

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5636720号
(P5636720)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014. 12. 10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014. 10. 31)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/52 (2006. 01)	HO 1 L 21/52 F
HO 1 L 25/07 (2006. 01)	HO 1 L 25/04 C
HO 1 L 25/18 (2006. 01)	

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-85210 (P2010-85210)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成22年4月1日 (2010. 4. 1)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2011-216772 (P2011-216772A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成23年10月27日 (2011. 10. 27)	(74) 代理人	100112210
審査請求日	平成24年10月19日 (2012. 10. 19)		弁理士 稲葉 忠彦
前置審査		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100153176
			弁理士 松井 重明
		(74) 代理人	100109612
			弁理士 倉谷 泰孝
		(72) 発明者	前田 晃
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法および接合治具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体素子が緩挿可能な開口部と、
 この開口部の開口縁に前記開口部の開口断面積より大きい開口断面積を有する接合材逃がし部とを有する接合治具を用いる半導体装置の製造方法であって、
基板と前記半導体素子との間に、200℃以上500℃以下の範囲で焼結する金属粒子を含有した焼結タイプの接合材を挟持する工程と、
 前記半導体素子が前記開口部に緩挿されるように前記接合治具を配置する工程と、
 前記接合治具を介して前記半導体素子と前記基板との間を200℃以上500℃以下の温度環境下において加圧する工程とを備え、
 前記加圧工程は、前記接合材逃がし部によって前記半導体素子横にはみ出た接合材を押し下げて前記半導体素子から遠い位置に押し出し、前記半導体素子からはみ出ている接合材の厚さを前記半導体素子と前記基板とに挟持された部分の接合材の厚さより小さくすることにより、段形状の接合材を形成する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記半導体素子からはみ出ている接合材の厚さ (d) と前記半導体素子と前記基板とに挟持された部分の接合材の厚さ (t) との比をはみ出し率 (%) = (d / t) × 100 としたとき、はみ出し率は、33%以上97%以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記基板の表面の前記半導体素子との間に挟持された接合材が接触する周辺に溝を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記接合材は、金属粒子と溶剤と分散剤とから構成されるペースト材であり、
前記金属粒子は、平均粒径が $2\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ の Ag、Cu、Ni のいずれかを主成分とし、
前記溶剤と分散剤とは、前記加圧工程における加熱温度が $200^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 以下で蒸発、分解する成分であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 いずれか 1 項記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 5】

前記ペースト材の加圧工程後の体積比は、ペーストを印刷したときと比較して $1/2 \sim 1/4$ 収縮することを特徴とする請求項 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

半導体素子が緩挿可能な開口部と、
この開口部の開口縁に前記開口部の開口断面積より大きい開口断面積を有する接合材逃がし部とを有する接合治具であって、
前記開口部の開口断面の幅は、前記半導体素子の幅よりも 0.2 mm 以上 1 mm 以下の範囲で大きく、
前記接合材逃がし部の開口断面の幅は、前記半導体素子の幅よりも 2 mm 以上 3 mm 以下の範囲で大きく、
前記接合材逃がし部の高さは、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $60\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲であり、
前記接合材逃がし部によって前記半導体素子横にはみ出た接合材を押し下げて前記半導体素子から遠い位置に押し出し、前記半導体素子からはみ出ている接合材の厚さを前記半導体素子と前記基板とに挟持された部分の接合材の厚さより小さくすることにより、段形状の接合材を形成することを特徴とする接合治具。

20

【請求項 7】

前記接合治具の材料は、ステンレスもしくはアルミニウム、銅、ジルコニア、アルミナなどのセラミックもしくは炭素のいずれかを主成分とし、
前記接合治具と接合材とが接触する開口部や接合材逃がし部の内壁に離型剤として Ni めっきやジルコニア粉末、カーボンのいずれかが塗布していることを特徴とする請求項 6 に記載の接合治具。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、パワーモジュールなどの半導体装置の製造方法およびそれに用いられる治具に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、電子モジュールに対する信頼性の要求は益々高まり、とくに熱膨張係数差の大きい半導体素子と基板との接合部に対する耐ヒートサイクル特性の向上が強く求められている。また、次世代省エネルギーデバイスや高性能デバイスの実現も要請されており、とくにシリコンと比較して高温動作が可能な SiC デバイスの開発が活発になっている。そのため、確保すべきヒートサイクルの温度範囲の拡大、および確保すべき熱伝導性と高耐熱性の確保に優れた接合部の開発が熱望されている。

