(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
2020年4月30日(30.04.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/084903 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 26/00 (2006.01)　*C22C 5/08* (2006.01)
B23K 35/30 (2006.01)　*H01L 23/36* (2006.01)
C04B 37/02 (2006.01)　*H05K 1/02* (2006.01)
C22C 5/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2019/034151

(22) 国際出願日：　2019年8月30日(30.08.2019)

(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 2018-201235　2018年10月25日(25.10.2018) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP). 株式会社アライドマテリアル (A.L.M.T. CORP.) [JP/JP]; 〒1050014 東京都港区芝一丁目１１番１１号 Tokyo (JP).

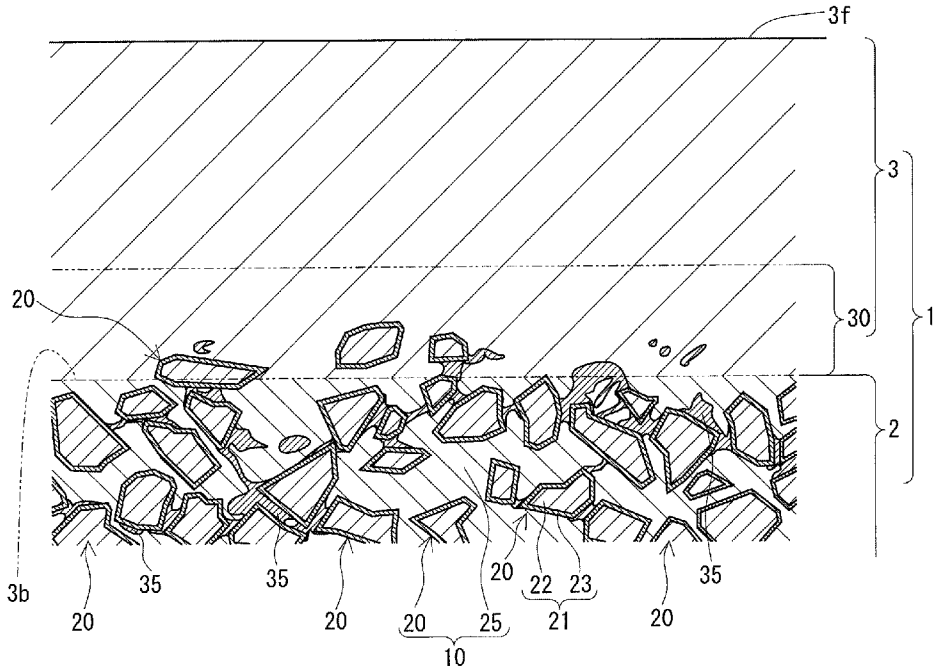
(72) 発明者: 松儀　亮太 (MATSUGI, Ryota); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 岩山 功 (IWAYAMA, Isao); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 田中 智恵子 (TANAKA, Chieko); 〒9318543 富山県富山市岩瀬古志町２番地 株式会社アライドマテリアル内 Toyama (JP). 森上 英明 (MORIGAMI, Hideaki); 〒9318543 富山県富山市岩瀬古志町２番地 株式会社アライドマテリアル内 Toyama (JP).

WO 2020/084903 A1

(54) **Title:** COMPOSITE MEMBER

(54) 発明の名称： 複合部材

FIG.1



(57) **Abstract:** Provided is a composite member having excellent heat resistance. A composite member provided with a base plate that is formed from a composite material containing a non-metal phase and a metal phase and a metal layer that covers at least a part of the surface of the base plate, wherein Ag is mainly contained in metals constituting each of the metal phase and the metal layer, and the ratio of the content of Cu to the total content of Ag and Cu in a boundary region with the base plate in the metal layer is 20 at.% or less.

［続葉有］

(74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (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, 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：耐熱性に優れる複合部材を提供する。非金属相と金属相とを含む複合材料からなる基板と、前記基板の表面の少なくとも一部を覆う金属層とを備える複合部材であって、前記金属相及び前記金属層を構成する金属は、Ａｇを主体とし、前記金属層のうち、前記基板との境界領域中におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下である複合部材。

明　細　書

発明の名称 ： 複合部材

技術分野

[0001] 本開示は、複合部材に関する。本出願は、２０１８年１０月２５日に出願した日本特許出願である特願２０１８－２０１２３５号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

背景技術

[0002] 特許文献１は、銀とダイヤモンドとを含む複合材料からなる基板と、基板の表面を覆う銀層とを備える放熱部材を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１６／０３５７９５号

発明の概要

[0004] 本開示の複合部材は、非金属相と金属相とを含む複合材料からなる基板と、前記基板の表面の少なくとも一部を覆う金属層とを備える複合部材であって、前記金属相及び前記金属層を構成する金属は、Ａｇを主体とし、前記金属層のうち、前記基板との境界領域中におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図１は、実施形態の複合部材を模式的に示す部分断面図である。

[図2]図２は、実施形態の複合部材において、金属層の境界領域を説明する説明図である。

[図3]図３は、試験例１において、試料の製造方法を説明する説明図である。

発明を実施するための形態

[0006] ［本開示が解決しようとする課題］

非金属相と金属相とを含む複合材料からなる基板と、この基板の表面を覆

う金属層とを備える複合部材について、耐熱性に優れるものが望まれている。上記複合部材は８００℃程度、更には８３０℃程度といった高温に曝される場合がある。このような高温に曝されても、上記金属層にフクレが生じたり、上記金属層が上記基板から剥離したり、更には上記金属層が溶融して消失したりといった現象が生じない耐熱性を有する複合部材が望まれる。

[0007] そこで、本開示は、耐熱性に優れる複合部材を提供することを目的の一つとする。

［本開示の効果］

[0008] 本開示の複合部材は、耐熱性に優れる。

［本開示の実施形態の説明］

最初に本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

（１）本開示の一態様に係る複合部材は、

非金属相と金属相とを含む複合材料からなる基板と、前記基板の表面の少なくとも一部を覆う金属層とを備える複合部材であって、

前記金属相及び前記金属層を構成する金属は、Ａｇを主体とし、

前記金属層のうち、前記基板との境界領域中におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下である。

[0009] 「Ａｇを主体とする」とは、Ａｇの含有量が８０原子％以上を満たすことをいう。

「金属層における基板との境界領域」の詳細は後述する。

[0010] 本開示の複合部材は、以下に説明するように、耐熱性に優れる。特に、本開示の複合部材は、８００℃程度、更には８３０℃程度といった高温に曝されても、金属層を適切に維持できる。

[0011] 金属層は、基板との境界領域を含めてＡｇ（銀）を主体とする。特に、金属層における基板との境界領域では、Ｃｕ（銅）の含有割合がＡｇとＣｕとの合計含有量に対して２０原子％以下と少ない。このような金属層は、例えば、以下のようにして製造できる。Ａｇを主体とする金属相を含む複合材料の基板と、Ａｇを主体とする金属層の原料となるＡｇを主体とする金属部材

（例、金属箔）とを、Ａｇ及びＣｕを含むロウ材で接合する。かつ、このロウ材中のＣｕを上記金属相及び金属部材中に拡散させる。ここで、Ａｇ及びＣｕを含むロウ材の代表例として、Ａｇの含有量が約７２質量％であり、Ｃｕの含有量が約２８質量％である共晶合金をベースとするものが挙げられる。上記共晶合金におけるＣｕの含有量は、原子割合では、ＡｇとＣｕとの合計含有量を１００原子％として、約４０原子％である。このようなロウ材中のＣｕを上記金属相及び金属部材中に拡散させて、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有量が２０原子％以下となるまで低減させる。こうすることで、上記境界領域を形成できる。

[0012] ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有量が２０原子％以下であるという上記の境界領域は、ＡｇとＣｕとの共晶合金、又は上記共晶合金をベースとする合金（以下、これらをまとめて、共晶合金等と呼ぶことがある）が実質的に存在しないといえる。そのため、本開示の複合部材は、共晶合金等の溶融温度（例、７８０℃）を超える温度に曝されても、共晶合金等の溶融が生じ難い、好ましくは実質的に生じない。従って、本開示の複合部材は、共晶合金等の溶融に起因して金属層にフクレが生じたり、金属層が基板から剥離したり、更には金属層の全体が溶融して消失したりすることを防止できる。このような本開示の複合部材は、耐熱温度が８００℃超、例えば８３０℃であるといえ、耐熱性に優れる。

[0013] 一方、上述の境界領域中のＣｕの含有割合がＡｇとＣｕとの合計含有量に対して２０原子％超であれば、特に４０原子％に近いほど、上記境界領域に上述の共晶合金等を含むといえる。上記境界領域に共晶合金等を含む場合には、上述のような高温に曝されると、共晶合金等が溶融する。この共晶合金等の溶融に伴って、上述の金属層のフクレ、剥離、消失等の現象が生じると考えられる。

[0014] また、本開示の複合部材は、以下の理由（ａ），（ｂ）により、熱伝導性に優れる。熱伝導性に優れる本開示の複合部材は、半導体素子の放熱部材等に好適に利用できる。

（ａ）基板の金属相及び金属層の双方がＡｇを主体とする。

Ａｇの熱伝導率は、例えばＣｕ、Ａｌ（アルミニウム）、Ｍｇ（マグネシウム）よりも高い。そのため、Ａｇを主体とすれば、熱伝導性に優れる。上述の境界領域中のＣｕの含有量が少ないことからも、Ｃｕの過剰含有に起因する熱伝導率の低下を低減できる。

（ｂ）上述のような高温に曝されても基板上に金属層が適切に存在する。

そのため、金属層のフクレ、剥離、消失等に起因する熱伝導率の低下を招き難い。

[0015] （２）本開示の複合部材の一例として、

前記境界領域は、Ｔｉ，Ｃｒ，Ｖ，Ｎｂ，Ｚｒ，Ｔａから選択される１種以上の元素を含み、

前記境界領域における前記元素の含有量は、前記境界領域の組成を１００原子％として、０．１原子％以上２．０原子％以下である形態が挙げられる。

[0016] 基板との境界領域に上述の特定の元素を上記の範囲で含む金属層は、例えば、上述のロウ材に更に上記特定の元素を含むものを用いることで製造できる。上記特定の元素は、溶融状態の金属に対する非金属相の濡れ性を向上できる。ロウ材中の上記特定の元素によって、溶融状態のロウ材と基板中の非金属相とが良好に濡れることで、基板と金属層とが密着できる。基板と金属層との密着性に優れることで、上述のような高温に曝されても、金属層のフクレ、剥離、消失等の現象がより生じ難い。従って、上記形態は、耐熱性により優れる。また、ロウ材中の上記特定の元素は、上記境界領域に残存する。上記境界領域中の上記特定の元素の含有量が２．０原子％以下であれば、上記特定の元素の過剰含有に起因する熱伝導性の低下を低減できる。この点から、上記形態は、熱伝導性にも優れる。

