

明 細 書

発明の名称：接合体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、接合体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、ＩＧＢＴなど大電流が通電されることで発熱量が大きくなる半導体デバイスの製造方法には、焼結性金属粒子を含む接合材料を用いて半導体素子や回路基板などの被接合体を接合する工程が採用されている。

[0003] 例えば特許文献１には低温にて被接合体を接合する接合材料の一つとして、不活性雰囲気中で昇温する間の各温度と結晶子サイズの関係において（ａ）３０℃における銅の結晶子サイズに対する結晶子サイズ比が１．２となる温度が２５０℃以下であり、（ｂ）２５０℃以上３５０℃以下の温度範囲における単位温度あたりの前記結晶子サイズ比の変化量が 2.0×10^{-3} 以上となる銅粒子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１９－２０５４号公報

発明の概要

[0005] 特許文献１に記載の銅粒子は焼結性に優れるものといえるが体積収縮が大きい傾向にあり、該銅粒子を含むペーストを焼成して接合体とした場合、接合層内部に収縮割れが生じやすいという問題がある。同様に、前記接合層を平面視したとき、前記半導体素子が載置されていない接合層の端部（以下「フィレット部」ともいう）においても収縮による割れが目立つものにもなり、フィレット部における接合層と基板（被接合体）との接合強度が十分発揮されず、該接合層の端部が基板から剥離する問題があった。

[0006] したがって本発明の課題は、フィレット部における接合層が被接合体から剥離しにくい接合体の製造方法を提供することにある。

[0007] 本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意検討した結果、焼結性金属粒子として、特定の粒子径と結晶子径を有する銅粒子を用い、特定の焼結温度条件で該銅粒子を焼結させることで、フィレット部における接合層が被接合体から剥離しにくくなることを見出した。

[0008] すなわち、本発明は、銅粒子を含むペーストの塗膜を第1被接合体と第2被接合体との間に形成した後に、該塗膜を加熱して該銅粒子を焼結させてなる接合層を形成する接合体の製造方法であって、

前記銅粒子として、平均一次粒子径が $0.06\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下であって、 150°C における結晶子径 $D1(\text{nm})$ に対する 250°C における結晶子径 $D2(\text{nm})$ の増加割合 $(D2 - D1) / D1 \times 100$ が5%以上であるものを含み、

前記塗膜を 150°C 以上 350°C 以下の加熱温度で45分以下保持して前記銅粒子を焼結させる、接合体の製造方法を提供するものである。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の接合体の製造方法の工程を示す模式図である。

[図2]図2は、本発明の製造方法で得た接合体の断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下本発明を、その好ましい実施形態に基づき説明する。図1は、本発明の接合体の接合方法を説明する工程図であり、図2は、図1に示す製造方法で得た接合体の断面図である。

[0011] 最初に、図1(a)に示すように、第1被接合体11上に銅粒子を含むペーストを塗布して塗膜12Xを形成する。ペーストの塗布方法は特に限定されないが、例えば、スクリーン印刷、ディスペンス印刷、グラビア印刷、オフセット印刷などを用いることができる。

[0012] 本発明で用いるペーストは、銅粒子、後述する有機溶媒及び調整剤等を適宜含んでなる。

銅粒子は、平均一次粒子径が $0.06\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $0.08\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $0.1\mu\text{m}$ 以上が特に好ましい。一方、平

均一次粒子径が $1\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.8\ \mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下が特に好ましく、 $0.3\ \mu\text{m}$ 以下がとりわけ好ましい。前記銅粒子の平均一次粒子径が $0.06\ \mu\text{m}$ 以上であることにより、当該銅粒子を含んだペーストを塗膜化し、焼成して接合層となる過程にて接合層に割れが生じることを防止することができ、被接合体（第1被接合体と第2被接合体）の接合強度に優れるものとすることができるとともに、フィレット部における接合層と第1被接合体との接合強度が増大することとなる。また、前記銅粒子の平均一次粒子径が $1\ \mu\text{m}$ 以下であることにより、後述する結晶子径の増加割合 $(D2 - D1) / D1 \times 100$ を好適な範囲としやすくなる。

