

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5947090号
(P5947090)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月10日(2016.6.10)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 L 23/36	(2006.01)	HO 1 L 23/36	C
HO 1 L 23/12	(2006.01)	HO 1 L 23/12	J
HO 1 L 25/07	(2006.01)	HO 1 L 25/04	C
HO 1 L 25/18	(2006.01)	HO 5 K 1/09	C
HO 5 K 1/09	(2006.01)		

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2012-92109 (P2012-92109)
 (22) 出願日 平成24年4月13日(2012.4.13)
 (65) 公開番号 特開2013-222758 (P2013-222758A)
 (43) 公開日 平成25年10月28日(2013.10.28)
 審査請求日 平成27年1月16日(2015.1.16)

(73) 特許権者 000002004
 昭和電工株式会社
 東京都港区芝大門1丁目13番9号
 (74) 代理人 100109911
 弁理士 清水 義仁
 (74) 代理人 100071168
 弁理士 清水 久義
 (72) 発明者 大滝 篤史
 栃木県小山市犬塚1丁目480番地 昭和
 電工株式会社小山事業所内
 (72) 発明者 大山 茂
 栃木県小山市犬塚1丁目480番地 昭和
 電工株式会社小山事業所内

審査官 小山 和俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶縁基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面に半導体素子が接合されるNi又はNi合金で形成されたNi層と、前記Ni層の裏面側に配置されたTi又はTi合金で形成されたTi層と、前記Ti層の前記Ni層配置側とは反対側に配置されたAl又はAl合金で形成された第1のAl層と、が積層状に接合一体化された積層材を製造する積層材製造工程と、

前記積層材の前記第1のAl層と、前記第1のAl層の前記Ti層配置側とは反対側に配置されたAl又はAl合金で形成された第2のAl層と、前記第2のAl層の前記第1のAl層配置側とは反対側に配置されたセラミック層と、をろう付けによって積層状に一括接合し、これにより、前記積層材と前記第2のAl層と前記セラミック層とを有する接合体を得るろう付け接合工程と、を備え、

前記第2のAl層は、A1100又はA3003のAl合金板から形成されるとともに、前記Al合金板を心材としてその両面にそれぞれろう材層が前記ろう付け接合工程の前に予め接合されることにより前記Al合金板がブレージングシート化されており、

前記ろう付け接合工程では、

前記積層材の前記第1のAl層と、前記第2のAl層と、前記セラミック層と、を積層方向に加圧した状態で真空中にてろう付けによって一括接合するものであり、

前記ろう付け接合工程の後で前記接合体を、前記積層方向の加圧を解除した状態で焼き鈍しする焼き鈍し工程を備えており、

前記積層材製造工程は、前記Ni層と前記Ti層とを拡散接合によって接合し、これに

より、前記Ni層と前記Ti層との接合界面に前記Ni層のNiと前記Ti層のTiとが合金化したNi-Ti系超弾性合金層を形成する第1拡散接合工程を含んでいる、絶縁基板の製造方法。

【請求項2】

前記積層材製造工程は、前記第1拡散接合工程の後で前記Ti層と前記第1のAl層とを拡散接合によって接合する第2拡散接合工程を含んでいる請求項1記載の絶縁基板の製造方法。

【請求項3】

前記第1のAl層の厚さは、前記第2のAl層を形成する前記Al合金板の両面のうち前記第1のAl層側の面に接合された前記ろう材層の厚さ以上に設定されている請求項1又は2記載の絶縁基板の製造方法。

10

【請求項4】

前記第2のAl層の厚さは、100～1000μmの範囲に設定されており、
前記第2のAl層を形成する前記Al合金板の両面のうち前記第1のAl層側の面に接合された前記ろう材層の厚さは、10～100μmの範囲に設定されており、
前記第1のAl層の厚さは、前記第2のAl層を形成する前記Al合金板の両面のうち前記第1のAl層側の面に接合された前記ろう材層の厚さ以上で且つ30～100μmの範囲に設定されている請求項1又は2記載の絶縁基板の製造方法。

【請求項5】

前記ろう付け接合工程では、
前記積層材の前記第1のAl層と、前記第2のAl層と、前記セラミック層と、前記セラミック層の前記第2のAl層配置側とは反対側に配置された金属応力緩和層と、前記金属応力緩和層の前記セラミック層配置側とは反対側に配置された放熱部材と、を真空中にてろう付けによって一括接合する請求項1～4のいずれかに記載の絶縁基板の製造方法。

20

【請求項6】

請求項1～5のいずれかに記載の絶縁基板の製造方法により製造された絶縁基板のNi層の表面に、半導体素子をはんだ付けによって接合する、半導体モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、半導体素子の放熱に用いられる絶縁基板の製造方法、及び、半導体モジュールの製造方法に関する。

【0002】

なお本明細書では、「板」の語は「箔」を含む意味で用いられる。

【背景技術】

【0003】

パワー半導体モジュール等の半導体モジュールは、半導体素子の動作により半導体素子から発生した熱を放出するための放熱部材（例：ヒートシンク、冷却器）を備えた絶縁基板を具備している。さらに、この絶縁基板は、熱的には伝導体であるが電気的には絶縁体として機能するものであり、具体的には、前記放熱部材と、電気絶縁層としてのセラミック層と、その片面上に形成された配線層（回路層）を含む金属層と、を備えている（例えば特許文献1～4参照）。そして、絶縁基板の金属層の表面に半導体素子をはんだ付けによって接合される。

40

【0004】

配線層としては、近年、Al又はAl合金で形成されたAl層が用いられてきている。その理由は、Alは電気特性及び熱特性に優れるし、また絶縁基板の製造コストの引下げを図り得るからである。

【0005】

しかし、Al層ははんだ接合性が悪い。そのため、配線層がAl層である場合には、半

50

導体素子をはんだ付けにより接合できるようにA1層上に、Ni層として例えばNiめっき層を形成することが行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-328012号公報

【特許文献2】特開2004-235503号公報

【特許文献3】特開2006-303346号公報

【特許文献4】特開2009-147123号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、絶縁基板のA1層上にNiめっき層等のNi層が形成される場合には、A1層とNi層との接合界面に強度の弱い合金層が形成される。そのため、Ni層の表面に半導体素子をはんだ付けにより接合する際に加えられる熱により、Ni層の表面に大きな凹凸が発生し、その結果、半導体素子の絶縁基板への実装が実質上できないことがあった。

【0008】

さらに、A1層上にNi層が形成される場合には次のような難点があった。すなわち、一般に半導体モジュールでは、半導体素子が動作するのに伴い、半導体素子の温度は室温から150～300まで上昇する。そのため、半導体素子が動作する度に、絶縁基板には室温から半導体素子の動作温度までの温度変化が発生する。この温度変化やその繰返し（即ち冷熱サイクル）によって、A1層とNi層との間の熱膨張差に起因する熱応力が発生し、この熱応力によって、A1層とNi層との接合界面に割れ等が発生することがあった。

20

【0009】

さらに、絶縁基板を製造する際には、A1層はセラミック層に例えらう付けによって接合されるが、A1層がA1合金板から形成されている場合、冷熱サイクル時において、A1層とセラミック層との間の熱膨張差に起因する熱応力によってセラミック層が割れることが少なからずあった。そこで、セラミック層の割れを防止するために、A1層を、A1合金よりも軟らかい材料である純度4N（即ち99.99質量%）等の高純度A1板から形成することが考えられる。しかし、高純度A1板は軟らかい。そのため、高純度A1板の表面にろう材板をクラッド圧延によって接合することが非常に困難であり、すなわち高純度A1板をブレイジングシート化することが非常に困難である。そのため、A1層とセラミック層との接合のために、ブレイジングシートよりも高価な材料であるろう材板（ろう材箔）を別途、用いなければならないし、またこのろう材板を両層の間に配置する作業を行わなければならない、その結果、絶縁基板の製造コストが高くなるという難点があった。