[0017] （３）本開示の複合部材の一例として、

前記金属層の厚さは、２０μｍ以上２００μｍ以下である形態が挙げられる。

[0018] 金属層の厚さが２０μｍ以上であれば、金属層は平滑な表面を有し易い。そのため、上記形態は、半導体素子の放熱部材等に利用された場合に、複合部材とパッケージ部材等との間にボイドが介在し難い。また、金属層の厚さが２００μｍ以下であれば、肉厚な金属層に起因する熱伝導性の低下を低減できる。これらの点から、上記形態は、熱伝導性に優れる。更に、金属層が２００μｍ以下であれば、薄型化も図れる。

[0019] （４）本開示の複合部材の一例として、

前記金属層の表面粗さＲａは、２．０μｍ以下である形態が挙げられる。

[0020] 上記形態における金属層の表面は平滑である。そのため、上記形態は、半導体素子の放熱部材等に利用された場合に、複合部材とパッケージ部材との間にボイドが介在し難い。この点から、上記形態は、熱伝導性に優れる。

[0021] （５）本開示の複合部材の一例として、

前記金属層の表面におけるＣｕの含有量は、前記表面の組成を１００原子％として、１．０原子％以下である形態が挙げられる。

[0022] 上記形態では、金属層における基板との境界領域にＣｕをＡｇとＣｕとの合計含有量に対して２０原子％以下の範囲で含んでいても、金属層の表面ではＣｕの含有量が非常に少ない。好ましくは、金属層の表面は、Ｃｕを実質的に含まない。このような形態は、金属層がＣｕを過剰に含有しておらず、Ｃｕの過剰含有による熱伝導率の低下を低減し易い。従って、上記形態は熱伝導性に優れる。

[0023] ［本開示の実施形態の詳細］

以下、図面を適宜参照して、本開示の実施形態を具体的に説明する。図中、同一符号は同一名称物を意味する。

図１，図２は、複合部材１において金属層３の近傍を模式的に示す部分断面図である。この断面図は、複合部材１を基板２の厚さ方向に平行な平面で切断した図である。基板２の厚さ方向は、基板２と金属層３との積層方向に相当する。また、図１，図２では、基板２の厚さ方向は、紙面上下方向に相当する。

図１，図２では、分かり易いように、被覆粒子２１（非金属相２０の一例）に備えられる被覆層２３を厚く示すが、実際には非常に薄い。また、図１では、基板２と金属層３との境界３ｂを直線で示すが、実際の境界は明確な直線ではない。図１の境界３ｂは、後述する方法で抽出したものを模式的に示す。

図２では、境界領域３０が分かり易いように金属相２５及び金属層３のハッチングを省略している。

[0024] ［複合部材］

図１を主に参照して、実施形態の複合部材１を説明する。

[0025] （概要）

実施形態の複合部材１は、図１に示すように、基板２と、基板２の表面の少なくとも一部を覆う金属層３とを備える。基板２は、非金属相２０と金属相２５とを含む複合材料１０からなる。

[0026] 特に、実施形態の複合部材１では、基板２の金属相２５及び金属層３が特定の金属で構成される。かつ、金属層３における基板２との境界領域３０に特定の金属を含む。詳しくは、金属相２５を構成する金属及び金属層３を構成する金属はいずれも、Ａｇを主体とする。金属層３のうち、基板２との境界領域３０中におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下である。

[0027] 図２を参照して、境界領域３０を説明する。

図２に示すように、複合部材１について、基板２の厚さ方向に沿った平面で切断した断面をとる。この断面は、図２に示すように金属層３の表面３ｆが水平方向に実質的に平行にとることが好ましい。

上記断面において、基板２を構成する複合材料１０中の非金属相２０のうち、金属層３の表面３ｆに最も近い箇所（以下、この箇所を基準点５０と呼ぶ）をとる。図２では、非金属相２０の基準点５０に黒丸印を付して示す。

次に、基準点５０を通る水平線５１をとる。

次に、基板２の厚さ方向に沿って、基準点５０よりも１５μｍ上方の箇所

を通り、水平線５１に平行な直線５２をとる。また、基板２の厚さ方向に沿って、基準点５０よりも１５μｍ下方の箇所を通り、水平線５１に平行な直線５３をとる。

水平線５１よりも下方の直線５３を基板２と金属相２５との境界３ｂとする。また、境界３ｂ（下方の直線５３）から、上方の直線５２までの領域、つまり厚さ３０μｍの領域を境界領域３０とする。

[0028] なお、基準点５０よりも１５μｍ上方の箇所を通る直線がとれないことが考えられる。例えば、基準点５０に対して金属層３の厚さが薄く、金属層３の表面３ｆが基準点５０から１５μｍ未満の地点に位置する場合が挙げられる。この場合、金属層３の表面３ｆを上方の直線５２とする。つまり、金属層３の実質的に全体を境界領域３０と見做す。

[0029] 以下、構成要素ごとに詳細に説明する。

（基板）

複合部材１に備えられる基板２には、非金属相２０と金属相２５とを主体とする複合材料１０から構成されるものを適宜利用できる。

[0030] 〈非金属相〉

《組成》

非金属相２０は、非金属無機材料からなる。非金属無機材料は、例えば、各種のセラミックス、ダイヤモンドといった炭素材料等が挙げられる。セラミックスは、例えば、金属又は非金属の酸化物、炭化物、窒化物、硼化物、塩化物、珪化物等が挙げられる。その他の非金属無機材料として、ＳｉやＳｉ$_3$Ｎ$_4$等の珪素系材料が挙げられる。

[0031] 酸化物の一例として、Ａｌ$_2$Ｏ$_3$（酸化アルミニウム）、ＭｇＯ（酸化マグネシウム）、ＣａＯ（酸化カルシウム）、ＺｒＯ$_2$（酸化ジルコニウム）、Ｙ$_2$Ｏ$_3$（酸化イットリウム）等が挙げられる。

炭化物の一例として、ＳｉＣ（炭化珪素）、Ｂ$_4$Ｃ（炭化硼素）等が挙げられる。

硼化物の一例として、ＭｇＢ$_2$（硼化マグネシウム）等が挙げられる。

窒化物の一例として、ｈ－ＢＮ（六方晶窒化硼素）、ｃ－ＢＮ（立方晶窒化硼素）、ＡＩＮ（窒化アルミニウム）、Mg_3N_2（窒化マグネシウム）等が挙げられる。

塩化物の一例として、$MgCl_2$（塩化マグネシウム）、$CaCl_2$（塩化カルシウム）等が挙げられる。

珪化物の一例として、Mg_2Si（珪化マグネシウム）等が挙げられる。

炭素系材料の一例として、ダイヤモンド、グラファイト、カーボンナノチューブ、炭素繊維等が挙げられる。

非金属相２０は、一種の非金属無機材料を含んでもよいし、複数種の非金属無機材料を含んでもよい。

[0032] 特に、非金属相２０はダイヤモンドを含むと、熱伝導性に優れる複合部材１とすることができる。ダイヤモンドは代表的には１０００Ｗ／ｍ・Ｋ以上といった高い熱伝導率を有するからである。また、ダイヤモンドは熱伝導に関する異方性が実質的に無いからである。

[0033] 《存在形態》

非金属相２０は、図１に示すように粒子を含むことが挙げられる。非金属相２０が全て粒子でもよい。非金属相２０をなす複数の粒子は金属相２５に分散して存在する。又は、非金属相２０は、三次元の網目構造を有する多孔体（図示せず）を含むことが挙げられる。多孔体は、代表的には焼結体が挙げられる。この場合、金属相２５は、炭化珪素等の多孔体の気孔中に充填された状態で存在する。

[0034] 非金属相２０は、図１に示すように被覆粒子２１を含んでもよい。被覆粒子２１は、非金属無機材料からなるコア粒子２２と、コア粒子２２の表面の少なくとも一部、好ましくは実質的に全部を覆う被覆層２３とを備える。

[0035] 被覆粒子２１の一例として、コア粒子２２がダイヤモンド粒子であり、被覆層２３が炭化物からなるものが挙げられる。ダイヤモンド粒子の表面に炭化物層を備えると、製造過程では、溶融状態の金属に対する被覆粒子２１の濡れ性を高められる。そのため、未溶浸部分の発生を抑制できて、緻密化、

複合化を良好に行える。従って、ダイヤモンド粒子と金属相２５とが密着した緻密な複合材料１０とすることができる。このような複合材料１０からなる基板２は熱伝導性に優れて好ましい。

[0036] 上述の炭化物層の構成材料は、Ｓｉ，Ｔｉ（チタン），Ｚｒ，Ｈｆ（ハフニウム），Ｔａ（タンタル），Ｃｒ（クロム）から選択される１種以上の元素を含む炭化物が挙げられる。具体的には、ＳｉＣ，ＴｉＣ，ＺｒＣ，ＨｆＣ，ＴａＣ，Cr_3C_2が挙げられる。炭化物をなすＣ（炭素）は、代表的にはダイヤモンドに由来する。そのため、ダイヤモンド粒子と炭化物層とが密着する。この点からも、熱伝導性に優れる。

[0037] その他の被覆粒子２１として、コア粒子２２がＳｉＣ等のセラミックスからなる粒子であり、被覆層２３が酸化珪素といった酸化物等からなるものが挙げられる。コア粒子２２及び被覆層２３の少なくとも一方の組成が異なる被覆粒子２１を含んでもよい。非金属相２０が上述の多孔体を含む場合、多孔体の表面の少なくとも一部に上述の炭化物や酸化物等からなる被覆層を備えてもよい。

[0038] 《大きさ》

非金属相２０が粒子を含む場合、粒子（上述の被覆粒子２１を含む）の平均粒径は、例えば１μｍ以上３００μｍ以下が挙げられる。

[0039] 上記平均粒径が１μｍ以上であれば、複合材料１０における非金属相２０の粒子の粉末粒界を低減できる。粉末粒界が少ない複合材料１０からなる基板２を備える複合部材１は、熱伝導性に優れる。上記平均粒径が大きいほど、上記粉末粒界を低減でき、熱伝導性に優れる。熱伝導性の向上等を望む場合には、上記平均粒径を５μｍ以上、更に１０μｍ以上、１５μｍ以上、２０μｍ以上としてもよい。

