

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6796937号
(P6796937)

(45) 発行日 令和2年12月9日(2020.12.9)

(24) 登録日 令和2年11月19日(2020.11.19)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 20/00 (2006.01)	B 2 3 K 20/00 F
B 2 2 F 7/08 (2006.01)	B 2 2 F 7/08 E

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-52619 (P2016-52619)	(73) 特許権者	000003964 日東電工株式会社 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号
(22) 出願日	平成28年3月16日(2016.3.16)	(74) 代理人	110000729 特許業務法人 ユニアス国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2017-164782 (P2017-164782A)	(72) 発明者	鎌倉 菜穂 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
(43) 公開日	平成29年9月21日(2017.9.21)	(72) 発明者	菅生 悠樹 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
審査請求日	平成31年1月22日(2019.1.22)	(72) 発明者	本田 哲士 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接合体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2 3 で固形の熱分解性バインダーを含有する焼結前層を有する加熱接合用シートを介して2つの被接合物が仮接着された積層体を準備する工程Aと、

前記積層体を、下記で定義する第1の温度以下から第2の温度まで昇温する工程Bと

前記工程Bの後、前記積層体の温度を所定範囲内に保持する工程Cと、

を有し、

前記工程Bの少なくとも一部の期間、及び、前記工程Cの少なくとも一部の期間において、前記積層体を加圧することを特徴とする接合体の製造方法。

第1の温度：前記焼結前層の熱重量測定を行ったときに、前記焼結前層に含まれる有機成分が10重量%減少するときの温度。

前記工程B及び前記工程Cを大気下で行う場合、前記熱重量測定は、大気下で行い、前記工程B及び前記工程Cを窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行う場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

【請求項2】

前記加圧は、5 ~ 40 MPa の範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の接合体の製造方法。

【請求項3】

前記工程Cにおいて保持する温度が、200 ~ 400 の範囲内であることを特徴とする請求項1又は2に記載の接合体の製造方法。

【請求項 4】

前記加圧は、フリップチップボンダー、又は、平行平板プレスで行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 に記載の接合体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【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】

従来、焼結性粒子を含む接合材を用いて、2つの被接合物を接合する方法が知られている（例えば、特許文献 1 ~ 3 参照）。 10

【0003】

特許文献 1 には、一方の被接合物（例えば、シリコンチップ）に接合材を塗布し、次に、接合材面上にもう一方の被接合物（例えば、無酸素銅板）を配置して積層体とし、その後、積層体を加圧することなく加熱して、被接合物同士を接合する方法が開示されている。

【0004】

特許文献 2 には、2つの被接合物の間に接合用組成物を介在させた後、被接合物を 250 に加熱するとともに加圧して被接合物同士を接合する方法が開示されている。

【0005】

特許文献 3 には、まず、銅チップの下部に接合材を塗布して銅基板上に配置し、その後、無酸素銅基板と銅チップとを 2.5 MPa の圧力で加圧しながら、予備焼成工程（大気雰囲気中 100 で 10 分間）と本焼成工程（350 で 5 分間）とを行い、接合体を形成したことが開示されている。また、予備焼成工程と本焼成工程の間は、3.0 / s の昇温速度で昇温したことが開示されている。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】国際公開第 2013 / 108408 号

【特許文献 2】特開 2015 - 57291 号公報 30

【特許文献 3】特開 2011 - 080147 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献 1 では、接合を無加圧で行っている。無加圧接合は、被接合物（例えば、チップ）へのダメージが少ない接合方法ではある。しかしながら、接合材中に含まれる有機成分や焼結性粒子（例えば、金属粒子）の被覆材が揮発することによって、被接合物との界面における接合が十分に得られない可能性がある。特許文献 1 には、-55 ~ +150 の温度範囲で 1000 サイクル（高温低温各 5 分）温度サイクル試験を行った結果が示されているが、この試験は 200 以下での試験であり、200 以上の高温での接合性を評価したものではない。 40

特許文献 2 では、接合を加圧しながら行っている。しかしながら、250 という高温で接合を行っている。そのため、接合工程を行う前の積層体が、急激に加熱されることになる。これにより、接合材中に含まれる有機成分や焼結性粒子の被覆材が急激に揮発する可能性がある。また、接合材中の焼結性粒子の分散は、有機成分によって保たれている。そのため、急激な加熱によって焼結性粒子の凝集が起これ、緻密な焼結構造を得られなくなることが懸念される。そして、このことに起因して、十分な接合が得られない可能性がある。

特許文献 1 や特許文献 3 では、接合材はペースト状（液状）である。従って、塗布工程、乾燥工程が必要となり、接合体が得られるまでの工程時間が長くなることが懸念される 50

【0008】

本発明は前記問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、揮発物によって生じる接合材と被接合物との間の剥離を抑制することができ、高温での接合信頼性の高い接合体を得ることが可能な接合体の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本願発明者等は、前記従来の問題点を解決すべく、接合体の製造方法について検討した。その結果、下記の構成を採用することにより、揮発物によって生じる接合材と被接合物との間の剥離を抑制することができ、焼結工程後の接合材を緻密な焼結構造とすることができ、且つ、高温での接合信頼性の高い接合体を得ることが可能であることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【0010】

すなわち、本発明に係る接合体の製造方法は、
焼結前層を有する加熱接合用シートを介して2つの被接合物が仮接着された積層体を準備する工程Aと、

前記積層体を、下記で定義する第1の温度以下から第2の温度まで昇温する工程Bと

前記工程Bの後、前記積層体の温度を所定範囲内に保持する工程Cと、
を有し、

前記工程Bの少なくとも一部の期間、及び、前記工程Cの少なくとも一部の期間において、前記積層体を加圧することを特徴とする接合体の製造方法。

第1の温度：前記焼結前層の熱重量測定を行ったときに、前記焼結前層に含まれる有機成分の重量が10重量%減少するときの温度。

前記工程B及び前記工程Cを大気下で行う場合、前記熱重量測定は、大気下で行い、前記工程B及び前記工程Cを窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行う場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

【0011】

前記構成によれば、2つの被接合物が仮接着された積層体を、第1の温度以下から第2の温度まで昇温する(工程B)。また、工程Bの少なくとも一部の期間、前記積層体を加圧する。第1の温度は、前記焼結前層の熱重量測定を行ったときに、前記焼結前層に含まれる有機成分が10重量%減少するときの温度である。すなわち、前記第1の温度は、焼結前層の有機成分(特に、焼結性粒子を分散させるための低沸点バインダー)が急激に揮発しない温度である。

仮接着された積層体を第1の温度以下から昇温するため、急激な加熱とはならない。従って、接合材中に含まれる有機成分等が急激に揮発することを抑制でき、剥離を防止することができる。また、焼結性粒子を含む場合は、その凝集を防ぐことができる。その結果、工程Cの後には、緻密な焼結構造を得ることができる。さらに、当該昇温中の少なくとも一部の期間において前記積層体を加圧するため、わずかに発生する揮発物によって接合が阻害されることを抑制することができる。また、焼結層中の粗大ボイドの発生を抑制することが可能となる。

