

明 細 書

発明の名称：半導体デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、半導体デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体材料の接合材料として、銀や銅を用いた接合材料が広く知られている。近年では、特に、ナノサイズの銀系材料が、半導体材料の接合材料として検討されている。

[0003] ナノサイズの銀系材料が、半導体材料の接合材料に用いられる一例として、絶縁回路基板の導電パターン層やリードフレームといった導電板の主面に、銀や銅を用いた接合材料を介して半導体チップを搭載した半導体デバイスが挙げられる。このような半導体デバイスの製造では、例えば、まず導電板の主面に接合材料を介して半導体チップが載置され、加圧及び加熱下で半導体チップが仮接合される。そして、半導体チップが仮接合された導電板（絶縁回路基板やリードフレーム）の搬送等の準備工程を経て、加圧及び加熱下で接合材料が焼結され、半導体チップが接合材料を介して導電板に本接合される。

[0004] 導電板に対する半導体チップの載置、仮接合及び本接合までの間に、例えば、前記準備工程の際や上部電極が半導体チップに接触した際等に、半導体チップの位置ずれが生じることが起こり得る。位置ずれが生じた状態で半導体チップが本接合されると、例えば、その後の半導体チップと他部品（導電性のワイヤ、クリップ、ブロック、回路基板等）との接続に不具合（接続不良等）が生じる等、半導体デバイスの歩留まり低下や品質低下を引き起こすおそれがある。

[0005] このような課題を解決する技術として、特許文献1には、導電板の主面等、接合材料が付着される面に対して予め前処理を行うことにより、半導体チップの位置ずれを抑制できることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2023-094270号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 前記準備工程で前記半導体チップの位置ずれが生じやすい、半導体デバイスの製造方法であると、直後の本接合にて、前記半導体チップが位置ずれされた構造にて、半導体デバイスができ上がりやすくなる。これは、生産歩留まりの低下につながる。特許文献1に記載の方法により、半導体チップの位置ずれを抑制できるものの、接合材料が付着される面に対して予め前処理を行う必要があり、生産性の低下を招くおそれがあるため、他の技術の提供も望まれている。

[0008] 本開示は、上記課題を解決し、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できる半導体デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、ナノサイズの銀系材料の接合材料としての展開を念頭に、金属及び／又は金属酸化物含有ペースト、並びにそれから得られる膜の諸物性に着目して鋭意検討した結果、特定の物性を有する乾燥膜を接合材料として使用することにより、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できることを見い出した。

[0010] 本開示は以下のとおりである。

[0011] 本開示（1）は、被接合部材A上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が15GPa以下の乾燥膜を形成する乾燥膜形成工程と、
前記乾燥膜形成工程により形成された前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Aに被接合部材Bを仮接合する仮接合工程と
を有する半導体デバイスの製造方法に関する。

- [0012] 本開示（２）は、前記乾燥膜形成工程は、被接合部材Ａ上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が４．０ＧＰａ以上、１２ＧＰａ以下の乾燥膜を形成する工程である本開示（１）記載の半導体デバイスの製造方法に関する。
- [0013] 本開示（３）は、前記乾燥膜形成工程は、被接合部材Ａ上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が５．０ＧＰａ以上、１０ＧＰａ以下の乾燥膜を形成する工程である本開示（１）記載の半導体デバイスの製造方法に関する。
- [0014] 本開示（４）は、前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材Ａ上に形成された前記乾燥膜に、前記被接合部材Ｂを接触させた状態で加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合する工程である本開示（１）～（３）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。
- [0015] 本開示（５）は、前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材Ａ上に形成された前記乾燥膜に、前記被接合部材Ｂを接触させた状態で加圧及び加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合する工程である本開示（１）～（３）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。
- [0016] 本開示（６）は、前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材Ａ上に形成された前記乾燥膜の前記被接合部材Ａとは反対側の面上に、前記被接合部材Ｂを載置した後に、加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合する工程である本開示（１）～（３）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。
- [0017] 本開示（７）は、前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材Ａ上に形成された前記乾燥膜の前記被接合部材Ａとは反対側の面上に、前記被接合部材Ｂを載置した後に、加圧及び加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合する工程である本開示（１）～（３）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に

関する。

[0018] 本開示（８）は、前記乾燥膜が、酸化銀粒子及び／又は銀粒子を含有する本開示（１）～（７）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0019] 本開示（９）は、前記乾燥膜が、酸化銀粒子を含有する本開示（１）～（７）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0020] 本開示（１０）は、前記仮接合工程において、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合した後、加熱することにより、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを本接合する本接合工程を更に有する本開示（１）～（９）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0021] 本開示（１１）は、前記仮接合工程は、加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合する工程であり、前記仮接合工程における温度よりも前記本接合工程における温度が高い本開示（１０）に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0022] 本開示（１２）は、前記仮接合工程は、加圧及び加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合する工程であり、
前記本接合工程は、前記仮接合工程において、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを仮接合した後、加圧及び加熱することにより、前記被接合部材Ａに前記被接合部材Ｂを本接合する工程であり、
前記仮接合工程における圧力よりも前記本接合工程における圧力が高い本開示（１０）又は（１１）に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0023] 本開示（１３）は、前記仮接合工程は、大気下で行われ、前記本接合工程は、不活性ガス雰囲気下で行われる本開示（１０）～（１２）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0024] 本開示（１４）は、前記被接合部材Ａ上に、金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを塗布する塗布工程を更に有し、
前記乾燥膜形成工程は、前記塗布工程により塗布された金属及び／又は金属

酸化物含有ペーストを乾燥することにより、前記被接合部材 A 上に、前記乾燥膜を形成する工程である本開示（１）～（１３）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

[0025] 本開示（１５）は、前記被接合部材 A が、基板であり、前記被接合部材 B が半導体チップである本開示（１）～（１４）のいずれか１項に記載の半導体デバイスの製造方法に関する。

発明の効果

[0026] 本開示によれば、被接合部材 A 上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が 1.5 GPa 以下の乾燥膜を形成する乾燥膜形成工程と、前記乾燥膜形成工程により形成された前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合する仮接合工程とを有する半導体デバイスの製造方法であるので、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できる半導体デバイスの製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図 1（a）は、被接合部材 A 上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストの一例を模式的に示す概略図である。図 1（b）は、被接合部材 A 上に形成された乾燥膜の一例を模式的に示す概略図である。

[図2]図 2（a）、（b）は、被接合部材 B の設置の一例を模式的に示す概略図である。

[図3]図 3（a）は、仮接合工程において、加圧した際の挙動の一例を模式的に示す概略図である。図 3（b）は、仮接合工程後の被接合部材の一例を模式的に示す概略図である。図 3（c）は、本接合工程後の被接合部材の一例を模式的に示す概略図である。

[図4]図 4 は、乾燥膜の断面の一例を模式的に示す概略図である。

[図5]図 5 は、フレーク形状を有する酸化銀粒子を用いた場合の、乾燥膜の表面及び断面を示す図面代用写真である。

[図6]図 6 は、フレーク形状を有する酸化銀粒子を用いた場合の、仮接合後の乾燥膜の断面の一例を模式的に示す概略図である。

[図7]図7は、フレーク形状を有する酸化銀粒子を用いた場合の、本接合後の乾燥膜の断面の一例を模式的に示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本開示について詳細に説明するが、以下に記載する構成要件の説明は本開示の実施形態の一例であり、これらの具体的内容に限定はされない。その要旨の範囲内で種々変形して実施することができる。

[0029] 本明細書において、数値範囲の説明における「X～Y」との表記は、特に断らない限り、X以上Y以下のことを表す。例えば、「1～5質量%」とは「1質量%以上5質量%以下」を意味する。

[0030] 本開示の半導体デバイスの製造方法は、被接合部材A上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が15GPa以下の乾燥膜を形成する乾燥膜形成工程と、前記乾燥膜形成工程により形成された前記乾燥膜を介して、前記被接合部材Aに被接合部材Bを仮接合する仮接合工程とを有する。これにより、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できる半導体デバイスの製造方法を提供できる。

[0031] 前記作用効果が得られる理由は必ずしも明らかではないが、以下のようなメカニズムによるものと推察される。

仮接合工程では、本接合工程と比較して、一般的に、低温、低加圧、短時間での接合となるため、強く固定することができない傾向がある。一方、本開示では、前記乾燥膜は、特定の貯蔵弾性率を有するため、被接合部材A、B表面の形状に追従しやすく、被接合部材A、Bとの接触面が多くなり、前記乾燥膜と、被接合部材A、B表面とが、広範囲に渡って面全体で接触するため、仮接合により広範囲に渡って面全体での接合が進行し、仮接合によっても比較的強固に、前記乾燥膜を介して被接合部材Aに被接合部材Bが固定され、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できるものと推測される。

