

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-143342

(P2014-143342A)

(43) 公開日 平成26年8月7日(2014. 8. 7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/40 (2006.01)	HO 1 L 23/40 F	5 F 1 3 6
HO 1 L 21/60 (2006.01)	HO 1 L 21/60 3 2 1 E	
HO 1 L 23/13 (2006.01)	HO 1 L 23/12 C	
HO 1 L 23/12 (2006.01)	HO 1 L 23/12 J	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-11897 (P2013-11897)
 (22) 出願日 平成25年1月25日 (2013. 1. 25)

(71) 出願人 000106276
 サンケン電気株式会社
 埼玉県新座市北野3丁目6番3号
 (74) 代理人 100097113
 弁理士 堀 城之
 (74) 代理人 100162363
 弁理士 前島 幸彦
 (72) 発明者 田中 敦彦
 埼玉県新座市北野三丁目6番3号 サンケン電気株式会社内
 Fターム(参考) 5F136 BB04 BB18 DA21 EA16 EA41
 FA02 FA03 FA18

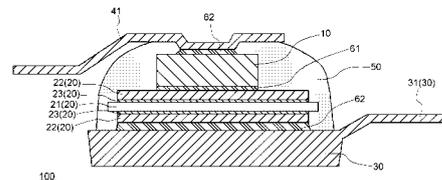
(54) 【発明の名称】 半導体モジュール及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高温動作に対する高い信頼性をもつ半導体モジュールを得る。

【解決手段】 半導体チップ10の下面側は基板20に接合され、基板20の下面側は金属製の基体(放熱板)30の上面側に接合される。基板20は、セラミックス基板21の上面及び下面にそれぞれ金属層22が基板内第1接合層23によって接合された多層構造ととされる。半導体チップ10と上側の金属層22とを接合する第1接合層61を構成するはんだ(第1接合材料)は、その融点が、下側の金属層22と基体30とを接合する第2接合層62を構成するはんだ(第2接合材料)よりも60~80 高く、かつ硬度(例えばピッカース硬度)も高く設定される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体チップと、当該半導体チップが上面側に接合された基板と、当該基板の下面側が接合された金属製の基体と、を具備し、前記基板と前記半導体チップとがモールド層の中に封止された構成を具備する半導体モジュールであって、

前記基板は、窒化珪素を主成分とするセラミックス基板の両面にそれぞれ金属層が接合された構成を具備し、

前記半導体チップの下面と前記基板における上面側の前記金属層とは金 (Au) - ゲルマニウム (Ge) 合金からなる第 1 接合材料で接合され、

前記基板における下面側の前記金属層と前記基体の上面とは金 (Au) - 錫 (Sn) 合金からなる第 2 接合材料で接合され、

前記第 1 接合材料の融点は、前記第 2 接合材料の融点よりも高く設定されたことを特徴とする半導体モジュール。

10

【請求項 2】

前記半導体チップの上面に、前記第 2 接合材料を用いてリード端子が接合されたことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体モジュール。

【請求項 3】

前記半導体チップは窒化珪素 (SiC) で構成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 4】

前記基体は銅又はアルミニウムを主成分として構成されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

20

【請求項 5】

前記基板において、

前記セラミックス基板と前記金属層とは、前記第 1 接合材料よりも高い融点をもつろう接材で接合されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 6】

前記基板は、前記セラミックス基板の両面にそれぞれ前記金属層が接合された構造が複数組積層されて構成されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

30

【請求項 7】

前記基板は、前記第 1 接合材料の融点よりも高い融点をもつ第 1 のろう接材で前記セラミックス基板の両面にそれぞれ前記金属層が接合された構造が、前記第 1 接合材料の融点よりも高くかつ前記第 1 のろう接材の融点よりも低い融点をもつ第 2 のろう接材を用いて、複数組積層され接合されて構成されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の半導体モジュールの製造方法であって、

40

前記第 1 接合材料を用いて前記半導体チップを前記基板に接合する第 1 接合工程と、

前記第 1 接合工程の後で、前記第 2 接合材料を用いて前記基板を前記基体に接合する第 2 接合工程と、

を具備することを特徴とする半導体モジュールの製造方法。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の半導体モジュールの製造方法であって、

前記セラミックス基板の両面にそれぞれ前記金属層を前記第 1 のろう接材で接合した構造を複数組製造した後に、前記構造を複数組積層して前記第 2 のろう接材で接合して前記基板を製造する基板製造工程と、

