面の側が前記セラミックス部材の被接合面と対面するように配置される、ステップと、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップと、

を有する製造方法が提供される。

[0021] 本発明の一実施形態では、アルミニウム部材とセラミックス部材とを有する接合体を製造する際に、両者の間に合金部材が介在される。この合金部材は、アルミニウム部材よりも小さな熱膨張係数であって、セラミックス部材よりも大きな熱膨張係数を有する。このような合金部材は、接合体が熱応力を受けた際に、応力緩和層として機能できる。

[0022] 従って、本発明の一実施形態による製造方法で製造された接合体は、熱応力を受けても、接合体の破損を有意に抑制することができる。

[0023] ただし、本発明の一実施形態では、前記合金部材は、ケイ素およびアルミニウムを含む。従って、この合金部材は、接合処理の際に、アルミニウム部材に近い挙動を示す。このため、単に、アルミニウム部材とセラミックス部材との間に、そのような合金部材を配置しただけでは、熱処理を実施しても、合金部材の表面の前述のような酸化膜の存在により、各部材が良好に接合された接合体を得ることは難しい。

[0024] これに対して、本発明の一実施形態では、接合処理の際に、合金部材の両側に、特定の材料群から選定された接合材が設置される。この状態で加熱すると、後述するように、接合材がアルミニウム部材と合金部材、および該合金部材とセラミックス部材とを接合する接着剤としての機能を発揮する。そ

の結果、本発明の一実施形態による接合体の製造方法では、間に合金部材を介在させた状態で、アルミニウム部材とセラミックス部材とを、適正に接合することができる。

[0025] このように、本発明の一実施形態では、アルミニウム部材とセラミックス部材とを、適正に接合することができる上、得られた接合体の耐熱応力特性を向上させることができる。

[0026] なお、本願では、アルミニウム部材と合金部材とを合わせて、「金属部材」と称する場合がある。

[0027] ここで、本発明の一実施形態では、接合材は、以下の材料（ｉ）～（ｉｖ）の少なくとも一つを含む：

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー。

[0028] このうち、（ｉ）の有機ケイ素系ポリマーは、炭素原子を含む。この炭素原子は、高温状態において、金属部材の表面に形成されている酸化膜を還元したり、酸化膜を不安定な状態する役割を果たす。従って、（ｉ）を含む接合材を使用した場合、炭素原子の働きにより、金属部材の表面を覆う酸化膜のバリア性を低下させ、金属部材を活性化、すなわち反応しやすい状態にさせることができる。

[0029] また、（ｉ）の有機ケイ素系ポリマーは、主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する。従って、（ｉ）のような主鎖を有する有機ケイ素系ポリマーは、不活性雰囲気下で加熱すると、ケイ素と炭素を含む化合物に変化する。このケイ素と炭素を含む化合物は、高温環境において、酸化膜のバリア機能が低下した、いわゆる「活性な」金属部材と反応することができる。

[0030] また、本発明の一実施形態では、セラミックス部材として、アルミニウム

および／またはケイ素を含有するセラミックス部材が使用される。そのようなセラミックス部材は、前述のケイ素と炭素を含む化合物に対して親和性を有する。

[0031] 従って、アルミニウム部材と合金部材の間、および合金部材とセラミックス部材との間に、前述のような接合材を介在させて、低酸素雰囲気下で熱処理を実施した場合、接合材中に含まれる炭素原子によって、金属部材の表面に存在する酸化膜の一部が還元される。あるいは、金属部材の表面に存在する酸化膜が不完全な状態となる。これにより、金属部材が活性化される。

[0032] また、接合材を加熱した際に生じる反応成分、すなわち前述のようなケイ素と炭素を含む化合物は、活性化された金属部材と反応し、その結果、接合材が接合層に変化する。通常の場合、得られる接合層は、炭化ケイ素系化合物を含む。

[0033] ここで、炭化ケイ素系化合物には、例えば、ＳｉＣ、ＳｉＯＣ、ＳｉＣＮ、ＳｉＯＣＮ、ＡｌＳｉＣ、ＡｌＳｉＯＣ、ＡｌＳｉＣＮ、および／またはＡｌＳｉＯＣＮ等が含まれる。炭化ケイ素系化合物は、アモルファス（ガラス）相として形成される場合が多い。

[0034] このような接合層の存在により、セラミック部材が接合層と強固に密着されるとともに、アルミニウム部材および合金部材も接合層と強固に密着される。その結果、アルミニウム部材、合金部材、およびセラミックス部材は、接合層を介して接合される。

[0035] 以上のような現象により、本発明による接合方法では、アルミニウム部分、合金部材、およびセラミックス部材の三者間で、良好な接合を得ることができる。

[0036] 一方、接合材が（ｉｉ）～（ｉｖ）を含む場合も、同様に考えられる。

[0037] ただし、接合材が（ｉｉ）または（ｉｉｉ）を含む場合、接合材中に含まれるケイ素（Ｓｉ）および酸素（Ｏ）により、接合材を不活性雰囲気下で加熱すると、ケイ素と酸素を含む化合物が生成される。そして、この化合物が金属部材と反応する結果、アルミニウム部材と合金部材の間、および合金部

材とセラミックス部材との間に、接合層として、アルミノシリケート系化合物が形成される。

[0038] アルミノシリケート系化合物は、一般式が$Al_xSi_yO_z$で表され、ここで、$0<x<3$、$0<y<51$、$0<z<104$である。アルミノシリケート系化合物は、アルミナとシリカの混合物であっても良い。

[0039] なお、本願で使用されるセラミックス部材は、ケイ素と酸素を含む化合物に対しても親和性を有する。

[0040] このため、接合材が（ｉｉ）または（ｉｉｉ）を含む場合も、接合層の存在により、セラミックス部材は、接合層と強固に密着される。従って、この場合も、アルミニウム部分、合金部材、およびセラミックス部材の三者間で、良好な接合を得ることができる。

[0041] なお、上記記載では、合金部材がケイ素とアルミニウムとをともに含有する材料で構成される場合を例に、本発明の一実施形態の特徴について説明した。しかしながら、これは単なる一例であって、合金部材は、アルミニウムを含み、ケイ素を含まない材料で構成されても良い。

[0042] （本発明の一実施形態による接合体の製造方法）

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

[0043] 図１には、本発明の一実施形態による、アルミニウム部材とセラミックス部材を含む接合体の製造方法（以下、「第１の製造方法」と称する）のフローを模式的に示す。

[0044] 図１に示すように、第１の製造方法は、

（ａ）アルミニウム部材、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材、ならびにケイ素およびアルミニウムを含む合金部材を準備するステップ（ステップＳ１１０）と、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置するとともに、前記セラミックス部材の被接合面および前記合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置するステップ（ステップＳ１２０）と、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記合金部材、および前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップ（ステップＳ１３０）と、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップ（ステップＳ１４０）と、

を有する。

[0045] 以下、各ステップについて詳しく説明する。

[0046] （ステップＳ１１０）

まず、アルミニウム部材、セラミックス部材、および合金部材が準備される。

[0047] アルミニウム部材の形状は特に限られず、アルミニウム部材は、ブロック、板、棒、箔、またはディスク等の形状を有しても良い。

[0048] なお、本願において、「アルミニウム部材」という用語は、実質的にアルミニウム金属で構成された部材の他、重量比で５０ｗｔ％以上のアルミニウム金属を含む部材、実質的にアルミニウム合金で構成された部材、および重量比で８０ｗｔ％以上のアルミニウム合金を含む部材等が含まれる。

[0049] アルミニウム合金は、例えばＡｌ－Ｓｉ合金等であっても良く、例えば、ケイ素を１２ｗｔ％程度含むシルミンであっても良い。

[0050] セラミックス部材は、アルミニウムおよび／またはケイ素を含む限り、特に限られない。セラミックス部材は、例えば、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、ムライト、および／またはアルミノシリケートを含んでも良い。

[0051] 例えば、アルミナとしては、重量比で９０ｗｔ％以上のアルミナを含む高純度アルミナが挙げられる。窒化アルミニウムとしては、重量比で９０ｗｔ％以上の窒化アルミニウムを含む高純度窒化アルミナが挙げられる。窒化ケイ素としては、重量比で８０ｗｔ％以上の窒化ケイ素を含む高純度窒化ケイ素が挙げられる。

[0052] なお、セラミックスの結晶形態に特に制限はないが、アルミナとしては、

α－アルミナを好適に使用できる。

[0053] セラミックス部材の形状は特に限られず、セラミックス部材は、ブロック、板、棒、またはディスク等の形状を有しても良い。

[0054] 一方、合金部材は、ケイ素およびアルミニウムを含む合金材料から選定される。ケイ素の重量比は、０．３～９９％であっても良い。また、アルミニウムの重量比は、１％～９９％の範囲であっても良い。

[0055] ケイ素は、熱膨張係数が小さいため、合金部材にケイ素を加えることにより、合金部材の熱膨張係数を低減することができる。また、接合工程中にアルミニウムが溶融後凝固する際に、ケイ素は凝固膨張する。従って、合金部材にアルミニウムおよびケイ素を加えることにより、接合工程中に生じ得る合金部材の体積変化を緩和することができる。

[0056] 合金部材の組成は、準備されたアルミニウム部材よりも小さな熱膨張係数を有し、かつセラミックス部材よりも大きな熱膨張係数を有する限り、特に限られない。

[0057] 合金部材は、例えば、アルミニウム（Ａｌ）を主体としてケイ素（Ｓｉ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ合金）、Ａｌを主体としてＳｉおよびマグネシウム（Ｍｇ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金）、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金（Ｓｉ－Ａｌ合金）等であっても良い。ここで、「元素Ａを主体とする」とは、元素Ａを５０重量％以上含むことを意味する。

[0058] 合金部材がＡｌ－Ｓｉ合金またはＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金の場合、Ａｌの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ｓｉの重量比は、０．３％～５０％の範囲であっても良い。また、Ｍｇの重量比は、０．１％～５．０％の範囲であっても良い。

[0059] 一方、合金部材がＳｉ－Ａｌ合金の場合、Ｓｉの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ａｌの重量比は、１％～５０％の範囲であっても良い。

[0060] 前述のアルミニウム部材がシルミン（Ａｌ－１２％Ｓｉ合金）ではない場合、合金部材は、シルミンであっても良い。

[0061] さらに、合金部材は、追加元素として、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｚｎを含んでも良い。Ｃｕの重量比は０～６．０ｗｔ％の範囲、Ｎｉの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｍｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｆｅの重量比は０～１．３ｗｔ％の範囲、Ｚｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲であっても良い。

[0062] また、合金部材は、内部に該合金部材よりも熱膨張係数が小さい粒子を含有しても良い。

[0063] そのような粒子は、金属粒子、合金粒子、およびセラミックス粒子の少なくとも一つを含んでも良い。

[0064] 金属粒子としては、例えば、ケイ素、モリブデン、およびタングステン等が挙げられる。また、セラミックス粒子としては、例えば、アルミナ（Al_2O_3）、窒化ケイ素（Si_3N_4）、炭化ケイ素（ＳｉＣ）、およびダイヤモンド等が挙げられる。

[0065] そのような粒子を含む合金部材を使用した場合、合金部材の熱膨張係数を所望の範囲にに微調整することが可能となる。

[0066] 合金部材の形態は、対向する２表面（それぞれ、「第１の表面」および「第２の表面」と称する）を有する形態である限り、特に限られない。例えば、合金部材は、板状であっても、ブロック状であっても良い。

[0067] （ステップＳ１２０）

次に、アルミニウム部材の被接合面と合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材が設置される。また、セラミックス部材の被接合面と合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材が設置される。

[0068] 第１の接合材と、第２の接合材は、同じものであっても、異なるものであっても良い。

[0069] ここで、第１および第２の接合材（以下、単に「接合材」ともいう）は、それぞれ、炭素（Ｃ）およびケイ素（Ｓｉ）を含むものから選定される。

[0070] 接合材は、以下の（ｉ）～（ｉｖ）の少なくとも一つを含んでも良い：

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを

有する有機ケイ素系ポリマー、

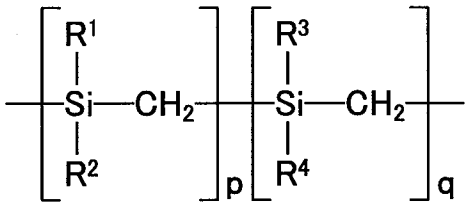
（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー。

[0071] （ｉ）の有機ケイ素系ポリマーのうち、主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基を有するもの（以下、「Ｓｉ－Ｃ－Ｓｉ系ポリマー」と称する）の化学式の一例を、以下の式（１）に示す：

