

明 細 書

発明の名称：接合体及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、接合体及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年の世界的な省エネルギー化の流れに伴い、インバータなど電力変換・制御装置としてパワーデバイスと呼ばれる半導体デバイスが盛んに用いられるようになってきている。パワーデバイスは、メモリやマイクロプロセッサといった集積回路と異なり、高電流及び高電圧を制御するためのものなので、駆動時の発熱量が非常に大きくなる傾向にある。したがって、その熱によって半導体素子がダメージを受けないようにするために、半導体パッケージには冷却システムなどの熱対策が要求される。

[0003] また、半導体素子の高効率化及び省スペース化を実現するために、セラミックス板の両面にCuを配置した接合体上に複数の半導体素子が搭載されたパワーモジュールと呼ばれる電子部品が用いられている。しかし、パワーモジュールは小型化するにつれて、駆動時の熱がこもりやすくなってしまうので、はんだ材料等の耐熱性が低い接合材料を用いた場合、該モジュールの故障につながるおそれがあった。

[0004] このような不具合を解決すべく、はんだ材料に代わる、銀や銅などの金属粒子を焼結させた接合材料が注目されている。例えば、特許文献1には、金属基板の表面上に配置された第1接合層と、前記金属基板上に前記第1接合層を介して配置された半導体デバイスと、前記半導体デバイスおよび前記第1接合層の側壁部に配置され、前記第1接合層と同一材料で形成されたフィレット層とを備える半導体装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-120639号公報

発明の概要

[0006] 特許文献 1 に記載の半導体装置は、半導体デバイスの側壁面にフィレット層が直接接触しているところ、例えば S i C 系等からなる半導体デバイスの側壁面に、C u を含むフィレット層が接触すると、駆動時等の高温環境下で C u が半導体デバイス内へ熱拡散してしまい、その結果、半導体デバイスが故障したり、接合層及びフィレット層の剥離や割れが発生しやすくなることがあった。

[0007] したがって、本発明の課題は、半導体素子の特性に悪影響を及ぼしにくく、且つ耐熱性の高い接合体及びその製造方法を提供することにある。

[0008] 本発明は、半導体素子が C u を含む接合層に接合されてなる接合体であって、

前記接合層は、前記半導体素子の周縁から側方に延出した延出部を有し、
厚み方向の断面視において、前記延出部は、前記半導体素子の底部の周縁又は周縁近傍から立ち上がるとともに、該半導体素子の側面から実質的に離間した側壁面を有する、接合体を提供するものである。

[0009] また本発明は、C u を含む金属粉と、固体還元剤とを含む接合層用組成物を導電体の表面上に塗布して塗膜とし、該塗膜を乾燥させて乾燥塗膜を形成し、次いで、

半導体素子を前記乾燥塗膜上に積層して、前記乾燥塗膜を前記導電体と該半導体素子との間に介在させて積層体を得、然る後に、

前記積層体を加圧しながら加熱して、前記金属粉を焼結させることで、前記導電体と前記半導体素子とを接合する、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