なお、前記工程B及び前記工程Cを大気下で行う場合、前記熱重量測定は、大気下で行い、前記工程B及び前記工程Cを窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行う場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

工程Bや工程Cを行う際の雰囲気は、被接合物や加熱接合用シートの組成等に応じて設定される。そこで、熱重量測定は、工程B及び工程Cを行う際の雰囲気と同じ条件にして測定する必要がある。そのため、本明細書では、「前記工程B及び前記工程Cを大気下で行う場合、前記熱重量測定は、大気下で行い、前記工程B及び前記工程Cを窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行う場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。」こととしている。

例えば、被接合物が銅製である場合、高温で酸化してしまう。そのため、工程B及び工

10

20

30

40

50

程 C は、窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行われる。この場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

また、例えば、加熱接合用シートが熱分解性バインダーを含有している場合、酸素及び窒素の有無やその比率によって分解挙動が異なる場合がある。酸素及び窒素の有無や比率によって分解挙動が異なるため、工程 B 及び工程 C を窒素雰囲気下で行った場合には、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行い、工程 B 及び工程 C を大気下で行った場合には、前記熱重量測定は、大気下で行う。例えば、熱分解性バインダーとしてアクリル樹脂が用いられている場合、アクリル樹脂の分解挙動は、酸素の有無が関与する。そのため、工程 B 及び工程 C は、通常、大気下で行われる。この場合、前記熱重量測定は、大気下で行う。ただし、本明細書においては、熱分解性バインダーとしてアクリル樹脂が用いられている場合であっても、一定以上の接合が得られるならば、工程 B 及び工程 C を、窒素雰囲気下で行うことも可能である。この場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

10

また、例えば、加熱接合用シートが金属微粒子として銅粒子を含有している場合、工程 B 及び工程 C は、窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下（好ましくは、窒素雰囲気下、又は、還元ガス雰囲気下）で行われる。この場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

【 0 0 1 2 】

また、前記構成によれば、前記工程 B（昇温工程）の後、前記積層体の温度を所定範囲内に保持する（工程 C）。焼結前層が焼結性粒子を含む場合は、工程 C により、焼結性粒子を焼結させることができる。これにより、強固な接合が得られる。

20

【 0 0 1 3 】

前記構成において、前記加圧は、5 ~ 40 MPa の範囲内であることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

前記加圧が 5 MPa 以上であると、より強固に接合されさせた接合体が得られる。また、前記加圧が 40 MPa 以下であると、荷重による被接合物（例えば、チップ）の破損を防止することが可能である。

【 0 0 1 5 】

前記構成において、前記工程 C において保持する温度が、200 ~ 400 の範囲内であることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

前記工程 C において保持する温度が 200 以上であると、良好に焼結が進行し、より強固に接合されさせた接合体が得られる。また、前記工程 C において保持する温度が 400 以下であると、プロセス時間を短縮でき、かつチップへの熱によるダメージを軽減することが可能である。

30

【 0 0 1 7 】

前記加圧は、フリップチップボンダー、又は、平行平板プレスで行うことが好ましい。

【 0 0 1 8 】

前記加圧を、フリップチップボンダー、又は、平行平板プレスで行うと、加圧下での加熱が容易に行える。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【 図 2 】 本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【 図 3 】 本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【 図 4 】 本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【 図 5 】 本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【 図 6 】 本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【 図 7 】 実施例 3 に係る加熱接合用シートの断面写真（中央部）である。

【 図 8 】 実施例 3 に係る加熱接合用シートの断面写真（チップとの界面付近）である。

【 図 9 】 実施例 7 に係る加熱接合用シートの断面写真（中央部）である。

50

【図10】実施例7に係る加熱接合用シートの断面写真（チップとの界面付近）である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本実施形態に係る接合体の製造方法について図面を参照しつつ説明する。図1～図6は、本実施形態に係る接合体の製造方法を説明するための断面模式図である。

【0021】

（接合体の製造方法）

本実施形態に係る接合体の製造方法は、

焼結前層を有する加熱接合用シートを介して2つの被接合物が仮接着された積層体を準備する工程Aと、

前記積層体を、下記で定義する第1の温度以下から第2の温度まで昇温する工程Bと

前記工程Bの後、前記積層体の温度を所定範囲内に保持する工程Cと、

を少なくとも有し、

前記工程Bの少なくとも一部の期間、及び、前記工程Cの少なくとも一部の期間において、前記積層体を加圧する。

第1の温度：前記焼結前層の熱重量測定を行ったときに、前記焼結前層に含まれる有機成分の重量が10重量%減少するときの温度。

前記工程B及び前記工程Cを大気下で行う場合、前記熱重量測定は、大気下で行い、前記工程B及び前記工程Cを窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行う場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

【0022】

〔工程A〕

本実施形態に係る接合体の製造方法においては、まず、図1に示す積層体10を準備する。積層体10は、加熱接合用シート40を介して基板50と半導体素子22とが仮接着された構成を有する。基板50、及び、半導体素子22は、本発明における被接合物に相当する。以下、本実施形態では、本発明における被接合物が、基板50、及び、半導体素子22である場合について説明するが、本発明における被接合物は、加熱接合用シートを用いて接合し得るものであれば、この例に限定されない。

【0023】

以下、積層体10を準備する具体的な方法について、説明する。

【0024】

積層体10は、以下の工程により得ることができる。

基板50を準備する工程A-1、

一方の面に加熱接合用シート40が積層されている半導体素子22を準備する工程A-2、及び、

工程A-2で準備した半導体素子22を、加熱接合用シート40を介して基板50に仮接着する工程A-3。

【0025】

〔工程A-1〕

工程A-1では、基板50（図1参照）を準備する。

【0026】

基板50の材質は、特に限定されない。例えば、電機絶縁性を有するものが挙げられる。具体的には、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂、ウレタン系樹脂、ポリスチレン系樹脂、ポリエチレン系樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリイミド系樹脂、ABS樹脂、ポリカーボネート樹脂、シリコーン樹脂等の樹脂や、セラミックス等が挙げられる。なかでも、耐熱性の観点から、ポリイミド系樹脂、セラミックスが好ましい。ポリイミド系樹脂等の樹脂を用いた場合、基板50に可とう性を持たせることができる。また、セラミックスを用いた場合、基板50を折り曲げできない強固なものとすることができる。

【0027】

基板50の表面の一部には、電極（図示せず）が形成されていてもよい。前記電極の材

10

20

30

40

50

質としては、例えば、金、銀、銅、ニッケル、コバルトなどの各種金属、またはこれらを主成分とする各種合金を挙げることができる。本実施形態のように、基板50に加熱接合用シート40を介して半導体素子22を接合する場合、基板50に形成された前記電極に半導体素子22を接合することとしてもよい。