[0072] [化1]



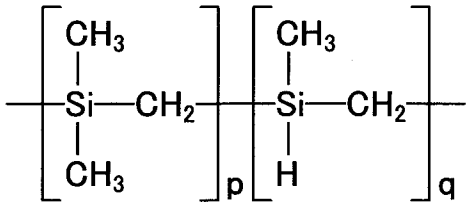
式(1)

[0073] ここで、ｐとｑの和は５００～５０００の範囲である。また、R^1、R^2、R^3、およびR^4は、それぞれ、独立にＨ、CH_3、C_2H_3、C_6H_5、および$OMCH_3(C_mH_{2m+1})_2$のいずれかである。R^1、R^2、R^3、およびR^4は、少なくとも２つが同一であっても良い。なお、ｍは１以上の整数を表し、ＭはＴｉ、Ｚｒ、および／またはＣｒの１種類以上を表す。

[0074] 式（１）に示した化学構造を有する第１の有機ケイ素系ポリマーには、例えば、以下の式（２）で表されるポリカルボシラン、および式（３）で表されるポリチタノカルボシラン等が含まれる。

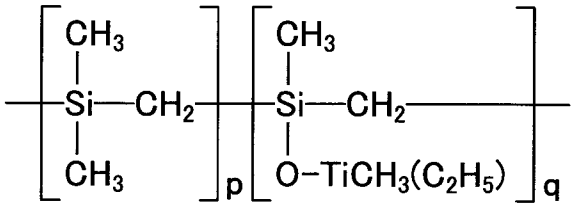
[0075]

[化2]



式(2)

[0076] [化3]

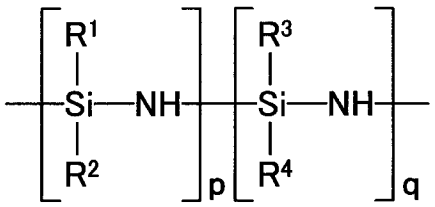


式(3)

[0077] また、前述の（ｉ）の有機ケイ素系ポリマーのうち、主鎖がＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基を有するもの（以下、「Ｓｉ－Ｎ－Ｓｉ系ポリマー」と称する）の化学式の一例を、以下の式（４）に示す：

[0078]

[化4]

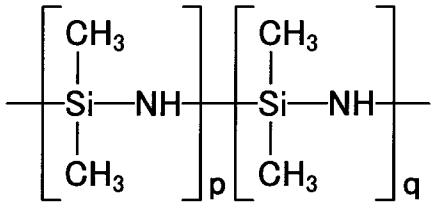


式(4)

[0079] ここで、ｐとｑの和は１～５０００の範囲である。また、Ｒ[1]、Ｒ[2]、Ｒ[3]、およびＲ[4]は、それぞれ、独立にＨ、ＣＨ[3]、Ｃ[2]Ｈ[3]、およびＣ[6]Ｈ[5]のいずれかである。Ｒ[1]、Ｒ[2]、Ｒ[3]、およびＲ[4]は、少なくとも２つが同一であっても良い。

[0080] 式（４）に示した化学構造を有するＳｉ－Ｎ－Ｓｉ系ポリマーには、例えば、以下の式（５）で表されるポリメチルジシラザン（ＰＭＤＳ）、および式（６）で表されるポリジメチルメチルシラザン（ＰＤＭＭＳ）等が含まれる。

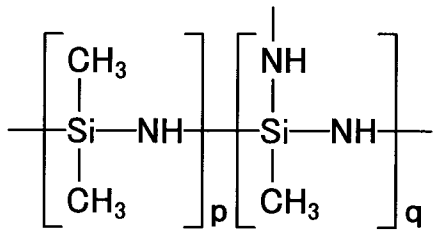
[0081] [化5]



式(5)

[0082]

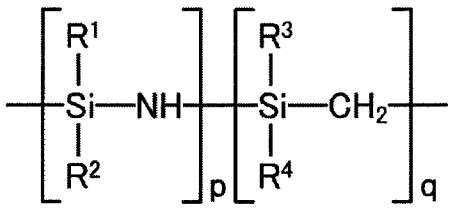
[化6]



式(6)

[0083] また、Ｓｉ－Ｃ－Ｓｉ系ポリマーは、以下の化学構造式を有しても良い。

[0084] [化7]



式(7)

[0085] 式（７）において、ｐとｑの和は１～５０００の範囲である。また、R^1、R^2、R^3、およびR^4は、それぞれ、独立にH、CH_3、C_2H_3、およびC_6H_5のいずれかである。R^1、R^2、R^3、およびR^4は、少なくとも２つが同一であっても良い。

[0086] ここで、式（７）に示したＳｉ－Ｃ－Ｓｉ系ポリマーは、主鎖の一部に、Ｓｉ－Ｎ－Ｓｉ基を有する。従って、このポリマーは、Ｓｉ－Ｃ－Ｓｉ系ポリマーと称することもできる。

[0087] この他、前述の（ｉ）の有機ケイ素系ポリマーには、これに限られるものではないが、例えば、ポリカルボシラザン、アリルハイドライドポリカルボシラン、ポリシルメチレン、ポリシラザン、ポリヒドロポリシラザン、およびポリオルガノシラザン等が含まれる。

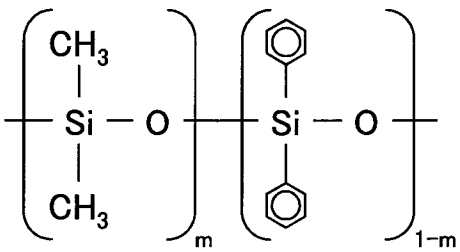
[0088] 一方、（ｉｉ）の有機ケイ素系ポリマーとしては、シロキサン系ポリマー（以下、「Ｓｉ－Ｏ－Ｓｉ系ポリマー」と称する）が挙げられる。

[0089] 例えば、Ｓｉ－Ｏ－Ｓｉ系ポリマーには、主鎖として直鎖状のＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有するシロキサン系ポリマー、例えばポリメチルヒドロシロキサン（ＰＭＨＳ）およびポリメチルフェニルシロキサン（ＰＭＰｈＳ）が含まれる。

[0090] あるいは、Ｓｉ－Ｏ－Ｓｉ系ポリマーは、例えば、Ｓｉ－Ｏ－Ｓｉ基を主骨格とする３次元構造を有するシルセスキオキサン系ポリマー、例えばポリメチルシルセスキオキサン（ＰＭＳＱ）およびポリフェニルシロキサン(ＰＰＳＱ）であっても良い。

[0091] 以下の式（８）には、ＰＭＰｈＳの化学構造式を示す。また、以下の式（９）には、ＰＭＳＱの化学構造式を示す。

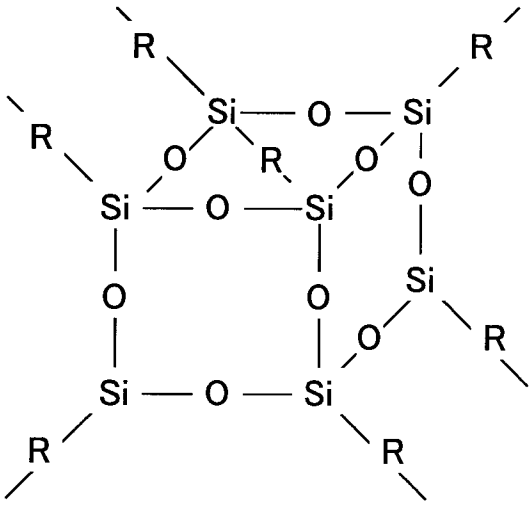
[0092] [化8]



式(8)

[0093]

[化9]

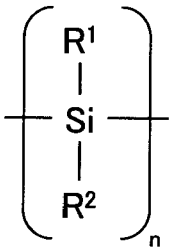


式(9)

$R=CH_2$ etc.

一方、前述の（ｉｖ）の有機ケイ素系ポリマーは、以下の化学構造式を有しても良い。

[0094] [化10]



式(10)

ここで、R^1およびR^2は、それぞれ独立に、水素、CH_3、またはC_6H_5などである。また、nは、１０～１０００の間の任意の整数である。

[0095] （ｉｖ）の有機ケイ素系ポリマーには、これに限られるものではないが、例えば、ポリヒドロシラン、ポリメチルシラン、およびポリフェニルシラン等が含まれる。

[0096] なお、接合材は、前述の（ｉ）～（ｉｖ）のうちの２つ、あるいは全部を含んでも良い。

[0097] このような接合材の設置方法は、特に限られない。

[0098] 接合材は、例えば、塗布法などにより、接合面に設置しても良い。塗布法としては、ディッピング法、スピンコーター法、スプレー法等の手法が挙げられる。接合材は、なるべく均等に塗布することが望ましいため、引き上げ速度が１ｍｍ／秒以下のディッピング法、または回転速度が１００ｒｐｍ以上のスピンコーター法による塗布が望ましい。

[0099] なお、接合材の厚みによって、最終的に得られる接合層の厚さが変化する。従って、目的に応じて接合材の種類と厚みを調整することが好ましい。

[0100] また、前述の（ｉ）および（ｉｉ）に示したような有機ケイ素系ポリマーは、比較的粘性が高い。このため、これらをディッピング法により塗布する際は、溶媒で希釈し、粘性を適宜調整することが好ましい。この際には、相溶性の観点から、ベンゼンやトルエン等の芳香族系有機溶媒を使用することが好ましい。溶媒濃度は、０．００１ｍｏｌ／Ｌ～１ｍｏｌ／Ｌの範囲であっても良い。

[0101] アルミニウム部材および／またはセラミックス部材の被接合面に設置される接合材の量が少なすぎると、接合材が被接合面全体に均一に広がらず、アルミニウム部材の被接合面において、酸化層を十分に還元できないおそれがある。そのため、接合材の厚みは、０．１μｍ（溶媒揮発後）以上とすることが好ましい。一方、接合材が厚過ぎても、接合は可能である。しかしながら、接合材の厚みが厚すぎると、接合材部分のセラミックス化に伴う収縮により、セラミックス部材と接合層の界面に、クラックが生じやすくなる。こ

のため、接合材の厚さは、１ｍｍ（溶媒揮発後）以下とすることが好ましい。

[0102] また、接合材の設置量が過剰な場合、接合材中に含まれるケイ素がアルミニウム部材によって還元されるため、接合層とアルミニウム部材の界面付近に金属シリコンが析出しやすくなる。従って、接合材中のケイ素含有量は、１０ｗｔ％～４５ｗｔ％の範囲で選択することが好ましい。

[0103] （ステップＳ１３０）

次に、アルミニウム部材、合金部材、およびセラミックス部材が、この順に積層され、組立体が構成される。

[0104] ここで、合金部材は、第１の表面の側がアルミニウム部材の被接合面と対面し、第２の表面がセラミックス部材の被接合面と対面するように配置される。

[0105] 組立体において、アルミニウム部材、合金部材、およびセラミックス部材は、実質的に無加圧状態で相互に積層されても良い（ただし、自重による荷重は印加される）。あるいは、アルミニウム部材とセラミックス部材の間に、ある程度の荷重を加えても良い。

[0106] （ステップＳ１４０）

次に、接合処理のため、組立体が熱処理される。これにより、アルミニウム部材、合金部材、およびセラミックス部材が、接合層を介して相互に接合された接合体が製造される。

[0107] 熱処理は、実質的に酸素が存在しない雰囲気、例えば不活性ガス雰囲気または真空雰囲気で実施される。熱処理を大気雰囲気のような酸素を含む環境下で実施した場合、アルミニウム部材等の表面の酸化物が十分に還元せず、アルミニウム部材と合金部材との間、および合金部材とセラミックス部材との間で、良好な接合を得ることが難しくなる。

[0108] 不活性ガス雰囲気は、例えば、アルゴン、ヘリウム、および／または窒素などの雰囲気であっても良い。真空雰囲気における真空度は、例えば、大気圧を０ＭＰａとした場合、－０．０８ＭＰａ以下である。

[0109] 熱処理の温度は、４００℃以上であり、４５０℃以上であることが好ましい。なお、熱処理の温度は、例えば、８００℃以下であることが好ましい。特に、熱処理の温度は、５４０℃～６６０℃の範囲であることが好ましい。

[0110] 組立体を熱処理することにより、第１および第２の接合材が変化する。その結果、アルミニウム部材と合金部材との間に、第１の接合層が形成され、合金部材とセラミックス部材との間に、第２の接合層が形成される。