[0040] 上記平均粒径が３００μｍ以下であれば、基板２の表面の凸凹が小さくなり易い。製造過程で研磨等を行っても、非金属相２０の粒子の脱落に起因する凹部を小さくし易い。そのため、表面性状に優れる基板２にできる。また、研磨等の加工性にも優れる。更に、基板２を薄くし易い。上記平均粒径が

小さいほど、基板２の表面の凸凹を小さくし易い。また、基板２の加工性に優れる。更に、基板２を薄くし易い。表面性状の向上、加工性の向上、薄型化等を望む場合には、上記平均粒径を２９０μｍ以下、更に２８０μｍ以下、２７０μｍ以下、２６０μｍ以下としてもよい。更に、上記平均粒径を１００μｍ以下としてもよい。

[0041] 上記平均粒径が１μｍ以上３００μｍ以下を満たす範囲で、相対的に微細な粒子と相対的に粗大な粒子とを含む微粗混合形態としてもよい。この場合、製造過程で、緻密化し易く、相対密度が高い基板２を得易い。緻密な基板２を備える複合部材１は、熱伝導性に優れる。

[0042] 上記平均粒径の測定は、例えば、基板２から非金属相２０の粒子を抽出し、この粒子について市販の分析装置でメジアン径を測定することが挙げられる。非金属相２０の抽出は、例えば、金属相２５を酸等で選択的に溶解して除去することが挙げられる。

[0043] 《含有量》

非金属相２０の含有量（複数種の非金属無機材料を含む場合には合計含有量）は、例えば４０体積％以上９０体積％以下が挙げられる。

[0044] 上記含有量が４０体積％以上であれば、熱伝導性に優れる複合材料１０とすることができる。また、複合材料１０の線膨張係数を金属相２５よりも小さくし易い。このような複合材料１０からなる基板２を備える複合部材１は、熱伝導性に優れる上に、半導体素子及びその周辺機器の線膨張係数との整合性に優れる。従って、この複合部材１は、半導体素子の放熱部材に好適に利用できる。上記含有量が多いほど、熱伝導性に優れる。熱伝導性の向上等を望む場合には、上記含有量を４５体積％以上、更に５０体積％以上、５５体積％以上、６０体積％以上としてもよい。

[0045] 上記含有量が９０体積％以下であれば、複合材料１０は金属相２５をある程度含む。そのため、非金属相２０が多過ぎて、複合材料１０の線膨張係数が小さくなり過ぎることを防止できる。また、非金属相２０が粒子を含む場合、粒子同士を金属相２５によって確実に結合できる。更に、上記含有量が

９０体積％以下であれば、製造過程では原料の非金属相２０に対して溶融状態の金属を溶浸し易い。そのため、未溶浸部分の発生を抑制できて、緻密化、複合化を良好に行える。金属相２５の確保、緻密化、良好な複合化等を望む場合、上記含有量を８５体積％以下、更に８０体積％以下としてもよい。

[0046] 非金属相２０をなす粒子（被覆粒子２１を含む）や多孔体の形状、大きさ、含有量等の仕様は適宜選択できる。上記粒子の仕様は、代表的には原料粉末の仕様を実質的に維持する。上記多孔体の仕様は、代表的には原料に用いた焼結体の仕様を実質的に維持する。複合材料１０中の非金属相２０が所定の仕様となるように、原料の仕様を選択するとよい。

[0047] 〈金属相〉

金属相２５については、後述の金属層３の組成の項でまとめて行う。

[0048] （金属層）

複合部材１に備えられる金属層３は、基板２の表面の少なくとも一部を覆う。代表的には、基板２の表面の実質的に全体、又は基板２の表裏面の実質的に全体を覆う。金属層３によって基板２の表面が覆われることで、基板２の表面の凸凹が是正される。その結果、複合部材１は、平滑な表面（ここでは金属層３の表面３ｆ）を有することができる。金属層３は、複合部材１の表面の平滑化という機能に加えて、以下の機能を有する。

（Ａ）複合部材１が半導体素子の放熱部材等に利用される場合に、パッケージ部材（例、絶縁基板）等を接合するときの下地層として利用できる。

（Ｂ）基板２に対して機械的保護や周囲環境からの保護を図る。

（Ｃ）外観を向上する。

[0049] 〈組成〉

基板２を構成する複合材料１０中の金属相２５の構成金属、及び基板２の表面を覆う金属層３の構成金属はいずれも、Ａｇを主体とする。ここでのＡｇを主体とする金属とは、Ａｇの含有量が８０原子％以上を満たす銀基合金、又はいわゆる純銀である。

[0050] ここでの純銀とは、Ａｇを９９．９原子％以上含有し、残部が不可避不純

物からなるものである。

[0051] ここでの銀基合金は、添加元素を合計で２０原子％以下含み、残部がＡｇ及び不可避不純物からなるものである。銀基合金は、ＡｇとＣｕとの二元の共晶合金（Ｃｕの含有量：約４０原子％）又は上記共晶合金をベースとする合金を含まない。

銀基合金の添加元素は、例えば、Ｓｉ，Ｔｉ，Ｚｒ，Ｈｆ，Ｔａ，Ｃｒ等が挙げられる。これらの添加元素を含む銀基合金はいずれも、溶融温度が８３０℃以上である。

[0052] 金属層３における基板２との境界領域３０は、Ａｇを主体とし、Ｃｕの含有量を所定の範囲とする。具体的には、境界領域３０中のＡｇとＣｕとの合計含有量を１００原子％として、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下である。このような境界領域３０は、Ｃｕの含有割合が十分に小さいため、上記共晶合金等を実質的に含まない。好ましくは金属層３は、基板２との境界３ｂから表面３ｆの全域に至り、上記共晶合金等を実質的に含まない。そのため、複合部材１は、上記共晶合金等の溶融温度（例、７８０℃）を超える温度、例えば８００℃、更には８３０℃といった高温に曝されても、上記共晶合金等の溶融に起因する金属層３のフクレ、剥離、消失等といった現象の発生を防止できる。

[0053] ここでの「共晶合金等を実質的に含まない」とは、Ｃｕの含有量が上述の２０原子％以下を満たす場合の他、以下の微量の含有を許容する。例えば８００℃、更には８３０℃に加熱した場合に共晶合金等が溶融しても、この溶融に起因する金属層３のフクレ、剥離、消失等の現象が実質的に生じない程度の量であれば、共晶合金等を含むことを許容する。

[0054] 基板２との境界領域３０におけるＣｕの含有割合が上述の範囲である金属層３は、例えば、以下のようにして製造できる。金属層３の原料として、Ａｇを主体とする金属部材を用意する。金属部材は、金属箔、金属板、金属帯等が挙げられる。また、金属部材と、基板２とを接合するロウ材を用意する。ロウ材は、ＡｇとＣｕとの共晶合金を含む銀基合金が挙げられる。上記ロ

ウ材で、基板２と金属部材とを接合する。この接合条件を、ロウ材中のＣｕの拡散を促進する条件とすることが挙げられる。又は、基板２と金属部材との接合後に、別途、Ｃｕを拡散させる熱処理を行ってもよい。接合条件や熱処理条件は、上記Ｃｕの含有割合が上記範囲を満たすように調整するとよい。条件の詳細は後述する。

[0055] 《Ａｇ》

金属相２５及び金属層３の構成金属は、Ａｇの含有量が多いほど、製造過程でロウ材中のＣｕが金属相２５中、及び金属層３の原料である金属部材中に拡散し易い。特に、金属相２５の構成金属及び金属層３の構成金属におけるＡｇの含有量が９０原子％以上であれば、Ａｇが多く、Ｃｕがより拡散し易い。その結果、金属層３の境界領域３０におけるＣｕの含有割合が少なくなり易い。このような複合部材１は、上記共晶合金等の溶融温度を超える温度に曝されても、共晶合金等の溶融に起因する金属層３のフクレ、溶融、剥離等の発生をより確実に防止できる。従って、耐熱性に優れる複合部材１にできる。また、上述のような高温に曝されても、金属層３が適切に存在することで、熱伝導性にも優れる。Ａｇが多いことからも、熱伝導性に優れる。Ａｇの含有量が多いほど、耐熱性、熱伝導性に優れる。良好な耐熱性、熱伝導性の向上等を望む場合、上記Ａｇの含有量を９２原子％以上、更に９５原子％以上としてもよい。

[0056] 金属相２５及び金属層３（但し、境界領域３０を除く）の少なくとも一方、好ましくは双方が純銀からなると、Ａｇが十分に多い。このような複合部材１は、上述の理由により、耐熱性、熱伝導性により優れる。

[0057] 《Ｃｕ》

金属層３における基板２との境界領域３０のＣｕの含有量は、上述のようにＡｇとＣｕとの合計含有量に対する原子割合で２０％以下である。

[0058] 上記Ｃｕの含有割合がＡｇとＣｕとの合計含有量を１００原子％として２０原子％以下であれば、境界領域３０は、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が十分に小さい。このような境界領域３０は、上述の共晶

合金等を実質的に含まないといえる。そのため、複合部材１が上記共晶合金等の溶融温度を超える温度に曝されても、共晶合金等の溶融に起因する金属層３のフクレ、溶融、剥離等を低減できる。金属層３を適切に維持できることで、耐熱性に優れる複合部材１にできる。上記Ｃｕの含有割合が少ないほど、上述の共晶合金等の含有をより確実に防止できる。そのため、良好な耐熱性等を望む場合には、Ｃｕの含有割合を１８原子％以下、更に１６原子％以下、１５原子％以下としてもよい。

[0059] 製造過程でＣｕを含むロウ材を用いても、原料の組成や製造条件等を調整すれば、Ｃｕを拡散させられる。その結果、上述の境界領域３０のＣｕの含有割合を低減できる。例えば、上記Ｃｕの含有割合は０原子％近くであってもよい。但し、上記Ｃｕの含有割合が２．０原子％未満であると、Ｃｕを拡散させるための処理時間が長くなるといった製造性の低下を招く。製造性の向上等を望む場合には、上記Ｃｕの含有割合が２．０原子％以上でもよい。更に、上記Ｃｕの含有割合は３．０原子％以上、更に４．０原子％以上、５．０原子％以上でもよい。なお、境界領域３０中のＣｕは、代表的には、製造過程で用いたロウ材に起因すると考えられる。