【0028】

[工程A-2]

工程A-2では、一方の面に加熱接合用シート40が積層されている半導体素子22(図5)を準備する。

【0029】

ここで、本実施形態で使用する加熱接合用シート40について説明する。

10

【0030】

(加熱接合用シート)

本実施形態に係る加熱接合用シート40は、1層の焼結前層で構成されている。焼結前層とは、所定の加熱により焼結層となる層をいう。

【0031】

本実施形態では、加熱接合用シートが、1層の焼結前層からなる場合について説明する。しかしながら、本発明の加熱接合用シートは、焼結前層を有していれば、この例に限定されない。焼結前層は、1層に限定されず、組成の異なる複数の層で形成されていてもよい。

また、本発明の加熱接合用シートは、例えば、焼結前層と他の層との2層以上からなるシートであってもよい。例えば、本発明の加熱接合用シートは、一方の面に第1の焼結前層が露出し、他方の面に第2の焼結前層が露出したシートであってもよい。具体的には、第1の焼結前層、他の層、第2の焼結前層がこの順で積層されたシートであってもよい。例えば、この場合、第1の焼結前層と第2の焼結前層とは、同一の組成であってもよく、異なってもよい。

20

【0032】

加熱接合用シート40の厚みは、好ましくは30 μ m以上、より好ましくは、40 μ m以上である。また、好ましくは、100 μ m以下であり、より好ましくは、70 μ m以下である。加熱前の加熱接合用シート40の厚みを上記範囲とすることで、シート形状を維持することができる。

30

【0033】

前記焼結前層は、大気雰囲気下、昇温速度10/分の条件で、23 から400 まで昇温を行った後のエネルギー分散型X線分析により得られる炭素濃度が15重量%以下であることが好ましく、12重量%以下であることがより好ましく、10重量%以下であることがさらに好ましい。前記炭素濃度が15重量%以下であると、前記焼結前層は、400 まで昇温を行った後には有機物がほとんど存在しない。その結果、焼結工程後は、耐熱性に優れ、高温環境においても高い信頼性、熱特性が得られる。

【0034】

前記焼結前層は、大気雰囲気下、昇温速度10/分の条件で、23 から500 まで示差熱分析を行った際のピークが150~350 に存在することが好ましく、170~320 に存在することがより好ましく、180~310 に存在することがさらに好ましい。前記ピークが150~350 に存在すると、有機物(例えば、焼結前層を構成する樹脂成分)がこの温度領域で熱分解しているといえる。その結果、焼結工程後の耐熱性により優れる。

40

【0035】

前記焼結前層は、金属系化合物を含むことが好ましい。前記金属系化合物としては、Au系、Ag系、Cu系の金属微粒子、等が挙げられる。

【0036】

前記金属微粒子としては、焼結性金属粒子を挙げることができる。

【0037】

50

前記焼結性金属粒子としては、金属微粒子の凝集体を好適に使用できる。金属微粒子としては、金属からなる微粒子などが挙げられる。前記金属としては、金、銀、銅、酸化銀、酸化銅などが挙げられる。なかでも、銀、銅、酸化銀、酸化銅からなる群より選ばれる少なくとも1種であることが好ましい。前記金属微粒子が、銀、銅、酸化銀、酸化銅からなる群より選ばれる少なくとも1種であると、より好適に加熱接合することができる。

【0038】

前記焼結性金属粒子の平均粒径は、好ましくは0.0005 μm以上、より好ましくは0.001 μm以上である。平均粒径の下限として、0.01 μm、0.05 μm、0.1 μmも例示できる。一方、焼結性金属粒子の平均粒径は、好ましくは30 μm以下、より好ましくは25 μm以下である。平均粒径の上限として、20 μm、15 μm、10 μm、5 μmも例示できる。

10

【0039】

前記焼結性金属粒子の平均粒径は、次の方法で測定する。すなわち、前記焼結性金属粒子をSEM（走査型電子顕微鏡）にて観察し、平均粒子径を計測する。なお、SEM観察は、例えば、焼結性金属粒子がマイクロサイズの場合、5000倍で観察し、サブマイクロサイズの場合、50000倍観察で観察し、ナノサイズの場合、300000倍で観察するのが好ましい。

【0040】

前記焼結性金属粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、棒状、鱗片状、不定形状である。

20

【0041】

前記焼結前層は、前記焼結前層全体に対して金属微粒子を60～98重量%の範囲内で含むことが好ましい。前記金属微粒子の含有量は、65～97重量%の範囲内であることがより好ましく、70～95重量%の範囲内であることがさらに好ましい。前記金属微粒子を60～98重量%の範囲内で含むと、金属微粒子を焼結、又は、熔融させて2つの物（例えば、半導体素子と基板）を接合させることができる。

【0042】

前記焼結前層は、低沸点バインダーを含有することが好ましい。前記低沸点バインダーは、前記金属微粒子の取り扱いを容易とするために用いられる。また、前記低沸点バインダーは、任意の機械的物性を調整するためにも用いられる。具体的には、前記金属微粒子を前記低沸点バインダーに分散させた金属微粒子含有ペーストとして使用することができる。

30

【0043】

前記低沸点バインダーは、23 で液状である。本明細書において、「液状」とは、半液状を含む。具体的に、動的粘弾性測定装置（レオメーター）による粘度測定による23における粘度が100,000 Pa・s以下であることをいう。

粘度測定の場合は、下記の通りである。

レオメータ：Thermo SCIENTIFIC社製 MARS III

治具：パラレルプレート20mm、ギャップ100 μm、せん断速度 1/秒)

【0044】

前記低沸点バインダーの具体例としては、例えば、ペンタノール、ヘキサノール、ヘプタノール、オクタノール、1-デカノール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、プロピレングリコール、ブチレングリコール、 - テルピネオール、1,6-ヘキサジオール、イソボルニルシクロヘキサノール（MTPH）等の一価及び多価アルコール類、エチレングリコールブチルエーテル、エチレングリコールフェニルエーテル、ジエチレングリコールメチルエーテル、ジエチレングリコールエチルエーテル、ジエチレングリコールブチルエーテル、ジエチレングリコールイソブチルエーテル、ジエチレングリコールヘキシルエーテル、トリエチレングリコールメチルエーテル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールジブチルエーテル、ジエチレングリコールブチルメチルエーテル、ジエチレングリコールイソプロピル