40

【0003】

このような要求に対して、粒径が $1\text{ nm} \sim 20\text{ nm}$ の極めて微細な金属微粒子を含むペーストを $200^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ の比較的低温の接合温度で加圧接合することにより、その金属微粒子の融点 (700°C 以上) まで加熱しなくても金属微粒子が互いに結合することを応用した半導体装置の製造方法が開示されている (例えば、特許文献 1 参照)。このよう

50

な金属微粒子を用いた加圧接合による半導体装置の製造方法においては、加圧接合時に余分な金属微粒子を含むペーストの一部が、半導体素子の外側にはみ出して、各部の配線部等に付着してショートする場合がある。このような問題を解決するために、接合材にはんだを用いる場合に、余剰はんだ吸収手段として溝を設け、この溝に余剰なはんだが流れ込むようにした半導体装置の製造方法が開示されている（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-352080号公報（8頁、図1）

【特許文献2】特開2005-136018号公報（7頁、図1）

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の溝構造の余剰はんだ吸収手段は、接合材の全てが溶融して基板との濡れ性が高いはんだに対しては、余剰はんだを吸収する効果を奏する。しかしながら、加圧接合工程においてほとんど溶融せず、基板との濡れ性も低い金属粒子を含むペーストに対しては、余剰のペーストを吸収する効果は低く、半導体素子の横にはみ出した状態となる。このような状態となった金属粒子を含むペーストは、加圧接合工程において焼結反応を生じると、収縮割れが発生する場合がある。このような収縮割れが生じた半導体装置においては、ヒートサイクル試験において、この収縮割れを起点として基板と半導体素子との間の接合材に亀裂が発生し、耐ヒートサイクル特性が著しく低下するという問題があった。

20

【0006】

この発明は上述のような課題を解決するためになされたもので、金属粒子を含有した接合材で半導体素子と基板とを加圧接合するときに、はみ出した接合材の収縮割れを抑制し、耐ヒートサイクル特性に優れた半導体装置の製造方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る半導体装置の製造方法は、半導体素子が緩挿可能な開口部と、この開口部の開口縁に開口部の開口断面積より大きい開口断面積を有する接合材逃がし部とを有する接合治具を用いる半導体装置の製造方法であって、基板と半導体素子との間に金属粒子を含有した接合材を挟持する工程と、半導体素子が開口部に緩挿されるように接合治具を配置する工程と、接合治具を介して半導体素子と基板との間を200℃以上500℃以下の温度環境下において加圧する工程とを備えたものである。

30

【発明の効果】

【0008】

この発明は、半導体素子が緩挿可能な開口部と、この開口部の開口縁に開口部の開口断面積より大きい開口断面積を有する接合材逃がし部とを有する接合治具を用いて、金属粒子を含有した接合材で半導体素子と基板とを加圧接合しているの、半導体素子からはみ出ている接合材の厚さを、半導体素子と基板とに挟持された部分の接合材の厚さより小さくすることができる。その結果、はみ出した接合材の収縮割れを抑制し、耐ヒートサイクル特性に優れた半導体装置の製造方法を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】この発明の実施の形態1による半導体装置の工程図である。

【図2】この発明の実施の形態1による治具の模式図である。

【図3】この発明の実施の形態3による半導体装置の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

実施の形態1.

図1は、この発明を実施するための実施の形態1における、半導体装置の製造方法の工

50

程を説明する工程図である。半導体素子1として、Siチップを用意する。このSiチップは、次のようにして作製する。 ϕ 5インチで厚さ500 μ mのSiウェハを用意し、裏面（鏡面研磨されていない面）に、例えばスパッタリング法を用いて、Siウェハ側から順にTi層を約100nm厚、Ni層を約300nm厚およびAu層を約50nm厚で成膜する。この金属膜が成膜されたSiウェハを縦横7mmの正方形に切断して本実施の形態のSiチップとした。

【0011】

次に、基板2として、Cuブロックを用意する。このCuブロックは次のようにして作製する。縦横10mmで厚さ1mmの無酸素銅板の一方の面に、電解めっきを用いて、厚さ約4 μ mのNiめっき層を形成してCuブロックとした。