[0060] 金属層３における基板２との境界領域３０中のＣｕの少なくとも一部は、境界領域３０に析出していてもよい。つまり、境界領域３０は、Ｃｕからなる析出物３５を含んでもよい。境界領域３０にＣｕが単体で析出している場合は、上述のように高温に曝されても、境界領域３０が溶融しない。結果として、Ｃｕが単体で析出していることに起因する金属層３のフクレ、剥離、消失等が発生しない。Ｃｕからなる析出物３５は、図１に示すように非金属相２０に接して存在するものを含んでもよい。

[0061] 金属層３の表面３ｆにおけるＣｕの含有量は非常に少ないことが好ましい。定量的には、複合部材１の表面３ｆにおけるＣｕの含有量は、表面３ｆの組成を１００原子％として、１．０原子％以下であることが好ましい。表面３ｆにおけるＣｕの含有量が１．０原子％以下であれば、金属層３の全体としてＣｕを過剰に含有していないといえる。そのため、Ｃｕの過剰含有に起

因する熱伝導率の低下を低減でき、熱伝導性に優れる。熱伝導性の向上等を望む場合には、上記Ｃｕの含有量が０．５原子％以下、更に０．１原子％以下でもよい。上記Ｃｕの含有量が０原子％であること、即ち表面３ｆはＣｕを含まないことがより好ましい。上述のように原料の組成や製造条件等を調整すれば、Ｃｕを拡散させられる。例えば、金属層３の表面３ｆにおけるＣｕの含有量を０原子％近くにできる。

[0062] 《その他の元素》

金属層３における基板２との境界領域３０は、Ｔｉ，Ｃｒ，Ｖ（バナジウム），Ｎｂ（ニオブ），Ｚｒ，Ｔａから選択される１種以上の元素（以下、第一元素と呼ぶ）を含んでもよい。この場合、境界領域３０における第一元素の含有量（複数種の第一元素を含む場合には合計含有量）は、境界領域３０の組成を１００原子％として、０．１原子％以上２．０原子％以下が挙げられる。境界領域３０に第一元素を上記の範囲で含む金属層３は、例えば上述のロウ材に更に第一元素を含むものを用いることで製造できる。第一元素は、溶融状態の金属、例えば溶融状態のロウ材に対する非金属相２０の濡れ性を向上できる。ロウ材中の第一元素によって、溶融状態のロウ材と、基板２を構成する複合材料１０中の非金属相２０とが良好に濡れる。その結果、基板２と、金属層３の原料である金属部材とが密着できる。従って、基板２と金属層３との密着性に優れる複合部材１とすることができる。第一元素のうち、特にＴｉ，Ｃｒは上述の濡れ性向上効果を得易い。更に、第一元素のうちＴｉは、上述の濡れ性向上効果をより得易く好ましい。

[0063] 第一元素の含有量が０．１原子％以上であれば、第一元素による非金属相２０の濡れ性の向上効果から、基板２と金属層３との密着性に優れる。第一元素の含有量が多いほど、非金属相２０の濡れ性をより確実に高められる。ひいては、基板２と金属層３との密着性により優れる。良好な密着性等を望む場合には、第一元素の含有量を０．３原子％以上、更に０．５原子％としてもよい。

[0064] 上述のロウ材中の第一元素は境界領域３０に残存する。しかし、境界領域

３０中の第一元素の含有量が２．０原子％以下であれば、第一元素の過剰含有に起因する熱伝導性の低下を低減できる。第一元素の含有量が少ないほど、第一元素の含有に起因する熱伝導性の低下を低減し易い。そのため、熱伝導性に優れる。熱伝導性の向上等を望む場合には、第一元素の含有量を１．８原子％以下、更に１．５原子％以下としてもよい。第一元素の含有量が１．０原子％以下であれば、熱伝導性に更に優れる。

[0065] なお、境界領域３０における第一元素の含有量は、非金属相２０に由来する元素を含むことを許容する。ここで、境界領域３０は、上述の基準点５０を含む。この基準点５０を有する非金属相２０の少なくとも一部は、境界領域３０に含まれる。基準点５０を有する非金属相２０の近くに存在する非金属相２０の少なくとも一部も、境界領域３０に含まれ易い。このような非金属相２０として、例えば、ＴｉＣ，ＴａＣ，Cr_3C_2といった炭化物からなる被覆層２３を備える被覆粒子２１を含む場合、境界領域３０は、非金属相２０に由来するＴｉ等の第一元素を含み得る。

[0066] 金属層３における基板２との境界領域３０は、Ａｇ，Ｃｕ，上述の第一元素以外の元素（以下、第二元素と呼ぶ）を含んでもよい。例えば、第二元素は、Ｓｎ（錫），Ｚｎ（亜鉛），Ｉｎ（インジウム）等が挙げられる。第二元素の合計含有量は例えば３．０原子％以下が挙げられる。

[0067] 金属層３における基板２との境界領域３０に含まれる元素の種類及び含有量、金属層３の表面３ｆに含まれるＣｕの含有量は、主として製造過程で用いた原料の組成、接合条件や熱処理条件等の製造条件に依存する。上記原料の組成とは、上述のロウ材の組成、金属層３の原料とする金属部材の組成、基板２を構成する複合材料１０の組成が挙げられる。Ｃｕ，上述の第一元素等の含有量が上述の範囲を満たすように、上記原料の組成や製造条件を調整するとよい。

[0068] 〈表面粗さ〉

金属層３は平滑な表面３ｆを有することが好ましい。表面３ｆが平滑であれば、複合部材１が半導体素子の放熱部材等に利用された場合に、金属層３

とパッケージ部材等との間にボイドが介在し難い。そのため、ボイドに起因する熱伝導性の低下を低減できる。特に、金属層３の表面粗さＲａは、２．０μｍ以下が好ましい。金属層３の表面粗さＲａが２．０μｍ以下であれば、金属層３の表面３ｆが平滑であり、上述のボイドに起因する熱伝導性の低下を招き難い。上記表面粗さＲａが小さいほど、上述のボイドに起因する熱伝導性の低下を招き難い。そのため、熱伝導性に優れる。また、表面３ｆが平滑であれば、金属層３の上に更にめっきを施す場合にめっきを施し易い。特に、均一的な厚さのめっき層を形成し易い。熱伝導性の向上等を望む場合、上記表面粗さＲａを１．８μｍ以下、更に１．５μｍ以下としてもよい。上記表面粗さＲａが１．０μｍ以下、更に０．８μｍ以下であれば、上述のボイドをより一層介在し難く好ましい。なお、表面粗さＲａとは、算術平均粗さである。

[0069] 上記表面粗さＲａが小さ過ぎると、金属層３の製造性の低下、研磨作業性の低下を招く。製造性の向上等を考慮すると、上記表面粗さＲａは、０．０１μｍ以上、更に０．０２μｍ以上が利用し易いと考えられる。

[0070] 〈厚さ〉

金属層３の厚さは、例えば、２０μｍ以上２００μｍ以下が挙げられる。ここでの金属層３の厚さは、基板２と金属層３との境界３ｂから、基板２の厚さ方向に沿った大きさとする。

[0071] 金属層３の厚さは、主として製造過程で用いる金属部材の厚さに依存する。そのため、金属層３の厚さが２０μｍ以上であれば、製造過程で、２０μｍ以上の厚さを有する金属部材を利用したといえる。金属部材の厚さが２０μｍ以上であれば、金属部材の表面を平滑なものとし易い。平滑な表面を有する金属部材を用いれば、金属層３も平滑な表面３ｆを有し易い。従って、金属層３の厚さが２０μｍ以上であれば、平滑な表面３ｆを有する金属層３を形成し易い。このような複合部材１は、半導体素子の放熱部材等に利用された場合に、金属層３とパッケージ部材等との間にボイドが介在し難い。そのため、ボイドに起因する熱伝導性の低下を低減でき、熱伝導性に優れる。

金属層３がより厚ければ、非金属相２０が大きくても表面３ｆが平滑になり易く、平滑な表面３ｆを有する金属部材を製造し易い。結果として複合部材１の製造性に優れる。表面３ｆの平滑性の向上等を望む場合には、金属層３の厚さを２５μｍ以上、更に３０μｍ以上、５０μｍ以上、１００μｍ以上としてもよい。

[0072] 金属層３の厚さが２００μｍ以下であれば、肉厚な金属層３に起因する熱伝導性の低下を低減でき、熱伝導性に優れる。また、金属層３の厚さが２００μｍ以下であれば、複合部材１の薄型化も図れる。熱伝導性の向上、薄型化等を望む場合には、金属層３の厚さを１８０μｍ以下、更に１５０μｍ以下としてもよい。

[0073] 基板２の表裏面の双方に金属層３を備える場合には、金属層３の合計厚さが４０μｍ以上４００μｍ以下であることが好ましい。

[0074] 金属層３の厚さが所定の厚さとなるように、金属部材の厚さを調整するとよい。

[0075] 〈その他の層〉

複合部材１は、Ａｇを主体とする金属層３の上に、更に別の金属層（図示せず）を備えてもよい。つまり、複合部材１は、多層構造の金属層を備え、基板２の直上を上記金属層３としてもよい。上記金属層３以外の金属層の構成金属は、例えば、ニッケル、ニッケル合金、銅、銅合金、金、金合金等が挙げられる。ここでのニッケル、銅、金とはいわゆる純金属である。上記金属層３以外の金属層は、例えば、金属層３を導通として、電気めっき等によって形成することが挙げられる。電気めっきを利用すれば、容易に、かつ安価に、多層構造の金属層を形成できる。従って、製造性に優れる。

[0076] （外形、大きさ）

複合部材１の平面形状、大きさ（厚さ、平面積）等は、複合部材１の用途等に応じて適宜選択できる。例えば、複合部材１を半導体素子の放熱部材に用いる場合、基板２の平面形状は長方形状が挙げられる。基板２の平面面積は、半導体素子等の搭載部品を載置可能な面積を有することが挙げられる。

また、この用途では、複合部材１の厚さが薄いほど、半導体素子の熱を冷却装置等の設置対象に伝え易く好ましい。複合部材１の厚さは、基板２の厚さと、金属層３の厚さとの合計厚さである。金属層３の厚さは上述の通りである。基板２の厚さが１０ｍｍ以下、更に５ｍｍ以下であると、基板２が薄板であるため、熱伝導性に優れて好ましい。基板２の厚さは、０．２ｍｍ以上が利用し易い。