[0032] 被接合部材A、Bとしては、特に限定されず、例えば、基板、半導体チップ、ヒートシンク、スペーサー、電極等の半導体デバイスに用いられる部材が

挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。また、被接合部材A、Bは、同種の部材同士、例えば、被接合部材Aも被接合部材Bも基板であってもよい。なかでも、半導体デバイスの製造方法において、基板に対する半導体チップの載置、仮接合及び本接合までの間に、半導体チップの位置ずれが生じることが多いものの、本開示の製造方法により好適に位置ずれを抑制できるため、被接合部材Aが、基板であり、被接合部材Bが半導体チップ（好ましくはパワー半導体チップ）であることが好ましい。

[0033] 被接合部材A、Bの形状、大きさは特に限定されない。

[0034] 本開示の半導体デバイスの製造方法では、被接合部材Aに被接合部材Bが仮接合される。そのため、例えば、基板や半導体チップの最表面等が被接合面となる。被接合部材の被接合面の素材は、広く半導体デバイスの製造で使用されているという理由から、Si、SiO₂、SiN、SiC、AlO_x、AlN_x、HfO_x、ZrO_x、TiN、Ta₂N₅、Ti、Co、Ru、Ta、Cu、CuO_x及びWからなる群より選択される少なくとも1種であることが好ましく、Si、SiO₂、SiN、SiC、AlO_x、AlN_x、Cu、CuO_xからなる群より選択される少なくとも1種であることがより好ましい。また、Ni、Agであってもよい。これらの材質は単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

なお、本明細書において、AlO_xとの記載は、アルミニウムの酸化物を意味し、他の同様の記載も同様の意味である。

[0035] 被接合部材は、シランカップリング処理、シラザン処理、有機薄膜の成膜、SAM処理（Self assembled monolayer）、メッキ処理、その他表面のメタライズ処理等の表面処理がされていてもよい。これらの表面処理は単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

[0036] 基板としては、特に限定されず、例えば、シリコン基板、化合物半導体基板、セラミック基板、ガラス基板、金属基板等の半導体デバイス基板が挙げられる。また、基板は、金属や金属酸化物膜を有してもよく、具体的には、構

造中に金属や金属酸化物膜を有する半導体デバイスの基板や、半導体デバイスのパターンニング工程で金属や金属酸化物が形成される基板等であってもよい。

[0037] 半導体チップとしては、特に限定されず、例えば、シリコンチップ、化合物半導体チップ、半導体パッケージチップ等が挙げられる。具体例としては、例えば、Si半導体チップや、SiC半導体チップ、GaN半導体チップ、Ga₂O₃半導体チップ、AlGaN半導体チップなどのパワー半導体に使用される半導体チップを好適に挙げることができる。なかでも、Si、SiC、GaN、Ga₂O₃半導体チップが好ましい。

[0038] 本明細書において、シリコン（ケイ素）は、多結晶シリコンであっても単結晶シリコンであってもよい。

[0039] 以下において、本開示の半導体デバイスの製造方法の一例について説明する。

[0040] <塗布工程>

塗布工程では、被接合部材A上に、金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを塗布する。これにより、被接合部材A上に、金属及び／又は金属酸化物含有ペースト層が形成される。

金属及び／又は金属酸化物含有ペーストの被接合部材A上への塗布は、各種の印刷方法により塗装又は塗工すればよい。印刷方法としては、特に限定されず、例えば、スクリーン印刷や、ディスペンス塗布、アプリケーション塗工等が挙げられる。

[0041] ペーストの塗布量は、乾燥後の厚みとして、例えば、10～100μm、好ましくは、20～50μmとなるような量で塗布することが好ましい。

[0042] （金属及び／又は金属酸化物含有ペースト）

次に、金属及び／又は金属酸化物含有ペーストについて説明する。

金属及び／又は金属酸化物含有ペーストとしては、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子を含有するペーストであれば特に限定されない。金属粒子、金属酸化物粒子としては、金属酸化物粒子が好ましい。

- [0043] 金属粒子としては、特に限定されず、例えば、銀粒子、銅粒子、金粒子、ニッケル粒子等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。なかでも、銀粒子が好ましい。
- [0044] 金属酸化物粒子としては、特に限定されず、例えば、前記金属の酸化物の粒子等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。なかでも、低温において還元・焼結性を有するため、本接合と比較して、低温、低加圧、短時間での接合となることが多い仮接合においても比較的強固に接合（固定）できるという理由から、酸化銀粒子が好ましい。
- [0045] 本願特定の貯蔵弾性率の乾燥膜をより好適に形成できるという理由から、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子は、フレーク形状を有する金属粒子及び／又は金属酸化物粒子が好ましく、フレーク形状を有し、平均厚みが1～100nmであり、D50が100～350nmである金属粒子及び／又は金属酸化物粒子がより好ましい。また、同様の理由から、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子としては、酸化銀粒子が好ましい。酸化銀粒子を従来から用いられている球形でなく、上記のフレーク形状を有する酸化銀粒子とすることで、低温でも良好な接合強度が得られる傾向があることが本発明者らの検討の結果明らかとなった。
- [0046] 本明細書において、「フレーク形状」とは、非球形であり、少なくとも上面と下面と厚みとを有し、上面と下面が実質的に平たい形態の構造を意味する。このとき、上面と下面は部分的に凹凸があっても、変形が見られてもよく、全体として見た場合に、平板状又は厚みの薄い（長さに対して厚みが小さい）直方体であればよい。また、薄片状や鱗片状等の扁平な板のような形状（片状：JIS Z2500：2000に記載されている「板のような形状」）であることを指すものとしてもよい。
- より具体的には、後述する平均厚みの測定において説明する方法に従って、粒子の断面方向から観察できるサンプルを用意し、該サンプルを走査電子顕微鏡により観察を行い、ある粒子の中央部分の上面と下面の距離を粒子の厚みとし、その粒子の厚み方向と交差する辺の長さが上記厚みよりも大きい場

合、その粒子はフレーク形状を有すると判断してよい。

- [0047] 金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の平均厚み（厚みの平均値）は、好ましくは1～100nmである。これにより、本願特定の貯蔵弾性率の乾燥膜をより好適に形成できる傾向がある。また、250℃以下での還元のし易さを良好なものとし、良好な接合強度を得ることが可能となる傾向がある。また、5～90nmであることが好ましく、より好ましくは10～50nm、更に好ましくは15～40nmとしてもよい。本明細書において、単に接合強度と記載する場合は、仮接合強度、本接合強度の両方を含む。
- [0048] 金属粒子及び／又は金属酸化物粒子のD50は、個々の粒子を球と見立てた時のメディアン径（中央値）を示す値である。前記D50は、好ましくは100～350nmである。これにより、本願特定の貯蔵弾性率の乾燥膜をより好適に形成できる傾向がある。また、良好な接合強度を得ることが可能となる傾向がある。また、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子は、粒径が小さくなるに伴って熱収縮に由来して接合部にクラックや剥離が発生しやすくなる傾向にあることがわかった。これらを抑制しやすくする観点から、180～350nmであることが好適であるとしてもよく、更に好ましくは200～320nmとしてもよい。
- [0049] 別の観点からは、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の長径の平均値（平均長径）は、例えば、300～1000nmであるとしてもよく、好ましくは300～900nm、より好ましくは300～700nm、更に好ましくは400～700nmとしてもよい。上記の範囲内であると、本願特定の貯蔵弾性率の乾燥膜をより好適に形成できる傾向がある。また、接合部におけるクラック発生や剥離発生の抑制の観点からも好適である。
- [0050] 別の観点からは、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子が酸化銀粒子である場合、酸化銀のX線回折スペクトルにおいて、酸化銀の（111）面に由来する回折ピークの半値幅が、0.80以上であることが好適であり、更に0.85以上であることが好ましいとしてもよい。上限値は特に限定されるものではないが、例えば1.20以下、好ましくは1.12以下としてもよい。

また、前記の酸化銀の（１１１）面はメインピークを $32^{\circ} \sim 33^{\circ}$ に有する。前記半値幅が上記の範囲内である時、D50が同程度の球状の金属粒子及び／又は金属酸化物粒子と比較すると、接合強度が向上しやすくなる傾向にあり、好適である。これは、半値幅が0.80以上の場合、酸化銀の結晶性が低く、結晶を構成するAg-Oの結合力が低下すると考えられることから、より低温において還元が生じやすくなるためであると推測される。酸化銀の結晶性の低下は、後述する粉碎処理に起因するものと推測される。原料酸化銀を粉碎していくと、ある程度の大きさまでは小さくなるものの、限界まで微小化した後は破壊できなくなり塑性変形してフレーク形状になるものと推測され、この塑性変形により、結晶性が低下するものと推測される。