[0010] [図1]図 1 (a) は、本発明の接合体の平面視での模式図であり、図 1 (b) は、図 1 (a) における I - I 線での断面図である。

[図2]図 2 は、図 1 (b) における要部を拡大して示す模式図である。

[図3]図 3 (a) ないし (c) は、本発明の接合体の実施形態における延出部

と半導体素子との配置位置を示す模式図である。

[図4]図4は、本発明の接合体の別の実施形態における延出部と半導体素子との配置位置を示す模式図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下本発明を、その好ましい実施形態に基づき図面を参照しながら説明する。図1(a)及び(b)に示すように、接合体1は、半導体素子2と、Cuを含む接合層3とが接合されてなるものである。これらの図に示す接合体1は、基板等の導電体5を更に備えており、半導体素子2と導電体5とが接合層3を介して接合されて、半導体素子2と導電体5とを導通できるように構成されている。
- [0012] 半導体素子2は、接合体1の一部を構成する部材であり、半導体チップ2Aと、該チップ2Aの底面に配された電極2Bとを有する。半導体素子2における半導体チップ2Aは、好ましくはSiを主に含み、更に好ましくはSiを50質量%以上含むものである。接合体1の使用目的に応じて、半導体素子2には、Siに加えて、又はSiに代えて、Ga、Ge、C、N、As等の原子が含まれていてもよい。また、半導体素子2における半導体チップ2Aの上部には上部電極（図示せず）が配されており、厚み方向Zに導通可能となっている。これに加えて、半導体素子2の底面には、該底面と接合層3とが直接接触しないようにするための保護層（図示せず）が設けられていることが好ましい。保護層は、導電性を有する層であれば本技術分野で用いられているものを特に制限なく用いることができ、例えば、Au、Ag、Ti及びNi等を含む金属層とすることができる。
- [0013] 接合層3は、Cuを含んでおり、好ましくはCuを50質量%以上、より好ましくは60質量%以上含むものである。図1(a)及び(b)に示すように、接合層3は、半導体素子2と導電体5との間に介在している。これに加えて、接合層3は、半導体素子2の周縁2Pから側方に延出した延出部3Aを有している。本実施形態における延出部3Aは、半導体素子2と導電体5との間に介在している接合層3が延出して形成されたものであるので、接

合層 3 と延出部 3 A とは同一の原料から構成されている。接合層 3 及び延出部 3 A における Cu の含有量は、例えば接合体 1 の厚み方向断面を対象として、該断面に存在する接合層 3 及び延出部 3 A を走査型電子顕微鏡の EDX（エネルギー分散型 X 線分光法）によって分析し、定量することで測定することができる。

[0014] 接合体 1 の厚み方向 Z の断面視において、延出部 3 A は、半導体素子 2 の底部 2 a における周縁 2 P 又はその周縁 2 P の近傍から立ち上がっており、延出部 3 A の側壁面 3 S が形成されている。ここでいう「近傍」とは、接合体 1 の平面方向に沿って、周縁 2 P から $20\ \mu\text{m}$ 以下離間した距離までの領域を指す。上述の距離は、接合体を樹脂包埋した後に研磨し、その研磨面を電子顕微鏡により観察することで測定される。

[0015] 延出部 3 A の立ち上がりの形態としては、例えば、図 3 (a) ないし (c) に示すように、延出部 3 A が半導体素子の底部 2 a における周縁 2 P の近傍から立ち上がる形態が挙げられる。あるいは、図 4 に示すように、延出部 3 A が半導体素子 2 の底部 2 a における周縁 2 P から直接立ち上がる形態が挙げられる。

[0016] 上述のとおり、延出部 3 A は、側壁面 3 S を有している。側壁面 3 S は、半導体素子 2 の側面 2 S から実質的に離間している。ここでいう「実質的に」とは、接合体 1 の製造過程において、半導体素子の側面 2 S と延出部 3 A との接触部位を意図的に形成することを除外する趣旨であり、半導体素子 2 の側面 2 S と延出部 3 A との接触部位 C が不可避免的に一部形成されることは許容される。半導体素子の側面 2 S と延出部 3 A との接触部位 C が存在する場合、厚み方向 Z の断面視において、厚み方向 Z に沿う接触部位 C の長さが $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、且つ平面視において、平面方向における接触部位 C の長さが $20\ \mu\text{m}$ 以下である場合には、「実質的に離間した」とする。厚み方向 Z に沿う接触部位 C の長さ及び平面方向における接触部位 C の長さはともに $10\ \mu\text{m}$ 以下であることが、接合層に含まれる Cu が半導体素子内に拡散することを抑制できる点で好ましい。

[0017] 接触部位Cが不可避免的に形成された形態としては、例えば、図3（b）に示すように、半導体素子2の底面側の側面2Sと延出部3Aとの接触部位Cが不可避免的に形成された形態や、図3（c）に示すように、半導体素子2の上面側の側面2Sと延出部3Aとの接触部位Cが不可避免的に形成された形態が挙げられるが、これらに限られない。接触部位Cの長さは、接合体を樹脂包埋した後に厚み方向あるいは平面方向に研磨し、その研磨面を電子顕微鏡により観察することで測定される。

[0018] なお、説明の便宜上、延出部3Aの立ち上がりの形態、及び延出部3Aと半導体素子の側面2Sとの離間形態を接合体1の厚み方向の一断面視で説明したが、延出部3Aは、図1（a）に示すように半導体素子2の周囲に配されているので、半導体素子2の平面視での図心を中心とする仮想円と、該仮想円の中心を通り且つ該仮想円を30°おきに切断する仮想放射状線とを考えたときに、平面視での接合体1を該仮想放射状線で30°おきに切断した断面を観察して測定した距離がいずれも上述の範囲であることが好ましい。図1（a）では、延出部3Aが半導体素子2の周囲の全域に形成されているが、これに限られず、延出部3Aが半導体素子2の周囲に断続的に形成されていてもよい。