[0077]（用途）

実施形態の複合部材１を放熱部材として備える半導体装置として、各種の電子機器が挙げられる。具体的には、高周波パワーデバイス（例、ＬＤＭＯＳ）、半導体レーザ装置、発光ダイオード装置等が挙げられる。その他、各種のコンピュータの中央処理装置（ＣＰＵ）、グラフィックス　プロセッシング　ユニット（ＧＰＵ）、高電子移動形トランジスタ（ＨＥＭＴ）、チップセット、メモリーチップ等が挙げられる。特に、複合部材１は、ＳｉＣデバイスやＧａＮデバイス等といった発熱が大きい半導体素子の放熱部材に適する。

[0078]［複合部材の製造方法］

実施形態の複合部材１は、例えば、以下の準備工程と、以下の接合工程とを備える製造方法によって製造できる。

（準備工程）非金属相２０と、Ａｇを主体とする金属相２５とを含む複合材料１０からなる基板２と、Ａｇを主体とする金属部材（図示せず）とを用意する工程。

（接合工程）ＡｇとＣｕとを含むロウ材（図示せず）によって、前記基板２と、前記金属部材とを接合する工程。

更に、前記基板２と前記金属部材とを接合した後、熱処理を施す工程（熱処理工程）を備えてもよい。

[0079]　以下、工程ごとに説明する。

（準備工程）

準備工程で用意する基板２は、公知のものを利用できる。又は、基板２は

、公知の製造方法によって製造してもよい。例えば、基板２として、特許文献１に記載されるダイヤモンドと銀との複合材料からなる基板を利用できる。又は、特許文献１に記載される上記基板の製造方法を利用できる。

[0080] 準備工程で用意する金属部材は、Ａｇを主体とする金属箔、金属帯、金属板等が挙げられる。即ち、純銀からなる金属部材、又は上述の銀基合金からなる金属部材を用意する。金属箔等の金属部材の厚さは、金属層３の厚さを実質的に維持する。そのため、金属層３の厚さが所定の厚さとなるように、金属部材の厚さを調整する。また、基板２の表面における所定の領域を覆えるように、金属部材の幅や平面面積等を調整する。

[0081]（接合工程）

接合工程では、まず、ＡｇとＣｕとを含むロウ材を用意する。特に、このロウ材は、共晶合金系のロウ材を用いる。また、このロウ材は、上述のＴｉ等の第一元素を含むことが好ましい。上述のように溶融状態のロウ材等に対して、非金属相２０の濡れ性を高められるからである。更に、ロウ材は、上記第一の元素に加えて、上述の第二元素を含んでもよい。ロウ材の組成の一例として、Ｃｕを２５質量％以上３５質量％以下含む銀基合金が挙げられる（銀基合金を１００質量％とする、以下同様）。より具体的なロウ材の組成として、Ｃｕを２５質量％以上３５質量％以下、Ｔｉを１．０質量％以上３．０質量％以下、Ａｇを６２質量％以上７４質量％以下含む銀基合金が挙げられる。Ｃｕを上記範囲で含む銀基合金は、ＡｇとＣｕとの共晶合金をベースとする合金といえる。上記共晶合金をベースとする銀基合金からなるロウ材は、溶融し易く、金属相２５等に溶け込み易い。このようなロウ材を用いると、Ａｇを主体とする金属相２５を含む基板２と、Ａｇを主体とする金属部材とを良好に接合できる。

[0082] 上述のロウ材中のＣｕを積極的に金属相２５及び金属部材中に拡散させて、金属層３における基板２との境界領域３０について、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下となるように、組成と製造条件とを調整する。具体的には、基板２の金属相２５と金属層３の原料とな

る金属部材との双方について、Ａｇを主体とする。即ち、ロウ材に隣接するＣｕが非常に少なく、Ａｇが多く存在する状態とする。代表的には、ロウ材に隣接させる金属を、Ｃｕの含有量が非常に小さい銀基合金又は純銀とする。かつ、ロウ材中のＣｕを金属相２５及び金属部材のＡｇ中に拡散させるために、接合条件を調整したり、接合後に熱処理を別途行ったりする。Ｃｕの拡散によって、基板２と金属層３との間に上述の共晶合金等が実質的に存在しない複合部材１を製造できる。

[0083] 〈接合条件〉

後述の熱処理工程を行わず、接合工程のみを行う場合には、金属層３のうち、基板２との境界領域３０において、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下となるように接合条件を調整すればよい。

[0084] ここで、上述の共晶合金系のロウ材について、推奨される接合条件の一例として、加熱温度が８００℃であり、加熱時間が５分であることが挙げられる。これに対し、Ｃｕを拡散させて、上記境界領域３０において、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合を２０原子％以下とする接合条件とは、例えば、以下を満たすことが挙げられる。

（接合条件）

加熱温度を上記推奨条件よりも高くすること、及び加熱時間を上記推奨条件よりも長くすることの少なくとも一方を行う。

[0085] 上記推奨条件よりも高い加熱温度として、例えば８５５℃以上８８５℃以下が挙げられる。加熱温度が高いほど、Ｃｕを拡散させ易く好ましい。ロウ材の厚さが比較的厚い場合（例、１００μｍ超）には、加熱温度を上記範囲で高くする、又は上記範囲よりも高くしてもよい。接合条件の加熱温度をこのような高温にする場合、加熱時間を上記推奨条件程度にできる。即ち、加熱時間を１分以上１０分以下、特に５分程度と短くでき、製造性に優れる。

[0086] 上記推奨条件よりも長い加熱時間は特に限定しないが、例えば５分超、特に２０分以上、３０分以上が挙げられる。ここでの保持時間とは、上記加熱温度に保持する時間であり、昇温過程及び降温過程を含まない。金属部材の

厚さが比較的厚い場合（例、１００μｍ超）には、保持時間をより長くしてもよい。

[0087] 上述のＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下を満たせば、接合条件は、上述の推奨条件と同等以下の低い加熱温度（例、７８０℃～８００℃未満）で、上述の推奨条件よりも長い保持時間（例、２０分以上、更に３０分以上）としてもよい。しかし、接合時の加熱温度を上記推奨条件よりも高い温度とすれば、上述のように加熱時間を推奨条件程度と比較的短くでき、製造性に優れて好ましい。また、接合条件を上記推奨条件よりも高い加熱温度及び上記推奨条件程度の保持時間とし、熱処理を別途行わない場合には、製造工程が少なく、製造性により優れて好ましい（後述の試験例１参照）。

[0088]（熱処理工程）

熱処理を別途行う場合には、接合条件は上述の推奨条件で行い、上記境界領域３０におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下となるように熱処理条件を調整すればよい。特に、この熱処理では、加熱温度をＡｇとＣｕとの共晶合金の融点未満とすることが挙げられる。

[0089] ここで、上述の推奨条件での接合後には、基板と接合された金属部材との境界近くにＡｇとＣｕとの共晶合金が残存し得る。ＡｇとＣｕとの共晶合金の融点である７８０℃よりも高い温度で加熱すれば、上記共晶合金が溶融して、接合した金属部材にフクレが生じたり、金属部材が剥離したりすることが考えられる。そこで、この熱処理では、上記共晶合金の融点よりも低い温度で加熱する。こうすることで、Ｃｕを金属相や金属部材に拡散させつつ、金属層を適切に形成できる。具体的な加熱温度として、７５０℃±２０℃が挙げられる。加熱時間は、１時間以上が挙げられる。このような熱処理を行うことで、Ｃｕを十分に拡散させて、境界領域３０中のＣｕの含有割合を低減できる。

[0090]（その他の条件）

接合条件、熱処理条件は、基板２の組成や厚さ、金属部材の組成や厚さ、ロウ材の組成や厚さ等に応じて適宜調整できる。その他、接合工程での加圧圧力、雰囲気は例えば以下が挙げられる。熱処理工程の雰囲気は以下が挙げられる。熱処理工程では、以下の加圧を行ってもよいし、加圧しなくてもよい。

[0091] 加圧圧力は、例えば接合中の雰囲気において１ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下程度が挙げられる。特に、金属部材の厚さが比較的厚い場合（例、１００μｍ超）には、加圧圧力を高くしてもよい。

[0092] 雰囲気は、非酸化性雰囲気が好ましい。基板２、金属部材、ロウ材（特にＴｉ）の酸化を防止できるからである。非酸化性雰囲気は、真空雰囲気、不活性雰囲気、還元雰囲気等が挙げられる。

真空雰囲気は、大気圧未満の低圧雰囲気が挙げられる。雰囲気圧力は、例えば１Ｐａ以下が挙げられる。

不活性雰囲気は、アルゴン雰囲気、窒素雰囲気等が挙げられる。

還元雰囲気は、水素雰囲気、水素ガスと不活性ガスとの混合雰囲気、一酸化炭素雰囲気等が挙げられる。

[0093] なお、ロウ材中のＣｕは、代表的には、一旦、Ａｇに固溶し、接合工程又は熱処理工程の冷却過程で少なくとも一部が析出することがある。この場合、金属層３における基板２との境界領域３０に析出物３５として存在する（図１）。

[0094] ［主な作用・効果］

実施形態の複合部材１は、耐熱性に優れる。特に、実施形態の複合部材１は、例えば、８００℃、更には８３０℃といった高温に加熱された場合でも、金属層３のフクレ、剥離、消失等の現象の発生を防止して、金属層３を適切に維持できる。基板２と金属層３との間に上述の高温で溶融するような低融点の合金が実質的に介在しないためである。この点を以下の試験例で具体的に説明する。

[0095] ［試験例１］

ダイヤモンド相と銀相とを含む複合材料からなる基板と、この基板の表面を覆う金属層とを備える複合部材を作製して、金属層における基板との界面近傍の組成を調べた。

[0096] この試験では、金属層の形成に金属箔とロウ材とを用いた。詳しくは以下の通りである。

[0097] （基板）

複合材料の基板は、特許文献１に基づいて作製したものを用意した。非金属相であるダイヤモンド相は、ダイヤモンド粒子と、ダイヤモンド粒子を覆う被覆層とを備える被覆粒子である。被覆層は、ＴｉＣからなる。金属相である銀相は、純銀からなる。金属相におけるＡｇの含有量は９９．９原子％以上である。ここでの基板は、長方形の平板材である。基板の厚さは１．２ｍｍである。

[0098] 試料Ｎｏ．３～Ｎｏ．５，Ｎｏ．１００，Ｎｏ．１０１では、比較的微細なダイヤモンド粒子を含む複合材料からなる基板を用いた。具体的には、ダイヤモンド粒子（ここでは被覆粒子、以下同様）の平均粒径は２０μｍである。ダイヤモンド粒子の含有量は、６０体積％である。

[0099] 試料Ｎｏ．１では、比較的粗大なダイヤモンド粒子を含む複合材料からなる基板を用いた。具体的には、ダイヤモンド粒子の平均粒径は９０μｍである。ダイヤモンド粒子の含有量は、６０体積％である。