[0013] また、前記銅粒子は、 150°C における結晶子径 $D1\ (\text{nm})$ に対する 250°C における結晶子径 $D2\ (\text{nm})$ の増加割合 $(D2 - D1) / D1 \times 100$ が5%以上、好ましくは6%以上、更に好ましくは7.5%以上、より好ましくは8%以上である。前記増加割合 $(D2 - D1) / D1 \times 100$ は銅粒子の焼結性の指標となるものである。前記銅粒子が、前記増加割合に加えて上述した平均一次粒子径を備えることと相まって、本製造方法によって得られる接合体は、被接合体（第1被接合体と第2被接合体）間の接合強度に優れるものとなり、かつ、フィレット部における接合層が第1被接合体から剥離が生じないものとなる。以下の説明においては、説明の簡便のために「増加割合」というときには「 $(D2 - D1) / D1 \times 100$ 」から算出される値のことを意味する。前記増加割合の上限値に特に制限はないが、100%程度とすることができる。

前記増加割合が5%以上の銅粒子は特別な製造方法によって得られるものではなく、銅粒子の製造において用いる銅源、有機表面処理剤、還元剤及び有機溶媒等の種類、並びに製造時の反応時間及び反応温度によって調整することができる。あるいは、汎用されている銅粒子から、前記増加割合が5%以上のものを適宜選択して用いることもできる。

[0014] 前記増加割合が5%以上であり、かつ、平均一次粒子径が上述の範囲内で

あることにより、銅粒子どうしの焼結性が良好なものとなる。しかも銅粒子の過度な体積収縮を防止することができるので、塗膜12Xの焼成によって接合層が生じる過程において収縮割れが生じることなく第1被接合体と第2被接合体との接合が十分に進行する。その上、フィレット部における接合層と第1被接合体との接合強度が優れたものになる。

前記増加割合が5%以上を満たす銅粒子の割合は全銅粒子の10質量%以上であることが好ましく、15質量%以上であることがより好ましい。

[0015] 本発明における平均一次粒子径は、10,000倍以上150,000倍以下の範囲で銅粒子の走査型電子顕微鏡像から輪郭がはっきりとしたものを無作為に50個以上選んで粒径（ヘイウッド径）を測定し、次いで、得られた粒径から、粒子が真球であると仮定したときの体積を算出し、該体積の累積体積50容量%における体積累積粒径をいう。

[0016] 本発明における銅粒子の結晶子径は、高温XRD（粉末X線回折）法に基づきXRD測定によって得られるX線回折パターンを解析し、その後、Scherrerの式によって算出される。

高温XRD法とは、測定試料を加熱できる高温ユニットに試料を設置し、徐々に加熱しながらXRD測定を行う方法である。XRD測定はリガク社製全自動水平型多目的X線回折装置と、検出器として同社製の高速二次元X線検出器PILATUS100K/Rを用いて測定する。X線回折パターンの測定条件は以下のとおりである。

光学系 : 平行ビーム

X線源 : CuK α 線

測定モード : Stillモード $2\theta = 42^\circ$ 固定

(上述の二次元検出器にて $2\theta = 38 \sim 48^\circ$ に相当するX線回折強度が得られる)

露光時間 : 60秒

コリメータ : $\Phi 0.2\text{ mm}$

測定雰囲気 : 窒素

測定温度 : 150、250℃

昇温速度 : 10℃/min

各測定温度でXRD測定（露光時間60秒）している間は昇温せずに、測定温度を保持する。

[0017] 次いで、上述のXRD測定によって得られる銅粒子の結晶面（111）のX線回折パターンの半値幅から、下記のScherrerの式により結晶子径を算出する。

Scherrerの式 : $D = K\lambda / \beta \cos \theta$

D : 結晶子径

K : Scherrer定数（0.94）

λ : X線の波長

β : 半値幅[rad]

θ : ブラッグ角[rad]

[0018] 銅粒子の形状や性状に特に制限はない。例えば形状に関しては球状、多面体状、扁平状、不定形、又はそれらの組み合わせであってもよい。これらの中でも、球状、扁平状、又はこれらの組み合わせが好ましい。銅粒子の性状に関しては、粉末状のものであってもよく、銅粒子が有機溶媒中に分散したペースト状やスラリー状のものであってもよい。