[0019] 上述の構成を有する接合体によれば、半導体素子の側面への接触面積を極力少なくした状態で、半導体素子と導電体とをCuを含む接合層によって接合しているので、接合体を有する電子部品を駆動させて高温環境となった場合でも、接合層に含まれるCuが半導体素子内に拡散することを抑制できる。その結果、半導体素子の特性を十分に発現させることができる。また、接合層中のCuが半導体素子側に拡散しづらいので、高温環境下であっても接合層の割れが生じにくく、耐熱性が高いものとなる。これに加えて、Cuを含む接合層は、半導体素子への原子の拡散が生じづらいAgを含む接合層を形成した場合と比較して、製造コストを低減しながらも、接合層の強度及び導電性を十分に発現できるという利点もある。

[0020] Cuの拡散に起因した半導体素子への悪影響を効果的に防止する観点から

、接合層 3 における延出部 3 A は、側壁面 3 S と半導体素子 2 の側面 2 S とが互いに接する部位を有しないことが好ましい。詳細には、図 3 (a) 及び図 4 に示すように、側壁面 3 S と半導体素子 2 の側面 2 S とが完全に離間しており、接触部位 C が全く存在しない形態とすることが好ましい。このような構成は、例えば後述する製造方法にて形成する塗膜の厚みと、塗膜の乾燥条件及び加圧焼結の条件を適宜調整することによって作製することができる。なお、説明の便宜上、上述の説明は接合体 1 の厚み方向の任意の一箇所における断面視で説明したが、当該説明は半導体素子 2 の周囲の全域についても適宜適用されることが好ましい。

[0021] また同様の観点から、側壁面 3 S と半導体素子 2 の側面 2 S との平均距離 D 3 が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが更に好ましい。また、接合体における不要なスペースを少なくする観点、及び接合体の形成に用いる材料を削減してコスト低減を図る観点から、平均距離 D 3 は、 5 mm 以下であることが現実的である。

[0022] 平均距離 D 3 は、以下の方法によって測定及び算出した値とする。すなわち、図 2 に示すように、接合体 1 の厚み方向 Z の断面視において、延出部 3 A の厚み方向 Z の上端を通り、且つ半導体素子 2 の底面と平行な第 3 仮想直線 L 3 をひいたときに、半導体素子 2 の側面 2 S、側壁面 3 S 及び第 3 仮想直線 L 3 で画成された領域の面積を求める。このときの面積と同一の面積を有し、且つ底面の仮想延長線である第 1 仮想直線 L 1 及び第 3 仮想直線 L 3 の間の厚み方向 Z に沿う距離と同じ長さの線分を一辺とする仮想長方形 S 1 を考えたときに、その他辺の長さを平均距離 D 3 とする。また、図 3 (c) に示すように、半導体素子 2 の上方に接触部位を有する場合、平均距離は、接合体 1 の厚み方向 Z の断面視において、半導体素子 2 の側面 2 S 及び側壁面 3 S で画成された領域の面積と同一の面積を有し、且つ第 1 仮想直線 L 1 及び接触部位 C の間の厚み方向 Z に沿う距離と同じ長さの線分を一辺とする仮想長方形を考えたときの他辺の長さを平均距離 D 3 とする。これらの距離は、接触部位 C の測定方法と同様に電子顕微鏡により観察することで測定し

、算出することができる。なお、説明の便宜上、延出部 3 A の離間形態を接合体 1 の任意の一箇所における厚み方向の断面視で説明したが、半導体素子 2 の平面視での図心を中心とする仮想円と、該仮想円の中心を通り且つ該仮想円を 30° おきに切断する仮想放射状線とを考えたときに、平面視での接合体 1 を該仮想放射状線で 30° おきに切断した断面を電子顕微鏡により観察して測定した平均距離がいずれも上述の範囲であることが好ましい。