[0100] 試料Ｎｏ．２では、微粗混合のダイヤモンド粒子を含む複合材料からなる基板を用いた。具体的には、平均粒径が４５μｍのダイヤモンド粒子（粗粒）と、平均粒径が５μｍのダイヤモンド粒子（微粒）とを含む。粗粒と微粒との混合比は、体積割合で７：３である。ダイヤモンド粒子の合計含有量は、７０体積％である。

[0101] なお、ダイヤモンド粒子の平均粒径はいずれも、メジアン粒径である。メジアン径は、市販の粒子画像分析装置を用いて測定した。市販の粒子画像分析装置は、例えば、モフォロギＧ３（Ｍａｌｖｅｒｎ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ製）が挙げられる。

[0102] （ロウ材）

いずれの試料についても、ロウ材は、ＡｇとＣｕとの共晶合金をベースとするシート材を用いた。ロウ材の具体的な組成は、Ｃｕを３０質量％、Ｔｉを１．５質量％、Ｓｎを３．０質量％含有し、残部がＡｇ及び不可避不純物である（Ａｇの含有量：６５質量％以上）。ロウ材の溶融温度は、７８０℃である。シート材の厚さは２５μｍ～５０μｍの範囲から選択する。各試料のロウ材の厚さ（μｍ）を表１に示す。

[0103] （金属層）

試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５，Ｎｏ．１００では、金属層の製造に金属箔として銀箔（表１ではＡｇ）を用いた。銀箔の厚さは２０μｍ～１００μｍの範囲から選択する。各試料の銀箔の厚さ（μｍ）を表１に示す。銀箔におけるＡｇ含有量は９９．９原子％以上である。銀箔の表面粗さＲａは２．０μｍ以下である。

試料Ｎｏ．１０１では、金属層の製造に金属箔として銅箔（表１ではＣｕ）を用いた。銅箔の厚さは２００μｍである。銅箔の表面粗さＲａは２．０μｍ以下である。

[0104] 複合材料からなる基板を成形型から取り出した後、研磨を施していない基板に金属層を形成する。ここでは、図３に示すように基板２の表裏面にそれぞれロウ材６１を配置する。ロウ材６１、基板２、ロウ材６１という中間積層体を挟むように金属箔６２をそれぞれ配置する。金属箔６２、ロウ材６１、基板２、ロウ材６１、金属箔６２という順に積層された積層物６０をカーボン製の鋳型６５に収納する。鋳型６５は有底筒状である。鋳型６５の深さ方向が積層物６０の積層方向に平行するように、積層物６０を鋳型６５に収納する。この収納状態では、一方（図３では下方）の金属箔６２が鋳型６５の内面に接する。他方（図３では上方）の金属箔６２にカーボン製の保護板６６を配置する。保護板６６の上に、錘６７を配置する。なお、図３では分かり易いように積層物６０の各構成要素を厚く示す。

[0105] 錘６７による加圧状態で、以下の接合条件で基板２と金属箔６２とをロウ

材６１によって接合する。各試料の接合条件（加熱温度(℃)、保持時間（分））を表１に示す。

（接合条件）

加熱温度：８７０℃又は８００℃

保持時間：５分

雰囲気：真空雰囲気又はアルゴン雰囲気

加圧圧力（錘６７の荷重）：１０ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下の範囲から選択

金属箔６２の厚さが１００μｍ以上である試料の荷重は、金属箔６２の厚さが１００μｍ未満である試料の荷重よりも大きくした。

[0106] [表1]

表１

試料No.	基板 複合材料中の非金属相 平均粒径[μm]	平均粒径[μm]	混合比 体積割合	含有量[体積%]	金属箔 組成	厚さ[μm]	ﾛｳ材厚さ[μm]	接合条件
1	90	-	-	60	Ag	100	50	870℃×5分
2	45	5	7対3	70	Ag	100	50	870℃×5分
3	20	-	-	60	Ag	50	50	870℃×5分
4	20	-	-	60	Ag	20	50	870℃×5分
5	20	-	-	60	Ag	100	50	870℃×5分
100	20	-	-	60	Ag	100	50	800℃×5分
101	20	-	-	60	Cu	200	25	870℃×5分

[0107] 試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５，Ｎｏ．１００，Ｎｏ．１０１の複合部材について、金属層における基板との境界領域の組成を分析した。その結果を表２に示す。

[0108] ここでは、上記境界領域を１００原子％として、Ａｇの含有量（原子％）、Ｃｕの含有量（原子％）、Ｔｉの含有量（原子％）、Ｓｎの含有量（原子％）を調べた。また、ＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合（Ｃｕ／（Ａｇ＋Ｃｕ）、原子％）を調べた。

[0109] 上記境界領域の組成の分析は、以下のように境界領域から測定領域を設定し、測定領域について行った（図２参照）。

各試料の複合部材について、基板の厚さ方向に沿った平面で切断して、断面をとる。断面をＳＥＭで観察する。上記断面のＳＥＭ像において、基板２を構成する複合材料１０中の非金属相２０（ここでは被覆粒子２１）のうち、金属層３の表面３ｆに最も近い箇所（基準点５０）をとる。次に、基準点５０を通る水平線５１をとる。基板２の厚さ方向に沿って、基準点５０よりも１５μｍ上方の箇所を通り、水平線５１に平行な直線（上方の直線５２）をとる。また、基準点５０よりも１５μｍ下方の箇所を通り、水平線５１に平行な直線（下方の直線５３）をとる。

上方の直線５２と下方の直線５３とで挟まれた、幅３０μｍの領域を境界領域３０とする。境界領域３０は、図２に示すように非金属相２０の含有を許容する。境界領域３０のうち、長さ３００μｍの長方形の領域を測定領域５とする。

[0110] 上述の測定領域においてエネルギー分散型Ｘ線分光法（ＥＤＸ）によって、測定領域中の組成を分析する。ここでは、ＳＥＭに付属されるＥＤＸ装置を用いた。ＥＤＸ装置には、例えば、公知のシリコンドリフト検出器（ＳＤＤ）を利用できる。

[0111] ここでは、各試料について、異なる１０箇所の測定領域をとり、測定領域ごとに、Ａｇの含有量，Ｃｕの含有量，Ｔｉの含有量，Ｓｎの含有量及びＣｕの含有割合（Ｃｕ／（Ａｇ＋Ｃｕ））を求める。異なる１０箇所の平均値を表２に示す。

[0112] その他、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５，Ｎｏ．１００，Ｎｏ．１０１の複合部材について、以下を調べた。

（１）金属層の表面のＣｕの含有量（原子％）。

（２）金属層の表面粗さＲａ（μｍ）。

（３）熱伝導率（Ｗ／（ｍ・Ｋ））。

（４）金属層の厚さ（μｍ）。

[0113] （１）金属層の表面分析は、ＥＤＸによって行った。その結果、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５，Ｎｏ．１００はいずれも、金属層の表面におけるＣｕの含有

量が、金属層の表面の組成を１００原子％として、１．０原子％以下、ここでは特に０．１原子％以下である。つまり、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５，Ｎｏ．１００はいずれも、金属層の表面は、Ｃｕを実質的に含まないといえる。また、金属層の表面にＣｕが実質的に析出していない。

[0114] 試料Ｎｏ．１０１について、同様にして、金属層の表面におけるＡｇの含有量を測定した。その結果、Ａｇの含有量は、金属層の表面の組成を１００原子％として、１．０原子％以下であり、実質的に銅層といえる。

[0115] （２）金属層の表面粗さＲａ（μｍ）は、市販の表面粗さ測定装置（ここでは、株式会社東京精密製、表面粗さ・輪郭形状測定機　ＳＵＲＦＣＯＭ　１３０Ａ）を用いて測定した。測定条件は、評価長さ４ｍｍ、測定速度０．３ｍｍ／ｓ、カットオフ値０．８ｍｍである。その結果を表２に示す。なお、金属層の形成前の基板について、同様に表面粗さＲａを測定したところ、表面粗さＲａは１．８０μｍであった。

[0116] （３）熱伝導率（Ｗ／ｍ・Ｋ）は、市販の測定装置（ここでは、ＮＥＴＺＳＣＨ　ＬＦＡ４４７）を用いてフラッシュ法によって測定した。測定条件は、ＡＳＴＭ　Ｅ１４６１－１３「Ｓｔａｎｄａｒｄ　Ｔｅｓｔ　Ｍｅｔｈｏｄ　ｆｏｒ　Ｔｈｅｒｍａｌ　Ｄｉｆｆｕｓｉｖｉｔｙ　ｂｙ　ｔｈｅ　Ｆｌａｓｈ　Ｍｅｔｈｏｄ」に準拠した条件である。

[0117] [表2]

表２

試料No.	金属層						複合部材
	境界領域					表面粗さRa [μm]	熱伝導率 [W/(m・K)]
	Ag含有量 [原子%]	Cu含有量 [原子%]	Cu含有割合 Cu/(Ag+Cu) [原子%]	Ti含有量 [原子%]	Sn含有量 [原子%]		
1	58.60	11.10	15.93	0.88	1.25	0.52	685
2	51.91	7.53	12.67	1.15	1.13	0.35	623
3	55.31	7.55	12.01	0.92	1.02	0.54	561
4	61.87	5.37	7.99	0.99	1.10	1.64	618
5	59.88	8.19	12.03	0.85	1.17	0.40	543
100	58.97	8.19	27.15	0.85	1.05	0.45	521
101	59.80	29.80	33.26	0.44	0.58	0.64	503

[0118] 試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材はいずれも、上述のようにロウ材を用いて、複合材料からなる基板と、金属層の原料である金属部材とを接合して

いる。そのため、基板の表面が凸凹であっても、凹部を埋めるようにロウ材が充填される。その結果、上記基板と上記金属層とが強固に接合され、以下に示すように高い接合力を有する。基板と金属層との接合力は、以下のように調べた。金属層の表面と銅製のロッドとをＰｂ（鉛）フリーはんだで、はんだ付けする。基板を固定した状態で銅製のロッドを市販の引張試験機（ここでは株式会社島津製作所製、オートグラフＡＧ－５０００Ｄ）で引っ張る。引張速度は２０ｍｍ／ｍｉｎである。ロッドを引っ張ることで金属層が破断するときの強度を接合力として評価する。その結果、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材の接合力はいずれも３５ＭＰａ以上である。