10

【0012】

図1(a)に示すように、基板2の表面に金属粒子含有ペーストを用いて、スクリーン印刷で接合材3を形成する。金属粒子含有ペーストとしては、例えばクックソネレクトロニクス社製の焼結タイプのAgナノペースト（クックソネレクトロニクス社製：SP2000）を用いることができる。このペーストは、電子顕微鏡観察結果からは平均粒径が30nmのAg微粒子を主成分とするもので、このようなサイズのAg微粒子は200 $^{\circ}$ C～500 $^{\circ}$ Cの範囲で焼結するものである。スクリーン印刷に用いた印刷マスクはステンレスメッシュ製で乳剤の厚さが100 μ m、印刷パターンの開口は縦横8mmのものを用いた。印刷後の接合材3の形状は、縦横8mmの正方形で厚さは約0.1mmである。

【0013】

20

次に、図1(b)に示すように、接合材3の上に中心を合わせて半導体素子1を載置し、さらに半導体素子1の上からステンレス製の治具4を配置する。治具4の形状などについては後述する。次に、図1(c)に示すように、例えば、アスリートFA（株）社製の加圧と加熱を同時に行なう接合装置（CB505）を用いて、温度350 $^{\circ}$ C、加圧圧力10MPaの条件で半導体素子1と基板2とを接合した。20分間加圧と加熱とを継続後、加圧と加熱とを停止して空冷によって冷却し、図1(d)に示したような、半導体装置5を完成した。

【0014】

図2は、本実施の形態に用いた治具4を示す模式図である。図2において、治具4の中央部には、半導体素子が緩挿可能な開口部6が形成されている。また、この開口部6の開口縁には、開口部の開口断面積より大きい開口断面積を有する接合材逃がし部7が形成されている。開口部6の開口断面は、半導体素子（縦横7mm）よりも少し大きい縦横（x）7.2mmであり、接合材逃がし部7の開口断面は、縦横（y）9mmである。開口部6の高さ（h）は、560 μ mであり、接合材逃がし部7の高さ（a）は、30 μ mである。なお、開口部6の高さ（h）は、接合材逃がし部7の高さ（a）を含んでいる。

30

【0015】

このような治具を用いて半導体装置を作製した場合、治具が半導体素子横にはみ出たペーストを押し下げて半導体素子から遠い位置に押し出す作用により、半導体素子と基板とに挟持された接合材の外側にはみ出している接合材の高さを抑制することができる。その結果、図1(d)に示したように、半導体素子からはみ出ている接合材の厚さ（d）を、半導体素子と基板とに挟持された部分の接合材の厚さ（t）より小さくすることができる。その結果、はみ出した接合材の収縮割れを抑制し、耐ヒートサイクル特性に優れた半導体装置の製造方法を提供することができる。

40

【0016】

半導体素子からはみ出ている接合材の厚さを、半導体素子と基板とに挟持された部分の接合材の厚さより小さくすることによって、はみ出した接合材の収縮割れを抑制でき、耐ヒートサイクル特性が向上する理由は、次のように考えられる。

【0017】

焼結タイプのAgナノペーストは、一般に保護膜で覆われたAg微粒子と、分散剤と、溶剤とからなり、加熱により溶剤、分散剤、保護膜が蒸発、分解することによって、Ag微

50

粒子の清浄面が露出し、これらA g 微粒子の清浄な清浄面同士や、半導体素子および基板表面に成膜されたA u、A g、C uなどの清浄な表面とを加圧により接触させ、熱拡散させることにより、焼結、接合される。10 nm以下の粒径の小さいA g 微粒子は、溶融するとも考えられている。

【0018】

この際、ペーストから蒸発、分解する溶剤、分散剤の量は非常に多く、焼結により体積比で、印刷時と比較して1/2～1/4も収縮する。しかし、半導体素子や基板表面のA u、A g、C uなどを接合された部分は、収縮することができず、厚さ方向のA g 微粒子のみで構成される部分が主に収縮する。しかし、半導体素子からはみ出た部分は、基板と接合されている（拘束されている）が、半導体素子からはみ出た部分はA g 微粒子表面が拘束されていないために、大きく収縮して割れる。本実施の形態の治具を用いて加圧することにより、半導体素子と接合された部分同様に加圧され、収縮と合わせてA g ペーストを加圧しつづけられるため、焼結収縮割れを著しく低減することができる。

10

【0019】

また、半導体素子とA g 微粒子との接合界面は、熱膨張係数差が大きく、熱応力が最もかかりやすい部分であり、半導体素子と基板とをA g ペーストで接合した場合、ヒートサイクルによるクラックが最も発生しやすい部分である。このため、半導体素子横の大きなクラックは、ヒートサイクルによるクラック発生を助長することが懸念される。本実施の形態の治具を用いて加圧することによる焼結割れ抑制は、耐ヒートサイクル性を著しく向上させる。