[0051] また、平均厚み（t）に対する平均長径（l）のアスペクト比（l／t）は、通常、8～20、好ましくは、14～18であることが、接合部におけるクラック発生や剥離発生の抑制の観点から好適である。当該アスペクト比は、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の平均厚みと平均長径から算出される値を用いてもよい。

[0052] また、上記のペーストに含まれる少なくとも一部の金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の表面が、主鎖及び／又は側鎖にグリコールエーテル系骨格を有する化合物を有すると、低温で還元しやすくなるため好適である。ここで、表面に有するとは、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の表面に、化学的結合や物理吸着等によって付着している状態を指す。

なお、粒子の形状の確認や、D50、平均厚み、平均長径、及びXRDの半値幅は、それぞれ、下記で詳述する測定方法により、確認又は測定することができる。

[0053] フレーク形状を有する金属粒子及び／又は金属酸化物粒子は、例えば、市販の金属粒子及び／又は金属酸化物粒子（例えば、酸化銀粒子（形状は、一般に球形や略球形であり、粒子サイズは $1 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度））を原料として、ビーズミル装置による粉碎処理により得ることができる。通常、マイクロ粒子以下の粒子径を有する酸化銀粒子は、特開2005-104825号公報

に開示されるように、銀塩溶液からの析出により得られる球状の粒子となっている。これに対して、ビーズミル装置による粉碎処理により形成された粒子はフレーク形状となっている。なお上記ビーズミル装置による粉碎処理は湿式で行ってよく、この場合は、粉碎対象と分散媒体とを含む原料を用いるため、粉碎処理後に得られる粒子はスラリー状態のもの（以降単に「スラリー」と記載する場合がある）である。

[0054] 企図する金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の平均厚みや、D50値、及び平均長径は、ビーズミル装置による粉碎処理時間や、ローター周速、ビーズ充填率などを適宜調整することにより、調整することができる。処理時間は、所望するフレーク状酸化銀粉末のサイズにもよるが、例えば、100～500分程度としてもよく、処理時間が長くなるに従って粉碎が進み、D50の値が小さくなる傾向にある。また、ローター周速は、例えば、5～20m/s程度が好適であり、ビーズ充填率は、例えば、70～95容量%程度が好適である。

当業者であれば、このような条件の下に、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の粒子形態を確認することにより、適宜条件を設定することができる。また、所望する金属粒子及び／又は金属酸化物粒子のサイズによっては、ビーズ径や種類等の異なるビーズを用いて2回以上、徐々にサイズを小さくするように段階的に粉碎してもよい。また、ビーズミル装置や粉碎室内が過度に高温になることを防ぐ目的で、公知の冷却機構や温度調節機構が備えられていてもよい。

[0055] 上記のペーストに含まれる金属粒子及び／又は金属酸化物粒子100質量%中、フレーク形状を有する金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の割合は、好ましくは60質量%以上、より好ましくは80質量%以上、更に好ましくは90質量%以上であり、100質量%であってもよい。

上記のペーストに含まれる金属粒子及び／又は金属酸化物粒子100質量%中、酸化銀粒子の割合は、好ましくは60質量%以上、より好ましくは80質量%以上、更に好ましくは90質量%以上であり、100質量%であって

もよい。

上記のペーストに含まれる金属粒子及び／又は金属酸化物粒子 100 質量% 中、フレーク形状を有する酸化銀粒子の割合は、好ましくは 60 質量%以上、より好ましくは 80 質量%以上、更に好ましくは 90 質量%以上であり、100 質量%であってもよい。

[0056] 上記のペーストに含まれる金属粒子及び／又は金属酸化物粒子の量は、塗布時に適した塗工性を有するのであれば特に限定する必要はないが、ペースト全体の質量に基づいて、例えば、70～95 質量%、好ましくは、75～85 質量%である。

[0057] 上記のペーストは、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子と、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子を分散状態で保持する媒体である分散媒体としてのエチレン系又はプロピレン系のグリコールエーテル骨格を有する化合物と、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子を分散するための分散剤としての主鎖及び／又は側鎖にグリコールエーテル系の骨格を有する化合物と、を含有することが好ましい。

[0058] 上記のペーストに用いられる分散媒体としては、塗布に適した塗工性を有し、かつエチレン系又はプロピレン系のグリコールエーテル骨格を有する化合物であり、接合時の処理過程で揮発可能である化合物が好ましい。例えば、ジエチレングリコールメチルエーテル（メチルカルビトール）、トリエチレングリコールメチルエーテル（メトキシトリグリコール）、ジエチレングリコールメチルエーテル（カルビトール）、トリエチレングリコールメチルエーテル（エトキシグリコール）、エチレングリコールプロピルエーテル（プロピルセロソルブ）、エチレングリコールモノブチルエーテル（ブチルセロソルブ）、ジエチレングリコールモノブチルエーテル（ブチルカルビトール）、トリエチレングリコール n-ブチルエーテル（ブトキシトリグリコール）、エチレングリコールヘキシルエーテル（ヘキシルセロソルブ）、ジエチレングリコールヘキシルエーテル（ヘキシルカルビトール）、エチレングリコール n-ブチルエーテルアセテート（ブチルセロソルブアセテート）、ジ

エチレングリコール *n*-ブチルエーテルアセテート（ブチルカルビトールアセテート）、エチレングリコールフェニルエーテル（E P h）、プロピレングリコールメチルエーテル、ジプロピレングリコールメチルエーテル、トリプロピレングリコールメチルエーテル、プロピレングリコール *n*-プロピルエーテル、ジプロピレングリコール *n*-プロピルエーテル、プロピレングリコール *n*-ブチルエーテル、ジプロピレングリコール *n*-ブチルエーテル、トリプロピレングリコール *n*-ブチルエーテル、プロピレングリコールメチルエーテルアセテート、ジプロピレングリコールメチルエーテルアセテート、プロピレングリコールジアセテート、プロピレングリコールフェニルエーテルなどを好適に挙げることができる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。なかでも、ジエチレングリコールモノブチルエーテルが好ましい。

[0059] 分散媒体は、ペースト全体の質量に対して、例えば、8～30質量%、好ましくは、10～25質量%、より好ましくは、13～20質量%の量で使用してもよい。

ここで、2種以上の分散媒体を使用する場合は、上記量は、合計量を意味する。他の同様の記載についても同様である。

[0060] 上記のペーストに用いてもよい分散剤としては、主鎖及び／又は側鎖にグリコールエーテル系の骨格を有する化合物を好適に挙げることができ、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子を分散媒体中において、分散状態で保持できるようにすることができるものであれば、特に限定されることなく、各種の分散剤が使用可能である。このような分散剤としては、例えば、主鎖にスチレンや、マレイン酸、アクリル酸、メタクリル酸、アミノエチルメタクリレートなどの骨格を有し、側鎖に分子量100以上のグリコールエーテル系高分子を有する高分子化合物等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。上記の分散剤の分子量の上限は、例えば10000以下としてもよい。また、主鎖のマレイン酸、アクリル酸、メタクリル酸のカルボキシル基は、アミン化合物により塩を形成し、酸価、アミン価を

調整してもよい。上記のような高分子化合物としては、例えば、商品名として、BYK-190や、BYK-194N、BYK-2055（いずれもビツケミー製）などを好適に挙げることができる。

[0061] 分散剤は、ペースト全体の質量に対して、例えば12質量%以下含むとしてもよい。好ましくは5質量%以下、より好ましくは、4.5質量%以下の量で使用してもよい。また、分散させることが可能であれば下限は特に限定されるものではないが、例えば、0.5質量%以上としてもよく、好ましくは1質量%以上、より好ましくは2質量%以上としてもよい。分散剤の含有量が、ペースト全体の質量に対して、4.5質量%以下である場合、より良好な接合強度が得られる傾向がある。

[0062] 本開示の好適な実施形態の一つでは、ペーストが酸化銀を含み、更には、酸化銀用の公知の還元剤の代わりとして、プロトン系添加剤を含むことが好ましい。プロトン系添加剤を含むことにより、酸化銀の還元反応が進行しやすくなるものの、還元剤を使用する場合に比べると、還元反応の進行が非常に遅いため、ペーストを加熱乾燥することが可能であり、乾燥後の塗布層（即ち乾燥膜）を用いてチップ等と接合することが可能となる。これにより、接合層内に空隙を生じにくくすることができる。