[0023] また、Cu の拡散に起因した半導体素子への悪影響を効果的に防止する観点から、接合体 1 は、側壁面 3 S と半導体素子 2 の側面 2 S との距離が、例えば図 3 (a) 及び (b) 並びに図 4 に示すように、半導体素子 2 の底部 2 a から、上部に向けて漸次増加するように形成されていることが好ましい。あるいは、これに代えて、側壁面 3 S と半導体素子 2 の側面 2 S との距離が一定となるように形成されていることも好ましい。すなわち、側壁面 3 S が厚み方向 Z に沿って形成されていることも好ましい。このような構成となっていることによって、外力の付与等に起因して、延出部 3 A が半導体素子 2 の側面 2 S に意図せず接触することを防ぐことができる。

[0024] 製造効率の向上、接合強度の発現及び導電性の確保を兼ね備える観点から、接合層 3 の厚み H 1 (図 2 参照) は、1 μ m 以上 200 μ m 以下であることが好ましく、3 μ m 以上 150 μ m 以下であることが更に好ましい。接合部位の厚みは、例えば後述する製造方法にて形成する塗膜の厚みや加圧接合の条件を調整することで制御できる。接合層 3 の厚みは、例えば半導体素子 2 の平面視での図心を中心とする仮想円と、該仮想円の中心を通り且つ該仮想円を 30° おきに切断する仮想放射状線とを考えたときに、平面視での接合体 1 を該仮想放射状線で 30° おきに切断した断面を電子顕微鏡により観察して測定した値の平均値が上述の範囲であることが好ましい。

[0025] 同様の観点から、延出部 3 A の厚み方向 Z における長さ H 2 (以下、これを「高さ H 2」ともいう。図 2 参照) は、250 μ m 以下であることが好ましく、150 μ m 以下であることが更に好ましい。延出部 3 A の高さ H 2 は、例えば後述する製造方法にて形成する塗膜の厚みと、塗膜の乾燥条件及び

加圧焼結の条件を適宜調整することで制御できる。高さ H_2 は、接合層1に形成された延出部3Aの全周における算術平均値とし、上述した長さ H_1 と同様の方法で測定することができる。

[0026] 次に、接合体の製造方法について説明する。本製造方法は、基板等の導電体の表面上に、Cuを含む接合層用組成物を塗布して塗膜を形成する塗布工程、該塗膜を乾燥させて乾燥塗膜を形成する乾燥工程、及び該乾燥塗膜上に半導体素子を積層し、加圧しながら加熱して接合させる接合工程の3つに大別される。

[0027] まず、導電体の表面上にCuを含む接合層用組成物を塗布して塗膜を形成する。接合層用組成物の詳細は後述する。

[0028] 接合層用組成物の塗布の手段に特に制限はなく、公知の塗布手段を用いることができる。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。塗布性の向上の観点から、接合層用組成物は、液媒体を含むペースト状又はインク状のものであることが好ましい。

[0029] 形成する塗膜の厚みは、高い接合強度を安定的に有する接合体を形成する観点から、塗布直後において、 $1\mu\text{m}$ 以上 $250\mu\text{m}$ 以下に設定することが好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下に設定することが更に好ましい。また、接合対象との接合強度を高める観点から、塗膜の塗布面積は、平面視において、接合対象となる半導体素子の底面よりも大きい面積で塗布することが好ましい。

[0030] 次に、形成した塗膜を乾燥させて乾燥塗膜を得る。本工程では、乾燥により該塗膜から液媒体の少なくとも一部を除去して、塗膜中の液媒体の量が低減した乾燥塗膜を得る。塗膜から液媒体を除去することで、乾燥塗膜の保形性を高めることができ、またその状態で半導体素子と基板とを接合するので、接合強度を高いものとすることができる。乾燥塗膜とは、膜の全質量に対する液媒体の割合が9質量%以下のものである。塗膜と、該塗膜を乾燥させた乾燥塗膜とは、液媒体以外の各構成材料の含有量は実質的に同一であるの

で、液媒体の割合は、例えば、乾燥前後の塗膜の質量変化を測定して算出することができる。

[0031] 液媒体を乾燥して除去するためには、該液媒体の揮発性を利用した自然乾燥、熱風乾燥、赤外線照射、ホットプレート乾燥等の乾燥方法を用いて、液媒体を揮発させればよい。液媒体が除去された後の乾燥塗膜における該液媒体の割合は、塗膜の全質量100質量部に対して、上述のとおり9質量部以下であることが好ましく、7質量部以下であることが更に好ましく、5質量部以下であることが更に好ましい。本工程は、用いる接合層用組成物の組成に応じて適宜変更可能であるが、大気雰囲気下で、40℃以上150℃以下、大気圧、1分以上60分以下で行うことが好ましい。