30

【0010】

本発明は、上述した技術背景に鑑みてなされたもので、その目的は、はんだ接合性が良好であり、且つ、割れや剥離の発生を防止でき、更に、安価に製造可能な絶縁基板の製造方法、該絶縁基板を備えた半導体モジュールの製造方法、絶縁基板、及び、半導体モジュールを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は以下の手段を提供する。

【0012】

[1] 表面に半導体素子が接合されるNi又はNi合金で形成されたNi層と、前記Ni層の裏面側に配置されたTi又はTi合金で形成されたTi層と、前記Ti層の前記Ni層配置側とは反対側に配置されたA1又はA1合金で形成された第1のA1層と、が積層状に接合一体化された積層材を製造する積層材製造工程と、

50

前記積層材の前記第1のAl層と、前記第1のAl層の前記Ti板配置側とは反対側に配置されたAl又はAl合金で形成された第2のAl層と、前記第2のAl層の前記第1のAl層配置側とは反対側に配置されたセラミック層と、をろう付けによって積層状に一括接合し、これにより、前記積層材と前記第2のAl層と前記セラミック層とを有する接合体を得るろう付け接合工程と、を備え、

前記第2のAl層は、Al100又はAl3003のAl合金板から形成されるとともに、前記Al合金板の両面にはそれぞれろう材層が前記ろう付け接合工程の前に予め接合されていることを特徴とする絶縁基板の製造方法。

【0013】

[2] 前記ろう付け接合工程では、

前記積層材の前記第1のAl層と、前記第2のAl層と、前記セラミック層と、を積層方向に加圧した状態でろう付けによって一括接合するものであり、

前記ろう付け接合工程の後で前記接合体を、前記積層方向の加圧を解除した状態で焼き鈍しする焼き鈍し工程を備えている前項1記載の絶縁基板の製造方法。

【0014】

[3] 前記積層材製造工程は、前記Ni層と前記Ti層とを拡散接合によって接合し、これにより、前記Ni層と前記Ti層との接合界面に前記Ni層のNiと前記Ti層のTiとが合金化したNi-Ti系超弾性合金層を形成する第1拡散接合工程を含んでいる前項1又は2記載の絶縁基板の製造方法。

【0015】

[4] 前記積層材製造工程は、前記第1拡散接合工程の後で前記Ti層と前記第1のAl層とを拡散接合によって接合する第2拡散接合工程を含んでいる前項3記載の絶縁基板の製造方法。

【0016】

[5] 前記ろう付け接合工程では、

前記積層材の前記第1のAl層と、前記第2のAl層と、前記セラミック層と、前記セラミック層の前記第2のAl層配置側とは反対側に配置された金属応力緩和層と、前記金属応力緩和層の前記セラミック層配置側とは反対側に配置された放熱部材と、をろう付けによって一括接合する前項1～4のいずれかに記載の絶縁基板の製造方法。

【0017】

[6] 前項1～5のいずれかに記載の絶縁基板の製造方法により製造された絶縁基板のNi層の表面に、半導体素子をはんだ付けによって接合することを特徴とする半導体モジュールの製造方法。

【0018】

[7] 前項1～5のいずれかに記載の絶縁基板の製造方法により製造されていることを特徴とする絶縁基板。

【0019】

[8] 前項6記載の半導体モジュールの製造方法により製造されていることを特徴とする半導体モジュール。

【発明の効果】

【0020】

本発明は以下の効果を奏する。

【0021】

前項[1]の絶縁基板の製造方法によれば、表面層がNi層で形成された絶縁基板が製造される。そのため、この絶縁基板は、はんだ接合性が良好であり、したがって半導体素子をはんだ付けによって良好に接合することができる。

【0022】

さらに、積層材製造工程において、Ni層と第1のAl層との間にTi層が配置されているので、次の効果を奏する。すなわち、もしNi層と第1のAl層との間にTi層を配置しないでNi層と第1のAl層とを直接接合した場合には、Ni層と第1のAl層との

10

20

30

40

50

接合界面に強度の弱い合金層が形成されてしまい、その結果、冷熱サイクル等に伴い発生する熱応力（熱歪み）によってこの合金層で割れや剥離が生じ易くなる。これに対して、前項〔1〕の絶縁基板の製造方法では、Ni層と第1のAl層との間にTi層が配置されているので、そのような強度の弱い合金層は形成されない。これにより、絶縁基板の割れや剥離の発生を防止できるし、更にはNi層の表面の変形（凹凸）の発生も防止できる。

【0023】

さらに、ろう付け接合工程では、積層材（Ni層、Ti層、第1のAl層）と第2のAl層とセラミック層とを有する接合体が得られるので、第1のAl層と第2のAl層とを合計した厚いAl層を配線層として利用可能な絶縁基板を得ることができる。さらに、この厚いAl層は、ろう付け接合工程の前では第1のAl層と第2のAl層とに分けられていることから、積層材製造工程において、第1のAl層の厚さを、第1のAl層をTi層に良好に接合可能な厚さに設定することができる。こうすることにより、Ti層と第1のAl層とを確実に良好に接合することができる。さらに、第1のAl層及び第2のAl層の材質をそれぞれ機能、作用、目的等に応じて選択可能となる。

10

【0024】

さらに、ろう付け接合工程では、積層材の第1のAl層と、第2のAl層と、セラミック層とをろう付けによって一括接合するので、能率的に接合を行うことができ、もって絶縁基板の製造コストを引き下げることができる。

【0025】

さらに、第2のAl層は、A1100又はA3003のAl合金板から形成されるとともに、Al合金板の両面にはそれぞれろう材層がろう付け接合工程の前に予め接合されている。これにより、次の効果を奏する。

20

【0026】

すなわち、絶縁基板において、第2のAl層はセラミック層に接合されているが、この第2のAl層のセラミック層配置側とは反対側にはNi層及びTi層が配置されている。ここで、セラミックの線熱膨張係数はAlのそれよりも小さく、更にはNi及びTiの線熱膨張係数もAlのそれよりも小さい。したがって、Ni層及びTi層は、冷熱サイクル時に生じる第2のAl層の熱伸縮を抑える作用を奏する。これにより、第2のAl層からセラミック層に作用する熱応力（熱歪み）が緩和されてセラミック層の割れが防止される。したがって、第2のAl層を、軟らかい材料である高純度Al板から形成する必要がなくなり、高純度Al板の代わりにA1100及びA3003のAl合金板から形成することが可能となる。ここで、A1100及びA3003のAl合金板は容易にブレイジングシート化することができ、すなわち当該Al合金板を心材としてその両面にそれぞれろう材板をクラッド圧延によって容易に接合することができる。このようにブレイジングシート化されたAl合金板を第2のAl層として用いることにより、第2のAl層を第1のAl層及びセラミック層に接合するための高価な材料であるろう材板を別途、用いる必要がなくなり、またろう材板の配置作業を行う必要がなくなり、もって絶縁基板を安価に製造することができる。

30

【0027】

前項〔2〕によれば、ろう付け接合工程では、積層材の第1のAl層と、第2のAl層と、セラミック層とを積層方向に加圧した状態で接合するので、積層方向に加圧しない状態で接合する場合に比べて高い接合強度を得ることができる。

40

【0028】

さらに、焼き鈍し工程では、こうして得られた接合体を、積層方向の加圧を解除した状態で焼き鈍しするので、ろう付け接合工程で蓄積された接合体の熱応力（熱歪み）を除去することができる。これにより、絶縁基板の割れや剥離の発生を確実に防止できるし、更にはNi層の表面の変形（凹凸）の発生も確実に防止できる。

【0029】

前項〔3〕によれば、Ni層とTi層との接合界面にNi-Ti系超弾性合金層を形成することにより、熱応力（熱歪み）をこの超弾性合金層によって更に緩和することができ

50

る。そのため、絶縁基板の割れや剥離の発生を更に確実に防止できるし、更にはNi層の表面の変形（凹凸）の発生も更に確実に防止できる。

【0030】

前項[4]によれば、積層材製造工程は、第1拡散接合工程の後でTi層と第1のAl層とを拡散接合によって接合する第2拡散接合工程を含んでいるので、次のような効果を奏する。