[0063] 上記の通り、上記のペーストは、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子として、酸化銀粒子を含み、更にプロトン系添加剤を含むことが好ましい。これにより、還元剤が未配合であっても、酸化銀の還元反応がより進行しやすくなり、接合層内の未還元酸化銀を低減することができる。未還元の酸化銀が接合層内に多少存在していても接合強度には大きな影響はないものの、熱伝導や導電性に悪影響が出る可能性がある。更には、ペーストを加熱乾燥することが可能であるため、乾燥後の塗布層（即ち乾燥膜）を用いてチップ等と接合することが可能となり、接合層内に空隙を生じにくくすることができる。

[0064] 上記の通り、本開示では、上記のペーストに用いられる分散媒体として、エチレン系又はプロピレン系のグリコールエーテル骨格を有する化合物が使用

されることが好ましい。プロトン系添加剤と共に分散媒体（エチレン系又はプロピレン系のグリコールエーテル骨格を有する化合物）を用いることにより、反応過程でグリコールエーテルから生成したアルデヒドが酸化され電子を放出することにより、より適度な速度で酸化銀の還元反応が進行する傾向がある。

[0065] プロトン系添加剤としては、プロトンを放出できるものであれば、特に限定されることなく、各種のプロトン系添加剤が使用可能である。このようなプロトン系添加剤としては、例えば、水、メタノールやエタノールなどのアルコール類、過酸化水素水等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。なかでも、水が好ましい。プロトン系添加剤は、ペースト全体の質量に対して、例えば、0.5～10質量%、好ましくは、1～7質量%、より好ましくは、2～6質量%の量で使用してもよい。

[0066] 上記のペーストは、ペーストの各種性能を損なわない範囲であれば、他の任意成分を有していても良い。例えば、公知の可塑剤（ポリエチレングリコール（PEG）、フタル酸ジブチル、ブチルベンジルフタレート等）を用いることで、D50が200nm未満のフレーク形状を有する酸化銀粒子において、酸化銀の還元時やペースト乾燥時に発生するクラックや剥離の発生をより低減しやすくすることが可能である。

上記の他にも、ペーストの各種性能を損なわない範囲であれば、各種フィラーや公知の還元剤等を含有していてもよい。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

[0067] ペースト全体の質量に対して、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子、分散剤、及び分散媒体の合計量は、好ましくは90質量%以上、より好ましくは95質量%以上である。これにより、低温での接合においても、より良好な接合強度が得られる傾向がある。

ペースト全体の質量に対して、金属粒子及び／又は金属酸化物粒子、分散剤、分散媒体、及びプロトン系添加剤の合計量は、好ましくは90質量%以上、より好ましくは95質量%以上である。これにより、低温での接合におい

ても、より良好な接合強度が得られると共に、酸化銀の還元反応がより進行しやすくなる傾向がある。

[0068] 上記のペーストは、公知のペーストや塗料用に用いられる分散機や混練装置等を用いて、更なる粉砕が生じない程度の条件で各成分を混合することにより得られる。上記のペーストは、低温での接合においても、良好な接合強度が得られるため、仮接合用途に好適に用いられる。

[0069] (各種特性の測定方法について)

(1) 平均長径の測定

上記で調製されたペーストを、ブチルカルビトールで1000倍に希釈し、得られた希釈液の1mlをスピコート法(回転数2000rpm)にて平滑なガラス基板(20×20mm)上に塗布し、常温で真空乾燥を行って、粒子(例えば、フレーク形状を有する酸化銀粒子)の堆積物を得る。ここでフレーク形状を有する酸化銀粒子は、ガラス基板などに塗布した場合、その形状によりフレーク形状の平面部分が上下に配向した状態で堆積する。

次に、走査電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製SU-8220)を使用して、上記堆積物を上から観察し、ランダムに20個の粒子の長径を測定し、得られた値からその平均値を算出し、粒子の平均長径とする。ここで、粒子を上から観察した際の最も長い対角線を粒子の長径とする。

(2) 平均厚みの測定

上記で調製されたペーストの1mlを、平滑なガラス基板(20×20mm)上にスクリーン印刷にて塗布し、常温で真空乾燥を行い、粒子(例えば、フレーク形状を有する酸化銀粒子)の堆積物を得る。次に、形成された堆積物を含む位置でガラス基板を切断し、粒子(例えば、フレーク形状を有する酸化銀粒子)の断面方向から観察できるサンプルとする。次に、走査電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製SU-8220)を使用して、上記断面の堆積物からランダムに20個の粒子の厚みを測定し、得られた値からその平均値を算出し、粒子の平均厚みとする。ここで、各粒子の中央部分の上面と下面の距離を粒子の厚みとする。

[0070] (3) D50の測定

D50値は、個々の粒子を球と見立てた時（動的光散乱法における散乱強度基準）のメディアン径（中央値）を意味し、粒子全体の内、半分の粒子がこの値より上に存在し、残りの半分の粒子が、この値より、下に位置する統計学上の値である。

D50値は、上記で調製されたペーストを、ブチルカルビトールで1000倍に希釈し、得られた希釈液を、動的光散乱測定器（マルバーン・パナリティカル製ゼータサイザーナノZS）を使用して測定する。

[0071] (4) 粉末X線回折（XRD）測定

上記で調製されたスラリーを、遠心分離（遠心力20000×g）にかけ、固形分と、上澄液とに分離し、上澄液を除去した後、得られた固形分を常温で真空乾燥し、乾燥粉末を得る。

この乾燥粉末について、粉末XRD測定装置（リガク製MINIFLEX600）を使用して回折ピークを測定し、得られた回折ピークから粒子（例えば、フレーク形状を有する酸化銀粒子）の（111）面のメインピーク（32°）のデータを擬フォークト関数によりフィッティングし、半値幅を算出する。

[0072] (5) 分散剤の確認

上記で調製されたスラリーを、遠心分離（遠心力20000×g）にかけ、固形分と、上澄液とに分離し、上澄液を除去した後、固形分を常温で真空乾燥し、乾燥粉末を得る。この乾燥粉末について、示差熱重量・示差熱分析計（TG-DTA；リガク製ThermoplusTG8120）で分析し、質量減少率から、使用された（粒子に付着した）分散剤の含有量を算出する。

[0073] <乾燥膜形成工程>

塗布工程の後、乾燥膜形成工程では、被接合部材A上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が15GPa以下の乾燥膜を形成する。より具体的には、乾燥膜形成工程では、前記塗布工程に

より塗布された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥することにより、前記被接合部材 A 上に、前記乾燥膜を形成する。

[0074] 上記のペーストを乾燥させる際の温度は、好ましくは $60 \sim 145^{\circ}\text{C}$ 、より好ましくは $80 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 、更に好ましくは $90 \sim 125^{\circ}\text{C}$ である。

乾燥時間は、採用される乾燥温度との関係で変動するが、一般に、 $10 \sim 1$ 時間であり、 $20 \sim 40$ 分の範囲としてもよい。

[0075] 乾燥膜形成工程は、大気下で行われても不活性ガス雰囲気下で行われてもよいが、プロセスを簡便にするという理由から、大気下で行われることが好ましい。

不活性ガスとしては、特に限定されず、例えば、アルゴンガス等の希ガス、窒素ガス等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。なかでも、窒素ガスが好ましい。

[0076] (乾燥膜)

上記のペーストを乾燥させることにより、乾燥膜が形成される。

乾燥膜の貯蔵弾性率は、 1.5 GPa 以下であり、好ましくは 1.2 GPa 以下、より好ましくは 1.0 GPa 以下、更に好ましくは 0.7 GPa 以下、特に好ましくは 0.6 GPa 以下である。乾燥膜の貯蔵弾性率が低いほど、より強固な仮接合が実現されることから、下限は特に限定されないが、乾燥膜の作製の観点から、例えば、 1.0 GPa 以上としてもよい。また、より強固な本接合が実現されることから、 4.0 GPa 以上としてもよく、 5.0 GPa 以上としてもよい。乾燥膜の貯蔵弾性率が 4.0 GPa 以上、 1.2 GPa 以下、好ましくは 5.0 GPa 以上、 1.0 GPa 以下であると、仮接合強度と本接合強度をよりバランスよく得られる傾向がある。

本明細書において、乾燥膜の貯蔵弾性率は、ナノインデンテーション法により、ナノインデンターを使用し、圧子に微小な正弦波を印加しながら測定対象に押し込む連続剛性測定法（動的機械解析）で測定し、測定温度は 25°C とし、使用圧子は三角錐型のダイヤモンド圧子とし、荷重印加過程で達する最大荷重（設定値）は 0.5 mN とし、荷重印加過程でのひずみ速度は 0 。