[0032] 最後に、乾燥塗膜上に半導体素子を積層して接合する。詳細には、上述の工程を経て乾燥塗膜が得られたら、半導体素子を該乾燥塗膜上に積層して、導電体と半導体素子と、これらの間に乾燥塗膜が介在して配された積層体を得る。

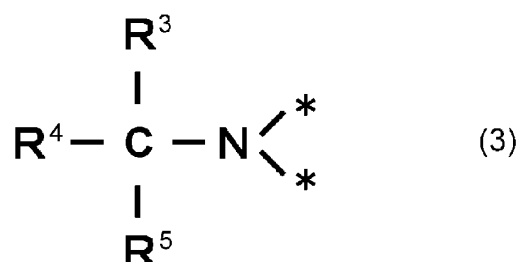
[0033] 次いで、積層体を加圧しながら加熱して、乾燥塗膜に含まれる金属粉を焼結させることで、導電体と半導体素子とを接合する接合層を形成する。焼結時の雰囲気は、窒素等の不活性ガス雰囲気であることが好ましい。焼結温度は、好ましくは300℃未満、より好ましくは150℃以上300℃未満、更に好ましくは200℃以上300℃未満、一層好ましくは230℃以上300℃未満である。焼結時に加える圧力は、好ましくは0.001MPa以上、より好ましくは0.001MPa以上20MPa以下、更に好ましくは0.01MPa以上15MPa以下である。焼結時間は、焼結温度が前記範囲であることを条件として、好ましくは20分以下、より好ましくは0.5分以上20分以下、更に好ましくは1分以上30分以下である。

[0034] 特に本製造方法では、液媒体の揮発に起因して、高い保形性を有する乾燥塗膜が形成されるので、乾燥塗膜は加熱に起因した溶融及び軟化等の塑性変形が生じず、塗膜の加圧焼成時であっても乾燥塗膜の保形性が維持されている。それにより、半導体素子が存在する部分では乾燥塗膜が圧縮されて接合

層が形成される。これに加えて、半導体素子の周縁に存在する乾燥塗膜は加圧されずに焼結されるので、半導体素子の周縁から側方に延出し、且つ該素子の底部周縁から立ち上がるように延出部が形成される。その結果、半導体素子の側面への接触面積を極力少なくした状態で、Cuを含む接合層によって半導体素子と導電体が接合しているので、接合体を有する電子部品を駆動させて高温環境となった場合でも、接合層に含まれるCuが半導体素子内に拡散することを抑制できる。

[0035] 以上の工程を経て形成された接合体は、その接合層が、接合層用組成物を構成するCuを含む金属粒子の焼結体となる。また、接合層は、半導体素子の周縁から側方に延出した延出部を有するものとなる。接合層はCuを含むものであり、また、接合層用組成物が後述する固体還元剤を含む場合には、以下の構造（3）が接合層に形成される。

[0036] [化1]



[0037] 式中、R³ないしR⁵は、それぞれ独立に水素原子、水酸基、炭素原子数1以上10以下の炭化水素基、又は水酸基を有する炭素原子数1以上10以下の炭化水素基を表す。R³ないしR⁵の詳細は、後述する化学式（1）及び（2）の説明が適宜適用される。また、*は、Cuとの結合部位を表す。

[0038] 接合層に前記構造（3）が形成されているか否かは、接合部位の断面を対象として、TOF-SIMSによる質量分析等を行うことにより確認することができる。例えば還元剤としてBIS-TRISを用いる場合、TOF-SIMSでの正極側のマスペクトルにおいてC-N(Cu)₂に起因する分子量152のフラグメントが観察される。