【0031】

すなわち、もしTi層と第1のAl層とを接合した後でNi層とTi層とを接合する場合には、Ni層とTi層との接合時の熱によってTi層と第1のAl層との接合界面に強度の弱い合金層（例：Al-Ti合金層）が形成される虞がある。これに対して、Ni層とTi層とを接合した後でTi層と第1のAl層とを接合することにより、Ti層と第1のAl層との接合界面にそのような強度の弱い合金層が形成されるのを確実に防止することができる。

10

【0032】

さらに、もしTi層と第1のAl層とを拡散接合ではなくろう付けによって接合する場合には、Ti層と第1のAl層との接合界面に、Ti層のTiと第1のAl層のAlとろう材層のSiとが合金化したTiAlSi合金層が形成される。この合金層は強度が弱い。そのためこの合金層で割れや剥離が生じ易くなる。そこで、この難点を解消するため、Ti層と第1のAl層とをろう付けでなく拡散接合によって接合する。これにより、絶縁基板の割れや剥離の発生を更に確実に防止できるし、更にはNi層の表面の変形（凹凸）の発生も更に確実に防止できる。

20

【0033】

前項[5]によれば、積層材（Ni層、Ti層、第1のAl層）と第2のAl層とセラミック層と金属応力緩和層と放熱部材とを一体に有する絶縁基板を容易に製造することができる。

【0034】

前項[6]の半導体モジュールの製造方法によれば、絶縁基板の表面に半導体素子をはんだ付けによって良好に接合することができる。

【0035】

前項[7]の絶縁基板によれば、前項[1]～[5]のいずれかの効果と同様の効果を奏する。

30

【0036】

前項[8]の半導体モジュールによれば、前項[6]の効果と同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る絶縁基板の製造方法により製造された絶縁基板を備えた半導体モジュールの概略正面図である。

【図2】図2は、同絶縁基板の概略断面図である。

【図3】図3は、同絶縁基板の製造工程例を示す概略断面図である。

【図4】図4は、Ni層とTi層とを拡散接合としてのクラッド圧延によって接合する第1拡散接合工程を示す概略断面図である。

40

【図5】図5は、Ni層とTi層とを拡散接合としての放電プラズマ焼結法によって接合する第1拡散接合工程を示す概略断面図である。

【図6】図6は、ろう付け接合工程を示す概略正面図である。

【図7】図7は、比較例1及び2における絶縁基板の製造方法のろう付け接合工程を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

次に、本発明の一実施形態について図面を参照して以下に説明する。なお、以下の説明において、各図面の上下を上下というものとする。

50

【0039】

図1において、20は本発明の一実施形態に係る半導体モジュール（パワー半導体モジュールを含む）である。この半導体モジュール20は、半導体素子21と、本発明の一実施形態に係る絶縁基板の製造方法により製造された絶縁基板1とを具備している。

【0040】

半導体モジュール20は、IGBTモジュール、MOSFETモジュール、サイリスタモジュール、ダイオードモジュール等である。

【0041】

半導体素子21は本実施形態の絶縁基板1上に実装されている。半導体素子21は、IGBTチップ、MOSFETチップ、サイリスタチップ、ダイオードチップ等である。

10

【0042】

図2に示すように、絶縁基板1は、Ni層3と、Ti層5と、第1のAl層6と、第2のAl層7と、セラミック層8と、金属応力緩和層9と、放熱部材10とを備えとともに、この順にこれらが積層状に接合一体化されている。

【0043】

放熱部材10は、半導体素子21の動作に伴い半導体素子21から発生した熱を放出して半導体素子21の温度を下げるためのものであり、具体的に示すと、空冷式又は水冷式のヒートシンクや冷却器等である。さらに、この放熱部材10は金属製であり、詳述すると例えばAl又はAl合金製である。本実施形態では、放熱部材10は複数の放熱フィンを有する空冷式のAl又はAl合金製シートシンクである。絶縁基板1は、半導体素子21から発生した熱を放熱部材10に良好に伝達しうるように熱的には伝導体として機能するものであり、更に、電気的には絶縁体として機能するものである。

20

【0044】

絶縁基板1において、各層は、水平状に配置されており、更に、平面視略方形状に形成されている。

【0045】

Ni層3は、Ni又はNi合金で形成されたものであり、詳述するとNi又はNi合金板から形成されたものである。さらに、このNi層3は、その表面（上面）3aに半導体素子21がはんだ付けによって接合されるものであり、すなわち絶縁基板1の表面層を形成するものである。

30

【0046】

Ti層5は、Ti又はTi合金で形成されたものであり、詳述するとTi又はTi合金板から形成されたものである。このTi層5は、Ni層3の構成元素であるNiとTi層5の構成元素であるTiとが合金化することによりNi-Ti系超弾性合金層4をNi層3とTi層5との接合界面に生成させる役割などを有している。そして、このTi層5がNi層3の裏面側（即ちNi層3の下面側）に配置されて、Ni層3とTi層5とが拡散接合（クラッド圧延、放電プラズマ焼結法など）によって積層状に互いに接合されている。すなわち、Ti層5はNi層3の下面に直接接合されている。さらに、この接合により、Ni層3とTi層5との接合界面に、Ni層3のNiとTi層5のTiとが合金化したNi-Ti系超弾性合金層4が薄く形成されている。このNi-Ti系超弾性合金層4は、

40

【0047】

この超弾性合金層4の超弾性合金は、室温から半導体素子21の動作温度（例：300）までの温度範囲に亘って超弾性特性を有していることが望ましく、特に望ましくは、室温から後述するろう付け接合工程S4のろう付け温度（例：600）までの温度範囲に亘って超弾性特性を有していることが良い。

【0048】

ここで、Ni層3、Ti層5及び超弾性合金層4の厚さは、それぞれ限定されるもので

50

はない。しかし、Niの熱伝導率は $90.7 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、Tiの熱伝導率は $21.9 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、Ni-Ti系超弾性合金の熱伝導率は $20.0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ であり、これらの熱伝導率はAlの熱伝導率 $236 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ と比べて著しく低い。したがって、Ni層3、Ti層5及び超弾性合金層4はいずれもなるべく薄い方が、絶縁基板1の熱伝導率を向上せうる点で望ましい。そこで、Ni層3の厚さの上限は $200 \mu\text{m}$ 、Ti層5の厚さの上限は $200 \mu\text{m}$ 、超弾性合金層4の厚さの上限は $50 \mu\text{m}$ であるのが望ましい。一方、これらの層3、5、4が薄すぎると、各層の所望する特性が発現しなくなる虞がある。そこで、Ni層3の厚さの下限は $5 \mu\text{m}$ 、Ti層5の厚さの下限は $5 \mu\text{m}$ 、超弾性合金層4の厚さの下限は $0.05 \mu\text{m}$ であるのが望ましい。

【0049】

第1のAl層6は、Al又はAl合金で形成されたものであり、詳述するとAl又はAl合金板から形成されたものである。そして、この第1のAl層6がTi層5のNi層3配置側とは反対側（即ちTi層5の下面側）に配置されて、Ti層5と第1のAl層6とが拡散接合（クラッド圧延、放電プラズマ焼結法など）によって積層状に互いに接合されている。すなわち、第1のAl層6はTi層5の下面に直接接合されている。第1のAl層6の厚さは、第1のAl層6をTi層5に拡散接合によって良好に接合できるようにするため、 $30 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲に設定されるのが特に望ましい。さらに、後述するろう付け接合工程S4の際のろう付け接合熱によって第1のAl層6と第2のAl層7とを接合するための軟化又は溶融したろう材層12aがTi層5と接触すると、当該接触部分に強度の弱いTiAlSi合金層が形成され、この合金層で割れや剥離が生じ易くなる。そこでこの難点を解消するため、第1のAl層6の厚さは、更にろう材層12aの厚さ以上であることが特に望ましい。

【0050】

以上のように、Ni層3とTi層5と第1のAl層6とは積層状に接合一体化されている。本実施形態では、これらの層3、5、6が接合一体化されたものを「積層材2」と呼ぶ。