0.5 / 秒とした方法により測定される。

[0077] 上記のペーストを乾燥することにより、ペーストに含まれる分散媒体が揮発し、形成される乾燥膜中では、分散媒体の揮発に伴い空隙が生じる。この空隙の存在により、乾燥膜の貯蔵弾性率が低下する。よって、貯蔵弾性率が1.5 GPa以下の乾燥膜を形成するためには、乾燥条件が非常に重要である。乾燥温度が低いほど、乾燥膜の貯蔵弾性率は低くなる傾向がある。

[0078] 乾燥膜は、酸化銀粒子及び／又は銀粒子を含有することが好ましく、酸化銀粒子を含有することがより好ましい。これにより、より良好な仮接合強度が得られる傾向がある。

[0079] ここで、図1を用いて、被接合部材A上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペースト、被接合部材A上に形成された乾燥膜の一例を説明する。

図1では、被接合部材Aが基板である場合の例について説明する。

図1(a)は、被接合部材A上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストの一例を模式的に示す概略図である。図1(b)は、被接合部材A上に形成された乾燥膜の一例を模式的に示す概略図である。

図1(a)では、基板1の主面上にペースト（金属及び／又は金属酸化物含有ペースト）10が形成されている。このペースト10が形成された基板1を乾燥することにより、ペースト10が乾燥し、貯蔵弾性率が1.5 GPa以下の乾燥膜が形成される。図1(b)では、基板1の主面上に乾燥膜（貯蔵弾性率が1.5 GPa以下の乾燥膜）11が形成されている。

本明細書において、主面とは、当該部材が有する面のうち最も面積が大きい面を意味する。

[0080] <被接合部材B設置工程>

乾燥膜形成工程の後、被接合部材B設置工程では、乾燥膜形成工程により形成された乾燥膜に接触させた状態で、被接合部材Bが設置される。

[0081] 被接合部材Bは、乾燥膜に接触可能な位置であれば任意の箇所に設けることができる。よって、被接合部材Bを設けたい所望の位置に乾燥膜を設け、被接合部材Bを設ければよい。

[0082] 例えば、被接合部材 A 上に形成された乾燥膜の被接合部材 A とは反対側の面上に、被接合部材 B を載置してもよく、被接合部材 A 上に形成された乾燥膜の被接合部材 A に対して垂直方向の面上に、被接合部材 B を設けてもよい。

[0083] 半導体チップの設置には、フリップチップボンダー、ダイボンダー、チップマウンター等の公知の装置を用いることができる。これらは単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

[0084] ここで、図 2 を用いて、被接合部材 B の設置の一例を説明する。図 2 では、被接合部材 A が基板、被接合部材 B が半導体チップである場合の例について説明する。図 2 (a) では、基板 1 上に形成された乾燥膜 11 の基板 1 とは反対側の面上に、半導体チップ 20 が載置されている。

一方、図 2 (b) では、基板 1 上に形成された乾燥膜 11 の基板 1 に対して垂直方向の面上に、半導体チップ 20 が設けられている。

[0085] <仮接合工程>

被接合部材 B 設置工程の後、仮接合工程では、乾燥膜形成工程により形成された乾燥膜を介して、被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合する。

被接合部材 B 設置工程により、乾燥膜形成工程により被接合部材 A 上に形成された乾燥膜に接触させた状態で、被接合部材 B が設置されている。よって、この状態で、仮接合を進行させることにより、乾燥膜形成工程により形成された乾燥膜を介して、被接合部材 A に被接合部材 B が仮接合することとなる。

[0086] 仮接合工程は、被接合部材 A 上に形成された乾燥膜に、被接合部材 B を接触させた状態で加熱（好ましくは加圧及び加熱）することにより、乾燥膜を介して、被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合する工程であることが好ましく、被接合部材 A 上に形成された乾燥膜の被接合部材 A とは反対側の面上に、被接合部材 B を載置した後に、加熱（好ましくは加圧及び加熱）することにより、乾燥膜を介して、被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合する工程であることがより好ましい。加熱することにより、焼結が一部において進行し、この焼結により、乾燥膜を介して、被接合部材 A に被接合部材 B が固定され

る。

[0087] 仮接合工程において、加圧することにより、被接合部材Bは、乾燥膜側に加圧される。ここで、図3(a)を用いて、図2(a)の場合に、加圧した際の挙動の一例を説明する。

図3(a)は、仮接合工程において、加圧した際の挙動の一例を模式的に示す概略図である。

図3(a)では、基板1上に形成された乾燥膜11の基板1とは反対側の面上に、半導体チップ20が載置されており、更に、加圧されることにより、半導体チップ20は、乾燥膜11側に加圧されている。なお、図3(a)は、概略図であり、寸法などを正確に反映したものではなく、図3(a)では、加圧されている様子を分かりやすくするために、半導体チップ20が乾燥膜11側に沈み込んでいるが、通常は大きく沈み込まない。図3(b)、図3(c)も同様である。

[0088] 図3(b)は、仮接合工程後の被接合部材の一例を模式的に示す概略図である。図3(a)の状態、仮接合工程を行った後は、図3(b)の状態となる。

図3(b)では、基板1上に形成された乾燥膜11が仮接合工程により、仮接合後の乾燥膜12となっている。そして、基板1上に形成された仮接合後の乾燥膜12の基板1とは反対側の面上に、半導体チップ20が仮接合されている。

[0089] 仮接合工程における温度については、被接合部材A(基板)の温度は、好ましくは80～150℃、より好ましくは90～150℃、更に好ましくは100～150℃であり、被接合部材B(半導体チップ)の温度は、好ましくは100～260℃、より好ましくは100～210℃、更に好ましくは150～210℃、特に好ましくは170～210℃である。

接合部材A(基板)は、一般的に銅や銅材と複合化した基板が使用されることが多く、銅の酸化防止の観点からは、接合部材A(基板)の温度は接合部材B(半導体チップ)の温度よりも低く設定することが好ましい。

仮接合工程における圧力は、好ましくは0.1～5 MPa、より好ましくは1～3.5 MPa、更に好ましくは1.5～3.5 MPaである。仮接合工程における工程時間（加圧・加熱時間）は、好ましくは0.1～5秒、より好ましくは0.5～4秒である。

本明細書において、圧力は、被接合部材Aの主面上に設けられた部材に対して、被接合部材Aの主面に対して垂直方向に加えられる圧力を意味する。

[0090] 仮接合工程は、大気下で行われても不活性ガス雰囲気下で行われてもよいが、プロセスを簡便にするという理由から、大気下で行われることが好ましい。

仮接合工程は公知の装置を用いて行ってもよく、使用可能な装置としては、例えば、被接合部材Aの温度と被接合部材Bの温度とをそれぞれ操作できる装置等が挙げられる。また、被接合部材B設置工程で用いたフリップチップボンダー、ダイボンダー、チップマウンター等の公知の装置が加熱機構（好ましくは加圧機構も）を有している場合は、そのまま加熱や好ましくは加圧も行うことで、より位置ずれを抑えることができる。これらの装置は単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

[0091] 仮接合工程後の、被接合部材Aと被接合部材Bの仮接合強度は、好ましくは0.5 N以上、より好ましくは0.8 N以上、更に好ましくは1.0 N以上であり、上限は特に限定されないが、例えば、50 N以下である。

本明細書において、仮接合強度は、実施例に記載の方法により測定される。

[0092] <本接合工程>

仮接合工程の後、本接合工程が行われる。通常、仮接合工程の後、本接合工程が行われる前に、半導体チップが仮接合された基板の搬送、乾燥膜のうち、被接合部材Bと接していない部分（不要な乾燥膜、例えば、図2（a）では、乾燥膜11において、半導体チップ20が載置されていない両側部分）の除去、保護シートにより覆う等の準備工程が行われる。前記の通り、準備工程で半導体チップの位置ずれが生じやすい。

また、本接合工程では、保護シートなどを介して半導体チップを加圧する際

に半導体チップの位置ずれが起きることがある。上述のような半導体チップの位置ずれが生じやすい半導体デバイスの製造方法であると、直後の本接合にて、半導体チップが位置ずれされた構造にて、半導体デバイスができ上がりやすくなり、生産歩留まりの低下につながる。

一方、本開示では、貯蔵弾性率が15 GPa以下の乾燥膜を介して、被接合部材Aに被接合部材Bを仮接合するため、仮接合によっても比較的強固に、乾燥膜を介して被接合部材Aに被接合部材Bが固定され、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できる。