前記第 1 接合材料を用いて前記半導体チップを前記基板に接合する第 1 接合工程と、

50

前記第1接合工程の後で、前記第2接合材料を用いて前記基板を前記基体に接合する第2接合工程と、

を具備することを特徴と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】

【0001】

本発明は、大電力で動作する半導体チップがモールド層に封止された半導体モジュールの構造に関する。また、その製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

半導体チップが使用される際には、これが基板上に搭載された構造がモールド層中に封止された形態をもつ半導体モジュールとされる。ここで、半導体チップの動作時の放熱性を確保するために、基板は熱伝導率の高い材料で構成され、この基板の上面側に半導体チップが搭載され、基板の下面側には大きな放熱板が接続され、放熱板の下面側から放熱がなされる形態とされる。半導体チップの電極に接続されたリード端子は、モールド層から突出して形成されて電極として使用され、下面で露出した放熱板も電極端子の一つとして使用されることがある。

【0003】

こうした構成の半導体モジュールの具体的構造、製造方法は、例えば特許文献1に記載されている。この場合には、半導体チップがダイパッド（金属板）の上面に搭載された後に、半導体チップ上の電極とリード端子とがボンディングワイヤで接続された後に、ダイパッドの下面が絶縁層を介して放熱板に接合される。その後、放熱板の上面側において、半導体チップ等が封止されるように、熱硬化性樹脂で構成されたモールド層が形成される。

20

【0004】

また、放熱板との間の絶縁性を確保するために、半導体チップが金属板ではなく絶縁性のセラミックス基板に搭載される場合もある。一般にセラミックス基板の熱伝導率は銅等と比べて低いが、こうした場合には、熱伝導率が $150\text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ 程度と比較的高い窒化アルミニウム（AlN）を主成分とするセラミックス基板が使用される。こうした場合には、配線となる金属パターンがセラミックス基板の表面に形成される場合もある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-165281号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

半導体チップに形成された半導体素子が大電力で動作する場合には、半導体チップの温度は特に高くなり、放熱板等を介して放熱が効率的に行われた場合でも、動作時の温度が200以上になる場合もある。こうした状況は、半導体チップがワイドバンドギャップ半導体（SiC等）で構成された場合のように、大電力動作を前提として設計された場合において特に顕著である。

40

【0007】

こうした場合においては、使用される際には、この半導体モジュールは、室温からこの高温にわたる冷熱サイクルを経る。一般に、半導体チップを構成する材料と、放熱板等、その周囲の構成物を構成する材料とは異なり、その熱膨張係数も異なるために、半導体チップ自身、半導体チップとダイパッドとの接合部、あるいはダイパッドと放熱板との接合部等に応力が集中する。一般に、半導体チップとダイパッドとの接合やダイパッドと放熱板との接合にははんだ等が用いられ、最高温度がこのはんだの融点に近くなる場合には、熱サイクル時に発生した応力によって、融点よりも低い温度においてもはんだ接合の劣化

50

が発生した。また、セラミックス基板が用いられる場合には、脆性のセラミックス基板が割れる場合もあった。このため、この半導体モジュールの信頼性は低くなった。

【0008】

すなわち、高温動作に対する高い信頼性をもつ半導体モジュールを得ることは困難であった。

【0009】

本発明は、かかる問題点を鑑みてなされたものであり、上記問題点を解決する発明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】

【0010】

本発明は、上記課題を解決すべく、以下に掲げる構成とした。

本発明の半導体モジュールは、半導体チップと、当該半導体チップが上面側に接合された基板と、当該基板の下面側が接合された金属製の基体と、を具備し、前記基板と前記半導体チップとがモールド層の中に封止された構成を具備する半導体モジュールであって、前記基板は、窒化珪素を主成分とするセラミックス基板の両面にそれぞれ金属層が接合された構成を具備し、前記半導体チップの下面と前記基板における上面側の前記金属層とは金(Au)-ゲルマニウム(Ge)合金からなる第1接合材料で接合され、前記基板における下面側の前記金属層と前記基体の上面とは金(Au)-錫(Sn)合金からなる第2接合材料で接合され、前記第1接合材料の融点は、前記第2接合材料の融点よりも高く設定されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールは、前記半導体チップの上面に、前記第2接合材料を用いてリード端子が接合されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールにおいて、前記半導体チップは窒化珪素(SiC)で構成されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールにおいて、前記基体は銅又はアルミニウムを主成分として構成されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールは、前記基板において、前記セラミックス基板と前記金属層とは、前記第1接合材料よりも高い融点をもつろう接材で接合されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールにおいて、前記基板は、前記セラミックス基板の両面にそれぞれ前記金属層が接合された構造が複数組積層されて構成されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールにおいて、前記基板は、前記第1接合材料の融点よりも高い融点をもつ第1のろう接材で前記セラミックス基板の両面にそれぞれ前記金属層が接合された構造が、前記第1接合材料の融点よりも高くかつ前記第1のろう接材の融点よりも低い融点をもつ第2のろう接材を用いて、複数組積層され接合されて構成されたことを特徴とする。