【0051】

第2のAl層7は、Al合金板から形成されたものであり、このAl合金板の材質は、JIS（日本工業規格）で規定されたアルミニウム合金記号A1100又はA3003である。そして、この第2のAl層7が第1のAl層6のTi層5配置側とは反対側（即ち第1のAl層6の下面側）に配置されて、第1のAl層6と第2のAl層7とがろう付けによって積層状に互いに接合されている。すなわち、第2のAl層7は第1のAl層6の下面に接合されている。第2のAl層7の厚さは、限定されるものではないが、第2のAl層7を絶縁基板1の配線層として確実に機能させるため、 $100 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲に設定されるのが特に望ましい。なお、A1100及びA3003は、それぞれAA（アメリカアルミニウム協会）番号では1100及び3003に相当する。

【0052】

第1のAl層6と第2のAl層7との接合界面には、両層6、7を接合したろう材層12aが介在されている。このろう材層12aは、Al系ろう材（例：Al-Si系合金のろう材）の層であることが望ましく、またろう材層12aの厚さは例えば $10 \sim 100 \mu\text{m}$ である。さらに、このろう材層12aは、第1のAl層6と第2のAl層7との接合の前に、第2のAl層7を形成するA1100又はA3003のAl合金板の第1のAl層6側の表面（即ち当該Al合金板の上面）にその全面に亘って予め接合されていたものである。なお、これらの図では、このろう材層12aは、他の層と区別し易くするためドットハッチングで図示されている。後述するその他のろう材層12b～12dについても同じ理由によりドットハッチングで図示されている。

【0053】

セラミック層8は、電気絶縁層として機能するものであり、AlN（窒化アルミニウム）、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 Y_2O_3 、CaO、BN、BeOからなる群より選択された1種又は2種以上のセラミックで形成されたものであり、詳述するとセラミック板から

10

20

30

40

50

形成されたものである。そして、このセラミック層 8 が第 2 の A 1 層 7 の第 1 の A 1 層 6 配置側とは反対側（即ち第 2 の A 1 層 7 の下面側）に配置されて、第 2 の A 1 層 7 とセラミック層 8 とがろう付けによって積層状に互いに接合されている。すなわち、セラミック層 8 は第 2 の A 1 層 7 の下面に接合されている。セラミック層 8 の厚さは限定されるものではなく、例えば 200 ~ 1000 μm である。このセラミック層 8 の長さ及び幅は、セラミック層 8 を電気絶縁層として確実に機能させるため、Ni 層 3、Ti 層 5、第 1 の A 1 層 6、第 2 の A 1 層 7 及び金属応力緩和層 9 の長さ及び幅よりも若干大寸に設定されている。因みに、セラミック層 8 を形成するセラミックの融点又は分解点は、Ni 層 3、Ti 層 5、第 1 の A 1 層 6、第 2 の A 1 層 7 及び金属応力緩和層 9 の融点よりも高い。

【0054】

第 2 の A 1 層 7 とセラミック層 8 との接合界面には、両層 7、8 を接合したろう材層 12b が介在されている。このろう材層 12b は、Al 系ろう材（例：Al - Si 系合金のろう材）の層であることが望ましく、またろう材層 12b の厚さは例えば 10 ~ 100 μm である。さらに、このろう材層 12b は、第 2 の A 1 層 7 とセラミック層 8 との接合の前に、第 2 の A 1 層 7 を形成する Al 100 又は A 3003 の Al 合金板のセラミック層 8 側の表面（即ち当該 Al 合金板の下面）にその全面に亘って予め接合されていたものである。

【0055】

金属応力緩和層 9 は、冷熱サイクル等によって絶縁基板 1 に発生する熱応力（熱歪み）を緩和するためのものであり、金属製であり、本実施形態では複数の貫通孔 9a が厚さ方向に穿設された Al 又は Al 合金製パンチングメタル板から形成されている。そして、この金属応力緩和層 9 がセラミック層 8 の第 2 の A 1 層 7 配置側とは反対側（即ちセラミック層 8 の下面側）に配置されて、セラミック層 8 と金属応力緩和層 9 とがろう付けによって積層状に互いに接合されている。すなわち、金属応力緩和層 9 はセラミック層 8 の下面に接合されている。この金属応力緩和層 9 の厚さは限定されるものではなく、例えば 600 ~ 2000 μm である。

【0056】

セラミック層 8 と金属応力緩和層 9 との接合界面には、両層 8、9 を接合したろう材層 12c が介在されている。このろう材層 12c は、Al 系ろう材（例：Al - Si 系合金のろう材）の層であることが望ましく、またろう材層 12c の厚さは例えば 10 ~ 100 μm である。

【0057】

放熱部材 10 は、上述したように金属製であり、詳述すると例えば Al 又は Al 合金製である。そして、この放熱部材 10 が金属応力緩和層 9 のセラミック層 8 配置側とは反対側（即ち金属応力緩和層 9 の下面側）に配置されて、金属応力緩和層 9 と放熱部材 10 とがろう付けによって積層状に互いに接合されている。すなわち、放熱部材 10 は金属応力緩和層 9 の下面に接合されている。

【0058】

金属応力緩和層 9 と放熱部材 10 との接合界面には、両者 9、10 を接合したろう材層 12d が介在されている。このろう材層 12d は、Al 系ろう材（例：Al - Si 系合金のろう材）の層であることが望ましく、またろう材層 12d の厚さは例えば 10 ~ 100 μm である。

【0059】

次に、本実施形態の絶縁基板 1 の製造方法について図 3 ~ 6 を参照して以下に説明する。

【0060】

図 3 に示すように、本実施形態の絶縁基板 1 の製造方法は、積層材製造工程 S1 と、ろう付け接合工程 S4 と、焼き鈍し工程 S5 とを備える。ろう付け接合工程 S4 は積層材製造工程 S1 の後で行われる。焼き鈍し工程 S5 はろう付け接合工程 S4 の後で行われる。

【0061】

積層材製造工程 S 1 は、Ni 層 3 と Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 とが積層状に接合一体化された積層材 2 を製造する工程であり、詳述すると、第 1 拡散接合工程 S 2 と第 2 拡散接合工程 S 3 とを備えている。第 2 拡散接合工程 S 3 は第 1 拡散接合工程 S 2 の後で行われる。

【 0 0 6 2 】

第 1 拡散接合工程 S 2 では、Ni 層 3 と Ti 層 5 とを互いに重ね合わせて拡散接合によって積層状に接合し、これにより、Ni 層 3 と Ti 層 5 との接合界面に Ni - Ti 系超弾性合金層 4 を形成する。換言すると、Ni 層 3 と Ti 層 5 との接合界面に Ni - Ti 系超弾性合金層 4 が形成されるように、Ni 層 3 と Ti 層 5 とを拡散接合によって接合する。拡散接合としては、クラッド圧延、放電プラズマ焼結法等が用いられる。この拡散接合により形成される超弾性合金層 4 は、Ni - Ti 系超弾性合金相を含み、しかも Ni と Ti との組成比が厚さ方向に徐々に変化する傾斜材料構造を採る。したがって、この超弾性合金層 4 は、熱応力を確実に緩和・吸収する役割を果たしうる。

10

【 0 0 6 3 】

なお、Ni 層 3 と Ti 層 5 とを拡散接合ではなくろう付けによって接合しても、両層 3、5 の接合界面に超弾性合金層 4 は形成されない。

【 0 0 6 4 】

ここで、放電プラズマ焼結 (Spark Plasma Sintering : S P S) 法は、一般的に、粉体を焼結するため又は部材同士を接合するために適用されるものであり、本実施形態では部材同士 (詳述すると金属板同士) を接合するために適用されている。なお、この放電プラズマ焼結法は、「S P S 接合法」、「パルス通電圧接法 (Pulsed Current Hot Pressing : P C H P) 」等とも呼ばれている。