[0093] 仮接合工程の後、必要に応じて、他の工程を行った後、本接合工程では、加熱することにより、被接合部材Aに被接合部材Bを本接合する。これにより、焼結及び粒成長が進行し、被接合部材A、被接合部材B、及び粒子同士が強固に焼結した状態となり、被接合部材Aに被接合部材Bが本接合される。

[0094] 本接合工程は、加熱と共に加圧を行っても、加圧を行わなくてもよい。

加熱と共に加圧を行う場合は、例えば、被接合部材Aと被接合部材Bとの距離を、乾燥膜の厚み方向に近付けるように加圧が可能な加圧機構を備えた加熱装置（例えば、各種シンタリング装置等）を用いる。この時、一度に処理する基板が1枚である枚葉式の装置を用いても、複数枚であるバッチ式の装置を用いても良いが、作業効率を上げるためにバッチ式の装置を用いるのが好ましい。

また、加圧を行わない場合は、加圧機構を備える必要がないため、公知の加熱装置（例えば、各種リフロー炉、ホットプレート、BOX型炉等）を用いることが可能である。

なお、上記の「加熱と共に加圧を行う」とは、熱と圧力が同時に被接合部材に加えられている状態が処理中にあればよく、加熱の開始と加圧の開始とが同時でも異なっていても、加熱の終了と加圧の終了とが同時でも異なっていてもよい。

[0095] 本接合工程で、加熱と共に加圧を行う場合は、加圧しない場合よりも加熱時間を短時間化できる傾向がある。すなわち、本接合工程は、仮接合工程にお

いて、被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合した後、加圧及び加熱することにより、被接合部材 A に被接合部材 B を本接合する工程であることが好ましい。

[0096] 本接合工程において、加圧することにより、被接合部材 B は、乾燥膜側に加圧される。加圧した際の挙動は、仮接合工程の場合と同様である。

[0097] 図 3 (c) は、本接合工程後の被接合部材の一例を模式的に示す概略図である。図 3 (b) の状態で、本接合工程を行った後は、図 3 (c) の状態となる。

図 3 (c) では、基板 1 上に形成された仮接合後の乾燥膜 1 2 が本接合工程により、本接合後の乾燥膜 1 3 となっている。そして、基板 1 上に形成された本接合後の乾燥膜 1 3 の基板 1 とは反対側の面上に、半導体チップ 2 0 が本接合されている。このように、基板 1 の主面上に本接合後の乾燥膜 1 3 を介して半導体チップ 2 0 が搭載された半導体デバイス 1 0 0 を製造できる。以上の通り、乾燥膜を介して、被接合部材 A に被接合部材 B が搭載された半導体デバイスを製造できる。

[0098] 本接合工程における温度は、被接合部材 A (基板)、被接合部材 B (半導体チップ) 共に、好ましくは 230～300℃、より好ましくは 240～300℃、更に好ましくは 245～300℃である。

[0099] 本接合工程で加圧及び加熱する場合、当該本接合工程における圧力は、好ましくは 5～20MPa、より好ましくは 7～20MPa、更に好ましくは 8～20MPa である。

本接合工程における工程時間 (加圧・加熱時間) は、上記の圧力及び温度で処理した際に接合できるのであれば特に限定されるものではないが、好ましくは 1～10 分、より好ましくは 1.5～5 分である。

[0100] 本接合工程で加圧をしない場合、加熱温度は前述した温度で行えばよい。本接合工程における工程時間 (加熱時間) は、上記の温度で処理した際に接合できるのであれば特に限定されるものではないが、好ましくは 15～60 分、より好ましくは 30～60 分である。基板の薄さや反り、各被接合部材や

乾燥膜の形状によっては、本接合工程の加圧時に破損が生じやすい場合や、強い圧力を加えるのが難しい場合等があるが、加圧をしないで本接合工程を行うことで、より多様な基板や被接合部材等を接合可能になる。

なお、本明細書における「加圧をしない」とは、被接合部材 A と被接合部材 B との距離を、乾燥膜の厚み方向に近付けるように圧力を加えるような、意図的な操作をしないことを指すものである。ただし、固定用の治具を取り付けた場合等は、「加圧をしない」状態に含むものとする。

[0101] 仮接合工程では、後述するように、焼結が一部において進行する条件で行えばよい。一方、本接合工程では、後述するように、焼結及び粒成長が進行する条件で行えばよい。そのため、仮接合工程後に行われる本接合工程では、通常、仮接合工程に比べて、より高い温度の条件下で実施される。また、本接合工程では、仮接合工程に比べて、より高い圧力の条件下で実施してもよい。これにより、仮接合強度、本接合強度をより好適に両立できる傾向がある。よって、仮接合工程における温度よりも本接合工程における温度が高いことが好ましい。同様の理由から、仮接合工程における圧力よりも本接合工程における圧力が高いとしてもよい。

[0102] 本接合工程は、大気下で行われても不活性ガス雰囲気下で行われてもよいが、使用される基板が金属の場合、酸化防止という理由から、不活性ガス雰囲気下で行われることが好ましい。不活性ガスとしては、窒素ガスが好ましい。

[0103] 本接合工程後の、被接合部材 A と被接合部材 B の本接合強度は、好ましくは 20 MPa 以上、より好ましくは 25 MPa 以上であり、上限は特に限定されないが、例えば、100 MPa 以下である。

本明細書において、本接合強度は、実施例に記載の方法により測定される。

[0104] 以上により、本開示の半導体デバイスの製造方法の一例について説明したが、本開示の効果を損なわない限り、上記工程以外の他の工程を含んでもよい。例えば、「仮接合工程の後、準備工程の前」、「準備工程の後、本接合工程の前」、「本接合工程の後」の少なくともいずれかのタイミングで、被接

合部材Bの位置ずれの有無を判定する工程を有してもよい。また、被接合部材B設置工程の前に、被接合部材Bの位置決めを行う工程を有してもよい。

また、図面を用いた説明では、被接合部材Aが基板、被接合部材Bが半導体チップである場合について説明したが、被接合部材Aが半導体チップ、被接合部材Bが基板であってもよく、被接合部材A、被接合部材Bの組み合わせは、同種の部材同士であってもよく、特に限定されない。

[0105] 本開示では、仮接合工程においてタック剤を使用しないことが好ましい。本開示では、被接合部材Aに被接合部材Bを仮接合することにより、被接合部材Aに被接合部材Bを仮固定することが可能であるため、タック剤を使用せずに被接合部材Aに被接合部材Bを仮固定することが可能となる。タック剤を使用した場合には、本接合時にタック剤に含まれる有機成分が残留しボイドになるおそれがあり、また、加圧時にタック剤がチップエッジに這い上がり絶縁不良となるおそれもあり、更には、タック剤を塗布（ディスペンス）する工程を新たに設ける必要が生じるものの、本開示では、タック剤を使用する必要がないため、このような課題を解決することが可能となる。

[0106] 有機バインダーを多量に含有する接合用シートを使うことで、仮固定時に有機バインダーの柔軟性と粘着性を利用する方法も考えられるが、この場合も、有機バインダーを多量に含有するため、接合時の残留ボイドやチップ汚染のおそれがある。一方、本開示では、仮接合工程において有機バインダーを使用する必要がないため、このような課題を解決することが可能となる。

[0107] 次に、乾燥膜形成工程、仮接合工程、本接合工程において生じている現象等について説明する。なお、以下の説明において、乾燥膜の表面とは、乾燥膜が形成された被接合部材Aとは反対側の乾燥膜の面である。また、乾燥膜の断面とは、乾燥膜を、乾燥膜の幅方向（図1（b）では左右方向）と平行で、かつ、乾燥膜が形成された被接合部材Aの主面と直交する方向に、切断したときの切断面である。

[0108] 前記の通り、乾燥膜形成工程において、金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、乾燥膜が形成される。金属及び／又は金属酸化物含有ペー

ストを乾燥することにより、ペーストに含まれる分散媒体が揮発し、形成される乾燥膜中では、分散媒体の揮発に伴い空隙が生じる。この空隙の存在により、乾燥膜の貯蔵弾性率が低下する。

[0109] 図4は、乾燥膜の断面の一例を模式的に示す概略図である。

図4では、乾燥膜11は、フレーク形状を有する粒子200が空隙を有しながら、折り重なって形成されている。このように、フレーク形状を有する粒子を含有するペーストを塗布、乾燥すると、フレークの面を上下に向けて配向した乾燥膜が得られる。フレーク形状を有する粒子により乾燥膜が形成される場合、空隙の存在に加えて、フレーク形状を有する粒子の柔軟性により、乾燥膜の貯蔵弾性率がより低下することとなる。