[0019] 銅粒子は、その表面に表面処理剤が付着していてもよい。銅粒子の表面に表面処理剤を付着させておくことで、銅粒子どうしの過度の凝集を抑制することができる。

[0020] 表面処理剤は特に限定されるものではなく、脂肪酸、脂肪族アミン及び銅への吸着性を有する錯体等が挙げられる。

[0021] ペーストの粘度はThermo Scientific社製のレオメータMARS IIIを用いて測定することができる。ペーストの塗布性又は印刷性を高める観点から、せん断速度 10 s^{-1} のときの粘度値が $10\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $200\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが好ましく、 $15\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $200\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることがより好ましく、 $30\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $90\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下

であることが更に好ましい。ペーストの粘度の測定条件は以下のとおりである。

測定モード : せん断速度依存性測定
センサー : パラレル型 (Φ 20 mm)
測定温度 : 25℃
ギャップ : 0.300 mm
せん断速度 : 0.05 ~ 120.01 s⁻¹
測定時間 : 2分

[0022] 塗膜12Xの厚さは、後述する接合層の厚みを十分に確保し接合層と被接合体との接合強度を十分なものとする観点から1 μm以上であることが好ましく、5 μm以上であることがより好ましく、10 μm以上であることが特に好ましい。一方、塗膜12Xを焼成して接合層とする過程にて接合層に割れが生じ、被接合体（第1被接合体と第2被接合体）間の接合強度が低下したり、フィレット部における接合層が第1被接合体から剥離したりするのを防止する観点から、500 μm以下であることが好ましく、300 μm以下であることがより好ましい。

[0023] ペースト中における銅粒子の含有量は、被接合体へのペーストの塗布性及び塗膜12Xの保形性を高める観点から、60質量%以上99質量%以下であることが好ましく、65質量%以上95質量%であることがより好ましく、70質量%以上93質量%以下であることが特に好ましい。

[0024] 有機溶媒としては、モノアルコール、多価アルコール、多価アルコールアルキルエーテル、多価アルコールアリールエーテル、エステル類、含窒素複素環化合物、アミド類、アミン類、飽和炭化水素などが挙げられる。これらの有機溶媒は、一種を単独で又は二種以上を組み合わせ用いることができる。

[0025] ペーストには、上述したように、各種特性を調整するための調整剤を適宜含有させてもよい。調整剤としては、例えば還元剤、粘度調整剤及び表面張力調整剤が挙げられる。

[0026] 還元剤としては、銅粒子の焼結を促進させるものがよく、例えばモノアルコール、多価アルコール、アミノアルコール、クエン酸、シュウ酸、ギ酸、アスコルビン酸、アルデヒド、ヒドラジン及びその誘導体、ヒドロキシルアミン及びその誘導体、ジチオスレイトール、ホスファイト、ヒドロホスファイト、並びに亜リン酸及びその誘導体等が挙げられる。

[0027] 粘度調整剤としては、ペーストの粘度の高低を調整して、好ましくは上記粘度範囲内に設定できるものがよく、例えばケトン類、エステル類、アルコール類、グリコール類、炭化水素、及びポリマーなどが挙げられる。

[0028] 表面張力調整剤としては、塗膜 1 2 X の表面張力を調整できるものであればよく、例えばアクリル系界面活性剤、シリコーン系界面活性剤、アルキルポリオキシエチレンエーテル、及び脂肪酸グリセロールエステルなどのポリマー、並びにアルコール系、炭化水素系、エステル系及びグリコール等のモノマーが挙げられる。

[0029] 次いで、図 1 (b) に示すように、塗膜 1 2 X を構成する銅粒子の焼結温度未満の温度で塗膜 1 2 X を乾燥する。乾燥温度は塗膜 1 2 X 中の有機溶媒や調整剤等を蒸発させ、かつ上述のとおり銅粒子を焼結させない温度であることが必要である。したがって、後述する焼結温度よりも低温であることを前提として好ましくは 5 0 °C 以上 1 6 0 °C 以下、より好ましくは 6 0 °C 以上 1 5 0 °C 以下である。