40

50

メチルエーテル、トリエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコールブチルメチルエーテル、プロピレングリコールプロピルエーテル、ジ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エチルエーテル、ジプロピレングリコールプロピルエーテル、ジプロピレングリコールブチルエーテル、ジプロピレングリコールジメチルエーテル、トリプロピレングリコールメチルエーテル、トリプロピレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類、エチレングリコールエチルエーテルアセテート、エチレングリコールブチルエーテルアセテート、ジエチレングリコールエチルエーテルアセテート、ジエチレングリコールブ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(DPMA)等を挙げることができる。これらは2種以上を併用してもよい。なかでも、沸点の異なる2種類を併用することが好ましい。沸点の異なる2種類を用いると、シート形状の維持の点で優れる。

10

【0045】

前記焼結前層は、23で固形の熱分解性バインダーを含有することが好ましい。前記熱分解性バインダーを含有すると、焼結工程前は、シート形状を維持し易い。また、焼結工程時に熱分解させ易い。

【0046】

本明細書において、「固形」とは、具体的に前記レオメータによる粘度測定による23における粘度が100,000 Pa・sよりも大きいことをいう。

【0047】

本明細書において「熱分解性バインダー」とは、焼結工程において熱分解させることが可能なバインダーをいう。前記熱分解性バインダーは、焼結工程後には、焼結層(加熱後の焼結前層)に、ほとんど残存しないことが好ましい。前記熱分解性バインダーとしては、例えば、焼結前層に含有させたとしても、大気雰囲気下、昇温速度10/分の条件で、23から400まで昇温を行った後のエネルギー分散型X線分析により得られる炭素濃度が15重量%以下となるような材料が挙げられる。例えば、熱分解性バインダーとして、より熱分解させ易い材料を採用すれば、比較的含有量を多くしても、焼結工程後に、焼結層(加熱後の焼結前層)にほとんど残存させないようにすることができる。

20

【0048】

前記熱分解性バインダーとしては、ポリカーボネート、アクリル樹脂、エチルセルロース、ポリビニルアルコール等を挙げることができる。これらの材料は単独で、又は、2種以上を混合して使用できる。なかでも、熱分解性が高いという観点から、ポリカーボネートが好ましい。

30

【0049】

前記ポリカーボネートとしては、焼結工程において熱分解させることが可能なものであれば、特に限定されないが、主鎖の炭酸エステル基(-O-CO-O-)間に芳香族化合物(例えば、ベンゼン環など)を含まず、脂肪族鎖からなる脂肪族ポリカーボネートや、主鎖の炭酸エステル基(-O-CO-O-)間に芳香族化合物を含む芳香族ポリカーボネートを挙げることができる。なかでも、脂肪族ポリカーボネートが好ましい。

前記脂肪族ポリカーボネートとしては、ポリエチレンカーボネート、ポリプロピレンカーボネート等が挙げられる。なかでもシート形成のためのワニス作製における有機溶剤への溶解性の観点から、ポリプロピレンカーボネートが好ましい。

40

前記芳香族ポリカーボネートとしては、主鎖にビスフェノールA構造を含むもの等が挙げられる。

前記ポリカーボネートの重量平均分子量は、10,000~1,000,000の範囲内であることが好適である。なお、重量平均分子量は、GPC(ゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー)により測定し、ポリスチレン換算により算出された値である。

【0050】

前記アクリル樹脂としては、焼結工程において熱分解させることが可能な範囲において、炭素数30以下、特に炭素数4~18の直鎖若しくは分岐のアルキル基を有するアクリル酸又はメタクリル酸のエステルの1種又は2種以上を成分とする重合体(アクリル共重

50

合体)などが挙げられる。前記アルキル基としては、例えばメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、n-ブチル基、t-ブチル基、イソブチル基、アミル基、イソアミル基、ヘキシル基、ヘプチル基、シクロヘキシル基、2-エチルヘキシル基、オクチル基、イソオクチル基、ノニル基、イソノニル基、デシル基、イソデシル基、ウンデシル基、ラウリル基、トリデシル基、テトラデシル基、ステアリル基、オクタデシル基、又はドデシル基などが挙げられる。

【0051】

また、重合体(アクリル共重合体)を形成する他のモノマーとしては、特に限定されるものではなく、例えばアクリル酸、メタクリル酸、カルボキシエチルアクリレート、カルボキシペンチルアクリレート、イタコン酸、マレイン酸、フマル酸若しくはクロトン酸などの様なカルボキシル基含有モノマー、無水マレイン酸若しくは無水イタコン酸などの様な酸無水物モノマー、(メタ)アクリル酸2-ヒドロキシエチル、(メタ)アクリル酸2-ヒドロキシプロピル、(メタ)アクリル酸4-ヒドロキシブチル、(メタ)アクリル酸6-ヒドロキシヘキシル、(メタ)アクリル酸8-ヒドロキシオクチル、(メタ)アクリル酸10-ヒドロキシデシル、(メタ)アクリル酸12-ヒドロキシラウリル若しくは(4-ヒドロキシメチルシクロヘキシル)-メチルアクリレートなどの様なヒドロキシル基含有モノマー、スチレンスルホン酸、アリルスルホン酸、2-(メタ)アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、(メタ)アクリルアミドプロパンスルホン酸、スルホプロピル(メタ)アクリレート若しくは(メタ)アクリロイルオキシナフタレンスルホン酸などの様なスルホン酸基含有モノマー、又は2-ヒドロキシエチルアクリロイルホスフェートなどの様なリン酸基含有モノマーが挙げられる。

【0052】

アクリル樹脂のなかでも、重量平均分子量が1万~100万のものがより好ましく、3万~70万のものがさらに好ましい。上記数値範囲内であると、焼結工程前の接着性、及び、焼結工程時における熱分解性に優れるからである。なお、重量平均分子量は、GPC(ゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー)により測定し、ポリスチレン換算により算出された値である。

また、アクリル樹脂のなかでも、200~400で熱分解するアクリル樹脂が好ましい。

【0053】

なお、前記焼結前層には、前記成分以外にも、例えば、可塑剤などを適宜含有してよい。

【0054】

加熱接合用シート40は、通常の方法で製造できる。例えば、前記焼結前層を形成するための前記各成分を含有するワニスを作製し、ワニスを基材セパレータ上に所定厚みとなる様に塗布して塗布膜を形成した後、該塗布膜を乾燥させることで、加熱接合用シート40を製造できる。

【0055】

ワニスに用いる溶媒としては特に限定されないが、前記各成分を均一に溶解、混練又は分散できる有機溶剤やアルコール溶剤が好ましい。前記有機溶剤としては、例えば、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、N-メチルピロリドン、アセトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノンなどのケトン系溶媒、トルエン、キシレンなどが挙げられる。また、前記アルコール溶剤としては、エチレングリコール、ジエチレングリコール、1,2-プロパンジオール、1,3-プロパンジオール、1,2-ブタンジオール、1,3-ブタンジオール、1,4-ブタンジオール、2-ブテン-1,4-ジオール、1,2,6-ヘキサントリオール、グリセリン、オクタンジオール、2-メチル-2,4-ペンタンジオール、テルピネオールが挙げられる。