[0111] なお、組立体を熱処理中に、第１の接合材および／または第２の接合材は、溶融しても良い。この場合、第１の接合層は、第１の接合材が溶融した後凝固した層となり、第２の接合層は、第２の接合材が溶融した後凝固した層となる。

[0112] 前述のように、第１および第２の接合層（以下、単に「接合層」という）の組成は、接合材の種類によって変化する。

[0113] 例えば、接合材として、前述の（ｉ）および（ｉｖ）を含むものを使用した場合、炭化ケイ素系化合物を含む接合層が得られる。炭化ケイ素系化合物は、アモルファス相であっても良い。

[0114] 前述のように、炭化ケイ素系化合物は、例えば、ＳｉＣ、ＳｉＯＣ、ＳｉＣＮ、ＳｉＯＣＮ、ＡｌＳｉＣ、ＡｌＳｉＯＣ、ＡｌＳｉＣＮ、および／またはＡｌＳｉＯＣＮ等を含んでも良い。なお、接合層に含まれる炭化ケイ素系化合物は、使用される接合材の種類、およびセラミックス部材の材質等によっても変化する。

[0115] 接合層中には、炭化ケイ素系化合物の他に、少量の他の物質、例えば、炭素塊、金属シリコン塊、および／またはアルミノシリケート等が含まれる場合がある。

[0116] 一方、接合材として、前述の（ｉｉ）または（ｉｉｉ）を含むものを使用した場合、アルミノシリケート系化合物を含む接合層が得られる。

[0117] 前述のように、アルミノシリケート系化合物は、一般式が$Al_xSi_yO_z$で表され、ここで、０＜ｘ＜３、０＜ｙ＜５１、０＜ｚ＜１０４である。アルミノシリケート系化合物は、アルミナとシリカの混合物であっても良い。

[0118] この場合も、接合層中には、アルミノシリケート系化合物の他に、少量の他の物質、例えば、炭素塊、および金属シリコン塊等が含まれる場合がある。

[0119] 以上の工程により、アルミニウム部材、合金部材、およびセラミックス部材を有する接合体が製造される。

[0120] 第１の製造方法では、アルミニウム部材とセラミックス部材の間に、両者の間の熱膨張係数を有する合金部材が設置される。従って、製造された接合体に熱応力が加わっても、合金部材が応力緩和層として機能し、接合体の破損を有意に抑制することができる。

[0121] また、第１の製造方法では、接合処理の際に、アルミニウム部材と合金部材、および合金部材とセラミックス部材の間に、前述の種類の接合材が設置される。これらの接合材の存在により、接合処理後には、アルミニウム部材と合金部材、および合金部材とセラミックス部材が適正に接合される。

[0122] 従って、第１の製造方法では、アルミニウム部材とセラミックス部材とを適正に接合することができる上、得られた接合体の耐熱応力特性を向上させることができる。

[0123] （本発明の一実施形態による別の接合体の製造方法）

次に、本発明の一実施形態による、別の接合体の製造方法について説明する。

[0124] 図２には、本発明の一実施形態による、アルミニウム部材およびセラミックス部材を有する接合体の製造方法（以下、「第２の製造方法」と称する）のフローを模式的に示す。

[0125] 図２に示すように、第２の製造方法は、

（ａ）アルミニウム部材、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材、ケイ素およびアルミニウムを含む第１の合金部材、ならびにケイ素およびアルミニウムを含む第２の合金部材を準備するステップ（ステップＳ２１０）と、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記第１の合金部材の第１

の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置し、前記セラミックス部材の被接合面および前記第２の合金部材の第４の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置し、前記第１の合金部材の第２の表面および前記第２の合金部材の第３の表面の少なくとも一方に、第３の接合材を設置する、ステップ（ステップＳ２２０）と、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記第１の合金部材、前記第２の合金部材、および前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップ（ステップＳ２３０）と、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップ（ステップＳ２４０）と、

を有する。

[0126] 以下、各ステップについて詳しく説明する。

[0127] （ステップＳ２１０）

まず、アルミニウム部材、セラミックス部材、ならびに第１および第２の合金部材が準備される。

[0128] ここで、アルミニウム部材、セラミックス部材、および第１の合金部材については、前述の第１の製造方法のステップＳ１１０における、それぞれの記載が参照できる。そのため、ここでは、詳細な記載は省略する。

[0129] 一方、第２の合金部材は、ケイ素およびアルミニウムを含む合金材料から選定される。ケイ素の重量比は、０．３～９９％であっても良い。また、アルミニウムの重量比は、１％～９９％の範囲であっても良い。

[0130] 第２の合金部材の組成は、第１の合金部材よりも小さな熱膨張係数を有し、かつセラミックス部材よりも大きな熱膨張係数を有する限り、特に限られない。

[0131] 第２の合金部材は、例えば、アルミニウム（Ａｌ）を主体としてケイ素（Ｓｉ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ合金）、Ａｌを主体としてＳｉおよびマグネシウム（Ｍｇ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金）、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金（Ｓｉ－Ａｌ合金）等であっても良い。

[0132] 第２の合金部材がＡｌ－Ｓｉ合金またはＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金の場合、Ａｌの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ｓｉの重量比は、０．３％～５０％の範囲であっても良い。また、Ｍｇの重量比は、０．１％～５．６％の範囲であっても良い。

[0133] 一方、第２の合金部材がＳｉ－Ａｌ合金の場合、Ｓｉの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ａｌの重量比は、１％～５０％の範囲であっても良い。

[0134] さらに、第２の合金部材は、追加元素として、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｚｎを含んでも良い。Ｃｕの重量比は０～６．０ｗｔ％の範囲、Ｎｉの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｍｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｆｅの重量比は０～１．３ｗｔ％の範囲、Ｚｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲であっても良い。

[0135] 第２の合金部材の形態は、対向する２表面（それぞれ、「第３の表面」および「第４の表面」と称する）を有する形態である限り、特に限られない。例えば、第２の合金部材は、板状であっても、ブロック状であっても良い。

[0136] （ステップＳ２２０）

次に、アルミニウム部材の被接合面と第１の合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材が設置される。また、セラミックス部材の被接合面と第２の合金部材の第４の表面の少なくとも一方に、第２の接合材が設置される。さらに、第１の合金部材の第２の表面と第２の合金部材の第３の表面の少なくとも一方に、第３の接合材が設置される。

[0137] 第１の接合材、第２の接合材、および第３の接合材のうち、少なくとも２つは、同じものであっても良い。また、第１の接合材、第２の接合材、および第３の接合材の全てが、同じものであっても良い。

[0138] 第１～第３の接合材（以下、単に「接合材」ともいう）は、それぞれ、炭素（Ｃ）およびケイ素（Ｓｉ）を含むものから選定される。

[0139] 接合材は、それぞれ、以下の（ｉ）～（ｉｖ）の少なくとも一つを含んでも良い：

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー。

[0140] 接合材は、例えば、（ｉ）～（ｉｖ）の２つ、または３つ全てを含んでも良い。なお、（ｉ）～（ｉｖ）の詳細については、前述の通りであり、ここではこれ以上説明しない。

[0141] 接合材は、例えば、前述のように、塗布法などにより設置しても良い。塗布法としては、ディッピング法、スピンコーター法、スプレー法等の手法が挙げられる。

[0142] なお、接合材の厚みによって、最終的に得られる接合層の厚さが変化する。従って、目的に応じて接合材の種類と厚みを調整することが好ましい。

[0143] （ステップＳ２３０）

次に、アルミニウム部材、第１の合金部材、第２の合金部材、およびセラミックス部材が、この順に積層され、組立体が構成される。

[0144] ここで、第１の合金部材は、第１の表面の側がアルミニウム部材の被接合面と対面し、第２の表面が第２の合金部材の第３の表面と対面するように配置される。また、第２の合金部材は、第４の表面の側がセラミックス部材の被接合面と対面するように配置される。

[0145] 組立体において、アルミニウム部材、第１の合金部材、第２の合金部材、およびセラミックス部材は、実質的に無加圧状態で相互に積層されても良い（ただし、自重による荷重は印加される）。あるいは、アルミニウム部材とセラミックス部材の間に、ある程度の荷重を加えても良い。

[0146] （ステップＳ２４０）

次に、接合処理のため、組立体が熱処理される。これにより、アルミニウム部材、第１の合金部材、第２の合金部材、およびセラミックス部材が、接合層を介して相互に接合された接合体が製造される。

[0147] 前述のように、熱処理は、実質的に酸素が存在しない雰囲気、例えば不活性ガス雰囲気または真空雰囲気で実施される。

[0148] 不活性ガス雰囲気は、例えば、アルゴン、ヘリウム、および／または窒素などの雰囲気であっても良い。真空雰囲気における真空度は、例えば、大気圧を０ＭＰａとした場合、－０．０８ＭＰａ以下である。

[0149] 熱処理の温度は、４００℃以上であり、４５０℃以上であることが好ましい。なお、熱処理の温度は、例えば、８００℃以下であることが好ましい。熱処理の温度は、５４０℃～６６０℃の範囲であることがより好ましい。

[0150] 組立体を熱処理することにより、第１～第３の接合材が変化し、アルミニウム部材と第１の合金部材との間に、第１の接合層が形成され、第２の合金部材とセラミックス部材との間に、第２の接合層が形成される。また、第１の合金部材と第２の合金部材との間に、第３の接合層が形成される。

[0151] 前述のように、第１～第３の接合層（以下、単に「接合層」という）の組成は、接合材の種類によって変化する。

[0152] 例えば、接合材として、前述の（ｉ）および（ｉｖ）を含むものを使用した場合、炭化ケイ素系化合物を含む接合層が得られる。炭化ケイ素系化合物は、アモルファス相であっても良い。また、接合層中には、炭化ケイ素系化合物の他に、少量の他の物質、例えば、炭素塊、金属シリコン塊、および／またはアルミノシリケート等が含まれる場合がある。

[0153] 一方、接合材として、前述の（ｉｉ）または（ｉｉｉ）を含むものを使用した場合、アルミノシリケート系化合物を含む接合層が得られる。

[0154] 前述のように、アルミノシリケート系化合物は、一般式が$Al_xSi_yO_z$で表され、ここで、０＜ｘ＜３、０＜ｙ＜５１、０＜ｚ＜１０４である。アルミノシリケート系化合物は、アルミナとシリカの混合物であっても良い。

[0155] この場合も、接合層中には、アルミノシリケート系化合物の他に、少量の他の物質、例えば、炭素塊、および金属シリコン塊等が含まれる場合がある。

[0156] 以上の工程により、アルミニウム部材、第１の合金部材、第２の合金部材

、およびセラミックス部材をこの順に有する接合体が製造される。

[0157] このような第２の製造方法で製造される接合体は、アルミニウム部材とセラミックス部材との間に、第１および第２の合金部材を有し、アルミニウム部材からより近い位置にある第１の合金部材は、熱膨張係数がアルミニウム部材の熱膨張係数と第２の合金部材の熱膨張係数の間にある。また、セラミックス部材からより近い位置にある第２の合金部材は、熱膨張係数がセラミック部材の熱膨張係数と第１の合金部材の熱膨張係数の間にある。

[0158] このため、本接合体は、前述の第１の製造方法で製造される接合体に比べて、熱応力に対する耐性をよりいっそう高めることができる。

[0159] （本発明の一実施形態による接合体のさらに別の製造方法）

次に、図２Ａを参照して、本発明の一実施形態による接合体のさらに別の製造方法について説明する。

[0160] 図２Ａには、本発明の一実施形態による、アルミニウム部材とセラミックス部材を含む接合体のさらに別の製造方法（以下、「第３の製造方法」と称する）のフローを模式的に示す。

[0161] 図２Ａに示すように、第３の製造方法は、

（ａ）アルミニウム部材、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材、ならびにアルミニウムを含む合金部材を準備するステップ（ステップＳ３１０）と、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置するとともに、前記セラミックス部材の被接合面および前記合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置するステップ（ステップＳ３２０）と、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記合金部材、および前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成するステップ（ステップＳ３３０）と、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱するステップ（ステップＳ３４０）と、

を有する。

[0162] ここで、第３の製造方法において、各ステップＳ３１０～ステップ３４０は、前述の第１の製造方法におけるステップＳ１１０～ステップ１４０と実質的に等しい。ただし、この第３の製造方法では、合金部材として、アルミニウムを含む合金部材が使用される点で、
第１の製造方法とは異なっている。