本発明の半導体モジュールの製造方法は、前記半導体モジュールの製造方法であって、前記第1接合材料を用いて前記半導体チップを前記基板に接合する第1接合工程と、前記第1接合工程の後で、前記第2接合材料を用いて前記基板を前記基体に接合する第2接合工程と、を具備することを特徴とする。

本発明の半導体モジュールの製造方法は、前記半導体モジュールの製造方法であって、前記セラミックス基板の両面にそれぞれ前記金属層を前記第1のろう接材で接合した構造を複数組製造した後に、前記構造を複数組積層して前記第2のろう接材で接合して前記基板を製造する基板製造工程と、前記第1接合材料を用いて前記半導体チップを前記基板に接合する第1接合工程と、前記第1接合工程の後で、前記第2接合材料を用いて前記基板を前記基体に接合する第2接合工程と、を具備することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明は以上のように構成されているので、高温動作に対する高い信頼性をもつ半導体モジュールを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体モジュールの断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体モジュールの製造方法を示す工程断面図である。

【 図 3 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体モジュールの断面図である。

【 図 4 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体モジュールの製造方法を示す工程断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施の形態となる半導体モジュール、及びその製造方法について説明する。この半導体モジュールにおいては、半導体チップが熱伝導率の高い基板上に搭載された構造がモールド層中に設けられている。この半導体チップは大電力で動作し、基板及びその下の放熱板を介して放熱がなされるものの、その動作時の最高温度は 2 5 0 程度にも達する。

10

【 0 0 1 4 】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る半導体モジュール 1 0 0 の構成を示す断面図である。ここで使用される半導体チップ 1 0 の下面側は基板 2 0 に接合され、基板 2 0 の下面側は金属製の基体 (放熱板) 3 0 の上面側に接合される。半導体チップ 1 0 の上面側には図中左側に突出する上面側リード端子 (リード端子) 4 1 が接合される。また、基体 3 0 の一部は、図中右側に突出する下面側リード端子 (リード端子) 3 1 となっている。基体 3 0 の上面側では、基板 2 0 、半導体チップ 1 0 を封止してモールド層 5 0 が形成されている。

20

【 0 0 1 5 】

半導体チップ 1 0 は、炭化珪素 (S i C) で構成され、この中に半導体素子としてショットキーダイオード等が形成されている。ショットキーダイオードの一方の電極は半導体チップ 1 0 の上面側で上面側リード端子 4 1 に接続され、他方の電極は、図示の範囲外で下面側リード端子 3 1 (基体 3 0) に接続されている。この半導体チップ 1 0 を製造する際には、拡散層や電極等からなる半導体素子が大径の S i C ウェハにおいて多数形成された後に、S i C ウェハが分割されて個々の半導体チップ 1 0 とされる。半導体モジュール 1 0 0 を製造する際に、半導体チップ 1 0 に形成されている半導体素子の劣化等を発生させないためには、半導体チップ 1 0 の温度は例えば 4 0 0 以下とする必要がある。

30

【 0 0 1 6 】

基板 2 0 は、セラミック基板 2 1 の上面及び下面にそれぞれ金属層 2 2 が基板内第 1 接合層 2 3 によって接合された多層構造とされる。セラミック基板 2 1 は窒化珪素質セラミック (窒化珪素 (S i ₃ N₄) を主成分とするセラミック) で構成される。金属層 2 2 は熱伝導率の高い銅又は銅合金で構成され、その表面は金めっき加工されている。セラミック基板 2 1 は絶縁性であるため、半導体チップ 1 0 の下面側と基体 3 0 側との間の絶縁性を確保することができる。