[0110] 図5は、フレーク形状を有する酸化銀粒子を用いた場合の、乾燥膜の表面及び断面を示す図面代用写真である。

図5に示す通り、フレークの面を上下に向けて配向した乾燥膜であることが分かる。

[0111] 次に、仮接合工程では、乾燥膜形成工程により形成された乾燥膜を介して、被接合部材Aに被接合部材Bが仮接合されるが、通常は、この際に、加圧及び加熱される。加圧されることにより、本開示に係る乾燥膜は、特定の貯蔵弾性率を有するため、被接合部材A、B表面の形状に追従しやすく、被接合部材A、Bとの接触面が多くなり、乾燥膜と、被接合部材A、B表面とが、広範囲に渡って面全体で接触し、密着性が向上する。更に、加圧により空隙がつぶれることにより、より面全体で接触し、密着性がより向上する。また、フレーク形状を有する粒子により乾燥膜が形成される場合、上記に加えて、フレーク形状を有する粒子の変形によっても、より面全体で接触し、密着性がより向上する。

そして、加熱することにより、焼結が一部において進行し、この焼結により、乾燥膜を介して、被接合部材Aに被接合部材Bが固定される。

[0112] 図6は、フレーク形状を有する酸化銀粒子を用いた場合の、仮接合後の乾燥膜の断面の一例を模式的に示す概略図である。

図6に示す通り、加圧及び加熱されることにより、一部において、酸化銀が還元されて、銀粒子であるナノAg₂O₁が析出し、このナノAg₂O₁の焼結が進行することにより、半導体チップ20は、被接合部材A（図示せず、例えば、基板）に仮接合後の乾燥膜12を介して、仮接合（固定）されている。

[0113] 次に、本接合工程では、仮接合工程において、被接合部材Aに被接合部材Bを仮接合した後、加熱することにより、被接合部材Aに被接合部材Bを本接合するが、通常は、この際に、加圧及び加熱される。これにより、焼結及び粒成長が進行し、被接合部材A、被接合部材B、及び粒子同士が強固に焼結した状態となり、被接合部材Aに被接合部材Bが本接合される。

[0114] 図7は、フレーク形状を有する酸化銀粒子を用いた場合の、本接合後の乾燥膜の断面の一例を模式的に示す概略図である。

図7に示す通り、加圧及び加熱されることにより、酸化銀の還元によるナノAgの析出、焼結及び粒成長が進行し、焼結及び粒成長したAg₂O₂が形成され、被接合部材A（図示せず、例えば、基板）、被接合部材B（半導体チップ20）、並びに焼結及び粒成長したAg₂O₂同士が強固に焼結した状態となり、被接合部材Aに被接合部材Bが本接合（強固に固定）される。なお、本開示の乾燥膜形成工程及び仮接合工程を経た場合、本接合工程で加圧しなくとも、焼結及び粒成長を進行させ被接合部材Aに被接合部材Bを本接合させることが可能である。

[0115] 次に、仮接合前の乾燥膜、仮接合後の乾燥膜、本接合後の乾燥膜（すなわち、焼結膜）の見分け方について説明する。

仮接合前の乾燥膜、仮接合後の乾燥膜では、何かで軽く引っかいたりすると粒子の堆積した構造は崩れ、各粒子はばらけることとなる。一方、本接合後の乾燥膜では、強固に結合しているため、各粒子は、ばらけることはない。ここで、粒子がばらけるとは、粒子が流動（移動）することを意味する。

[0116] よって、膜に対して、例えばJIS K 5600-5-6：1999「塗料一般試験方法 第6節：付着性（クロスカット法）」で規定された方法で

試験した場合に、粒子がばらけない場合は、本接合後の乾燥膜に該当する。一方、膜に対して、上記の方法で試験した場合に、粒子がばらける場合は、仮接合前の乾燥膜、仮接合後の乾燥膜のいずれかに該当する。そして、仮接合前の乾燥膜、仮接合後の乾燥膜のうち、焼結が一部において進行し、被接合部材と接合しているものが、仮接合後の乾燥膜に該当し、被接合部材と接合していない（例えば、焼結が全く進行していない、もしくは焼結が一部において進行していても、被接合部材と接合していない）ものが仮接合前の乾燥膜に該当する。膜中において焼結が進行しているか否か、被接合部材と接合しているか否かは、走査電子顕微鏡の直接観察により判断できる。

実施例

[0117] 以下において、本開示について、実施例及び比較例により、更に詳述するが、本開示の範囲は、これらの実施例及び比較例によって何ら限定されるものではない。また、下記の各測定値は、前述した各測定方法によって得たものである。

[0118] （製造例 1）

・フレーク形状を有する酸化銀粒子の調製

原料として使用した原料酸化銀粒子は、マイクロ酸化銀（DOWAエレクトロニクス製、酸化銀PS）（形状は、球形であり、粒子サイズは、 $10\mu\text{m}$ ）であった。この原料酸化銀粒子と水（分散媒体）とを、原料酸化銀：水＝10：90（質量比）で混合し、更に分散剤（ビッケミー製DISPERBYK-190（主鎖及び／又は側鎖にグリコールエーテル系の骨格を有する化合物））を原料酸化銀に対して20質量％となるように加え、ビーズミル装置（広島メタル&マシナリー製ウルトラアペックスミルUAM-015）の粉碎室に投入し、粉碎処理を行い、フレーク形状を有する酸化銀粒子を含むスラリーを得た。この粉碎処理においては、使用したビーズは、ジルコニア（材料）からなる球体であり、その直径は、0.1mmであり、粉碎処理時間は、300分であった。

[0119] ・酸化銀ペーストの調製

得られたフレーク形状を有する酸化銀粒子を含むスラリーを、遠心分離（遠心力 $20000 \times g$ ）にかけ、固形分と、上澄液とに分離し、余剰の分散剤と水とを除去するため、上澄液を除去した。次いで、得られた固形分に、分散媒体として、ブチルカルビトールを供給し、前記固形分を再度分散させた後、遠心分離（遠心力 $20000 \times g$ ）にかけて固形分と上澄液とに分離し、上澄液を除去し、これにより、分散液中の水をブチルカルビトールへと置換した。

得られた固形分に、以下の表 1 で示す組成となるように、ブチルカルビトール、分散剤を配合し、粉碎機能を有さない自転・公転ミキサーで攪拌後、3 本ロールミルで分散させて、フレーク形状を有する酸化銀粒子を含む酸化銀ペーストを調製した。なお、酸化銀ペースト中の水分含有量は、ガスクロマトグラフィーにより測定した。また、酸化銀ペースト中の水分含有量は 3 質量%であった。

表 1 に、フレーク形状を有する酸化銀粒子の形状及び特性、ペーストの組成を示す。

[0120]

[表1]

フレーク形状を有する酸化銀粒子				ベースト組成										
平均長径 (nm)	平均厚み (nm)	アスペク ト比	D50 (nm)	半値幅	フレーク形状を有する 酸化銀粒子の含有量 (質量%)	分散剤		分散媒体		プロトン系添加剤			その他	
						成分 or 商品名	含有量 (質量%)	成分	含有量 (質量%)	成分	含有量 (質量%)	成分	含有量 (質量%)	
591	33	18	233	0.97	79	BYK-190	4	ジエチレングリコール モノブチルエーテル	14	水	3	無し	0	

[0121] (製造例2)

製造例1では、固形分に、表1で示す組成となるように、ブチルカルビトール、分散剤を配合し、粉碎機能を有さない自転・公転ミキサーで攪拌後、3本ロールミルで分散させて、フレーク形状を有する酸化銀粒子を含む酸化銀ペーストを調製したが、この固形分に代えて、ナノAg(球形、D50:130nm)を用いて、製造例1と同様にナノAgペーストを調製した。

[0122] (実施例及び比較例)

上記で得られたペーストについて、以下の実験に用いた。

基板(表面にNi-Agめっきが施されたCu基板)を準備し、基板の主面上に、上記で得られたペーストをスクリーン印刷により塗布し、次に、表2に記載の条件(大気下)により、ペーストを乾燥して、基板の主面上に、乾燥膜を形成した。得られた乾燥膜の貯蔵弾性率を表2に示した。

次に、ダイボンダーを用いて、基板の主面上に形成された乾燥膜の基板とは反対側の面上に、半導体チップ(Siチップ(最表層がAgスパッタ膜であり、表面の大きさが4×4mm、厚みが625μm))のAgスパッタ層が接触するように半導体チップを載置した。なお、仮接合強度、本接合強度の測定のために、基板に対して、複数の半導体チップを使用して実験を行った。