有機溶媒はその全量が除去される必要はなく、塗膜 1 2 X が流動性を失う程度に有機溶媒が除去されていればよい。したがって、塗膜 1 2 X には有機溶媒が残存していてもよく、その含有割合は、例えば 5 0 質量%以下であってもよく、特に 3 0 質量%以下としてもよい。

[0030] 塗膜 1 2 X の乾燥は、不活性雰囲気や大気下で行うことができる。あるいは、減圧下で塗膜 1 2 X の乾燥を行ってもよい。乾燥時間は、塗膜 1 2 X 中の有機溶媒や調整剤等を蒸発させ、上述した通り塗膜 1 2 X が流動性を失う程度に有機溶媒が除去される程度まで行えばよい。

[0031] 次いで、図 1 (c) に示すように、乾燥後の塗膜 1 2 X 上に第 2 被接合体

13を載置して積層体15を形成する。

[0032] 第1被接合体11及び第2被接合体13の種類に特に制限はない。一般的には、第1被接合体11及び第2被接合体13はいずれも、それらの接合対象面に金属を含むことが好ましい。例えば第1被接合体11及び第2被接合体13の少なくとも一方として、金属からなる面を有する部材を用いることができる。なお、本明細書でいう「金属」とは、他の元素と化合物を形成していない金属そのもの、又は2種類以上の金属の合金のことである。このような金属としては、例えば銅、銀、金、アルミニウム、パラジウム、ニッケル又はそれらの2種以上の組み合わせからなる合金が挙げられる。

[0033] また、第1被接合体11及び第2被接合体13の少なくとも一方として、金属微粒子及び有機溶媒を含むペーストの乾燥体を用いることもできる。具体的には、第1被接合体11として、金属からなる面を有する部材を用い、第2被接合体13として、金属微粒子及び有機溶媒を含むペーストの乾燥体を用いることができる。なお、ペーストの乾燥体を用いる場合には、銅等の金属からなる支持基材にペーストを塗布し乾燥することで乾燥体とすることが好ましい。

[0034] このような第1被接合体11や第2被接合体13の具体例としては、それぞれ独立して、例えば上述の金属からなるスペーサーや放熱板、半導体素子、並びに上述した金属の少なくとも一種を表面に有する基板等が挙げられる。基板としては、例えば、セラミックス又は窒化アルミニウム板の表面に銅等の金属層を有する絶縁基板等を用いることができる。被接合体として半導体素子を用いる場合、半導体素子は、Si、Ga、Ge、C、N、As等の元素のうち一種以上を含む。第1被接合体11は、好ましくは基板である。第2被接合体13は、スペーサー、放熱板、又は半導体素子のいずれかであることが好ましい。

[0035] 第1被接合体11及び第2被接合体13のうちの少なくとも一方が、金属からなる面を有する部材である場合、該金属からなる面は一種の金属から構成されていてもよく、あるいは二種以上の金属から構成されていてもよい。

二種以上の金属から構成されている場合には、当該面は合金であってもよい。金属からなる面は一般には平面であることが好ましいが、場合によっては曲面であってもよい。

[0036] 次いで、図1（d）に示すように、図示しない所定の治具で積層体15を挟持し、積層体15、すなわち塗膜12Xを加圧下、150℃以上350℃以下、好ましくは170℃以上330℃以下、より好ましくは190℃以上310℃以下で加熱する。この加熱温度にて、好ましくは45分以下、より好ましくは1分以上40分以下、特に好ましくは2分以上35分以下、更に好ましくは2分以上20分以下で温度を保持し、前記銅粒子を焼結させて接合層12を形成する。上述の加熱温度で45分以下保持することにより、被接合体が熱によるダメージを受けるのを防止したり、生産性を向上させたりすることができる。

[0037] 本製造方法によれば、接合層12と第1被接合体11との接合強度が増大するので、図2に示されるように、第2被接合体13が載置されていない接合層12のフィレット部12Aも、第1被接合体11から剥離しないようになる。結果として、接合層12が第2被接合体13のみでなく、第1被接合体11とも高い接合強度で接合し、剥離が生じないような積層体15を得ることができる。