20

【0020】

なお、本実施の形態においては、金属粒子を含有する接合材の材料として、焼結タイプのA g ナノペーストを用いたが、加圧接合時の温度条件である200℃～500℃の範囲で焼結する金属粒子を用いることができ、平均粒径が30 nmのA g 微粒子以外に、平均粒径が2 nm～500 nmの範囲で、所定比率で混合させたものや、例えば平均粒径が2 nm～500 nmのC u 微粒子、N i 微粒子などを主成分とするナノペーストを用いることができる。加圧接合時の温度が、200℃より低い場合は、ボイドが多くなるという不具合があり、500℃より高い場合は、被接合部材が酸化や熱劣化するという不具合がある。

【0021】

また、本実施の形態において、治具の材料としてステンレスを用いたが、加圧接合時の温度条件である200℃～500℃の範囲で、接合材の金属粒子と反応せず安定な材料であれば用いることができ、例えばアルミニウム、銅、ジルコニア、アルミナなどのセラミックや、炭素などの材料を用いることができる。さらに、治具と接合材とが接触する開口部や接合材逃がし部の内壁に、接合材との離型性を容易にするように、離型剤として、N i めっきやジルコニア粉末、カーボンなどを塗布してもよい。

30

【0022】

実施の形態2.

実施の形態2においては、実施の形態1で用いた治具の形状を変化させた場合に、製造される半導体装置の特性の変化を調べたものである。半導体素子の形状は、実施の形態1と同様に、縦横7 mmの正方形で厚さ500 μmである。

40

【0023】

表1は、本実施の形態における治具の各部のサイズに対する、完成した半導体装置における接合材のはみ出し率および製造工程終了後の収縮割れの有無を示したものである。ここで、x、y、aおよびhは、それぞれ実施の形態1の図1に示したように、xは開口部の開口断面の縦横、yは接合材逃がし部の開口断面の縦横、aは接合材逃がし部の高さ、およびhは開口部の高さである。

【0024】

ここで、はみ出し率は、図1（d）に示したように、半導体素子からはみ出ている接合材の厚さ（d）と半導体素子と基板とに挟持された部分の接合材の厚さ（t）との比として

50

定義し、はみ出し率(%) = $(d/t) \times 100$ とした。これらの接合材の厚さ(d、t)は、レーザー変位計で形状測定した図から等間隔でd、tを5点平均で算出した。収縮割れの有無に関しては、半導体素子からはみ出ている接合材の表面を光学顕微鏡を用いて100倍の倍率で観察し、2mm以上の長さの亀裂が観測された場合を×、そうでない場合を○として判定した。なお、表1には、比較として開口部の開口断面が大きすぎるもの(比較例1)、開口部および接合材逃がし部がないもの(比較例2)も合わせて示している。

【0025】

【表1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
x (mm)	7.2	7.2	7.2	7.2
y (mm)	9.0	9.0	9.0	9.0
a (μm)	30	40	50	60
h (μm)	560	560	560	560
はみ出し率 (%)	33	67	90	97
収縮割れ有無	○	○	○	○
	実施例 5	実施例 6	比較例 1	比較例 2
x (mm)	7.2	8.0	10.0	0
y (mm)	9.0	10.0	12.0	0
a (μm)	30	30	60	0
h (μm)	520	540	560	0
はみ出し率 (%)	42	46	105	123
収縮割れ有無	○	○	×	×

【0026】

表1において、まず比較例2は治具が単なる直方体であり、半導体素子を単に上から平面で加圧接合しているだけである。この場合、金属粒子を含んだ接合材は半導体素子の側面に盛り上がった状態となり、はみ出し率が100%を越えた状態、つまり半導体素子からはみ出ている接合材の厚さ(d)が半導体素子と基板とに挟持された部分の接合材の厚さ(t)より大きくなる。このような状態になると、はみ出たAgペースト量が過多となって収縮割れが発生する。

【0027】

また、表1の比較例1においては、開口部の開口断面の縦横(x)が10mmと、半導体素子の縦横の7mmよりも両サイドが1.5mmずつ大きい。このようなサイズの関係では、開口部に半導体素子は緩挿されているとはいえない。また、接合材逃がし部の開口断面の縦横(y)も12mmと大きいため、このような治具で加圧接合した場合、半導体素子の周辺部にはみ出した接合材は、接合材逃がし部および開口部の内壁と半導体素子との間が広いため、接合材は半導体素子の側面に盛り上がった状態となり、はみ出し率が100%を越えてしまう。その結果、収縮割れが発生し、比較例2と同様に、耐ヒートサイクル特性が低下する。

【0028】

一方、実施例1～6においては、はみ出し率が100%以下であるため、収縮割れが発生せず、耐ヒートサイクル特性に優れた半導体装置が得られる。

【0029】

実施の形態3.