[0119] また、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材はいずれも、表２に示すように金属層の表面が平滑である。具体的には、金属層の表面粗さＲａが２．０μｍ以下である。金属層の表面粗さＲａが２．０μｍ以下と小さい理由の一つとして、金属層の形成にロウ材を用いたことが挙げられる。上述のように基板の表面の凹部を埋めるようにロウ材が充填されることで、銀箔の厚さが２０μｍと比較的薄い場合（ここでは試料Ｎｏ．４）を含めて銀箔の表面粗さＲａを維持し易かったと考えられる。

[0120] 表２に示すように、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材はいずれも、金属層における基板との境界領域中のＣｕの含有割合（Ｃｕ／（Ａｇ＋Ｃｕ））が２０原子％以下である。即ち、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材はいずれも、上記境界領域におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が十分に低減されている。このような境界領域は、ＡｇとＣｕとの共晶合金又は上記共晶合金をベースとする合金を実質的に含まないといえる。

[0121] 試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材について、８３０℃×２０分の熱処理を施して、耐熱性を評価した。この熱処理の条件は、複合部材の表面（ここでは金属層の表面）にパッケージ部材（例、絶縁基板）を接合する場合を模した条件である。その結果、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材では、金属層のフクレ、剥離、消失等の現象が実質的に生じず、金属層が適切に維持されていた。このような試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材の耐熱温度は、上

述の共晶合金等の溶融温度（例、７８０℃）を超える温度、ここでは８３０℃であるといえる。

[0122] 一方、試料Ｎｏ．１００，Ｎｏ．１０１の複合部材では、金属層における基板との境界領域中のＣｕの含有割合（Ｃｕ／（Ａｇ＋Ｃｕ））はそれぞれ、約２７原子％、約３３原子％であり、２０原子％超である。このような境界領域は、Ｃｕの拡散が不十分であり、上記境界領域中のＣｕの含有割合が高いため、上述の共晶合金等を含むといえる。試料Ｎｏ．１００，Ｎｏ．１０１の複合部材に対して、上述の８３０℃×２０分の熱処理を施して、耐熱性を評価した。その結果、試料Ｎｏ．１００の複合部材では、金属層のフクレが生じ、Ｎｏ．１０１の複合部材では金属層が消失した。

[0123] 同じ組成のロウ材を用いていながらも、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５と試料Ｎｏ．１００，Ｎｏ．１０１とで異なる結果が得られた理由の一つとして、以下のように考えられる。

[0124] 試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の製造過程では、基板を構成する複合材料中の金属相、及び金属層の原料である金属部材の主体がＡｇである。そのため、ＡｇとＣｕとの共晶合金系のロウ材を用いたものの、ロウ材に隣接して、Ｃｕの含有量が非常に小さい金属相中のＡｇ及び金属部材中のＡｇを存在させられる。かつ、ここでは接合時の条件を比較的高温とし、Ｃｕを拡散し易い条件としている。そのため、ロウ材が溶融することで基板と金属部材との接合に寄与した後に、ロウ材中のＣｕが隣接する金属相のＡｇ及び金属部材のＡｇに拡散できたと考えられる。その結果、上記境界領域中のＣｕの含有割合が大きく減少して、小さくなり、上記境界領域中にＡｇとＣｕとの共晶合金を形成し難かったと考えられる。

[0125] 一方、試料Ｎｏ．１００の製造過程では、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５と同様に、上述の共晶合金系のロウ材に隣接して、Ｃｕの含有量が非常に小さい金属相中のＡｇ及び金属部材中のＡｇが存在する。しかし、接合時の加熱温度が８００℃と低いことで、ロウ材中のＣｕが隣接する金属相及び金属部材に十分に拡散されず、上記境界領域中のＣｕの含有割合が大きく減少せず、Ａ

ｇとＣｕとの共晶合金が形成され易かったと考えられる。他方、試料Ｎｏ．１０１の製造過程では、基板中の金属相の主体がＡｇであるものの、金属部材の主体がＣｕである。そのため、上述の共晶合金系のロウ材中のＣｕは、Ｃｕの含有量が非常に小さい金属相中のＡｇ中に拡散していく。しかし、このロウ材に、Ｃｕの含有量が非常に大きい金属部材中のＣｕが拡散していく。特に、この試験では、Ｃｕが拡散し易い条件で接合するため、上述の金属部材中のＣｕがロウ材中に拡散し易い。その結果、上記境界領域中のＣｕの含有割合に大幅な低減が生じず、ＡｇとＣｕとの共晶合金が形成され易かったと考えられる。

[0126] 以上のことから、以下の（要件）を満たす複合部材は、８００℃、更には８３０℃といった高温に曝されても、金属層のフクレ、剥離、消失等の現象が生じ難く、耐熱性に優れることが示された。

（要件）基板中の金属相及び金属層がＡｇを主体とする。かつ、金属層における基板との境界領域中のＣｕの含有割合（Ｃｕ／（Ａｇ＋Ｃｕ））が２０原子％以下である。

[0127] その他、この試験から、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材について、以下のことが分かる。

[0128] （ａ）熱伝導率が５００Ｗ／ｍ・Ｋ以上、特に５３０Ｗ／ｍ・Ｋ以上であり、高い。このような複合部材は、熱伝導性に優れるため、半導体素子の放熱部材等に好適に利用できる。

[0129] （ｂ）熱伝導性に優れる理由の一つとして、複合材料中の非金属相がダイヤモンドを含むことが挙げられる。ダイヤモンド粒子の平均粒径が大きいと、熱伝導性により優れる傾向にある（例、試料Ｎｏ．１，Ｎｏ．５比較参照）。また、大きな粒子を含む上に、ダイヤモンド粒子の含有量が多いと、熱伝導性により優れる傾向にある（例、試料Ｎｏ．２，Ｎｏ．５比較参照）。別の理由の一つとして、複合材料中の金属相及び金属層がＡｇを主体とする金属であることが挙げられる。

[0130] （ｃ）熱伝導性に優れる更に別の理由の一つとして、金属層における基板と

の境界領域のＴｉの含有量が０．１原子％以上２．０原子％以下であることが挙げられる。上記境界領域に含まれるＴｉは、溶融状態のロウ材に対して、複合材料中の非金属相の濡れ性を高めることに寄与したと考えられる。この点からも、基板と金属層とが密着して、熱伝導性を高め易い。また、上記境界領域にＴｉを過剰に含まないことで、Ｔｉの過剰含有に起因する熱伝導性の低下を防止できる。なお、基板と金属層とが密着することからも、上述の高い接合力を有したと考えられる。

[0131] （ｄ）上述のように金属層の表面粗さＲａが小さく、金属層の表面が平滑である。そのため、複合部材の金属層の表面にパッケージ部材等を接合した場合に金属層とパッケージ部材等との間にボイドが介在し難い。従って、ボイドの介在に起因する熱伝導性の低下を防止できる。

[0132] （ｅ）試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材について、金属層の厚さを測定した。ここでは、金属層の厚さは、上述の各試料の複合部材における断面のＳＥＭ像を用いて測定した。金属層の境界領域を抽出する際に説明した下方の直線を基板と金属層との境界とする。この基板と金属層との境界から、基板の厚さ方向に沿って、金属層の表面までの長さを金属層の厚さとする。試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の金属層の厚さは、２０μｍ以上２００μｍ以下を満たす。また、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の金属層の厚さは、銀箔の厚さを実質的に維持している。金属層の厚さが２００μｍ以下であることからも、熱伝導性に優れると考えられる。例えば、試料Ｎｏ．３，Ｎｏ．４を比較すれば、金属層が薄い試料Ｎｏ．４は、試料Ｎｏ．３よりも熱伝導率が高い。また、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５は、金属層の厚さが２０μｍ以上であることからも、金属層の表面が平滑になり易いと考えられる。試料Ｎｏ．１に着目すると、比較的大きな非金属相の粒子を含む場合でも、金属層がある程度厚いことで、金属層の表面が平滑である。試料Ｎｏ．３，Ｎｏ．５を比較すれば、金属層が厚い試料Ｎｏ．５は表面がより平滑であり、金属層が厚いと平滑性に優れる傾向にある。

[0133] （ｆ）試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材について、熱処理前後の熱伝導率

の変化を調べた。ここでは、８３０℃で２０分間保持した後、室温（ここでは２０℃程度）まで冷却して、熱伝導率を測定した。そして、変化率＝{（加熱前の熱伝導率－加熱後の熱伝導率）／加熱前の熱伝導率}×１００を求めた。その結果、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材はいずれも、熱処理前後の熱伝導率の変化率が５％以下であった。このことから、これらの複合部材は、８３０℃程度に曝されても、高い熱伝導率を維持できることが分かる。

[0134] また、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材について、冷熱サイクルに伴う熱伝導率の変化を調べた。各試料の複合部材を、－６０℃に保持した試験液に１０分浸した後、１５０℃に保持した試験液に１０分浸す、という操作を１サイクルとする。この冷熱サイクルを１００サイクル行った後に熱伝導率を測定する。そして、変化率＝{（冷熱サイクル前の熱伝導率－冷熱サイクル後の熱伝導率）／冷熱サイクル前の熱伝導率}×１００を求めた。その結果、試料Ｎｏ．１～Ｎｏ．５の複合部材はいずれも、冷熱サイクルに伴う熱伝導率の変化率が５％以下であった。このことから、これらの複合部材は、冷熱サイクルを受けても、高い熱伝導率を維持できることが分かる。なお、上記試験液には、フッ素系不活性液体（「ガルデン（登録商標）」や「フロリナート（商品名）」等を使用できる。

[0135] 本発明は、これらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

例えば、試験例１において、複合材料中の金属相の組成、非金属相の組成・粒径・含有量、基板の厚さ、ロウ材の組成及び厚さ、金属部材の組成及び厚さ、接合条件等を適宜変更できる。

符号の説明

[0136] １　複合部材、２　基板、１０　複合材料、２０　非金属相、２５　金属相、２１　被覆粒子、２２　コア粒子、２３　被覆層、３　金属層、３ｆ　表面、３ｂ　境界、３０　境界領域、３５　析出物、５　測定領域、５０　基準点、５１　水平線、５２，５３　直線、６０　積層物、６１　ロウ材、