【0056】

塗布方法は特に限定されない。溶剤塗工の方法としては、例えば、ダイコーター、グラビアコーター、ロールコーター、リバースコーター、コンマコーター、パイブドクターコ

10

20

30

40

50

ーター、スクリーン印刷などが挙げられる。なかでも、塗布厚みの均一性が高いという点から、ダイコーターが好ましい。また、塗布膜の乾燥条件は特に限定されず、例えば、乾燥温度70～160、乾燥時間1～5分間で行うことができる。なお、塗布膜を乾燥させた後であっても溶剤の種類によって、溶剤の全部が気化せずに塗膜中に残る場合がある。

【0057】

前記焼結前層が前記低沸点バインダーを含有する場合、前記乾燥条件に応じて、前記低沸点バインダーの一部が揮発する場合がある。そのため、前記乾燥条件に応じて、前記焼結前層を構成する各成分の比率が変化する。例えば、同一のワニスから形成した焼結前層であっても、乾燥温度が高いほど、また、乾燥時間が長いほど、焼結前層全体に占める金属微粒子の含有量や、熱分解性バインダーの含有量は多くなる。従って、焼結前層中の金属微粒子や熱分解性バインダーの含有量が所望の量となるように、前記乾燥条件を設定することが好ましい。

10

【0058】

基材セパレータとしては、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレン、ポリプロピレンや、フッ素系剥離剤、長鎖アルキルアクリレート系剥離剤などの剥離剤により表面コートされたプラスチックフィルムや紙などが使用可能である。

【0059】

加熱接合用シート40の製造方法としては、例えば、前記焼結前層を形成するための前記各成分をミキサーにて混合し、得られた混合物をプレス成形して加熱接合用シート40を製造する方法なども好適である。ミキサーとしてはプラネタリーミキサーなどが挙げられる。

20

【0060】

加熱接合用シート40は、2枚のセパレータに挟まれた両面セパレータ付き加熱接合用シート40とすることが好ましい。すなわち、セパレータ40a、加熱接合用シート40、及び、セパレータ40bがこの順で積層された両面セパレータ付き加熱接合用シート40とすることが好ましい（図3参照）。セパレータ40a及びセパレータ40bとしては、前記基材セパレータと同一のものを使用することができる。

【0061】

以上、加熱接合用シート40について説明した。

30

【0062】

工程A-2では、上述の通り、一方の面に加熱接合用シート40が積層されている半導体素子22（図5参照）を準備する。

【0063】

一方の面に加熱接合用シート40が積層されている半導体素子22は、下記工程X及び工程Yにより得ることができる。

半導体ウエハ20の一方の面に加熱接合用シート40を形成する工程X、

前記工程Xで得られた、加熱接合用シート40が形成された半導体ウエハ20を個片化する工程Y。

【0064】

40

[工程X]

工程Xでは、図2に示すように、半導体ウエハ20の一方の面に加熱接合用シート40を形成する。この工程では、加熱接合用シート40を半導体ウエハ20に貼り付ける。

【0065】

加熱接合用シート40は、通常、両面にセパレータが貼り付けられた状態で準備する。図3には、加熱接合用シート40の両面にセパレータ（セパレータ40a、セパレータ40b）が貼り付けられた状態を示している。

【0066】

加熱接合用シート40を半導体ウエハ20に貼り付ける際には、セパレータの一方を剥離した後、貼り付ける。

50

より具体的には、図4に示すように、まず、一方のセパレータ40aを剥離した加熱接合用シート40の上に半導体ウエハ20を載置する。その後、加圧して貼り付ける。貼り付けは、例えば、ラミネーターや平板プレスにより行うことができる。貼り付け圧力としては、0.01~10MPaの範囲内であることが好ましい。また、貼り付けの際の貼り付け温度は特に限定されないが、例えば23~90の範囲内であることが好ましい。

【0067】

[工程Y]

工程Yでは、図5に示すように、前記工程Xで得られた、加熱接合用シート40が形成された半導体ウエハ20を個片化する。

【0068】

具体的には、加熱接合用シート40からセパレータ40bを剥離してダイシングテープ(図示せず)上に貼り付ける。その後、ダイシングして個片化する。

なお、ダイシングテープとしては、従来公知のものを採用できるため、ここでの説明は省略する。また、ダイシング方法としても、従来公知のダイシング装置を用いて、従来公知の方法を採用できるからここでの説明は省略する。例えば、ダイシングブレードを用いた方法や、レーザー照射した後に切断する方法等が挙げられる。

【0069】

以上により、一方の面に加熱接合用シート40が積層されている半導体素子22が得られる。

なお、上述の実施形態では、ダイシング前にセパレータ40bを剥離する場合について説明した。しかしながら、セパレータ40bを剥離するタイミングはこの例に限定されない。例えば、ダイシング後にセパレータ40bを剥離することとしてもよい。ただし、ダイシング前にセパレータ40bを剥離する場合は、個片化される前に一括してセパレータ40bを剥離できる点で優れる。また、ダイシング後にセパレータ40bを剥離する場合は、仮接着直前まで、加熱接合用シート40を保護できる点で優れる。

【0070】

[工程A-3]

工程A-3では、工程A-2で準備した半導体素子22を、加熱接合用シート40を介して基板50に仮接着する(図1参照)。この工程では、チップマウンター等を用いて、複数の半導体素子22を基板50上に仮接着する。仮接着条件としては、圧力0.01MPa~5MPaにて仮接着することが好ましい。また、仮接着時の温度は特に限定されないが、例えば23~150の範囲内であることが好ましい。また、加圧時間は、0.01~5秒であることが好ましい。

【0071】

以上、積層体10を得る方法(工程A)について説明した。

【0072】

以上、積層体を準備する工程Aの一実施形態について説明した。ただし、本発明に係る積層体を準備する工程Aは、積層体が準備できれば、上述した実施形態に限定されない。例えば、積層体は、以下の工程により準備してもよい。

【0073】

一方の面に加熱接合用シートが積層されている第1の被接合物(例えば、基板)を準備する工程A-11、

第2の被接合物(例えば、半導体素子)を準備する工程A-12、及び、

工程A-12で準備した第2の被接合物を、加熱接合用シートを介して前記第1の被接合物に仮接着する工程A-13。

【0074】

第1の被接合物(例えば、基板)を準備する工程A-21、

第2の被接合物(例えば、半導体素子)を準備する工程A-22、及び、

工程A-21で準備した第1の被接合物と、工程A-22で準備した第2の被接合物との間に加熱接合用シートを配置して、第1の被接合物と第2の被接合物を仮接着する(

10

20

30

40

50

第1の被接合物と第2の被接合物とを同時に加熱接合用シートに仮接着する) 工程A - 23。

【0075】

[工程B]