20

【 0 0 6 5 】

Ni 層 3 と Ti 層 5 とを拡散接合としてのクラッド圧延によって接合する場合には、両層 3、5 間に超弾性合金層 4 を確実に形成できるようにするため、温間ないし熱間クラッド圧延によって両層 3、5 を接合するのが望ましい。すなわち、図 4 に示すように、互いに平行に配置された上下一対の圧延ロール 3 1、3 1 を具備したクラッド圧延装置 3 0 を用い、互いに重ね合わされた Ni 層 3 と Ti 層 5 とを両圧延ロール 3 1、3 1 間に通して両圧延ロール 3 1、3 1 で Ni 層 3 と Ti 層 5 を挟圧することにより、Ni 層 3 と Ti 層 5 とを接合 (クラッド) する。この接合の際に、Ni 層 3 と Ti 層 5 との接合時の熱によって両層 3、5 の接合界面にて Ni 層 3 の Ni と Ti 層 5 の Ti とが拡散するとともに、拡散した Ni と Ti とが合金化して Ni - Ti 系超弾性合金層 4 が両層 3、5 の接合界面に形成される。その結果、両層 3、5 の接合界面に Ni - Ti 系超弾性合金層 4 が介在される。その接合条件は、Ni 層 3 と Ti 層 5 とを、両層 3、5 の接合界面に Ni - Ti 系超弾性合金層 4 が形成されるように、クラッド圧延により接合可能な条件であれば良く、特に限定されるものではない。例えば、接合条件は、クラッド温度 6 3 0 ~ 7 5 0 、及び、クラッド率 4 0 ~ 6 0 % である。

30

【 0 0 6 6 】

Ni 層 3 と Ti 層 5 とを拡散接合としての放電プラズマ焼結法によって接合する場合には、図 5 に示すように、まず、放電プラズマ焼結装置 4 0 に備えられた筒状ダイ 4 1 内に Ni 層 3 と Ti 層 5 とを互いに重ね合わせて積層状に配置する。これにより、両層 3、5 の周囲がダイ 4 1 で包囲される。ダイ 4 1 は導電性を有するものであり、例えば黒鉛製である。次いで、両層 3、5 をその積層方向に上下一対のパンチ 4 2、4 2 で挟む。各パンチ 4 2 は導電性を有するものであり、例えば黒鉛製である。また、各パンチ 4 2 の基部には電極 4 3 が電氣的に接続されている。そして、例えば 1 ~ 1 0 P a の真空雰囲気中、又は、窒素、アルゴン等の不活性ガス雰囲気中にて、両パンチ 4 2、4 2 で両層 3、5 をその積層方向に加圧しつつ、両パンチ 4 2、4 2 間の通電を確保した状態で両パンチ 4 2、4 2 間にパルス電流を通電することで両層 3、5 を加熱し、これにより Ni 層 3 と Ti 層 5 とを接合する。これにより、Ni 層 3 と Ti 層 5 との接合界面に Ni - Ti 系超弾性合金層 4 が形成される。この接合では、所定厚さの Ni - Ti 系超弾性合金層 4 が形成され

40

50

るように接合条件（例：加熱温度、加熱温度の保持時間、昇温速度、加圧力）を設定するのが望ましい。この接合条件について具体的に例示すると、加熱温度は600～700、加熱温度の保持時間は5～20min、室温から加熱温度への昇温速度は5～50/min、両層3、5への加圧力は10～20MPaである。

【0067】

第2拡散接合工程S3では、第1拡散接合工程S2の後でTi層5と第1のAl層6とを互いに重ね合わせて拡散接合によって積層状に接合する。拡散接合としては、上述したクラッド圧延、放電プラズマ焼結法等が用いられる。

【0068】

Ti層5と第1のAl層6とを拡散接合としてのクラッド圧延によって接合する場合には、その接合は、図4に示した上記クラッド圧延装置30を用い、Ni層3とTi層5との接合に適用したクラッド温度よりも低い温度をクラッド温度として適用した冷間ないし温間クラッド圧延によって行われる。その接合条件は、Ti層5と第1のAl層6とをクラッド圧延により接合可能な条件であれば良く、特に限定されるものではない。例えば、接合条件は、クラッド温度350～430、及び、クラッド率30～60%である。

10

【0069】

Ti層5と第1のAl層6とを拡散接合としての放電プラズマ焼結法によって接合する場合には、その接合は、図5に示した上記放電プラズマ焼結装置40を用いて行われる。その接合条件は、両層5、6を接合可能な条件であれば良く、具体的に例示すると、加熱温度は500～560、加熱温度の保持時間は5～20min、室温から加熱温度への昇温速度は5～50/min、両層5、6への加圧力は10～20MPaである。

20

【0070】

以上のように第1拡散接合工程S2と第2拡散接合工程S3とを順次行うことにより、Ni層3とTi層5と第1のAl層6とが積層状に接合一体化された積層材2が製造される。

【0071】

次いで、ろう付け接合工程S4が行われる。このろう付け接合工程S4は、積層材2の第1のAl層6と、第2のAl層7と、セラミック層8と、金属応力緩和層9と、放熱部材10とをろう付けによって一括して接合する工程であり、具体的にその説明をすると次のとおりである。

30

【0072】

まず、図3に示すように、第2のAl層7を形成するA1100又はA3003のAl合金板を心材としてその両面にそれぞれろう材層12a、12bが接合されたブレイジングシートを準備する。各ろう材層12a、12bは、当該Al合金板の表面にAl系ろう材板が常法に従ってクラッド圧延によって接合（クラッド）されて形成されたものある。Al合金板の厚さは限定されるものではないが、100～1000μmの範囲に設定されるが特に望ましい。各ろう材層12a、12bの厚さは限定されるものではないが、10～100μmの範囲に設定されるのが特に望ましい。

【0073】

次いで、図6に示すように、ろう付け接合用の加圧装置50に備えられた架台55上に、積層材2の第1のAl層6と、第2のAl層7と、セラミック層8と、金属応力緩和層9と、放熱部材10とを重ね合わせて積層状に配置する。このとき、セラミック層8と金属応力緩和層9との間と、金属応力緩和層9と放熱部材10との間とに、それぞれ、ろう材層12c、12dとしてAl系ろう材板を配置する。各ろう材板の厚さは例えば10～100μmである。次いで、これらを加圧装置50によって積層方向に一括して加圧する。そして、この加圧を維持した状態のままこれらを炉内ろう付け等のろう付けによって真空中などで一括して接合する。これにより、積層材2と第2のAl層7とセラミック層8と金属応力緩和層9と放熱部材10とを一体に有する接合体15を得る。

40

【0074】

加圧装置50は、架台55上に立設された複数の支柱51と、これらの支柱51に架設

50

された昇降板 5 2 とを備えている。架台 5 5 に対する昇降板 5 2 の高さ位置は調節可能で且つ固定可能になっている。さらに、昇降板 5 2 には複数の押しバネ 5 3 を介して押し板 5 4 が取り付けられている。この加圧装置 5 0 により加圧を行う場合には、押し板 5 4 を Ni 層 3 上に載置するとともに、押しバネ 5 3 の弾性復元力によって押し板 5 4 が Ni 層 3 を下方方向に常時押すものとなるように、昇降板 5 2 の高さ位置を固定する。これにより、積層材 2 と第 2 の Al 層 7 とセラミック層 8 と金属応力緩和層 9 と放熱部材 1 0 とが積層方向に一括して加圧される。このときの加圧力の大きさは限定されるものではないが、 $290 \sim 1000 \text{ Pa}$ であることが特に望ましい。その他の接合条件についても限定されるものではないが、ろう付け温度は $580 \sim 610$ 、ろう付け温度の保持時間は $5 \sim 30 \text{ min}$ 、真空度は $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ であることが特に望ましい。このよ