[0163] そこで、以下、第３の製造方法において使用される合金部材について、詳しく説明する。

[0164] 第３の製造方法において、合金部材は、アルミニウムを含む合金材料から選定される。アルミニウムの重量比は、１％～９９％の範囲であっても良い。

[0165] 合金部材は、例えば、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかであっても良い。

[0166] これらの合金部材の組成は、準備されたアルミニウム部材よりも小さな熱膨張係数を有し、かつセラミックス部材よりも大きな熱膨張係数を有する限り、特に限られない。

[0167] なお、前述のように、合金部材は、内部に該合金部材よりも熱膨張係数が小さい粒子を含有しても良い。

[0168] そのような粒子は、金属粒子、合金粒子、およびセラミックス粒子の少なくとも一つを含んでも良い。

[0169] 金属粒子としては、例えば、ケイ素、モリブデン、およびタングステン等が挙げられる。また、セラミックス粒子としては、例えば、アルミナ（Al_2O_3）、窒化ケイ素（Si_3N_4）、炭化ケイ素（ＳｉＣ）、およびダイヤモンド等が挙げられる。

[0170] また、合金部材の形態は、対向する２表面（それぞれ、「第１の表面」および「第２の表面」と称する）を有する形態である限り、特に限られない。例えば、合金部材は、板状であっても、ブロック状であっても良い。

[0171] 第３の製造方法においても、アルミニウム部材とセラミックス部材とを適正に接合することができ、得られた接合体の耐熱応力特性を向上させることができる。

[0172] 以上、第１～第３の製造方法を例に、本発明の一実施例による接合体の製造方法について説明した。しかしながら、以上の説明は、単なる一例に過ぎず、前述の方法の一部を変更したり、他の工程と組み合わせたりしても良いことは当業者には明らかである。

[0173] 例えば、第２の製造方法では、アルミニウム部材とセラミックス部材との間に、２つの合金部材が配置される。しかしながら、別の態様として、アルミニウム部材とセラミックス部材との間に、３つ以上の合金部材が配置されても良い。この場合、合金部材は、アルミニウム部材からセラミックス部材に向かって、熱膨張係数が大きいものから順に配置される。

[0174] また、第２の製造方法では、第１および第２の合金部材として、ケイ素とアルミニウムの両方を含む合金材料が使用される。しかしながら、第１および第２の合金部材のうちの少なくとも一方は、第３の製造方法において使用されるような合金部材であっても良い。すなわち、第１および第２の合金部材のうちの少なくとも一方は、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかであっても良い。

[0175] その他にも各種変更および組み合わせが可能であることは、当業者には明らかである。

[0176] （本発明の一実施形態による接合体）

次に、図３を参照して、本発明の一実施形態による接合体について説明する。

[0177] 図３には、本発明の一実施形態による接合体（以下、「第１の接合体」と称する）の概略的な断面図を示す。

[0178] 図３に示すように、第１の接合体１００は、アルミニウム部材１１０と、合金部材１２０と、セラミックス部材１３０とを有する。アルミニウム部材

１１０と合金部材１２０の間には、第１の接合層１４０が設置され、合金部材１２０とセラミックス部材１３０の間には、第２の接合層１５０が設置される。

[0179] アルミニウム部材１１０は、実質的にアルミニウム金属で構成された部材、重量比で５０％以上のアルミニウム金属を含む部材、実質的にアルミニウム合金で構成された部材、および重量比で５０％以上のアルミニウムを含む合金部材であっても良い。

[0180] アルミニウム部材１１０の形状は特に限られず、アルミニウム部材１１０は、ブロック、板、棒、箔、またはディスク等の形状を有しても良い。

[0181] 合金部材１２０は、ケイ素およびアルミニウムを含む。ケイ素の重量比は、０．３～９９％であっても良い。また、アルミニウムの重量比は、１％～９９％の範囲であっても良い。

[0182] 合金部材１２０の組成は、アルミニウム部材１１０よりも小さな熱膨張係数を有し、かつセラミックス部材１３０よりも大きな熱膨張係数を有する限り、特に限られない。

[0183] 合金部材１２０は、例えば、アルミニウム（Ａｌ）を主体としてケイ素（Ｓｉ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ合金）、Ａｌを主体としてＳｉおよびマグネシウム（Ｍｇ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金）、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金（Ｓｉ－Ａｌ合金）等であっても良い。

[0184] 合金部材１２０がＡｌ－Ｓｉ合金またはＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金の場合、Ａｌの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ｓｉの重量比は、０．３％～５０％の範囲であっても良い。また、Ｍｇの重量比は、０．１％～４５％の範囲であっても良い。

[0185] 一方、合金部材１２０がＳｉ－Ａｌ合金の場合、Ｓｉの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ａｌの重量比は、１％～５０％の範囲であっても良い。

[0186] アルミニウム部材１１０がシルミン（Ａｌ－１２％Ｓｉ合金）ではない場合、合金部材１２０は、シルミンであっても良い。

[0187] あるいは、合金部材１２０は、アルミニウムを含む合金で構成されても良い。例えば、合金部材１２０は、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかであっても良い。これらの合金において、Ｍｇの重量比は０．１～９５％の範囲であっても良い。Ｚｎの重量比は０．１～９９％であっても良い。Ｓｎの重量比は０．１～９９％であっても良い。

[0188] さらに、合金部材１２０は、追加元素として、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｚｎを含んでも良い。Ｃｕの重量比は０～６．０ｗｔ％の範囲、Ｎｉの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｍｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｆｅの重量比は０～１．３ｗｔ％の範囲、Ｚｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲であっても良い。

[0189] 合金部材１２０の形態は、特に限られない。例えば、合金部材１２０は、板状であっても、ブロック状であっても良い。

[0190] なお、合金部材１２０は、いったん溶解した後に凝固したものであっても良い。

[0191] また、合金部材１２０は、内部に粒子を含有しても良い。そのような粒子は、金属粒子、合金粒子、およびセラミックス粒子の少なくとも一つであっても良い。

[0192] 金属粒子としては、例えば、ケイ素、モリブデン、およびタングステン等が挙げられる。また、セラミックス粒子としては、例えば、アルミナ（Al_2O_3）、窒化ケイ素（Si_3N_4）、炭化ケイ素（ＳｉＣ）、およびダイヤモンド等が挙げられる。

[0193] セラミックス部材１３０は、アルミニウム成分および／またはケイ素成分を含有するセラミックスで構成される。例えば、セラミックス部材１３０は、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、およびアルミノシリケートの少なくとも１種を含む。

[0194] また、セラミックス部材１３０の結晶形態に特に制限はないが、アルミナとしては、α－アルミナを好適に使用できる。

[0195] セラミックス部材１３０の形状は特に限られず、セラミックス部材１３０は、ブロック、板、棒、またはディスク等の形状を有しても良い。

[0196] 一方、第１の接合層１４０は、以下の構成を取り得る。

（ｉ）炭化ケイ素系化合物を含む層：

第１の接合層１４０は、炭素およびケイ素を含むアモルファス相、すなわち炭化ケイ素系化合物のアモルファス相を主体として含んでも良い。アモルファス相は、例えば、ＳｉＣ、ＳｉＯＣ、ＳｉＣＮ、ＳｉＯＣＮ、ＡｌＳｉＣ、ＡｌＳｉＯＣ、ＡｌＳｉＣＮ、および／またはＡｌＳｉＯＣＮ等を含んでも良い。

[0197] 第１の接合層１４０は、さらに、少量の炭素塊、金属シリコン塊、および／またはアルミノシリケート等を含んでも良い。アルミノシリケートは、結晶質であっても、非晶質であっても良い。

[0198] 第１の接合層１４０のアモルファス相中の炭素量は、８重量％以上であり、同領域における酸素量は、３０重量％未満である。

（ｉｉ）アルミノシリケート系化合物を含む層：

第１の接合層１４０は、アルミノシリケート系化合物を主体として含んでも良い。アルミノシリケート系化合物は、一般式が$Al_xSi_yO_z$で表され、ここで、０＜ｘ＜３、０＜ｙ＜５１、０＜ｚ＜１０４である。アルミノシリケート系化合物は、アルミナとシリカの混合物であっても良い。

[0199] 第１の接合層１４０は、さらに、少量の炭素塊および／または金属シリコン塊を含んでも良い。

[0200] 一方、第２の接合層１５０についても、第１の接合層１４０と同様のことが言える。ただし、第２の接合層１５０は、第１の接合層１４０と同じであっても、異なっていても良い。

[0201] このような構成を有する第１の接合体１００では、第１の接合層１４０の存在により、アルミニウム部材１１０と合金部材１２０とを好適に接合することができる。また、第２の接合層１５０の存在により、合金部材１２０とセラミックス部材１３０を好適に接合することができる。

[0202] さらに、第１の接合体１００では、アルミニウム部材１１０とセラミックス部材１３０の間の熱膨張係数を有する第１の合金部材１２０の存在により、耐熱応力特性を有意に高めることができる。

[0203] このように本発明の一実施形態では、熱応力を受けても比較的破損が生じ難い接合体を提供することができる。

[0204] （本発明の一実施形態による別の接合体）

次に、図４を参照して、本発明の一実施形態による別の接合体について説明する。

[0205] 図４には、本発明の一実施形態による別の接合体（以下、「第２の接合体」と称する）の概略的な断面図を示す。

[0206] 図４に示すように、この第２の接合体２００は、アルミニウム部材２１０、第１の合金部材２２０、第２の合金部材２２５、およびセラミックス部材２３０を、この順に有する。

[0207] アルミニウム部材２１０と第１の合金部材２２０の間には、第１の接合層２４０が配置され、第２の合金部材２２５とセラミックス部材２３０の間には、第２の接合層２５０が配置される。さらに、第１の合金部材２２０と第２の合金部材２２５の間には、第３の接合層２６０が配置される。

[0208] アルミニウム部材２１０は、前述のように、実質的にアルミニウム金属で構成された部材、重量比で５０％以上のアルミニウム金属を含む部材、実質的にアルミニウム合金で構成された部材、および重量比で５０％以上のアルミニウムを含む合金部材であっても良い。

[0209] アルミニウム部材２１０の形状は特に限られず、アルミニウム部材２１０は、ブロック、板、棒、箔、またはディスク等の形状を有しても良い。

[0210] 第１の合金部材２２０および第２の合金部材２２５は、ケイ素およびアルミニウムを含んでも良い。ケイ素の重量比は、０．３～９９％であっても良い。また、アルミニウムの重量比は、１％～９９％の範囲であっても良い。

[0211] 第１の合金部材２２０の組成は、アルミニウム部材２１０よりも小さな熱膨張係数を有し、かつ第２の合金部材２２５よりも大きな熱膨張係数を有す

る限り、特に限られない。

[0212] 第１の合金部材２２０は、例えば、アルミニウム（Ａｌ）を主体としてケイ素（Ｓｉ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ合金）、Ａｌを主体としてＳｉおよびマグネシウム（Ｍｇ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金）、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金（Ｓｉ－Ａｌ合金）等であっても良い。

[0213] 第１の合金部材２２０がＡｌ－Ｓｉ合金またはＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金の場合、Ａｌの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ｓｉの重量比は、０．３％～５０％の範囲であっても良い。また、Ｍｇの重量比は、０．１％～４５％の範囲であっても良い。

[0214] 一方、第１の合金部材２２０がＳｉ－Ａｌ合金の場合、Ｓｉの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ａｌの重量比は、１％～５０％の範囲であっても良い。

[0215] アルミニウム部材１１０がシルミン（Ａｌ－１２％Ｓｉ合金）ではない場合、第１の合金部材２２０は、シルミンであっても良い。

[0216] さらに、第１の合金部材２２０は、追加元素として、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｚｎを含んでも良い。Ｃｕの重量比は０～６．０ｗｔ％の範囲、Ｎｉの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｍｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｆｅの重量比は０～１．３ｗｔ％の範囲、Ｚｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲であっても良い。

[0217] あるいは、第１の合金部材２２０は、アルミニウムを含む合金であっても良い。例えば、第１の合金部材２２０は、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかであっても良い。これらの合金において、Ｍｇの重量比は０．１～９５％の範囲であっても良い。Ｚｎの重量比は０．１～９９％であっても良いＳｎの重量比は０．１～９９％であっても良い。

[0218] 第１の合金部材２２０の形態は、特に限られない。例えば、第１の合金部材２２０は、板状であっても、ブロック状であっても良い。

[0219] 一方、第２の合金部材２２５の組成は、第１の合金部材２２０よりも小さな熱膨張係数を有し、かつセラミックス部材２３０よりも大きな熱膨張係数を有する限り、特に限られない。

[0220] 第２の合金部材２２５は、例えば、アルミニウム（Ａｌ）を主体としてケイ素（Ｓｉ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ合金）、Ａｌを主体としてＳｉおよびマグネシウム（Ｍｇ）を含む合金（Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金）、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金（Ｓｉ－Ａｌ合金）等であっても良い。