工程Aの後、積層体10を、下記で定義する第1の温度以下から第2の温度まで昇温する。

第1の温度：前記焼結前層の熱重量測定を行ったときに、前記焼結前層に含まれる有機成分が10重量%減少するときの温度。

前記工程B及び前記工程Cを大気下で行う場合、前記熱重量測定は、大気下で行い、前記工程B及び前記工程Cを窒素雰囲気下、還元ガス雰囲気下、又は、真空雰囲気下で行う場合、前記熱重量測定は、窒素雰囲気下で行う。

10

【0076】

本実施形態では、図6に示すように、下側加熱加圧板60と上側加熱加圧板62とを備える平行平板プレスを用いて工程B及び後述する工程Cを行う場合について説明する。下側加熱加圧板60、及び、上側加熱加圧板62は、内部にヒーターが取り付けられた加圧板である。本実施形態のように、加圧装置(下側加熱加圧板60、上側加熱加圧板62)が、加熱機能をも有している場合、積層体を第1の温度以下から第2の温度まで昇温する、とは、加圧装置としての下側加熱加圧板60、上側加熱加圧板62の少なくとも一方の温度を第1の温度以下から第2の温度まで昇温することをいう。

【0077】

20

前記第1の温度は、前記焼結前層の熱重量測定を行ったときに、前記焼結前層に含まれる有機成分の重量が10重量%減少するときの温度である。つまり、焼結前層に含まれる有機成分全体を100重量%としたときの10重量%減少するときの温度である。例えば、焼結前層に含まれる有機成分が焼結前層全体の5重量%であるならば、5重量%のうちの10重量%が減少する温度(焼結前層全体に対して0.5重量%)を意味する。

「焼結前層に含まれる有機成分」とは、前記熱分解性バインダー、前記低沸点バインダーを含む。前記金属微粒子(例えば、焼結性金属粒子)は、含まない。前記第1の温度は、主として前記低沸点バインダーの急激な揮発を防止することを目的として設定される温度である。なお、前記第1の温度は、前記熱分解性バインダーが分解することがほとんどないと推測される温度である。

30

前記熱重量測定は、焼結前層を用いて測定する。有機成分のみを抜き出してでの測定ではない。焼結前層を用いて測定するのは、有機成分と金属微粒子との混合により、低沸点バインダーの沸点や熱分解性バインダーの分解温度が、単独で測定する場合と比較して異なる場合があるからである。

【0078】

前記第1の温度は、前記焼結前層の組成に応じて異なるが、例えば、50、80、100等が挙げられる。

【0079】

この工程B(昇温工程)では、予め、下側加熱加圧板60、及び、上側加熱加圧板62を前記第1の温度にまで余熱した後、下側加熱加圧板60、及び、上側加熱加圧板62で積層体10を挟み込み、その後、所定の昇温速度で、第2の温度まで昇温する。ただし、本発明においては、第1の温度まで余熱せずに、第1の温度以下の状態から、第2の温度まで昇温してもよい。例えば、下側加熱加圧板60、及び、上側加熱加圧板62を余熱しない状態で(温度が第1の温度以下の状態で)積層体10を挟み込み、その後、所定の昇温速度で、第2の温度まで昇温してもよい。

40

【0080】

前記昇温速度としては、好ましくは、0.1 / s以上、より好ましくは0.5 / s以上、さらに好ましくは1 / s以上である。また、前記昇温速度としては、好ましくは、5 / s以下、より好ましくは3 / s以下、さらに好ましくは2 / s以下である。前記昇温速度が、2 / s以下であると、急激な加熱をより抑制できる。一方、前記昇温

50

速度が、 0.1 / s 以上であると、プロセスを短期間化することができる。

【0081】

前記第2の温度は、工程C（焼結工程）を開始する時点での温度であり、実質的に焼結が開始する温度である。

【0082】

前記第2の温度は、前記焼結前層の組成に応じて異なるが、例えば、 200 、 250 、 300 等が挙げられる。

【0083】

本実施形態では、第1の温度以下から第2の温度まで昇温する間、常に、積層体10を加圧する。前記加圧としては、 $5 \sim 40$ MPaの範囲内であることが好ましく、 $5 \sim 15$ MPaの範囲内であることがより好ましい。前記加圧が 5 MPa以上であると、より強固に接合された接合体が得られる。また、前記加圧が 40 MPa以下であるとチップへの荷重負荷を軽減することが可能である。前記加圧は、一定の圧力による加圧であってもよく、一定の範囲内で圧力を変動させながらの加圧であってもよい。

10

【0084】

なお、本実施形態では、第1の温度以下から第2の温度まで昇温する間、常に、積層体10を加圧する場合について説明したが、本発明はこの例に限定されず、工程Bの少なくとも一部の期間、加圧すればよい。少なくとも一部の期間、加圧していれば、接合がより好適となるからである。例えば、加圧することなく第1の温度以下から昇温を開始し、一定の期間経過後、第2の温度に達する前に、加圧を開始することとしてもよい。

20

【0085】

[工程C]

前記工程Bの後、積層体10の温度を所定範囲内に保持する。

【0086】

この接合工程C（接合工程）では、加熱により、加熱接合用シート40中の金属微粒子を焼結するとともに、必要に応じて熱分解性バインダーを熱分解させる。また、加熱接合用シート40製造時の乾燥工程により揮発しきらなかった残留低沸点バインダーを揮発させる。

【0087】

工程Cは、工程Bに引き続き、積層体10を下側加熱加圧板60、及び、上側加熱加圧板62にて加圧しながら行う。

30

【0088】

前記温度（工程Cにおいて保持する温度）としては、前記第2の温度と同じかそれ以上であることが好ましい。具体的には、 $200 \sim 400$ の範囲内であることが好ましく、 $250 \sim 300$ の範囲内であることがより好ましい。前記工程Cにおいて保持する温度が 200 以上であると、良好に焼結が進行し、より強固に接合された接合体が得られる。また、前記工程Cにおいて保持する温度が 400 以下であると、プロセス時間を短縮でき、かつチップへの熱によるダメージを軽減することが可能である。

【0089】

本実施形態では、工程Cの間、常に、積層体10を加圧する。前記加圧としては、 $5 \sim 40$ MPaの範囲内であることが好ましく、 $5 \sim 15$ MPaの範囲内であることがより好ましい。前記加圧が 5 MPa以上であると、より強固に接合された接合体が得られる。また、前記加圧が 40 MPa以下であるとチップへの荷重負荷を軽減することが可能である。前記加圧は、一定の圧力による加圧であってもよく、一定の範囲内（例えば、前記数値範囲内）で圧力を変動させながらの加圧であってもよい。

40

【0090】

なお、本実施形態では、工程Cの間、常に、積層体10を加圧する場合について説明したが、本発明はこの例に限定されず、工程Cの少なくとも一部の期間、加圧すればよい。少なくとも一部の期間、加圧していれば、より接合がより好適となるからである。例えば、工程Cの開始直後から加圧し、一定の期間経過後、工程Cを終了する前に（温度を所定