10

【0075】

ここで、Ni の線熱膨張係数 ($13.4 \times 10^{-6} / \text{K}$)、Ti の線熱膨張係数 ($8.4 \times 10^{-6} / \text{K}$) 及びセラミックの線熱膨張係数は、Al の線熱膨張係数 ($23.2 \times 10^{-6} / \text{K}$) よりも格段に小さい。そのため、ろう付け接合工程 S 4 の際にろう付け温度まで上昇した接合体 1 5 の温度を室温へ低下させ、その後、積層方向の加圧を解除すると、接合体 1 5 には、各層間の熱膨張差に起因した、第 1 の Al 層 6 及び第 2 の Al 層 7 が伸びている状態を維持するような熱応力 (熱歪み) が蓄積される。詳述すると、第 1 の Al 層 6 及び第 2 の Al 層 7 に熱応力としての引張応力が蓄積されるとともに、Ni 層 3、Ti 層 5 及びセラミック層 8 に熱応力としての圧縮応力が蓄積される。もしこのように熱応力が蓄積された状態のまま接合体 1 5 を絶縁基板 1 として使用すると、その使用時に絶縁基板 1 の割れや剥離が発生し易い。そこで、この熱応力を除去するため、本実施形態では、ろう付け接合工程 S 4 の後で焼き鈍し工程 S 5 が行われる。

20

【0076】

焼き鈍し工程 S 5 では、積層方向 (即ち接合体 1 5 の厚さ方向) の加圧を解除した状態で、接合体 1 5 を焼き鈍し炉 (図示せず) を用いて焼き鈍しする。その焼き鈍し条件は、各層 3、5、6、7、8、9 及び放熱部材 1 0 の材質に応じて様々に設定されるものであるが、特に、焼き鈍し温度は $275 \sim 580$ 、及び、焼き鈍し温度の保持時間は 3 min 以上であることが、熱応力を確実に除去しうる点で望ましい。また、焼き鈍し温度の保持時間の上限は 120 min であることが特に望ましい。焼き鈍し雰囲気は大気及び真空のいずれでも良く、特に大気であることが焼き鈍しを容易に行える点で望ましい。

30

【0077】

以上の工程を経ることにより、本実施形態の絶縁基板 1 が得られる。

【0078】

この絶縁基板 1 を用いて半導体モジュール 2 0 を製造する場合には、絶縁基板 1 の Ni 層 3 の表面 3 a にはんだ付けによって半導体素子 2 1 を常法に従って接合する。これにより、半導体モジュール 2 0 が得られる。

【0079】

本実施形態の絶縁基板 1 の製造方法には次の利点がある。

40

【0080】

本実施形態の絶縁基板 1 の製造方法によれば、表面層が Ni 層 3 で形成された絶縁基板 1 が製造される。そのため、この絶縁基板 1 は、はんだ接合性が良好であり、したがって半導体素子 2 1 をはんだ付けによって良好に接合することができる。

【0081】

さらに、積層材製造工程 S 1 において、Ni 層 3 と第 1 の Al 層 6 との間に Ti 層 5 が配置されているので、次の効果を奏する。すなわち、もし Ni 層 3 と第 1 の Al 層 6 との間に Ti 層 5 を配置しないで Ni 層 3 と第 1 の Al 層 6 とを直接接合した場合には、Ni 層 3 と第 1 の Al 層 6 との接合界面に強度の弱い合金層が形成されてしまい、その結果、冷熱サイクル等に伴い発生する熱応力 (熱歪み) によってこの合金層で割れや剥離が生じ

50

易くなる。これに対して、本実施形態の絶縁基板1の製造方法では、Ni層3と第1のAl層6との間にTi層5が配置されているので、そのような強度の弱い合金層は形成されない。これにより、絶縁基板1の割れや剥離の発生を防止できるし、更にはNi層3の表面3aの変形(凹凸)の発生も防止できる。

【0082】

さらに、ろう付け接合工程S4では、積層材2(Ni層3、Ti層5、第1のAl層6)と第2のAl層7とセラミック層8とを有する接合体15が得られるので、第1のAl層6と第2のAl層7とを合計した厚いAl層を配線層として利用可能な絶縁基板1を得ることができる。さらに、この厚いAl層は、ろう付け接合工程S4の前では第1のAl層6と第2のAl層7とに分けられていることから、積層材製造工程S1において、第1のAl層6の厚さを、第1のAl層6をTi層5に良好に接合可能な厚さに設定することができる。例えば、積層材製造工程S1(詳述すると第2拡散接合工程S3)においてTi層5と第1のAl層6とをクラッド圧延によって接合する場合、各層5、6の物性値によって両層5、6を良好に接合可能なクラッド率の範囲が決定されるので、厚い第1のAl層はTi層5に良好に接合できないことがある。そこで、最初に、Ti層5にクラッド圧延によって良好に接合可能な薄い第1のAl層6を準備してこれとTi層5とを接合し、次いで、第1のAl層6と厚い第2のAl層7とを接合することでAl層の厚さを増加させる。これにより、配線層として確実に機能しうる厚さを有するAl層を形成することができる。さらに、第1のAl層6及び第2のAl層7の材質をそれぞれ機能、作用、目的等に応じて選択可能となる。

【0083】

さらに、ろう付け接合工程S4では、第1のAl層6と第2のAl層7とセラミック層8とをろう付けによって一括接合するので、能率的に接合を行うことができ、もって絶縁基板1の製造コストを引き下げることができる。

【0084】

さらに、第2のAl層7は、A1100又はA3003のAl合金板から形成されるとともに、Al合金板の両面にはそれぞれろう材層12a、12bがろう付け接合工程S4の前に予め接合されていることから、次の効果を奏する。

【0085】

すなわち、絶縁基板1において、第2のAl層7はセラミック層8に接合されているが、この第2のAl層7のセラミック層8配置側とは反対側(即ち第2のAl層7の上側)にはNi層3及びTi層5が配置されている。ここで、セラミックの線熱膨張係数はAlのそれよりも小さく、更にはNi及びTiの線熱膨張係数もAlのそれよりも小さい。したがって、Ni層3及びTi層5は、冷熱サイクル時に生じる第2のAl層7の熱伸縮を抑える作用を奏する。これにより、第2のAl層7からセラミック層8に作用する熱応力(熱歪み)が緩和されてセラミック層8の割れが防止される。したがって、第2のAl層7を、軟らかい材料である高純度Al板から形成する必要がなくなり、高純度Al板の代わりにA1100及びA3003のAl合金板から形成することが可能となる。ここで、A1100及びA3003のAl合金板は容易にブレージングシート化することができ、すなわち当該Al合金板を心材としてその両面にそれぞれろう材板をクラッド圧延によって容易に接合することができる。このようにブレージングシート化されたAl合金板を第2のAl層7として用いることにより、第2のAl層7を第1のAl層6及びセラミック層8に接合するための高価な材料であるろう材板を別途、用いる必要がなくなるし、またろう材板の配置作業を行う必要がなくなり、もって絶縁基板1を安価に製造することができる。

【0086】

さらに、ろう付け接合工程S4では、積層材2の第1のAl層6と、第2のAl層7と、セラミック層8とを積層方向に加圧した状態で接合するので、積層方向に加圧しない状態で接合する場合に比べて高い接合強度を得ることができる。

【0087】

さらに、焼き鈍し工程 S 5 では、こうして得られた接合体 1 5 を、積層方向の加圧を解除した状態で焼き鈍しするので、ろう付け接合工程 S 4 で蓄積された接合体 1 5 の熱応力（熱歪み）を除去することができる。これにより、絶縁基板 1 の割れや剥離の発生を確実に防止できるし、更には Ni 層の表面の変形（凹凸）の発生も確実に防止できる。したがって、高い冷熱耐久性を有する絶縁基板 1 を製造できる。

【 0 0 8 8 】

さらに、積層材製造工程 S 1 は第 1 拡散接合工程 S 2 を含んでいるので、熱応力を緩和しうる Ni - Ti 系超弾性合金層 4 を Ni 層 3 と Ti 層 5 との接合界面に形成することができる。そのため、絶縁基板 1 の割れや剥離の発生を更に確実に防止できるし、更には Ni 層 3 の表面 3 a の変形（凹凸）の発生も更に確実に防止できる。