６２　金属箔、６５　鋳型、６６　保護板、６７　錘。

請求の範囲

[請求項1] 非金属相と金属相とを含む複合材料からなる基板と、前記基板の表面の少なくとも一部を覆う金属層とを備える複合部材であって、

前記金属相及び前記金属層を構成する金属は、Ａｇを主体とし、

前記金属層のうち、前記基板との境界領域中におけるＡｇとＣｕとの合計含有量に対するＣｕの含有割合が２０原子％以下である複合部材。

[請求項2] 前記境界領域は、Ｔｉ，Ｃｒ，Ｖ，Ｎｂ，Ｚｒ，Ｔａから選択される１種以上の元素を含み、

前記境界領域における前記元素の含有量は、前記境界領域の組成を１００原子％として、０．１原子％以上２．０原子％以下である請求項１に記載の複合部材。

[請求項3] 前記金属層の厚さは、２０μｍ以上２００μｍ以下である請求項１又は請求項２に記載の複合部材。

[請求項4] 前記金属層の表面粗さＲａは、２．０μｍ以下である請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の複合部材。

[請求項5] 前記金属層の表面におけるＣｕの含有量は、前記表面の組成を１００原子％として、１．０原子％以下である請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の複合部材。

[図1]

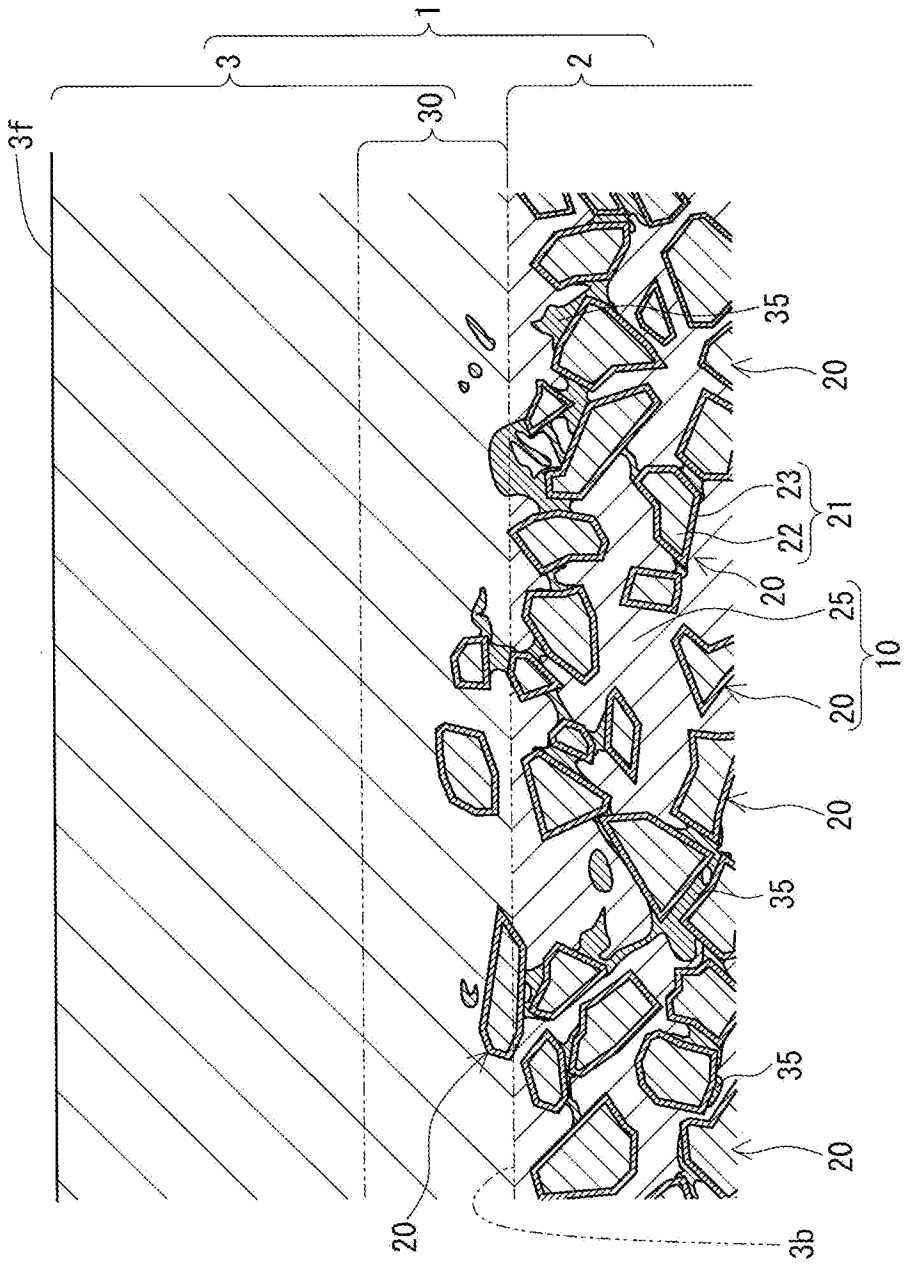


FIG.1

[図2]

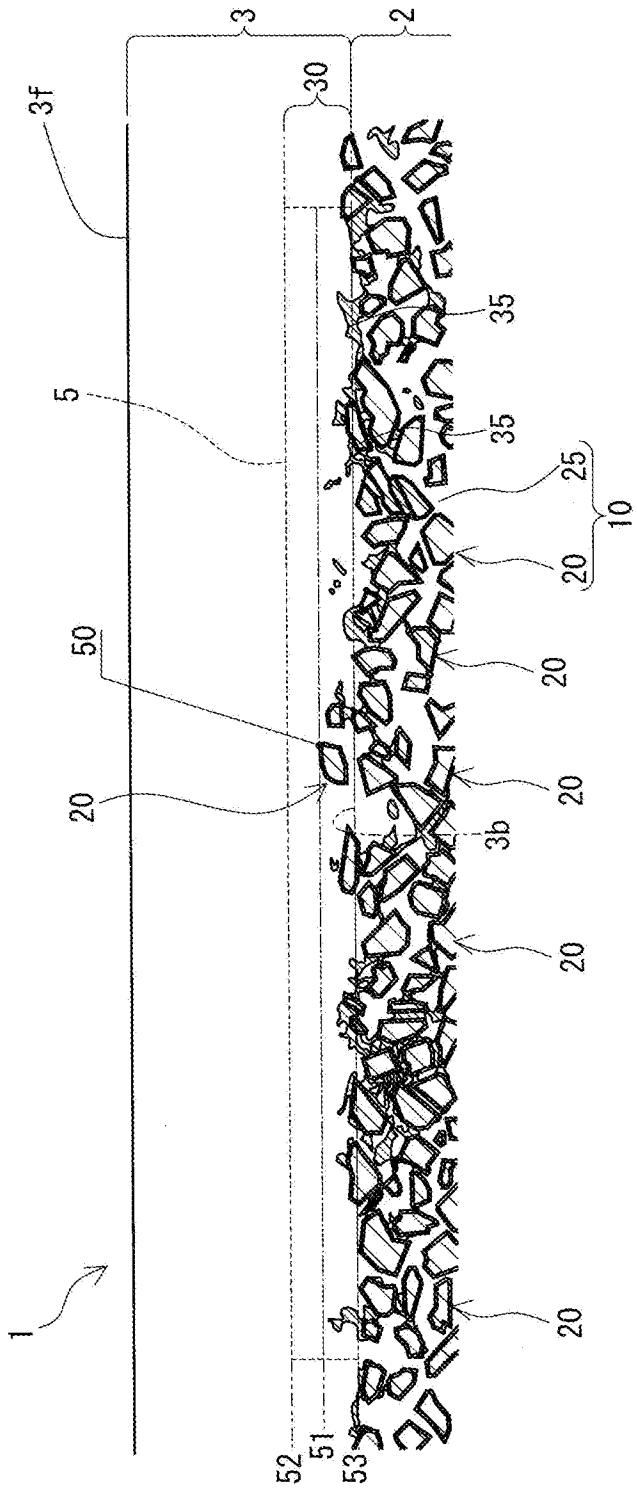
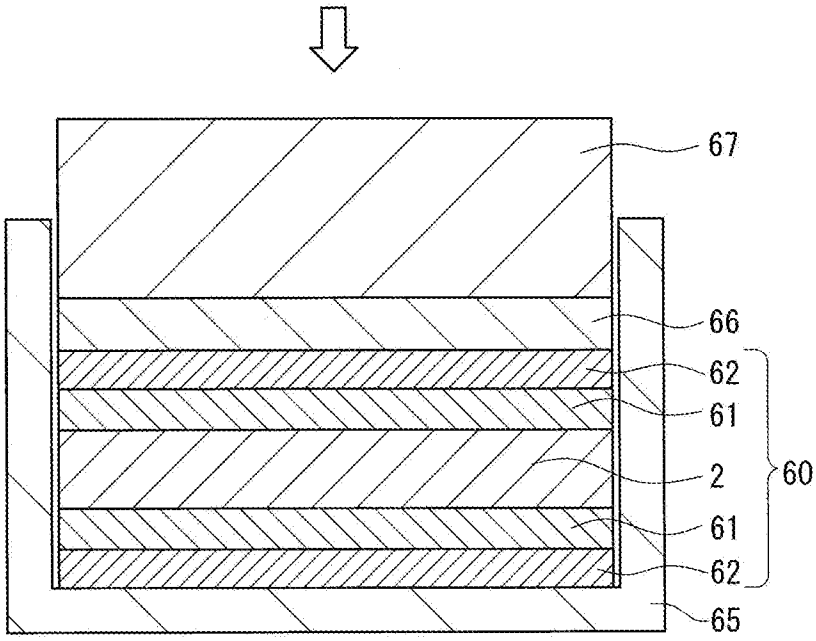


FIG.2

[図3]

FIG.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/034151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. C22C26/00(2006.01)i, B23K35/30(2006.01)i, C04B37/02(2006.01)i, C22C5/06(2006.01)i, C22C5/08(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/02(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. C22C26/00, B23K35/30, C04B37/02, C22C5/06, C22C5/08, H01L23/36, H05K1/02

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
A	WO 2018/105297 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 14 June 2018 (Family: none)	1-5
A	JP 2016-184700 A (ALLIED MATERIAL CORPORATION) 20 October 2016 (Family: none)	1-5

☐ 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
17.09.2019	01.10.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３４１５１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C26/00(2006.01)i, B23K35/30(2006.01)i, C04B37/02(2006.01)i, C22C5/06(2006.01)i, C22C5/08(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/02(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.　C22C26/00, B23K35/30, C04B37/02, C22C5/06, C22C5/08, H01L23/36, H05K1/02

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
A	WO 2018/105297 A1 (住友電気工業株式会社) 2018.06.14, (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2016-184700 A (株式会社アライドマテリアル) 2016.10.20, (ファミリーなし)	1-5

☐　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
１７．０９．２０１９	０１．１０．２０１９

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）　４Ｅ　９２６５
坂本　薫昭
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５