50

範囲内に保ったままで)、加圧をやめることとしてもよい。

【0091】

工程Cを行う期間としては、30秒以上600秒以下、好ましくは90秒以上480秒以下、さらに好ましくは150秒以上300秒以下が挙げられる。前記数値範囲内で工程Cを行うと、好適な接合体が得られる。

【0092】

本実施形態では、工程Bの後、連続して、工程Cを行う場合について説明した。しかしながら、本発明はこの例に限定されず、工程Bの後、工程Cの前に、他の工程があってもよい。例えば、工程Bの後、一旦、第2の温度以下に冷却した後、再び、加熱する等し、その後工程Cを行ってもよい。しかしながら、工程Bの後、連続して、工程Cを行うことが好ましい。

10

【0093】

本実施形態では、平行平板プレスにて工程B及び工程Cの加圧を行う場合について説明した。しかしながら、本発明はこの例に限定されず、フリップチップボンダーのような加熱と加圧とを同時に行える装置で加圧を行ってもよい。また、耐圧性容器内に、積層体を配置し、容器内に空気や窒素等を充填して高圧力にすることにより、加圧してもよい。この場合、前記第1の温度や前記第2の温度は、耐圧性容器内の温度をいう。

【0094】

[冷却工程]

その後、必要に応じて、冷却工程を行ってもよい。冷却工程は、例えば、空冷、水冷等を挙げることができる。これらは、一方のみ行ってもよく、両方を行ってもよい。適宜冷却工程を行うことにより、製造期間の短縮が可能となる。本実施形態では、工程C(焼結工程)の後、第3の温度になるまでは、空冷し、その後、水冷を行う。前記第3の温度は、前記第2の温度より低い温度であり、例えば、125~200の範囲内で適宜設定することができる。先に空冷を行い、その後、水冷を行えば、効率的に冷却を行うことができる。水冷は、例えば、積層体を加熱加圧板に矜持したままの状態、加熱加圧板内に水を循環させ、加熱加圧板を冷却し、これにより、積層体を冷却する方法が挙げられる。これにより、常温(例えば、23)にまで冷却することができる。ただし、冷却工程は、この例に限定されず、第2の温度と同じ温度から水冷を行うこととしてもよい。

20

【0095】

以上により、接合体が得られる。

30

【0096】

以上、本実施形態に係る接合体の製造方法について説明した。

【0097】

上述の実施形態では、加熱接合用シートを単体で提供する場合について説明した。しかしながら、本発明の加熱接合用シートは、この例に限定されない。例えば、ダイシングシート上に積層された、ダイシングテープ付き加熱接合用シートとして提供されてもよい。

【実施例】

【0098】

以下、本発明に関し実施例を用いて詳細に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。

40

【0099】

実施例で使用した成分について説明する。

金属微粒子含有ペーストA：応用ナノ粒子研究所製のANP-1(ナノサイズの銀微粒子が低沸点バインダーに分散されたペースト)に含まれる低沸点バインダーの量を適宜調整したもの。

熱分解性バインダーA(ポリプロピレンカーボネート樹脂)：Empower社製のQPAC40、23で固形

有機溶剤A：メチルエチルケトン(MEK)

【0100】

50

〔加熱接合用シートの作製〕

金属微粒子含有ペーストAを100重量部、熱分解性バインダーAを1重量部、有機溶剤Aを70重量部配合した。次に、自転・公転ミキサー（シンキー製、ARE-310）を用いて、2000rpmで8分攪拌し、ワニスを作製した。

得られたワニスを、離型処理フィルム（三菱樹脂（株）製のMRA38）上に塗布・乾燥させた。塗布は、アプリケーターを用い、乾燥後の塗膜が45 μ mとなるように行った。乾燥は、防爆乾燥機にて行った。乾燥条件は、110 $^{\circ}$ Cで3分とした。これにより、厚み45 μ mの加熱接合用シートを得た。

【0101】

〔熱重量測定法（TG-DTA）による有機成分の10%重量減少温度の測定〕

熱重量測定法による有機成分の10%重量減少温度の測定には、Rigaku製のTG8120を用いた。加熱接合用シート（焼結前層）を10mg、アルミ製の容器に入れ、大気雰囲気下、昇温速度10 $^{\circ}$ C/minで、温度範囲25 $^{\circ}$ Cから500 $^{\circ}$ Cで測定を行い、試料の重量変化を測定した。その結果、有機成分の10%重量減少温度は、125 $^{\circ}$ Cとなった。

【0102】

〔信頼性評価〕

裏面にTi層（厚さ50nm）とAg層（厚さ100nm）とがこの順で形成されたシリコンチップ（シリコンチップの厚さ350 μ m、縦5mm、横5mm）を準備した。準備したシリコンチップのAg層面に、準備した加熱接合用シートを重ねた。この状態で、ラミネーターに通した。ラミネーターの条件は、温度70 $^{\circ}$ C、圧力0.3MPa、速度10mm/秒とした。

【0103】

Ag層（厚さ5 μ m）で全体が覆われた銅板（銅板の厚さ3mm）を準備した。準備した銅板上に、シリコンチップ付きの加熱接合用シート（上記で作成したもの）を仮接着した。仮接着時の圧力は、0.1MPaである。また、仮接着の際には、銅板を予め70 $^{\circ}$ Cに温めておいた。

【0104】

加熱条件（加圧の圧力、昇温開始温度、昇温時間、焼結温度、焼結時間）について、表1に記載の条件として、接合を行った。これらを、実施例1~7、比較例1~2とした。なお、各実施例、各比較例は、同様の銅板、及び、同様のシリコンチップ付きの加熱接合用シートを用いており、加熱条件のみ異ならせている。なお、加圧は、平板プレスで行い、昇温工程、及び、焼結工程の間、常に行った。また、昇温、及び、焼結時の雰囲気は、大気雰囲気とした。

【0105】

加熱後（焼結工程終了後）は、170 $^{\circ}$ Cになるまで空冷し、その後、80 $^{\circ}$ Cになるまで水冷した。なお、水冷は、加圧板内に付設された水冷式冷却板によるものである。これにより、評価用サンプルを得た。接合には、焼結装置（伯東社製、HTM-3000）を用いた。

【0106】

次に、評価用サンプルを冷熱衝撃試験機（エスペック社製のTSE-103ES）に投入し、-40 $^{\circ}$ C~200 $^{\circ}$ Cの冷熱衝撃を100サイクル与えた。なお、このとき、-40 $^{\circ}$ Cと200 $^{\circ}$ Cとでそれぞれ15分保持した。