10

【 0 0 8 9 】

さらに、積層材製造工程 S 1 は、第 1 拡散接合工程 S 2 の後で Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 とを接合する第 2 拡散接合工程 S 3 を含んでいるので、次のような効果を奏する。

【 0 0 9 0 】

すなわち、もし Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 とを接合した後で Ni 層 3 と Ti 層 5 とを接合する場合には、Ni 層 3 と Ti 層 5 との接合時の熱によって Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 との接合界面に強度の弱い合金層（例：Al - Ti 合金層）が形成される虞がある。これに対して、Ni 層 3 と Ti 層 5 とを接合した後で Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 とを接合することにより、Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 との間にそのような強度の弱い合金層が形成されるのを確実に防止することができる。

20

【 0 0 9 1 】

さらに、もし Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 とを拡散接合ではなくろう付けによって接合する場合には、Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 との接合界面に、Ti 層 5 の Ti と第 1 の Al 層 6 の Al とろう材層の Si とが合金化した Ti Al Si 合金層が形成される虞がある。この合金層は強度が弱い。そのためこの合金層で割れや剥離が生じ易くなる。そこでこの難点を解消するため、Ti 層 5 と第 1 の Al 層 6 とを拡散接合によって接合する。これにより、絶縁基板 1 の割れや剥離の発生を更に確実に防止できるし、更には Ni 層 3 の表面 3 a の変形（凹凸）の発生も更に確実に防止できる。

【 0 0 9 2 】

さらに本実施形態では、ろう付け接合工程 S 4 は、積層材 2 の第 1 の Al 層 6 と、第 2 の Al 層 7 と、セラミック層 8 と、金属応力緩和層 9 と、放熱部材 1 0 とを一括接合するので、これらを一体に有する絶縁基板 1 を容易に製造することができる。

30

【 0 0 9 3 】

以上で本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々に変更可能である。

【 0 0 9 4 】

例えば、上記実施形態では、放熱部材はヒートシンクであるが、本発明では、放熱部材はその他に例えば冷却器であっても良い。

【実施例】

【 0 0 9 5 】

次に、本発明の具体的な幾つかの実施例を以下に説明する。ただし、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

40

【 0 0 9 6 】

< 実施例 1 >

本実施例 1 では、図 2 に示した構成の絶縁基板 1 を上記実施形態の絶縁基板の製造方法に従って製造した。その具体的な製造方法は以下のとおりである。

【 0 0 9 7 】

Ni 層 3、Ti 層 5、第 1 の Al 層 6、第 2 の Al 層 7、セラミック層 8、金属応力緩和層 9 及び放熱部材 1 0 として、それぞれ次の板を準備した。

【 0 0 9 8 】

50

- ・Ni層3 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ30μmの純Ni板
- ・Ti層5 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ20μmの純Ti板
- ・第1のAl層6 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ80μmのAl合金板
- ・第2のAl層7 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ600μmのAl合金板
- ・セラミック層8 : 長さ29mm×幅29mm×厚さ0.6mmのAlN板
- ・金属応力緩和層9 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ1.6mmの高純度Al製パンチングメタル板
- ・放熱部材10 : 長さ50mm×幅50mm×厚さ5mmのAl合金板。

【0099】

Ni層3を形成する純Ni板の純度はJIS1種である。Ti層5を形成する純Ti板の純度はJIS1種である。第1のAl層6を形成するAl合金板の材質はAl100である。

10

【0100】

第2のAl層7を形成するAl合金板の材質はA3003である。さらに、このAl合金板の両面にはそれぞれAl系ろう材板がクラッド圧延によって接合(クラッド)されており、これにより、このAl合金板の両面にその全面に亘ってそれぞれろう材層12a、12bが接合されており、すなわちこのAl合金板はブレージングシート化されている。各ろう材層12a、12bの材質はAl-10質量%Siであり、その厚さは20μmである。

【0101】

20

金属応力緩和層9を形成する高純度Al製パンチングメタル板の純度は4N(即ち99.99質量%)である。放熱部材10を形成するAl合金板の材質はA3003である。

【0102】

そして、積層材製造工程S1の第1拡散接合工程S2では、Ni層3とTi層5とを温間ないし熱間クラッド圧延によって接合し、これによりNi層3とTi層5との接合界面にNi-Ti系超弾性合金層4としてNiTi超弾性合金層(厚さ:約1μm)を形成した。次いで、積層材製造工程S1の第2拡散接合工程S3では、Ti層5と第1のAl層6とを冷間ないし温間クラッド圧延により接合した。これにより、Ni層3とTi層5と第1のAl層6とが積層状に接合一体化された積層材2を製造した。

【0103】

30

次いで、ろう付け接合工程S4を次のように行った。図6に示すように、積層材2の第1のAl層6と、第2のAl層7と、セラミック層8と、金属応力緩和層9と、放熱部材10とを積層状に重ね合わせた。このとき、セラミック層8と金属応力緩和層9との間と、金属応力緩和層9と放熱部材10との間とに、それぞれ、ろう材層12c、12dとしてAl系ろう材板(長さ25mm×幅25mm×厚さ50μm)を配置した。ろう材板の材質はいずれもAl-10質量%Siである。そして、加圧装置50によってこれらを積層方向に加圧した状態で真空中にて炉内ろう付けによって積層状に一括して接合した。これにより、接合体15を得た。この際のろう付け接合条件は、積層方向の加圧力:490Pa(5gf/cm²)、ろう付け温度:600、ろう付け温度の保持時間:20min、真空度:4×10⁻⁴Paである。そして、このろう付け接合が終了したら、積層方向の加圧を解除した。

40

【0104】

次いで、焼き鈍し工程S5では、焼き鈍し炉を用いて接合体15を大気中で焼き鈍した。これにより、所望する絶縁基板1を得た。この際の焼き鈍し条件は、焼き鈍し温度:400、焼き鈍し温度の保持時間:10minである。

【0105】

次いで、得られた絶縁基板1に対して-40~125の冷熱サイクル試験を1000回繰り返して行った。その結果、絶縁基板1及びそのセラミック層8の割れは発生しておらず、絶縁基板1の剥離も発生しておらず、更に、絶縁基板1のNi層3の表面3aの変形も発生しなかった。したがって、絶縁基板1は高い冷熱耐久性を有するものであること

50

を確認し得た。

【0106】

<実施例2>

本実施例2では、第2のA1層7を形成するA1合金板の材質がA1100であることを除いて、上記実施例1と同様に絶縁基板1を製造した。

【0107】

そして、絶縁基板1に対して-40～125の冷熱サイクル試験を1000回繰り返して行ったところ、上記実施例1と同様の結果が得られた。したがって、絶縁基板1は高い冷熱耐久性を有するものであることを確認し得た。

【0108】

<比較例1>

本比較例1では、図7に示した構成の絶縁基板101を製造した。その具体的な製造方法は以下のとおりである。

【0109】

A1層107、セラミック層108、金属応力緩和層109及び放熱部材110として、それぞれ次の板を準備した。

【0110】

- ・A1層107 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ600μmのA1合金板
- ・セラミック層108 : 長さ29mm×幅29mm×厚さ0.6mmのA1N板
- ・金属応力緩和層109 : 長さ25mm×幅25mm×厚さ1.6mmの高純度A1製パンチングメタル板
- ・放熱部材110 : 長さ50mm×幅50mm×厚さ5mmのA1合金板。

【0111】

A1層107を形成するA1合金板の材質はA3003である。さらに、このA1合金板の下面にはA1系ろう材板がクラッド圧延によって接合(クラッド)されており、これにより、このA1合金板の下面にその全面に亘ってろう材層112bが接合されており、すなわちこのA1合金板はブレージングシート化されている。ろう材層112bの材質はA1-10質量%Siであり、その厚さは20μmである。

【0112】

金属応力緩和層109を形成する高純度A1製パンチングメタル板の純度は4N(即ち99.99質量%)である。なお図7において109aはパンチングメタル板の複数の貫通孔である。放熱部材110を形成するA1合金板の材質はA3003である。