[0038] なお、図1においては、治具を用いて積層体15を加圧し、接合層12により第1被接合体11及び第2被接合体13を接合しているが、積層体15を加圧することなく、接合層12によって第1被接合体11と第2被接合体13とを接合させてもよい。この場合においても、フィレット部12Aにおける接合層12が第1被接合体11から剥離しないようになる。結果として、接合層12が第2被接合体13のみでなく、第1被接合体11とも高い接合強度で接合し、剥離が生じないような積層体15を得ることができる。

上述のように積層体15を加圧しながら接合する場合には、0.1MPa以上40MPa以下で加圧することが、第1被接合体11と第2被接合体13とを接合層12を介して十分に接合させる観点から好ましい。

[0039] 本発明の製造方法によって得られる接合体は、フィレット部における被接合体と接合層との高い接合特性を活かして、例えば車載用電子回路やパワーデバイスが実装された電子回路などに好適に用いられる。

実施例

[0040] 以下、実施例により本発明を更に詳細に説明する。しかしながら本発明の範囲は、かかる実施例に制限されない。特に断らない限り、「%」は「質量%」を意味する。

[0041] (実施例1)

(1) 接合用ペーストの調製

銅粒子（三井金属鉱業社製CH-0200L1、球状、平均一次粒子径0.16 μm ）と、有機溶媒としてターピネオールとを自公転ミキサーで攪拌した。得られた混合物を3本ロールミル（ファイナルギャップを10 μm とする）で混練し、接合用ペーストを得た。接合用ペーストにおける銅粒子の割合は82%であり、ターピネオールの割合は18%であった。接合用ペーストの粘度は44 Pa $\cdot$ sであった。

また、前記銅粒子の150℃における結晶子径D1（nm）に対する250℃における結晶子径D2（nm）の増加割合は8.9%であった。

[0042] (2) 接合用ペーストの第1被接合体への塗布

長さ20mm $\times$ 幅20mm $\times$ 厚さ2mmの銅プレートの中央部上に接合用ペーストを縦10mm、横10mm、厚み100 μm のメタルマスクを用いて印刷し、矩形の塗膜を形成した。この塗膜を、大気雰囲気中、90℃、20分乾燥させて有機溶媒を除去した。

[0043] (3) 乾燥後の塗膜上への第2被接合体の載置（積層体の形成）

第2被接合体として半導体パワーデバイスのモデル部材を想定して、Agめっきしたアルミナチップを用意した（長さ5.1mm $\times$ 幅5.1mm $\times$ 厚さ0.5mm）。次いで、このアルミナチップを乾燥後の塗膜上の中央に載置し、第1被接合体、塗膜及び第2被接合体の順に積層された積層体を形成した。

[0044] (4) 積層体の焼結（接合体の製造）

次いで、窒素雰囲気中、積層体を 250°C に加熱するとともに、当該積層体の第1被接合体及び第2被接合体間に 9MPa の圧力を印加して接合体を製造した。なお、温度保持時間及び圧力保持時間は5分とした。昇温速度は $14^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ とし、昇圧速度は $0.6\text{MPa}/\text{秒}$ とした。

[0045] (実施例2)

実施例1の(1)で用いた銅粒子を他の銅粒子（三井金属鉱業社製CH-O200L1、球状、平均一次粒子径 $=0.14\mu\text{m}$ ）に変更した以外は実施例1と同様にして接合用ペースト及び接合体を製造した。 150°C における結晶子径 $D1(\text{nm})$ に対する 250°C における結晶子径 $D2(\text{nm})$ の増加割合は8.6%であった。接合用ペーストの粘度は $70\text{Pa}\cdot\text{s}$ であった。

[0046] (実施例3)

実施例1の(1)で用いた銅粒子を他の銅粒子（三井金属鉱業社製CH-O200、球状、平均一次粒子径 $=0.17\mu\text{m}$ ）に変更した以外は実施例1と同様にして接合用ペースト及び接合体を製造した。 150°C における結晶子径 $D1(\text{nm})$ に対する 250°C における結晶子径 $D2(\text{nm})$ の増加割合は6.4%であった。接合用ペーストの粘度は $42\text{Pa}\cdot\text{s}$ であった。

[0047] (比較例1)