[0221] 第２の合金部材２２５がＡｌ－Ｓｉ合金またはＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金の場合、Ａｌの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ｓｉの重量比は、０．３％～５０％の範囲であっても良い。また、Ｍｇの重量比は、０．１％～４５％の範囲であっても良い。

[0222] 一方、第２の合金部材２２５がＳｉ－Ａｌ合金の場合、Ｓｉの重量比は、５０％～９９％の範囲であっても良い。また、この場合、Ａｌの重量比は、１％～５０％の範囲であっても良い。

[0223] さらに、第２の合金部材２２５は、追加元素として、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｚｎを含んでも良い。Ｃｕの重量比は０～６．０ｗｔ％の範囲、Ｎｉの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｍｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲、Ｆｅの重量比は０～１．３ｗｔ％の範囲、Ｚｎの重量比は０～１．５ｗｔ％の範囲であっても良い。

[0224] あるいは、第２の合金部材２２５は、例えば、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかであっても良い。これらの合金において、Ｍｇの重量比は０．１～９５％の範囲であっても良い。Ｚｎの重量比は０．１～９９％であっても良い。Ｓｎの重量比は０．１～９９％であっても良い。

[0225] なお、第１の合金部材２２０および／または第２の合金部材２２５は、いったん溶解した後に凝固したものであっても良い。

[0226] セラミックス部材２３０は、アルミニウム成分および／またはケイ素成分

を含有するセラミックスで構成される。例えば、セラミックス部材２３０は、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、およびアルミノシリケートの少なくとも１種を含む。

[0227] また、セラミックス部材２３０の結晶形態に特に制限はないが、アルミナとしては、α－アルミナを好適に使用できる。

[0228] セラミックス部材２３０の形状は特に限られず、セラミックス部材２３０は、ブロック、板、棒、またはディスク等の形状を有しても良い。

[0229] 第１の接合層２４０は、以下の構成を取り得る。

（ｉ）炭化ケイ素系化合物を含む層：

第１の接合層２４０は、炭素およびケイ素を含むアモルファス相、すなわち炭化ケイ素系化合物のアモルファス相を主体として含んでも良い。アモルファス相は、例えば、ＳｉＣ、ＳｉＯＣ、ＳｉＣＮ、ＳｉＯＣＮ、ＡｌＳｉＣ、ＡｌＳｉＯＣ、ＡｌＳｉＣＮ、および／またはＡｌＳｉＯＣＮ等を含んでも良い。

[0230] 第１の接合層２４０は、さらに、少量の炭素塊、金属シリコン塊、および／またはアルミノシリケート等を含んでも良い。アルミノシリケートは、結晶質であっても、非晶質であっても良い。

[0231] 第１の接合層２４０のアモルファス相中の炭素量は、８重量％以上であり、同領域における酸素量は、３０重量％未満である。

（ｉｉ）アルミノシリケート系化合物を含む層：

第１の接合層２４０は、アルミノシリケート系化合物を主体として含んでも良い。

[0232] 前述のように、アルミノシリケート系化合物は、一般式が$Al_xSi_yO_z$で表され、ここで、０＜ｘ＜３、０＜ｙ＜５１、０＜ｚ＜１０４である。アルミノシリケート系化合物は、アルミナとシリカの混合物であっても良い。

[0233] 第１の接合層２４０中には、アルミノシリケート系化合物の他に、少量の他の物質、例えば、炭素塊および／または金属シリコン塊等が含まれる場合がある。

[0234] 第２の接合層２５０および第３の接合層２６０についても、第１の接合層２４０と同様のことが言える。ただし、第２の接合層２５０は、第１の接合層２４０と同じであっても、異なっていても良い。同様に、第３の接合層２６０は、第１の接合層２４０と同じであっても、異なっていても良い。さらに、第３の接合層２６０は、第２の接合層２５０と同じであっても、異なっていても良い。

[0235] このような構成を有する第２の接合体２００では、第１の接合層２４０の存在により、アルミニウム部材２１０と第１の合金部材２２０とを好適に接合することができる。また、第２の接合層２５０の存在により、第２の合金部材２２５とセラミックス部材２３０を好適に接合することができる。さらに、第３の接合層２６０の存在により、第１の金部材２２０と第２の合金部材２２５とを好適に接合することができる。

[0236] また、第２の接合体２００では、第１の合金部材２２０および第２の合金部材２２５の存在により、耐熱応力特性を有意に高めることができる。

実施例

[0237] 以下、本発明の実施例について、詳しく説明する。ただし、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

[0238] 以下の記載において、例１、例３、および例５～例１５は、実施例であり、例２および例４は、比較例である。

[0239] （例１）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0240] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上、ＪＦＣ製）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0241] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を

準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0242] 次に、市販のポリカルボシラン（ＮＩＰＵＳＩ　Ｔｙｐｅ－Ａ、日本カーボン社製）をトルエン溶媒により０．１ｍｏｌ／Ｌに希釈して、塗布液（以下、「塗布液Ａ」と称する）を調製した。

[0243] 次に、スピンコーティング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数３０００ｒｐｓ、回転時間３０秒とした。

[0244] また、シルミン板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0245] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0246] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナ板（重量７０ｇ）を配置した。

[0247] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６００℃で１時間熱処理した。処理中に、シルミン板が溶融している様子が観察された。

[0248] これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１に係る接合体」と称する。

[0249] （評価）

上記方法で製造された例１に係る接合体を用いて、以下の評価を行った。

[0250] （接合状態の評価）

走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかっ

た。

[0251] （接合層の評価）

図５には、シルミン板とセラミックス部材の間に形成された接合層の部分におけるＸ線回折分析結果を示す。分析結果において、２０°～４０°にかけて連続的なピークが存在しており、このことから接合層は、アモルファス相を有することがわかる。

[0252] また、接合層の詳細な分析の結果、接合層は、アモルファス相を構成する炭化ケイ素系化合物の他、少量の炭素塊および金属シリコン塊を含むことがわかった。特に、炭化ケイ素系化合物は、ＳｉＣの他、ＡｌＳｉＣ、ＡｌＳｉＯＣ、ＡｌＳｉＣＮ、およびＡｌＳｉＯＣＮを含むことがわかった。

[0253] また、接合層のアモルファス相の領域でのＥＤＸ分析の結果、該領域における炭素量は、８重量％以上であり、酸素量は、３０重量％未満であることがわかった。

[0254] （耐熱特性試験）

例１に係る接合体を用いて、耐熱特性試験を実施した。

[0255] 耐熱特性試験は、接合体を、１５０℃と－４０℃の環境下に繰り返し晒すことにより実施した。具体的には、接合体を１５０℃の環境下に１０秒間保持し、その後－４０℃の環境に１０秒間保持する操作を１００回繰り返した。

[0256] 試験後に、例１に係る接合体の状態を観察した。その結果、剥離や破損は認められず、例１に係る接合体は、健全な状態であった。

[0257] （例２）

例１と同様の方法により、接合体を製造した。

[0258] ただし、この例２では、窒化ケイ素板とアルミニウム板の間に、シルミン板を設置しなかった。すなわち、被接合面に塗布液Ａを塗布した窒化ケイ素板と、アルミニウム板とを積層させた状態で、熱処理を行った。塗布条件および熱処理条件等は、例１の場合と同様である。

[0259] これにより、例２に係る接合体が得られた。

[0260] 例２に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、窒化ケイ素板とアルミニウム板の間に、剥離が認められた。

[0261] （例３）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0262] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．６ｍｍの寸法を有する窒化アルミニウム板（純度９０％以上）を用意した。

[0263] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．５ｍｍのＳｉ－Ａｌ合金（Ｓｉ－１ｗｔ％Ａｌ合金）板を準備した。以下、２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0264] 次に、スピンコーティング法により、窒化アルミニウム板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数１０００ｒｐｓ、回転時間３０秒とした。

[0265] また、Ｓｉ－Ａｌ合金板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0266] 次に、窒化アルミニウム板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、Ｓｉ－Ａｌ合金板を設置した。Ｓｉ－Ａｌ合金板は、第２の表面が窒化アルミニウム板の被接合面に対面するように設置した。

[0267] 次に、Ｓｉ－Ａｌ合金板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナ板（重量７０ｇ）を配置した。

[0268] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６００℃で１時間熱処理した。これにより、窒化アルミニウム板、Ｓｉ－Ａｌ合金板、およびアルミニ

ウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例３に係る接合体」と称する。

[0269] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とＳｉ－ＡｌＩ合金板の間、およびＳｉ－ＡｌＩ合金板と窒化アルミニウム板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0270] また、例３に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例３に係る接合体は、健全な状態であった。

[0271] （例４）

例３と同様の方法により、接合体を製造した。

[0272] ただし、この例３では、窒化アルミニウム板とアルミニウム板の間に、Ｓｉ－ＡｌＩ合金板を設置しなかった。すなわち、被接合面に塗布液Ａを塗布した窒化アルミニウム板と、アルミニウム板とを積層させた状態で、熱処理を行った。塗布条件および熱処理条件等は、例１の場合と同様である。

[0273] これにより、例４に係る接合体が得られた。

[0274] 例４に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、窒化アルミニウム板とアルミニウム板の間に、剥離が認められた。

[0275] （例５）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0276] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度８０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は３ｗｔ％以上であった。

[0277] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を

準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0278] 次に、市販のポリメチルフェニルシロキサン（ＫＦ－５４：信越化学工業（株）社製）をトルエン溶媒により０．１ｍｏｌ／Ｌに希釈して、塗布液（以下、「塗布液Ｂ」と称する）を調製した。

[0279] 次に、スピンコーティング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ｂを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数３０００ｒｐｓ、回転時間３０秒とした。

[0280] また、シルミン板を塗布液Ｂ中に浸漬して、全面に塗布液Ｂを設置した。

[0281] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0282] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナ板（重量約７０ｇ）を配置した。

[0283] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、５００℃で８時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例５に係る接合体」と称する。

[0284] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0285] また、例５に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例５に係る接合体は、健全な状態であった。

[0286] （例６）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0287] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は３ｗｔ％以上であった。

[0288] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0289] 次に、スピンコーティング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ｂを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数３０００ｒｐｓ、回転時間３０秒とした。

[0290] また、シルミン板を塗布液Ｂ中に浸漬して、全面に塗布液Ｂを設置した。

[0291] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0292] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦３０ｍｍ×横３０ｍｍ×厚さ１０ｍｍのアルミナ板（重量約３５ｇ）を配置した。

[0293] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６２０℃で１時間熱処理した。なお、この熱処理温度は、シルミン板の融点を超える温度である。

[0294] 熱処理後に、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例６に係る接合体」と称する。

[0295] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0296] また、例６に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例６に係る接合体は、健全な状態であった。

[0297] （例７）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0298] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0299] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．５ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0300] 次に、スピンコーティング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数３０００ｒｐｓ、回転時間３０秒とした。

[0301] また、シルミン板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0302] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。Ａｌ－Ｓｉ合金板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0303] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニ

ウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0304] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、５５０℃で８時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例７に係る接合体」と称する。

[0305] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0306] また、例７に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例７に係る接合体は、健全な状態であった。

[0307] （例８）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0308] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ１ｍｍの寸法を有するアルミナ板（純度９９％以上）を用意した。

[0309] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ２ｍｍのＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ（０．３ｗｔ％Ｓｉ、４．９ｗｔ％Ｍｇ）板を準備した。以下、Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0310] 次に、スピンコーティング法により、アルミナ板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数５００ｒｐｍ、回転時間３０秒とした。

[0311] また、Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａ

を設置した。

[0312] 次に、アルミナ板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金板を設置した。Ａｌ－Ｓｉ合金板は、第２の表面がアルミナ板の被接合面に対面するように設置した。

[0313] 次に、Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ合金板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0314] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６００℃で８時間熱処理した。これにより、アルミナ板、Ａｌ－Ｓｉ－Ｍｇ板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例８に係る接合体」と称する。

[0315] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ板の間、およびＡｌ－Ｓｉ－Ｍｇ板とアルミナ板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0316] また、例８に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例８に係る接合体は、健全な状態であった。

[0317] （例９）

ｖ以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0318] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0319] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を

準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．０８ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0320] 次に、市販のポリシラン（ＳＩ－２０－１０、大阪ガスケミカル製）をトルエン溶媒により０．１ｍｏｌ／Ｌに希釈して、塗布液（以下、「塗布液Ｃ」と称する）を調製した。

[0321] 次に、スピンコーティング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ｃを塗布した。スピンコーティングの条件は、回転数１０００ｒｐｓ、回転時間３０秒とした。