そして、半導体チップを載置した状態で、表2に記載の条件(大気下)により、加圧及び加熱することにより、乾燥膜を介して、基板に半導体チップを仮接合した。ここで、表2において、上部ヒーターの温度は、半導体チップ温度に相当し、下部ヒーターの温度は、基板温度に相当する。また、表2中の圧力(加圧力)は、基板の主面上に設けられた部材(ここでは半導体チップ)に対して、基板の主面に対して垂直方向に加えられる圧力を意味する。更に、基板に半導体チップが仮接合された基板を用いて、後述する方法により、仮接合強度を測定した。

次に、基板に半導体チップが仮接合された基板を用いて、窒素ガス雰囲気下において以下の条件1～3のいずれかにより基板に半導体チップを本接合し

た。また、基板に半導体チップが本接合された基板を用いて、後述する方法により、本接合強度を測定した。なお、各実施例及び比較例で用いた条件は、表2に記載した。

（条件1）同時に加熱と加圧が可能なシンタリング装置を用いて、上部ヒーター及び下部ヒーターの温度を250℃、加圧力を10MPaとし、120秒間、加熱及び加圧処理を行う。

（条件2）BOX型乾燥機内に半導体チップが仮接合された基板を配置し、室温から250℃まで60分かけて昇温した後、250℃で30分間保持する（加圧をしない条件）。

（条件3）250℃に設定したホットプレート上に、半導体チップが仮接合された基板（基板がホットプレート側になるように配置する）を載せ、30分間加熱する（加圧をしない条件）。

[0123] （本接合後のチップずれの評価）

基板に半導体チップが仮接合された基板について、キーエンス製デジタルマイクロスコプVHX-500を用いて、乾燥膜の端部からチップの端部までの長さを測定した。

次いで、同じサンプルを本接合した基板について、上記と同様にして本接合後の乾燥膜（焼結膜）の端部からチップの端部までの長さを測定した。本接合前後の乾燥膜の端部からチップの端部までの長さが0.5mm以上ずれているサンプルを「チップずれあり」、ずれがないかずれても0.5mm未満だったサンプルを「チップずれなし」とした。

また、チップずれの評価は8個の半導体チップを用いた。

[0124] （仮接合強度、本接合強度の測定）

基板に半導体チップが仮接合された基板、基板に半導体チップが本接合された基板を用いて、接合強度の測定を行った。

具体的には、得られた基板について、ボンドテスター（デ이지・ジャパン製DAGE4000Plus）を用いてダイシェア試験（せん断、仮接合品：ロードセル：50KG、測定レンジ：5kgf、シェア速度：10μm/

s、本接合品：ロードセル：S 2 0 0 K G、測定レンジ：2 0 0 k g f、シ
ェア速度：1 0 0 μ m / s）を行い、接合強度（仮接合強度、本接合強度）
を求めた。結果を表 2 に示した。

[0125]

[表2]

	ペースト	ペースト中の 粒子の組成	ペースト中の 粒子の形状	D50(nm)	乾燥条件	乾燥膜の 貯蔵弾性率 [Gpa]	仮接合条件 上部ヒーター/下部ヒーター-時間-加圧力	本接合後の チップずれ[μm]	仮接合強度[N]	本接合条件	本接合強度[Mpa]
実施例1	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	80°C-30分	2.7	200/100°C-3秒-3MPa	0/8	10.9	1	26
実施例2	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	100°C-30分	6.7	200/100°C-3秒-3MPa	0/8	3.2	1	74
実施例3	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	120°C-30分	9.5	200/100°C-3秒-3MPa	0/8	1.2	1	76
実施例4	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	100°C-30分	6.7	200/100°C-3秒-3MPa	0/8	3.2	2	54
実施例5	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	80°C-30分	2.7	250/80°C-1秒-2MPa	0/8	12.5	3	64
比較例1	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	150°C-30分	19.0	200/100°C-3秒-3MPa	3/8	0.4	1	63
比較例2	製造例1	Ag2O	フレーク形状	233	200°C-30分	24.6	200/100°C-3秒-3MPa	5/8	0.4	1	25
比較例3	製造例2	ナノAg	球形	130	100°C-30分	23.2	200/100°C-3秒-3MPa	4/8	0.4	1	43
比較例4	製造例2	ナノAg	球形	130	100°C-30分	23.2	200/100°C-3秒-3MPa	4/8	0.4	2	1
比較例5	製造例2	ナノAg	球形	130	80°C-30分	21.5	250/80°C-3秒-2MPa	3/8	0.6	3	2

[0126] 表 2 より、被接合部材 A 上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が 15 GPa 以下の乾燥膜を形成する乾燥膜形成工程と、前記乾燥膜形成工程により形成された前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合する仮接合工程とを有する実施例では、仮接合強度が高く、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できることが分かった。

また、上記実施例では、本接合時に加圧処理を行っても、加圧処理を行わなくても、仮接合強度が高く、半導体チップ等の被接合部材の位置ずれを抑制できることが分かった。

[0127] 本願は、2023 年 10 月 12 日に出願された日本国特許出願 2023-176786 号を基礎として、パリ条約ないし移行する国における法規に基づく優先権を主張するものである。該出願の内容は、その全体が本願中に参照として組み込まれている。

符号の説明

- [0128] 1 基板（被接合部材 A）
- 10 ペースト
 - 11 乾燥膜
 - 12 仮接合後の乾燥膜
 - 13 本接合後の乾燥膜
 - 20 半導体チップ（被接合部材 B）
 - 100 半導体デバイス
 - 200 フレーク形状を有する粒子
 - 201 ナノ Ag
 - 202 焼結及び粒成長した Ag

請求の範囲

- [請求項1] 被接合部材 A 上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が 1 5 G P a 以下の乾燥膜を形成する乾燥膜形成工程と、
前記乾燥膜形成工程により形成された前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に被接合部材 B を仮接合する仮接合工程と
を有する半導体デバイスの製造方法。
- [請求項2] 前記乾燥膜形成工程は、被接合部材 A 上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が 4 . 0 G P a 以上、1 2 G P a 以下の乾燥膜を形成する工程である請求項 1 記載の半導体デバイスの製造方法。
- [請求項3] 前記乾燥膜形成工程は、被接合部材 A 上に形成された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥して、貯蔵弾性率が 5 . 0 G P a 以上、1 0 G P a 以下の乾燥膜を形成する工程である請求項 1 記載の半導体デバイスの製造方法。
- [請求項4] 前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材 A 上に形成された前記乾燥膜に、前記被接合部材 B を接触させた状態で加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合する工程である請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。
- [請求項5] 前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材 A 上に形成された前記乾燥膜に、前記被接合部材 B を接触させた状態で加圧及び加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合する工程である請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。
- [請求項6] 前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材 A 上に形成された前記乾燥膜の前記被接合部材 A とは反対側の面上に、前記被接合部材 B を載置した後に、加熱することにより、前記乾燥膜を介

して、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合する工程である請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項7] 前記仮接合工程は、前記乾燥膜形成工程により前記被接合部材 A 上に形成された前記乾燥膜の前記被接合部材 A とは反対側の面上に、前記被接合部材 B を載置した後に、加圧及び加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合する工程である請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項8] 前記乾燥膜が、酸化銀粒子及び／又は銀粒子を含有する請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項9] 前記乾燥膜が、酸化銀粒子を含有する請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項10] 前記仮接合工程において、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合した後、加熱することにより、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を本接合する本接合工程を更に有する請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項11] 前記仮接合工程は、加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合する工程であり、前記仮接合工程における温度よりも前記本接合工程における温度が高い請求項 10 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項12] 前記仮接合工程は、加圧及び加熱することにより、前記乾燥膜を介して、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合する工程であり、前記本接合工程は、前記仮接合工程において、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を仮接合した後、加圧及び加熱することにより、前記被接合部材 A に前記被接合部材 B を本接合する工程であり、前記仮接合工程における圧力よりも前記本接合工程における圧力が高い請求項 10 記載の半導体デバイスの製造方法。

[請求項13] 前記仮接合工程は、大気下で行われ、前記本接合工程は、不活性ガス雰囲気下で行われる請求項 10 記載の半導体デバイスの製造方法。

- [請求項14] 前記被接合部材 A 上に、金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを塗布する塗布工程を更に有し、
前記乾燥膜形成工程は、前記塗布工程により塗布された金属及び／又は金属酸化物含有ペーストを乾燥することにより、前記被接合部材 A 上に、前記乾燥膜を形成する工程である請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。
- [請求項15] 前記被接合部材 A が、基板であり、前記被接合部材 B が半導体チップである請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイスの製造方法。