実施例1の(1)で用いた銅粒子を他の銅粒子（球状、平均一次粒子径 $=0.76\mu\text{m}$ ）に変更した以外は実施例1と同様にして接合用ペースト及び接合体を製造した。 150°C における結晶子径 $D1(\text{nm})$ に対する 250°C における結晶子径 $D2(\text{nm})$ の増加割合は4.4%であった。接合用ペーストの粘度は $35\text{Pa}\cdot\text{s}$ であった。

[0048] (比較例2)

実施例1の(1)で用いた銅粒子を銅粒子（球状、平均一次粒子径 $=0.05\mu\text{m}$ ）に変更した以外は実施例1と同様にして接合用ペースト及び接合体を製造した。 150°C における結晶子径 $D1(\text{nm})$ に対する 250°C に

における結晶子径 D_2 (nm) の増加割合は53.7%であった。接合用ペー
ストの粘度は61 Pa・sであった。

[0049] <フィレット部における剥離性の評価>

フィレット部における剥離性の評価をするため、疑似的に第2被接合体が
存在しない接合体サンプルを製造した。すなわち、上述の(2)で乾燥塗膜
を作製した後、(3)を経ずに窒素雰囲気中で250℃に加熱した。温度保
持時間は5分、昇温速度は14℃/秒とし、(4)のアルミナチップから露
出した接合層部分と同様な状態のサンプルを得た。

剥離性の評価は、テープ剥離試験に基づいて実施した。すなわち、作製し
たサンプルの接合層が覆われるように粘着テープ(ニチバン社製:セロテー
プ(登録商標)No. 405)を貼り付け、その上に長さ20mm×幅20
mm×厚さ2mmの銅プレートを置き、その上から1.2kgの荷重(銅プ
レート質量を含む)を20秒間印加した。その後、荷重印加をやめ、銅プレ
ートを取り除いた。塗膜を覆った粘着テープを180°方向に速度0.1~
1mm/秒で剥離した。粘着テープに付着した接合層の質量を測定した。付
着した接合層の質量が少ないほど、接合層の未加圧部分が剥離しにくいと考
えられる。実施例及び比較例のサンプルの評価結果を表1に示す。

付着した接合層の質量が0.1mg未満のものは「<0.1」mgと示す
。

[0050]

[表1]

	銅粒子		フィレット部 における剥離性 (mg)
	平均一次粒子径 (μm)	増加割合 ($D2 - D1$) / $D1$ (%)	
実施例 1	0.16	8.9	<0.1
実施例 2	0.14	8.6	<0.1
実施例 3	0.17	6.4	0.70
比較例 1	0.76	4.4	2.2
比較例 2	0.05	53.7	20

[0051] 実施例 1 ～ 3 の接合用ペーストを用いて製造された接合体は、前記銅粒子として平均一次粒子径が 0.06 μm 以上 1.0 μm 以下であって、150℃における結晶子径 $D1$ (nm) に対する 250℃における結晶子径 $D2$ (nm) の増加割合が 5% 以上であるものを用い、前記塗膜を 150℃以上 350℃以下で 45 分以下加熱して前記銅粒子を焼結させたものであるため、フィレット部における接合層が第 1 被接合体から剥離しにくいものであった。

産業上の利用可能性

[0052] 本発明によれば、フィレット部における接合層が被接合体から剥離しにくい接合体の製造方法を提供することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 銅粒子を含むペーストの塗膜を第1被接合体と第2被接合体との間に形成した後に、該塗膜を加熱して該銅粒子を焼結させてなる接合層を形成する接合体の製造方法であって、
- 前記銅粒子として、平均一次粒子径が $0.06\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下であって、 150°C における結晶子径 $D_1(\text{nm})$ に対する 250°C における結晶子径 $D_2(\text{nm})$ の増加割合 $(D_2 - D_1) / D_1 \times 100$ が5%以上であるものを含み、
- 前記塗膜を 150°C 以上 350°C 以下の加熱温度で45分以下保持して前記銅粒子を焼結させる、接合体の製造方法。
- [請求項2] 前記増加割合 $(D_2 - D_1) / D_1 \times 100$ が7.5%以上である、請求項1に記載の接合体の製造方法。
- [請求項3] 前記ペーストは、前記銅粒子を60質量%以上99質量%以下含む、請求項1又は2に記載の接合体の製造方法。