[0322] また、シルミン板を塗布液Ｃ中に浸漬して、全面に塗布液Ｃを設置した。

[0323] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0324] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0325] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、３５０℃で４時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例９に係る接合体」と称する。

[0326] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0327] また、例９に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例９に係る接合体は、健全な状態であった。

[0328] （例１０）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0329] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0330] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0331] 次に、ディッピング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。その後、塗布液面表面にアルミナ粉末（ＡＳ－４０、昭和電工製）を薄く散布した。

[0332] また、シルミン板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0333] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0334] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0335] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６２０℃で１時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１０に係る接合体」と称する。

[0336] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシ

ルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0337] また、例１０に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例１０に係る接合体は、健全な状態であった。

[0338] （例１１）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0339] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0340] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0341] 次に、ディッピング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。その後、塗布液面表面に炭化ケイ素粉末（ＧＣ＃１０００、フジミインコーポレイテッド製）を薄く散布した。

[0342] また、シルミン板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0343] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0344] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニ

ウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0345] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６２０℃で４時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１１に係る接合体」と称する。

[0346] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0347] また、例１１に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例１１に係る接合体は、健全な状態であった。

[0348] （例１２）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0349] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0350] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍのシルミン（Ａｌ－１２ｗｔ％Ｓｉ合金）板を準備した。以下、シルミン板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0351] 次に、ディッピング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。その後、塗布液面表面に

、シリコンウエハー（ＳＩ－５００４４３、ニラコ製）を砕いて作製した金属ケイ素粉末を薄く散布した。

[0352] また、シルミン板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0353] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、シルミン板を設置した。シルミン板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0354] 次に、シルミン板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0355] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６２０℃で４時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、シルミン板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１２に係る接合体」と称する。

[0356] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とシルミン板の間、およびシルミン板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0357] また、例１２に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例１２に係る接合体は、健全な状態であった。

[0358] （例１３）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0359] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0360] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの

寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍに圧延したＡＩ－Ｚｎ合金板（ＲＺ－２０３、新富士バーナー製）を準備した。以下、ＡＩ－Ｚｎ合金板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0361] 次に、ディッピング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。その後、塗布液面表面に、シリコンウエハー（ＳＩ－５００４４３、ニラコ製）を砕いて作製した金属ケイ素粉末を薄く散布した。

[0362] また、ＡＩ－Ｚｎ合金板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0363] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、ＡＩ－Ｚｎ合金板を設置した。ＡＩ－Ｚｎ合金板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0364] 次に、ＡＩ－Ｚｎ合金板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0365] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、５５０℃で１時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、ＡＩ－Ｚｎ合金板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１３に係る接合体」と称する。

[0366] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とＡＩ－Ｚｎ合金板の間、およびＡＩ－Ｚｎ合金板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0367] また、例１３に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認め

られず、例１３に係る接合体は、健全な状態であった。

[0368] （例１４）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0369] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0370] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍに圧延した、公知の方法で作製されたＡｌ－Ｓｎ合金板を準備した。以下、Ａｌ－Ｓｎ合金板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0371] 次に、ディッピング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。その後、塗布液面表面に、シリコンウエハー（ＳＩ－５００４４３，ニラコ製）を砕いて作製した金属ケイ素粉末を薄く散布した。

[0372] また、Ａｌ－Ｓｎ合金板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａを設置した。

[0373] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、Ａｌ－Ｓｎ合金板を設置した。Ａｌ－Ｓｎ合金板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0374] 次に、Ａｌ－Ｓｎ合金板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0375] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６２０℃で４時間熱処理し

た。これにより、窒化ケイ素板、Ａｌ－Ｓｎ合金板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１４に係る接合体」と称する。

[0376] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とＡｌ－Ｓｎ合金板の間、およびＡｌ－Ｓｎ合金板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0377] また、例１４に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例１４に係る接合体は、健全な状態であった。

[0378] （例１５）

以下の方法により、セラミックス部材とアルミニウム部材の接合体を製作した。

[0379] まず、セラミックス部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．３２ｍｍの寸法を有する窒化ケイ素板（純度９０％以上）を用意した。この窒化ケイ素板内のアルミニウム含有量をＥＤＳ法で測定した結果、含有量は１ｗｔ％未満であった。

[0380] また、アルミニウム部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ５ｍｍの寸法を有する市販のアルミニウム板（純度９９％以上、スリーエス社製）を準備した。さらに、合金部材として、縦２０ｍｍ×横２０ｍｍ×厚さ０．２ｍｍに圧延した、公知の方法で作製されたＡｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板を準備した。以下、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板の２０ｍｍ×２０ｍｍの両表面を、それぞれ、第１の表面および第２の表面と称する。

[0381] 次に、ディッピング法により、窒化ケイ素板の被接合面（２０ｍｍ×２０ｍｍの一つの面）に、前述の塗布液Ａを塗布した。その後、塗布液面表面に、シリコンウエハー（ＳＩ－５００４４３、ニラコ製）を砕いて作製した金属ケイ素粉末を薄く散布した。

[0382] また、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板を塗布液Ａ中に浸漬して、全面に塗布液Ａ

を設置した。

[0383] 次に、窒化ケイ素板を、被接合面が上向きとなるようにして、台上に水平に設置した。また、被接合面に、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板を設置した。Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板は、第２の表面が窒化ケイ素板の被接合面に対面するように設置した。

[0384] 次に、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板の上に、アルミニウム板を設置した。さらに、アルミニウム板の上に、重しとして、縦４０ｍｍ×横４０ｍｍ×厚さ１１ｍｍのアルミナブロック（重量約７０ｇ）を配置した。

[0385] 次に、得られた組立体を、アルゴン雰囲気下、６２０℃で４時間熱処理した。これにより、窒化ケイ素板、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板、およびアルミニウム板が接合された接合体が得られた。以下、この接合体を、「例１５に係る接合体」と称する。

[0386] 走査型電子顕微鏡を用いて、アルミニウム板とＡｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板の間、およびＡｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金板と窒化ケイ素板の間に形成された接合層を観察した。その結果、いずれの接合層においても、特にクラックやボイド等の欠陥は認められなかった。

[0387] また、例１５に係る接合体を用いて、前述の耐熱特性試験を実施した。試験後に接合体を観察したところ、何れの箇所にも剥離や損傷等の異常は認められず、例１５に係る接合体は、健全な状態であった。

[0388] 本願は２０１６年６月９日に出願した日本国特許出願２０１６－１１５１２４号に基づく優先権を主張するものであり、同日本国出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

[0389] １００ 第１の接合体

１１０ アルミニウム部材

１２０ 合金部材

１３０ セラミックス部材

１４０ 第１の接合層

１５０　第２の接合層

２００　第２の接合体

２１０　アルミニウム部材

２２０　第１の合金部材

２２５　第２の合金部材

２３０　セラミックス部材

２４０　第１の接合層

２５０　第２の接合層

２６０　第３の接合層

請求の範囲

[請求項1] アルミニウム部材とセラミックス部材と、それらの間の１個または２個の合金部材とを有する接合体の製造方法であって、

準備ステップと、設置ステップと、組立ステップと、加熱ステップとを備え、

前記合金部材が１個の場合、

前記準備ステップが、

（ａ）（１）前記アルミニウム部材、（２）アルミニウムおよび／またはケイ素を含有する前記セラミックス部材、ならびに（３）第１および第２の表面を有し、アルミニウムを含む第１の合金部材を準備する、準備ステップであり、

前記設置ステップが、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記第１の合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置するとともに、前記セラミックス部材の被接合面および前記第１の合金部材の第２の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置する、設置ステップであり、

前記組立ステップが、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記第１の合金部材、および前記セラミックス部材を、前記第１の合金部材の前記第１の表面が前記アルミニウム部材の被接合面と対面し、前記第２の表面が前記セラミックス部材の被接合面と対面するように積層し、組立体を構成する、組立ステップであり、

前記合金部材が２個の場合、

前記準備ステップが、

（ａ）（１）前記アルミニウム部材、（２）アルミニウムおよび／またはケイ素を含有する前記セラミックス部材、（３）第１および第２の表面を有し、アルミニウムを含む第１の合金部材、ならびに（４）

第３および第４の表面を有し、アルミニウムを含む第２の合金部材を準備する、準備ステップであり、

前記設置ステップが、

（ｂ）前記アルミニウム部材の被接合面および前記第１の合金部材の第１の表面の少なくとも一方に、第１の接合材を設置し、前記セラミックス部材の被接合面および前記第２の合金部材の第４の表面の少なくとも一方に、第２の接合材を設置し、前記第１の合金部材の第２の表面および前記第２の合金部材の第３の表面の少なくとも一方に、第３の接合材を設置する、設置ステップであり、

前記組立ステップが、

（ｃ）前記アルミニウム部材、前記第１の合金部材、前記第２の合金部材、および前記セラミックス部材を、前記第１の合金部材の前記第１の表面が前記アルミニウム部材の被接合面と対面し、前記第１の合金部材の前記第２の表面と前記第２の合金部材の前記第３の表面が対面し、前記第２の合金部材の前記第４の表面が前記セラミックス部材の被接合面と対面するように積層し、組立体を構成する、組立ステップであり、

前記合金部材の数によらず、前記加熱ステップが、

（ｄ）前記組立体を、不活性ガス雰囲気下または真空雰囲気下、４００℃～８００℃の温度で加熱する、加熱ステップであり、

前記第１および第２の合金部材の熱膨張係数は、それぞれ、前記アルミニウム部材の熱膨張係数よりも小さく、前記セラミックス部材の熱膨張係数よりも大きく、

前記第２の合金部材の熱膨張係数は、前記第１の合金部材の熱膨張係数よりも小さく、

前記第１、第２、および第３の接合材は、それぞれ独立に、

（ｉ）主鎖がＳｉ－Ｃ－Ｓｉ基およびＳｉ－Ｎ－Ｓｉ基の少なくとも一つを有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉ）主鎖がＳｉ－Ｏ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

（ｉｉｉ）炭素粉末含有シリカゾル、ならびに

（ｉｖ）主鎖がＳｉ－Ｓｉ基を有する有機ケイ素系ポリマー、

の少なくとも一つを有する、接合体の製造方法。

[請求項2] 前記第１および／または第２の合金部材は、Ａｌを主体としてＳｉを含む合金、Ａｌを主体としてＳｉおよびＭｇを含む合金、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金である、請求項１に記載の製造方法。

[請求項3] 前記第１および／または第２の合金部材は、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかである、請求項１に記載の製造方法。

[請求項4] 前記第１の合金部材は、内部に該第１の合金部材よりも熱膨張係数が小さい粒子を含む、請求項１に記載の製造方法。

[請求項5] 前記粒子は、金属粒子、合金粒子、およびセラミックス粒子の少なくとも一つを含む、請求項４に記載の製造方法。

[請求項6] 前記（ｉ）の有機ケイ素系ポリマーは、ポリカルボシラン、ポリカルボシラザン、アリルハイドライドポリカルボシラン、ポリチタノカルボシラン、ポリシルメチレン、ポリシラザン、ポリヒドロポリシラザン、およびポリオルガノシラザンからなる群から選定される少なくとも一つを含む、請求項１に記載の製造方法。

[請求項7] 前記（ｉｉ）の有機ケイ素系ポリマーは、ポリメチルヒドロシロキサン（ＰＭＨＳ）、ポリメチルフェニルシロキサン（ＰＭＰｈＳ）、ポリメチルシルセスキオキサン（ＰＭＳＱ）、およびポリフェニルシロキサン(ＰＰＳＱ）からなる群から選定される少なくとも一つを含む、請求項１に記載の製造方法。

[請求項8] 前記（ｉｖ）の有機ケイ素系ポリマーは、ポリヒドロシラン、ポリメチルシラン、およびポリフェニルシランからなる群から選定される少なくとも一つを含む、請求項１に記載の製造方法。

[請求項9] 前記セラミックス部材は、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、ムライトおよびアルミノシリケートからなる群から選定された、少なくとも一つの材料を含む、請求項１に記載の製造方法。

[請求項10] アルミニウム部材と、アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材と、を含む接合体であって、