実施の形態3においては、実施の形態1の半導体装置の製造方法において、基板に溝構造の余剰接合材吸収部を備えたものである。

【0030】

図3は、本実施の形態における半導体装置の模式図である。本実施の形態においては、

基板 2 の表面の半導体素子 1 が接合材 3 を介して接合される領域の外周部に、溝状の余剰接合材吸収部 6 を備えたものである。それ以外は実施の形態 1 と同様な方法で、半導体装置が製造される。

【0031】

このような基板 2 の接合領域の外周部に溝を備えたことにより、半導体素子の外周部にはみ出した接合材は、接合材 3 が治具で加圧接合される際に基板 2 の方向に押し出され、余剰接合材吸収部 6 の溝に押し込まれる。その結果、余剰な接合材の量が多い場合でも、確実に半導体素子からはみ出ている接合材の厚さが半導体素子と基板とに挟持された部分の接合材の厚さより薄くなる。その結果、実施の形態 1 と同様に、はみ出した接合材の収縮割れを抑制し、耐ヒートサイクル特性に優れた半導体装置の製造方法を提供することができる。溝状の余剰接合材吸収部を備えた基板に対して、単に平板の治具で加圧接合をしただけでは、接合材は溶剤が多く、これが溝に大量に入ってしまうため、簡単に溝に入らない。しかしながら、本実施の形態のような開口部および接合材逃がし部を備えた治具を用いることにより、接合材は、余剰接合材吸収溝内で、接合材逃がし穴 7 を境界面として下向きから上向きに流動し、はみ出した接合材は確実に溝状の余剰接合材吸収部に吸収される。

10

【0032】

また、余剰な接合材が余剰接合材吸収部である溝より外側にはみ出すことを抑制できるので、はみ出した接合材が横方向に広がることを防ぐことができ、各部の配線部等に付着してショートする不具合を防ぐ効果もある。

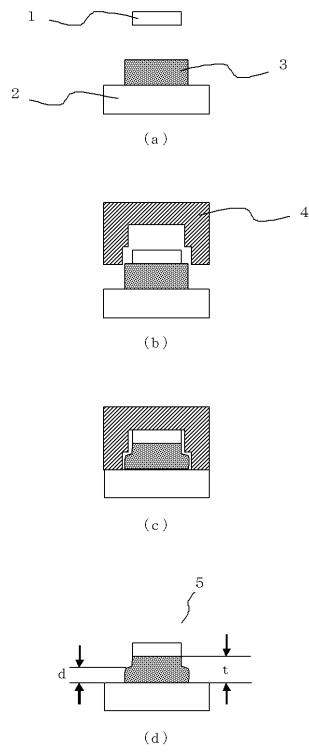
20

【符号の説明】

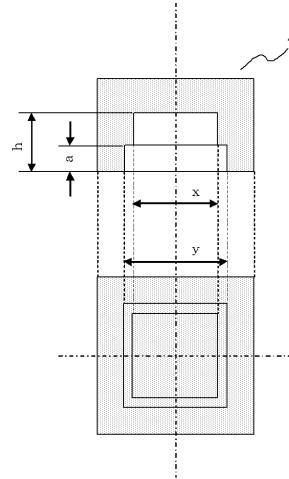
【0033】

- 1 半導体素子
- 2 基板
- 3 接合材
- 4 治具
- 5 半導体装置
- 6 余剰接合材吸収部

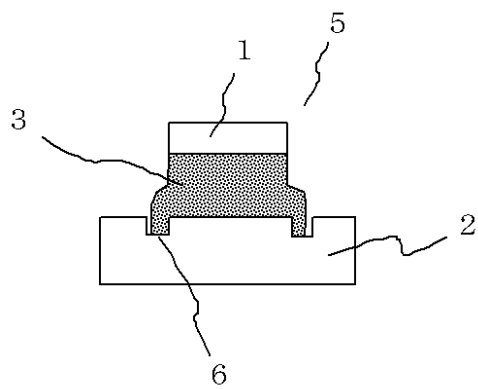
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 山田 朗
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 大津 健嗣
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 井高 志織
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 巽 裕章
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 小田 浩

(56)参考文献 特開平07-326636 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/52
H01L	25/07
H01L	25/18