[0039] 接合層用組成物は、Cuを含む金属粉を含んでおり、好ましくは固体還元

剤及び液媒体を更に含むものである。

[0040] 本発明において用いられる金属粉は、Cuを含む金属粒子の集合体からなることが好ましい。金属粉は、必要に応じて金、銀、パラジウム、アルミニウム、ニッケル及びスズの少なくとも一種の金属が更に含まれていてもよい。これらの金属の含有態様としては、実質的にCuのみからなるCu粒子の集合体、前記Cu粒子と、単一の金属からなる他の金属粒子との集合体、Cuと他の金属とを含むCu合金粒子の集合体、或いは、前記Cu粒子と前記Cu合金粒子との集合体とすることができる。

[0041] 本発明に用いられる金属粉を構成する金属粒子の形状は、例えば、球状、扁平状（フレーク状）、デンドライト状（樹枝状）、棒状等であり、これらを単独で又は複数組み合わせ用いることができる。

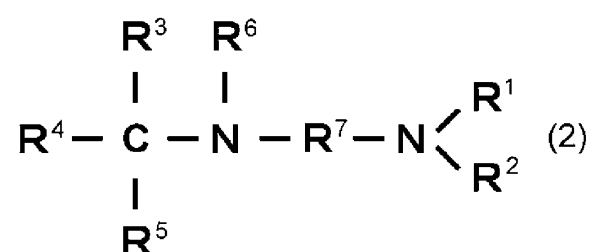
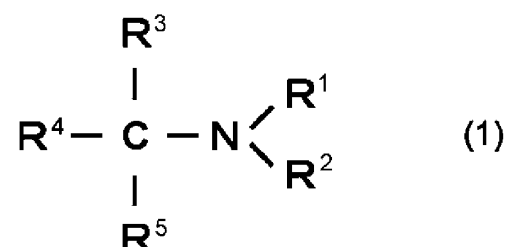
[0042] 接合層用組成物に含まれる固体還元剤は、室温（25℃）において固体であり、該組成物の焼成による金属粒子どうしの焼結を促進させて、高い接合強度を発現させるために用いられる。この目的のために、固体還元剤は少なくとも1個のアミノ基及び複数の水酸基を有する化学構造のものであることが有利である。「室温（25℃）において固体」とは、固体還元剤の融点が25℃超であることを指す。

[0043] 固体還元剤の融点は、金属粉の焼結温度以下であることが好ましい。また、固体還元剤の沸点は、後述する液媒体の沸点よりも高いことも好ましい。このような物性を有する固体還元剤を用いることによって、接合層用組成物の塗膜を乾燥させて乾燥塗膜を得る際に、固体還元剤を接合層用組成物中に固体として残留させることができ、その結果、該接合層用組成物の乾燥塗膜の保形性を高くすることができる。また、該接合層用組成物の乾燥塗膜を焼成する際には溶融して塗膜中に拡散するので、金属粉の焼結が均一に促進され、より緻密な焼結構造を有する導電信頼性の高い接合体を得ることができる。

[0044] 加圧接合を行ったときの高い接合強度と、加圧接合後の高い導電信頼性とを両立する観点から、固体還元剤として、以下の化学式（1）又は（2）で

表されるアミノアルコール化合物を用いることが好ましい。

[0045] [化2]



[0046] 化学式(1)又は(2)中、 R^1 ないし R^6 は、それぞれ独立に、水素原子、水酸基、炭素原子数1以上10以下の炭化水素基、又は水酸基を有する炭素原子数1以上10以下の炭化水素基を表す。また、式(2)中、 R^7 は、炭素原子数1以上10以下の炭化水素基、又は水酸基を有する炭素原子数1以上10以下の炭化水素基を表す。炭化水素基としては飽和又は不飽和の脂肪族基が挙げられる。この脂肪族基は直鎖状のものであってもよく、あるいは分岐鎖状のものであってもよい。

[0047] 化学式(1)で表される還元剤は、金属粒子どうしの焼結性を高める観点から、 R^1 ないし R^5 のうちの少なくとも1つが水酸基を含んでいることが好ましく、3つ以上が水酸基を含んでいることがより好ましく、4つ以上が水酸基を含んでいることが更に好ましく、 R^1 ないし R^5 のすべてが水酸基を含むことが一層好ましい。同様の観点から、化学式(2)で表される還元剤は、 R^1 ないし R^6 のうちの少なくとも1つが水酸基を含んでいることが好ましく、3つ以上が水酸基を含んでいることがより好ましく、4つ以上が水酸基