前記アルミニウム部材と前記セラミックス部材との間に、第１の接合層、第１の合金部材、第２の接合層がこの順に存在し、

前記第１の合金部材は、アルミニウムを含み、

前記第１の合金部材の熱膨張係数は、前記アルミニウム部材の熱膨張係数よりも小さく、前記セラミックス部材の熱膨張係数よりも大きく、

前記第１および第２の接合層は、それぞれ、

（Ｉ）炭素およびケイ素を含み、炭素量が８質量％以上であり、酸素量が３０質量％未満である、アモルファス相、および／または

（ＩＩ）アルミノシリケート、

を含む、接合体。

[請求項11] さらに、前記第２の接合層と前記セラミックス部材の間に、第２の合金部材及び第３の接合層をこの順に有し、

前記第２の合金部材は、アルミニウムを含み、

前記第２の合金部材の熱膨張係数は、前記第１の合金部材の熱膨張係数よりも小さく、前記セラミックス部材の熱膨張係数よりも大きく、

前記第３の接合層は、

（Ｉ）炭素およびケイ素を含み、炭素量が８質量％以上であり、酸素量が３０質量％未満である、アモルファス相、および／または

（ＩＩ）アルミノシリケート、

を含む、請求項１０に記載の接合体。

[請求項12] 前記第１および／または第２の合金部材は、ＡＩを主体としてＳｉ

を含む合金、ＡｌをＳｉおよびＭｇを含む合金、またはＳｉを主体としてＡｌを含む合金である、請求項１０に記載の接合体。

[請求項13] 前記第１および／または第２の合金部材は、Ａｌ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｎ合金、Ａｌ－Ｍｇ－Ｚｎ合金、Ａｌ－Ｓｉ－Ｓｎ合金、またはＡｌ－Ｓｎ－Ｚｎ合金のいずれかである、請求項１０に記載の接合体。

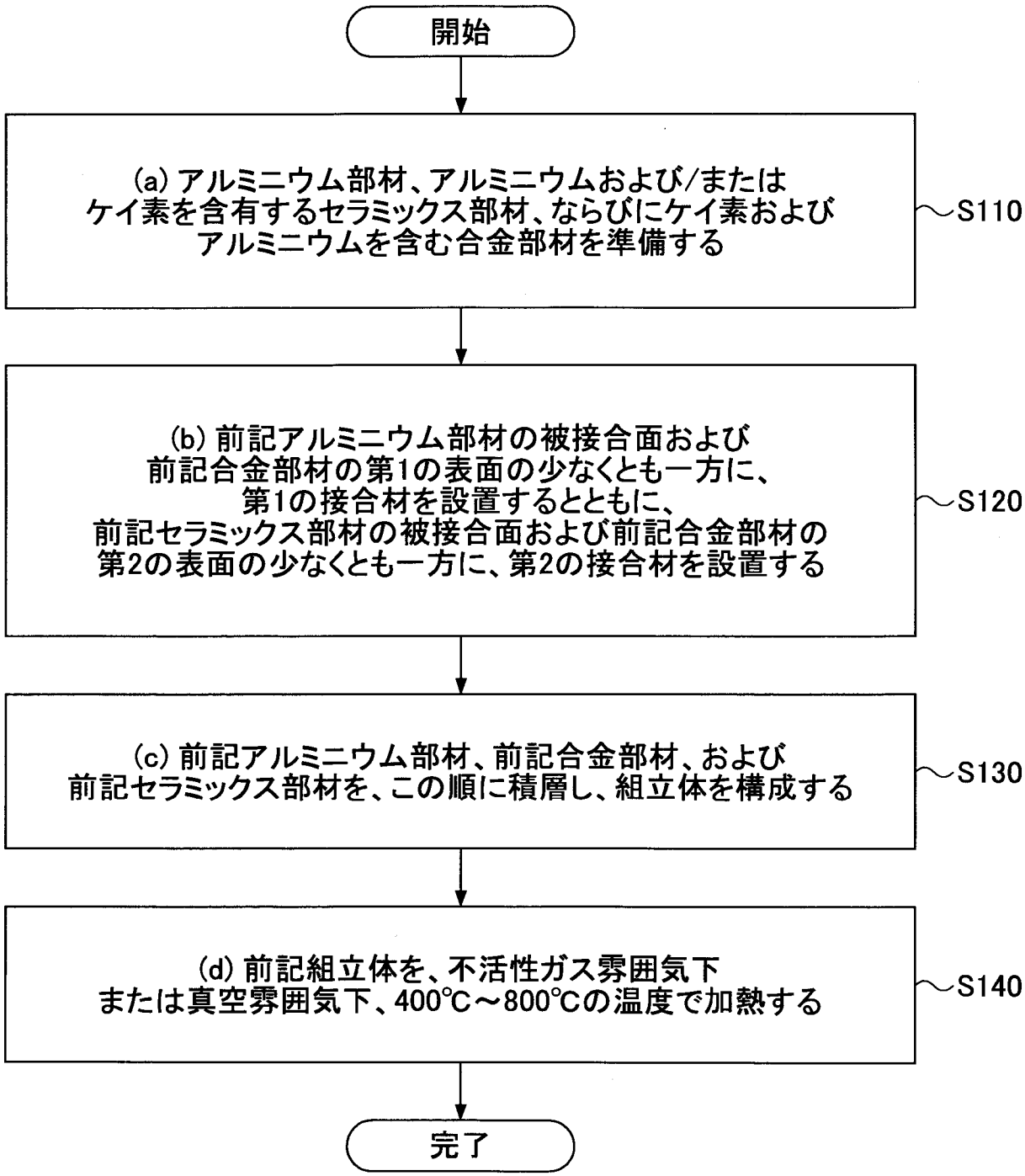
[請求項14] 前記第１の合金部材は、内部に該第１の合金部材よりも熱膨張係数が小さい粒子を含む、請求項１０に記載の接合体。

[請求項15] 前記第２の合金部材は、内部に該第２の合金部材よりも熱膨張係数が小さい粒子を含む、請求項１１に記載の接合体。

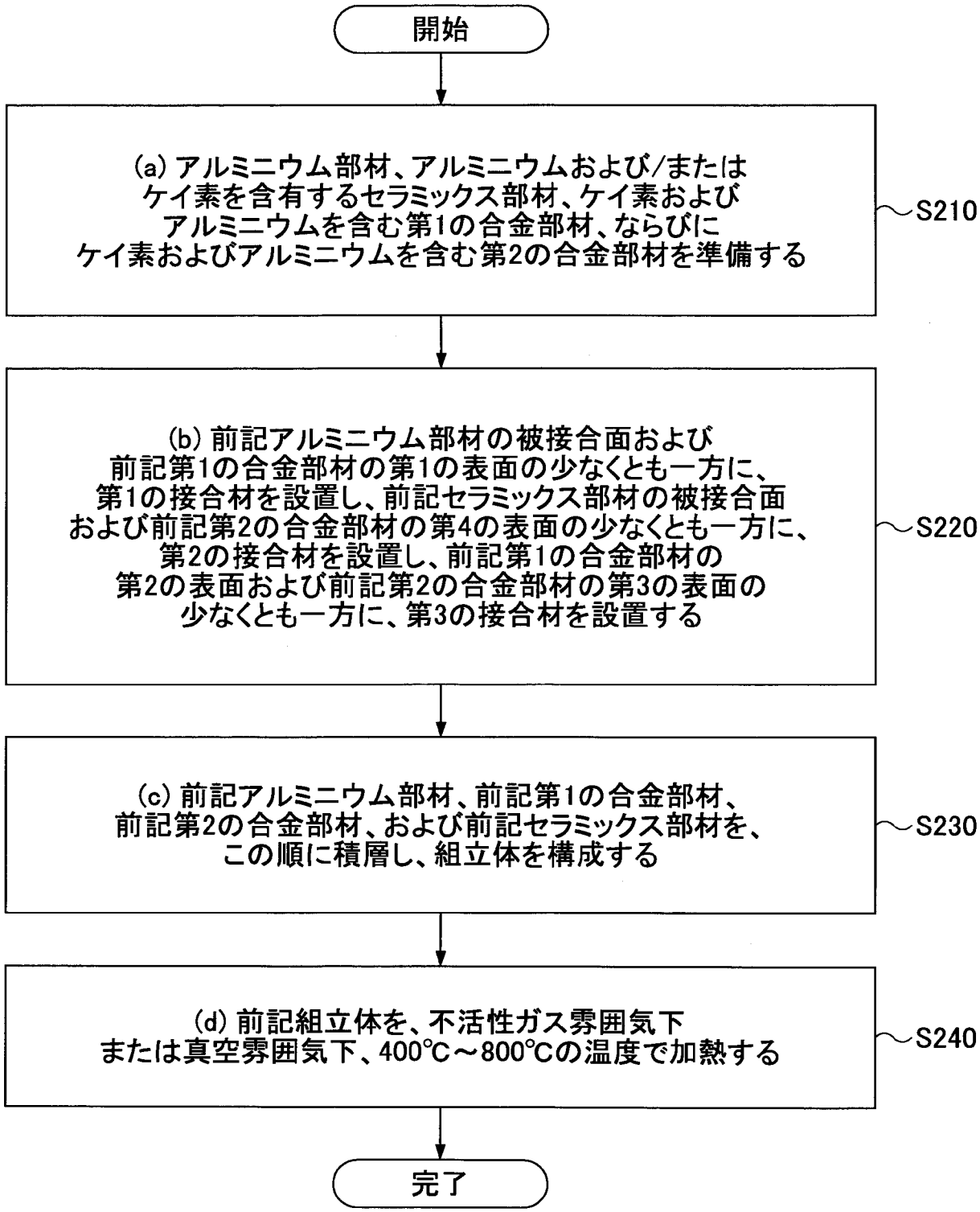
[請求項16] 前記粒子は、金属粒子、合金粒子、およびセラミックス粒子の少なくとも一つを含む、請求項１４または１５に記載の接合体。

[請求項17] 前記アルミニウムおよび／またはケイ素を含有するセラミックス部材は、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、ムライトおよびアルミノシリケートからなる群から選定された、少なくとも一つの材料を含む、請求項１０に記載の接合体。

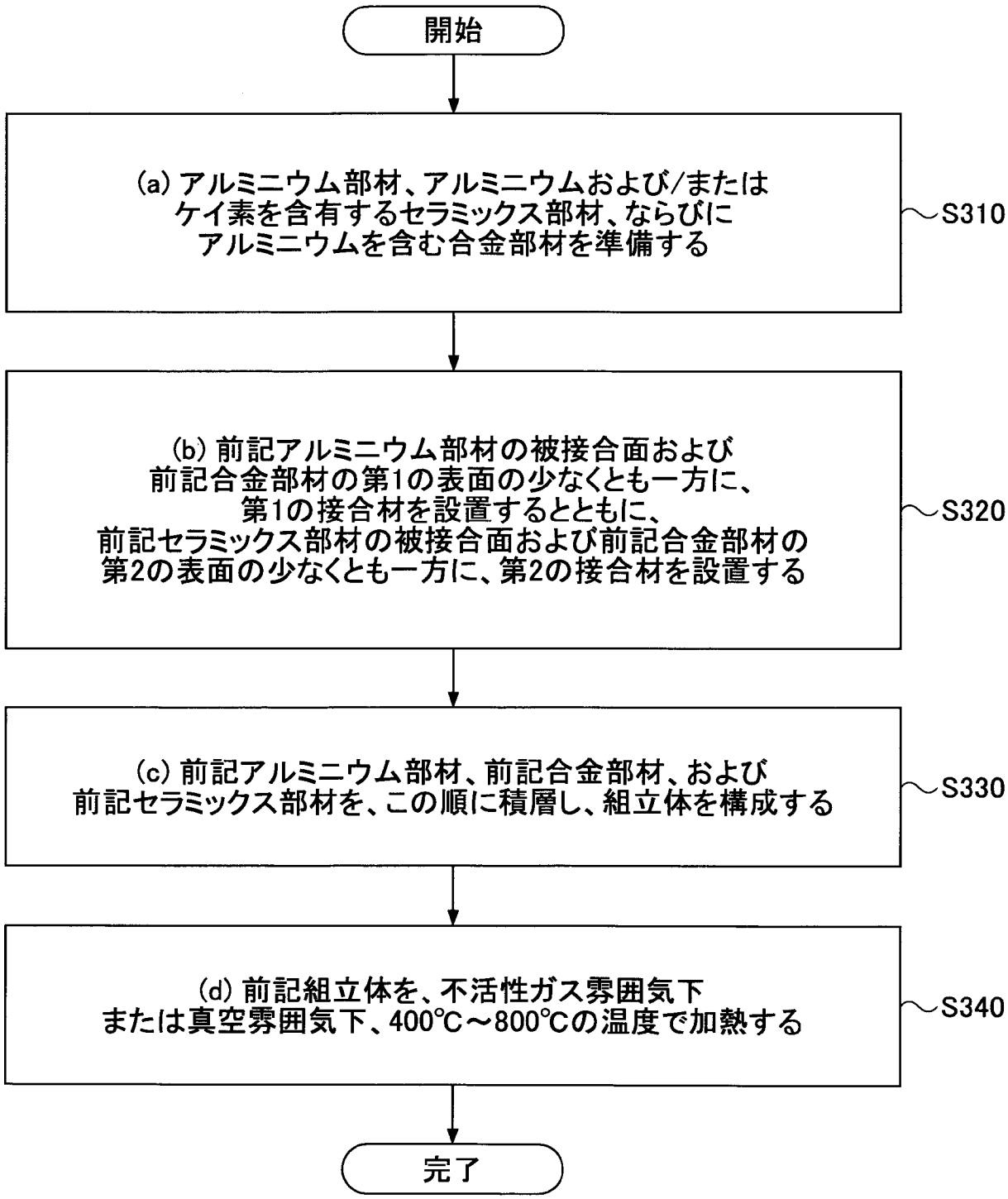
[図1]