【0113】

そして、図7に示すように、A1層107と、セラミック層108と、金属応力緩和層109と、放熱部材110とを積層状に重ね合わせた。このとき、セラミック層108と金属応力緩和層109との間と、金属応力緩和層109と放熱部材110との間とに、それぞれ、ろう材層112c、112dとしてA1系ろう材板(長さ25mm×幅25mm×厚さ50μm)を配置した。ろう材板の材質はいずれもA1-10質量%Siである。そして、加圧装置によってこれらを積層方向に加圧した状態で真空中にて炉内ろう付けによって積層状に一括して接合した。これにより、接合体を得た。この際のろう付け接合条件は、積層方向の加圧力:490Pa(5gf/cm²)、ろう付け温度:600、ろう付け温度の保持時間:20min、真空度:4×10⁻⁴Paである。そして、このろう付け接合が終了したら、積層方向の加圧を解除した。

【0114】

そして、接合体を焼き鈍しせずにこれをそのまま絶縁基板101とした。

【0115】

次いで、この絶縁基板101に対して-40～125の冷熱サイクル試験を1000回繰り返して行った。その結果、絶縁基板101のセラミック層108が割れていた。

【0116】

<比較例2>

10

20

30

40

50

本比較例 2 では、A 1 層 1 0 7 を形成する A 1 合金板の材質が A 1 1 0 0 であることを除いて、上記比較例 1 と同様に絶縁基板 1 0 1 を製造した。

【 0 1 1 7 】

そして、絶縁基板 1 0 1 に対して - 4 0 ~ 1 2 5 の冷熱サイクル試験を 1 0 0 0 回繰り返して行ったところ、上記比較例 1 と同様に絶縁基板 1 0 1 のセラミック層 1 0 8 が割れていた。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 1 8 】

本発明は、半導体素子が実装される半導体モジュール用絶縁基板の製造方法、半導体モジュールの製造方法、絶縁基板、及び、半導体モジュールに利用可能である。

10

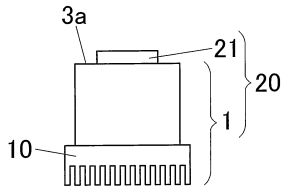
【符号の説明】

【 0 1 1 9 】

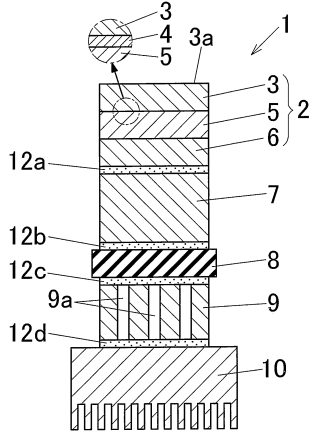
- 1 : 絶縁基板
- 2 : 積層材
- 3 : N i 層
- 4 : N i - T i 系超弾性合金層
- 5 : T i 層
- 6 : 第 1 の A 1 層
- 7 : 第 2 の A 1 層
- 8 : セラミック層
- 9 : 金属応力緩和層
- 1 0 : 放熱部材
- 1 2 a ~ 1 2 d : ろう材層
- 1 5 : 接合体
- 2 0 : 半導体モジュール
- 2 1 : 半導体素子
- 3 0 : クラッド圧延装置
- 4 0 : 放電プラズマ焼結装置

20

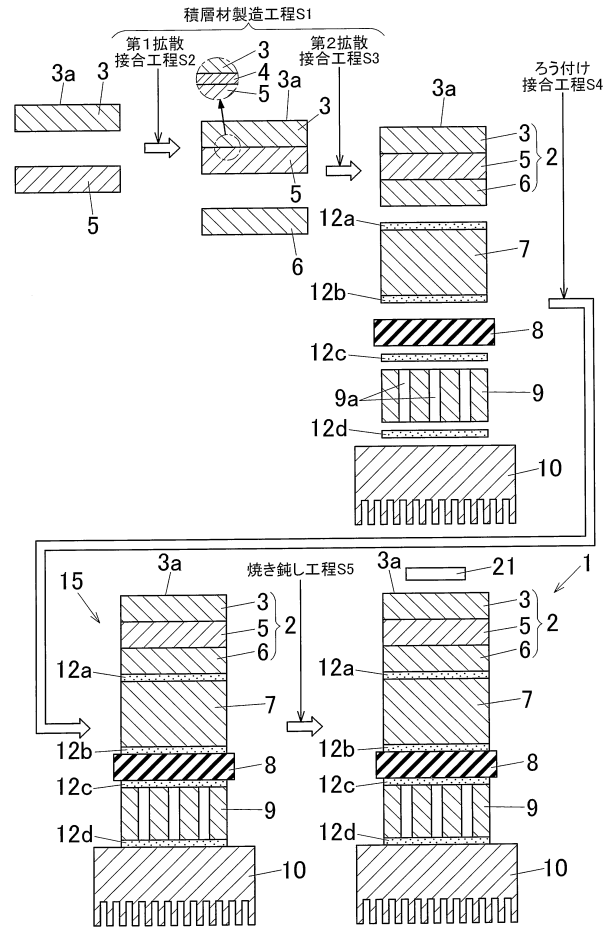
【図1】



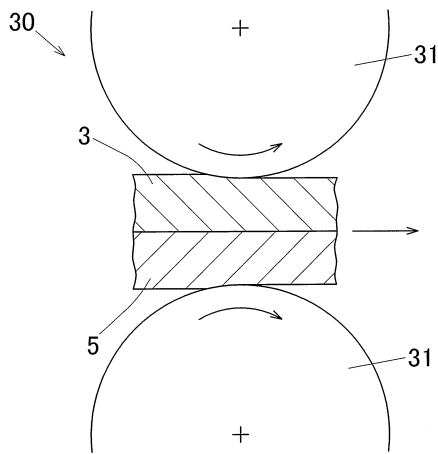
【図2】



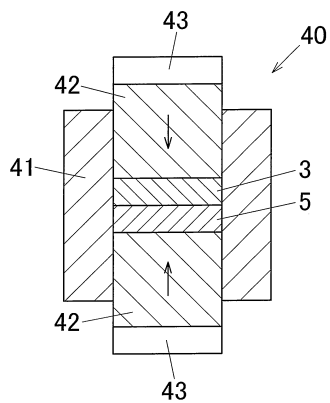
【図3】



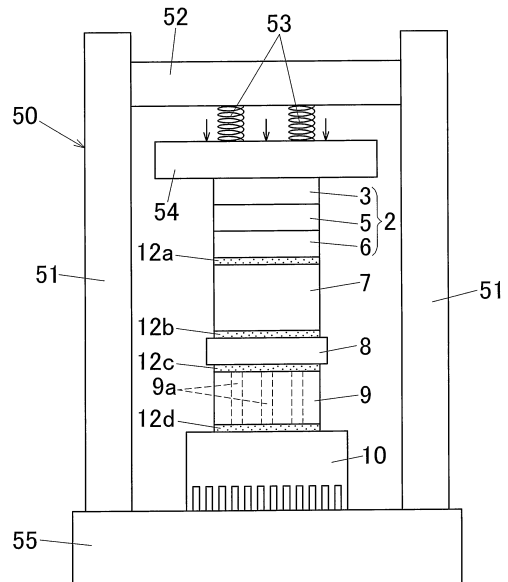
【図4】



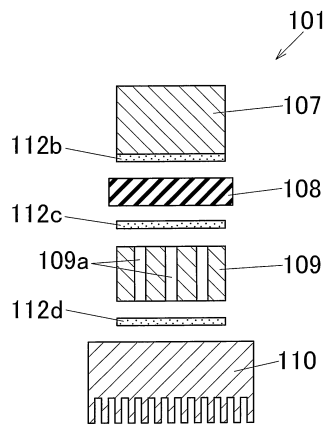
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-004534(JP,A)
特開2011-029323(JP,A)
特開2004-014599(JP,A)
特開2006-049567(JP,A)
特開2008-294280(JP,A)
特開2011-210822(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/36
H01L 23/12
H01L 25/07
H01L 25/18
H05K 1/09