を含んでいることが更に好ましく、4つ以上が水酸基を含んでいることが一層好ましい。R¹ないしR⁶における水酸基を含む態様として、水酸基そのものであるか、水酸基を有する炭素原子数1以上10以下の炭化水素基であるか、又はこれらの組み合わせであり得る。

[0048] 化学式(1)又は(2)で表されるアミノアルコール化合物の具体例としては、ビス(2-ヒドロキシエチル)イミノトリス(ヒドロキシメチル)メタン(BIS-TRIS、融点:104℃、沸点:300℃超、化学式(1)に該当)、2-アミノ-2-(ヒドロキシメチル)-1,3-プロパンジオール(TRIS、融点:169~173℃、沸点:300℃超、化学式(1)に該当)、1,3-ビス(トリス(ヒドロキシメチル)メチルアミノ)プロパン(BIS-TRIS propane、融点:164~165℃、沸点:300℃超、化学式(2)に該当)などが挙げられる。これらのうち、金属粒子どうしの焼結性を高めつつ、高い接合強度を発現する接合体を得る観点から、固体還元剤としてビス(2-ヒドロキシエチル)イミノトリス(ヒドロキシメチル)メタン(BIS-TRIS)を用いることが好ましい。

[0049] 上述した固体還元剤は、一種を単独で用いることができ、あるいは二種以上を組み合わせて用いることができる。いずれの場合であっても、接合層用組成物における固体還元剤の割合は、金属粒子どうしの焼結性を高める観点から、金属粉100質量部に対して0.1質量部以上であることが好ましく、1質量部以上であることが更に好ましい。また、接合層用組成物中に占める金属粉の割合を維持しつつ、導電体への好適な塗布性能を発揮する観点から、10質量部以下とすることが現実的であり、8質量部以下とすることが好ましく、5質量部以下とすることが更に好ましい。

[0050] 塗膜の塗布性を高める観点から、接合層用組成物は、液媒体を更に含むことが好ましい。同様の観点から、上述の液媒体は室温(25℃)において液体であることが好ましく、また、沸点が300℃未満であることも好ましい。

- [0051] 接合層用組成物の塗布性、固体還元剤の溶解性、及び液媒体の適度な揮発性を兼ね備える観点から、液媒体は、非水溶媒であることが好ましく、一価又は多価のアルコールであることがより好ましく、多価アルコールであることが更に好ましい。多価アルコールとしては、例えばプロピレングリコール（沸点：188℃）、エチレングリコール（沸点：197℃）、ヘキシレングリコール（沸点：197℃）、ジエチレングリコール（沸点：245℃）、1, 3-ブタンジオール（沸点：207℃）、1, 4-ブタンジオール（沸点：228℃）、ジプロピレングリコール（沸点：231℃）、トリプロピレングリコール（沸点：273℃）、グリセリン（沸点：290℃）、ポリエチレングリコール200（沸点：250℃）、ポリエチレングリコール300（沸点：250℃）などが挙げられる。液媒体は一種を単独で又は二種以上を組み合わせて用いることができる。
- [0052] 接合層用組成物に液媒体を含む場合、接合層用組成物を導電体上に塗布したときの塗膜の保形性を高める観点から、液媒体の含有量は、金属粉100質量部に対して10質量部以上40質量部以下であることが好ましく、10質量部以上35質量部以下であることが更に好ましい。
- [0053] 接合層用組成物は、導電体への塗膜の塗布性及び保形性を高める観点から、未加熱時において、せん断速度 10 s^{-1} 及び25℃における粘度が、 $20\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $200\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが好ましく、 $25\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $150\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが更に好ましい。接合層用組成物の粘度は、センサーを平行プレート型とし、レオメーター（粘弾性測定装置）にて測定することができる。
- [0054] 接合層用組成物は、本発明の効果が奏される限りにおいて、例えばバインダー成分、表面張力調整剤、消泡剤、粘度調整剤などの他の成分を含んでもよい。他の成分の割合は、その総量が、金属粉100質量部に対して0.1質量部以上10質量部以下であることが好ましい。
- [0055] このような接合部位を有する接合体は、その高い接合強度や熱伝導性の特性を活かして、高温に曝される環境、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に好適に用いられる。

産業上の利用可能性

[0056] 本発明によれば、半導体素子の特性に悪影響を及ぼしにくく、且つ耐熱性の高い接合体が提供される。