開始
(a) アルミニウム部材、アルミニウムおよび/または
ケイ素を含有するセラミックス部材、ならびにケイ素および
アルミニウムを含む合金部材を準備する
S110
(b) 前記アルミニウム部材の被接合面および
前記合金部材の第1の表面の少なくとも一方に、
第1の接合材を設置するとともに、
前記セラミックス部材の被接合面および前記合金部材の
第2の表面の少なくとも一方に、第2の接合材を設置する
S120
(c) 前記アルミニウム部材、前記合金部材、および
前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成する
S130
(d) 前記組立体を、不活性ガス雰囲気下
または真空雰囲気下、400℃～800℃の温度で加熱する
S140
完了

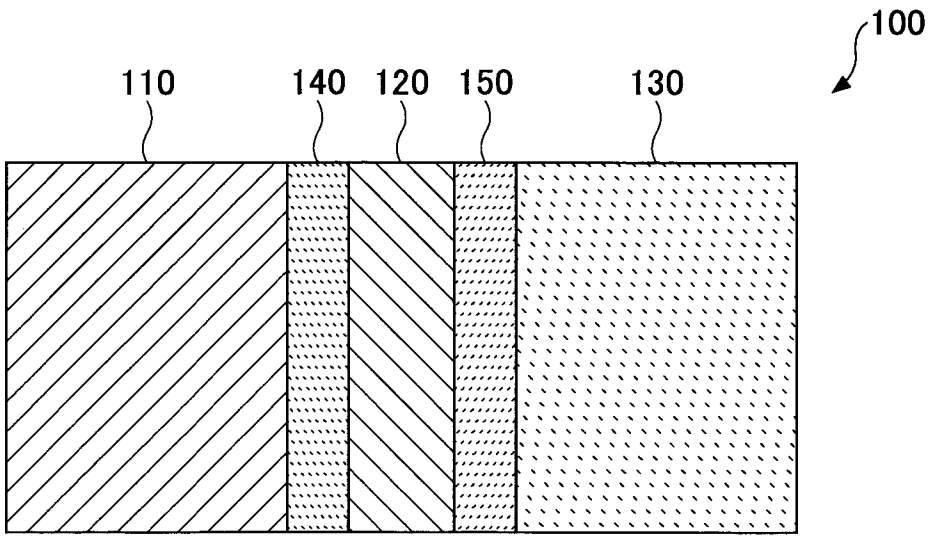
[図2]


開始
(a) アルミニウム部材、アルミニウムおよび/または
ケイ素を含有するセラミックス部材、ケイ素および
アルミニウムを含む第1の合金部材、ならびに
ケイ素およびアルミニウムを含む第2の合金部材を準備する
S210
(b) 前記アルミニウム部材の被接合面および
前記第1の合金部材の第1の表面の少なくとも一方に、
第1の接合材を設置し、前記セラミックス部材の被接合面
および前記第2の合金部材の第4の表面の少なくとも一方に、
第2の接合材を設置し、前記第1の合金部材の
第2の表面および前記第2の合金部材の第3の表面の
少なくとも一方に、第3の接合材を設置する
S220
(c) 前記アルミニウム部材、前記第1の合金部材、
前記第2の合金部材、および前記セラミックス部材を、
この順に積層し、組立体を構成する
S230
(d) 前記組立体を、不活性ガス雰囲気下
または真空雰囲気下、400℃～800℃の温度で加熱する
S240
完了

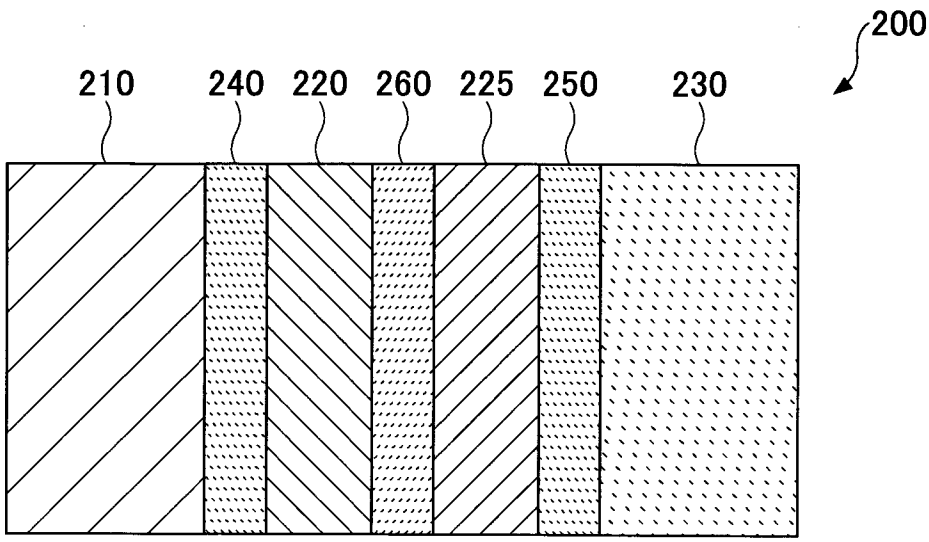
[図2A]


開始
(a) アルミニウム部材、アルミニウムおよび/または
ケイ素を含有するセラミックス部材、ならびに
アルミニウムを含む合金部材を準備する
S310
(b) 前記アルミニウム部材の被接合面および
前記合金部材の第1の表面の少なくとも一方に、
第1の接合材を設置するとともに、
前記セラミックス部材の被接合面および前記合金部材の
第2の表面の少なくとも一方に、第2の接合材を設置する
S320
(c) 前記アルミニウム部材、前記合金部材、および
前記セラミックス部材を、この順に積層し、組立体を構成する
S330
(d) 前記組立体を、不活性ガス雰囲気下
または真空雰囲気下、400℃～800℃の温度で加熱する
S340
完了

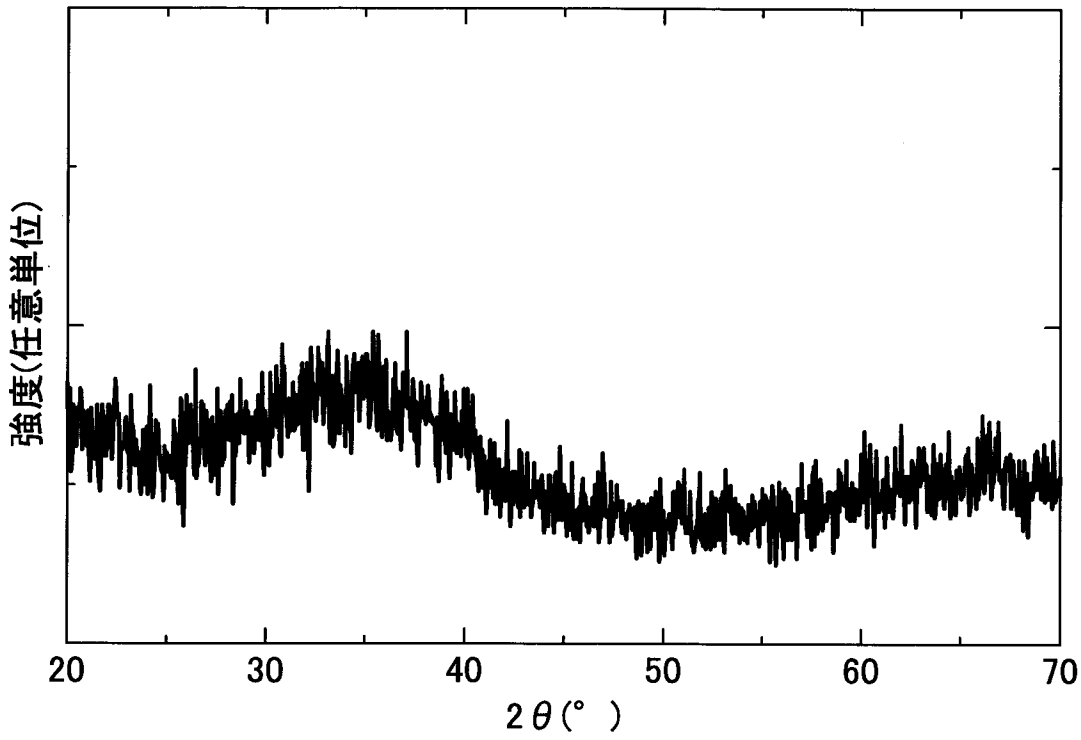
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/021503

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C04B37/02(2006.01)i, *B23K20/00*(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)
C04B37/02, B23K20/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 2016-52979 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 14 April 2016 (14.04.2016), paragraphs [0018] to [0023], [0042], [0052] (Family: none)	1-17
Y	JP 9-40476 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 10 February 1997 (10.02.1997), paragraphs [0005] to [0016]; fig. 2 to 3 (Family: none)	1-17
Y	JP 62-77187 A (NKK Corp.), 09 April 1987 (09.04.1987), page 2, lower right column, line 2 to page 3, upper left column, line 16; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-17

☒ 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
17 August 2017 (17.08.17)	29 August 2017 (29.08.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/021503

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-323619 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 24 November 2000 (24.11.2000), paragraphs [0012] to [0015] (Family: none)	3,13
Y	JP 62-171969 A (Toshiba Corp.), 28 July 1987 (28.07.1987), page 2, upper right column, line 6 to lower left column, line 13 (Family: none)	4-5,14-16
A	JP 2010-534183 A (Robert Bosch GmbH), 04 November 2010 (04.11.2010), entire text; all drawings & US 2010/0190030 A1 & WO 2009/013109 A1 & EP 2176193 A1 & DE 102007034609 A	1-17
A	JP 4-342480 A (Isuzu Ceramics Research Institute Co., Ltd.), 27 November 1992 (27.11.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 7-53278 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 28 February 1995 (28.02.1995), entire text (Family: none)	1-17
A	JP 6-256067 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 13 September 1994 (13.09.1994), entire text (Family: none)	1-17
A	JP 2010-95666 A (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 30 April 2010 (30.04.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２１５０３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C04B37/02(2006.01)i, B23K20/00(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.　C04B37/02, B23K20/00

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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	JP 2016-52979 A (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 2016.04.14, 段落[0018]-[0023],[0042],[0052] (ファミリーなし)	1-17
Y	JP 9-40476 A (日本特殊陶業株式会社) 1997.02.10, 段落[0005]-[0016],図 2-3 (ファミリーなし)	1-17
Y	JP 62-77187 A (日本鋼管株式会社) 1987.04.09, 第 2 頁右下欄第 2 行-第 3 頁左上欄第 16 行,第 1-2 図 (ファミリーなし)	1-17

☑　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
１７．０８．２０１７	２９．０８．２０１７

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　９５３９
田中　永一
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 2000-323619 A（住友電気工業株式会社）2000.11.24，段落[0012]-[0015]（ファミリーなし）	3,13
Y	JP 62-171969 A（株式会社東芝）1987.07.28，第2頁右上欄第6行-左下欄第13行（ファミリーなし）	4-5,14-16
A	JP 2010-534183 A（ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング）2010.11.04，全文,全図 & US 2010/0190030 A1 & WO 2009/013109 A1 & EP 2176193 A1 & DE 102007034609 A	1-17
A	JP 4-342480 A（株式会社いすゞセラミツクス研究所）1992.11.27，全文,全図（ファミリーなし）	1-17
A	JP 7-53278 A（東芝セラミックス株式会社）1995.02.28，全文（ファミリーなし）	1-17
A	JP 6-256067 A（東芝セラミックス株式会社）1994.09.13，全文（ファミリーなし）	1-17
A	JP 2010-95666 A（太陽誘電株式会社）2010.04.30，全文,全図（ファミリーなし）	1-17