【0107】

100サイクルの後、超音波映像装置〔SAT〕（日立建機ファインテック製のFineSAT II）を用い、シリコンチップと銅板とが焼結層で接合されている部分を確認するために、撮像を行った。使用したトランスデューサー（プローブ）は、PQ-50-13:WD〔周波数50MHz〕である。撮影モードは「反射」である。

【0108】

画像解析ソフト「Image J」を用い、得られた像において接合が残っている部分の

10

20

30

40

50

面積（残面積）を求め、全体の面積に対する残面積の割合（残接合面積率）を算出した。残接合面積率が60%以上の場合を○、60%より低い場合を×として評価した。結果を表1に示す。なお、超音波映像装置による像では、シリコンチップと基板が剥離をしている部分は白、接合が残っている部分は灰色に見える。

【0109】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	比較例1	比較例2	
圧力(MPa)	40	40	10	10	5	5	10	10	2	
昇温工程	昇温開始温度(°C)	120	20	80	20	120	20	80	150	150
	昇温に要した時間(秒)	133	187	147	187	133	187	80	100	100
焼結工程	焼結温度(°C)	300	300	300	300	300	300	200	300	300
	焼結時間(秒)	150	150	150	150	150	150	300	150	150
信頼性評価	○	○	○	○	○	○	○	×	×	

10

【0110】

[断面の観察]

下記のようにして実施例3及び実施例7の評価サンプルの断面のSEM画像を撮影した。

まず、評価サンプルをエポキシ樹脂（SCANDIA社の硬化樹脂（2液タイプ、SCANDIPLEX A、SCANDIPLEX B））に包埋した。

<包埋条件>

SCANDIPLEX A : SCANDIPLEX B = 9 : 4（体積比）

45℃で、1～2時間放置

20

【0111】

包埋の後、機械研磨法により、シリコンチップの対角線上の断面を露出させた。機械研磨は、粗研磨を行ってから、精密研磨を行った。粗研磨の研磨装置は、Struers製、Rotopol-31を用いた。また、精密研磨の研磨装置は、ALLIED製、精密研磨装置 MultiPrepを用いた。粗研磨条件、及び、精密研磨条件は下記の通りとした。

<粗研磨条件>

耐水研磨紙：Struers社、SiC Foil #220

円盤回転数：150rpm

<精密研磨条件>

耐水研磨紙：Struers社、SiC Foil #220, #1000

円盤回転数：100rpm

荷重：200～500g

30

【0112】

その後、露出面の中央付近をイオンポリッシングした。装置は、JEOL社製のクロスセクションポリッシャ SM-09010を用い、イオンポリッシングの条件は下記の通りとした。

<イオンポリッシング条件>

加速電圧 5～6kV

加工時間 8～10時間

遮蔽板からの飛び出し量 25～50μm

40

【0113】

イオンポリッシングの後の断面のSEM像（走査型電子顕微鏡による像）を、電界放出形走査電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ社製のSU8020）を用いて、撮像した。撮像条件は、加速電圧5kV、倍率5000倍、10000倍とした。

【0114】

図7、図8は実施例3に係る加熱接合用シートの断面写真である。図7は、加熱接合用シートの中央部の断面写真であり、図8は、加熱接合用シートのチップとの界面付近の断面写真である。図8中、上部の黒い部分がチップである。

50

図7、図8から明らかな通り、実施例3では、チップとの界面付近も含めてほぼ全範囲において焼結が進行している。従って、加熱接合用シートは、チップと十分に接合している。

【0115】

図9、図10は実施例7に係る加熱接合用シートの断面写真である。図9、加熱接合用シートの中央部の断面写真であり、図10は、加熱接合用シートのチップとの界面付近の断面写真である。図10中、上部の黒い部分がチップである。

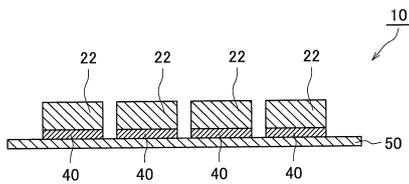
図9、図10から明らかな通り、実施例7では、一部に焼結性金属粒子が焼結せずに残っている部分があるものの、一定以上は、焼結している。従って、実施例7において、加熱接合用シートは、チップと十分に接合している。

【符号の説明】

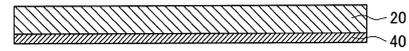
【0116】

- 10 積層体
- 40 加熱接合用シート
- 20 半導体ウエハ
- 22 半導体素子
- 50 基板
- 40a、40b セパレータ

【図1】



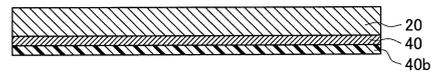
【図2】



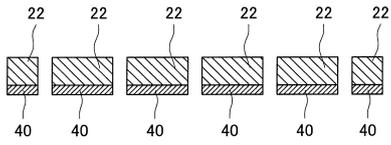
【図3】



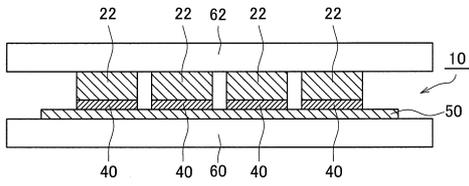
【図4】



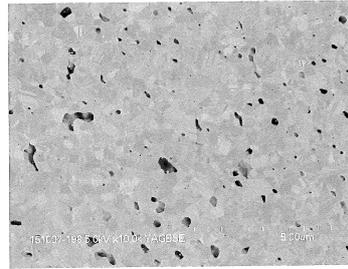
【図 5】



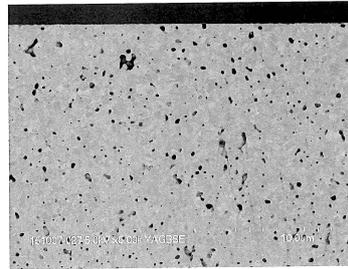
【図 6】



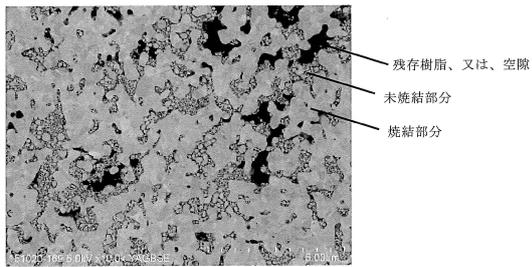
【図 7】



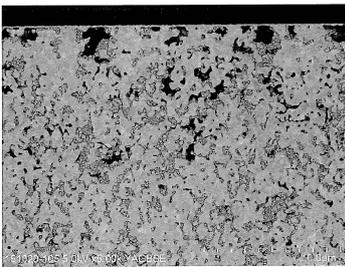
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 特開2014-214357(JP,A)
特開2014-29897(JP,A)
特開2010-248617(JP,A)
特開2014-17302(JP,A)
国際公開第2014/129626(WO,A1)
国際公開第2015/056589(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
B23K 20/00
B22F 7/08
H01L 21/52