【 0 0 1 7 】

基板 2 0 においてセラミック基板 2 1 と金属層 2 2 の間の接合に用いられる基板内第 1 接合層 2 3 を構成するろう接材 (第 1 のろう接材) としては、例えば接合温度が 6 0 0 以上の A g - C u 系合金が用いられる。このろう接材の接合温度・融点は前記の動作時の最高温度 (2 5 0) と比べて充分高いため、半導体モジュール 1 0 0 の動作時に基板内第 1 接合層 2 3 に悪影響が及ぶことは少ない。セラミック基板 2 1 、金属層 2 2 の厚さは、それぞれ 3 2 0 μ m 、 3 0 0 μ m 程度とされ、基板内第 1 接合層 2 3 はこれらに対して無視できる程度の厚さとされる。図 1 に示されるように、半導体チップ 1 0 は、上面側の金属層 2 2 の上面側に接合される。

40

【 0 0 1 8 】

基体 3 0 は、金属層 2 2 と同様に、熱伝導率の高い銅又は銅合金で構成される。ただし

50

、図示されるように、基体 30 は金属層 22 よりも大きくかつ厚く構成され、例えばその厚さは 2.0 mm 程度とされる。基体 30 は、基板 20 における下側の金属層 22 の下側に接合される。基体 30 の機械的強度は高く、基体 30 はこの半導体モジュール 100 全体を機械的に支持する。また、この半導体モジュール 100 が使用される際には、その機械的固定も基体 30 を装置に固定することによって行われ、半導体チップ 10 からの放熱も基体 30 を介して装置側に向かって行われる。なお、上面側リード端子 41 も、金属層 22、基体 30 と同様に銅又は銅合金で構成される。

【0019】

モールド層 50 は、上記の動作時の最高温度 (250) に対する十分な耐熱性をもつ樹脂材料で構成される。具体的には、硬化温度は 150 程度であるが、硬化後は 350 以上の温度における重量変化が 1% 以下である変形ポリシロキサン (例えば ADEKA 製：商品名 BYX-001) 等を用いることができる。

10

【0020】

半導体チップ 10 と基板 20 (上側の金属層 22) との間の接合、基板 20 (下側の金属層 22) と基体 30 との間の接合は、共に基板内第 1 接合層 23 よりも融点 (接合温度) が低く、半導体チップ 10 に悪影響を与えない程度の温度で接合が可能なのはんだによって行われる。ただし、前者の接合と後者の接合においては、異なる成分、融点のはんだ材料が用いられる。

【0021】

半導体チップ 10 と上側の金属層 22 とを接合する第 1 接合層 61 を構成するはんだ (第 1 接合材料) は、その融点が、下側の金属層 22 と基体 30 とを接合する第 2 接合層 62 を構成するはんだ (第 2 接合材料) よりも 60 ~ 80 高く、かつ硬度 (例えばビッカース硬度) も高く設定される。具体的には、例えば第 1 接合層 61 を構成するはんだ材料としては、Au-Ge 合金、例えば Ge を重量比で 12% 程度含み、融点が 356 である合金が用いられ、第 2 接合層 62 を構成するはんだ材料としては、Au-Sn 合金、例えば Sn を重量比で 22% 程度含み、融点が 286 である合金が用いられる。これらのはんだ材料の融点は、その合金組成によって変化するが、第 1 接合層 61 を構成するはんだ材料の融点は 356 ± 5、第 2 接合層 62 を構成するはんだ材料の融点は 286 ± 5 程度とされる。これらの温度は、上記の動作時の最高温度 (250) よりも高く設定されるため、第 1 接合層 61、第 2 接合層 62 が半導体モジュール 100 の動作に際して熔融することはない。

20

30

【0022】

上面側リード端子 41 と半導体チップ 10 の上面側との間、下側の金属層 22 と基体 30 との間と同様の接合層を介して接合される。すなわち、これらの間にも第 2 接合材料からなる第 2 接合層 62 が形成されている。

【0023】

図 1 の構成の半導体モジュール 100 において、半導体チップ 10 を構成する SiC、金属層 22 及び基体 30 の主成分である Cu、セラミック基板 21 の主成分である Si₃N₄、第 1 接合層 61 及び第 2 接合層 62 の主成分である Au の熱膨張係数 (線膨張係数) は、それぞれ 4.5 ppm/K、16.8 ppm/K、2.8 ppm/K、14.2 ppm/K 程度である。このため、発熱源となる半導体チップ 10 側の熱膨張係数は 4.5 ppm/K、機械的支持基板となる基体 30 側の熱膨張係数は 16.8 ppm/K となり、大きく異なる。このため、半導体チップ 10 と基体 30 との間に、これらの中間的な熱膨張係数をもつ材料からなる多層構造として、基板 20 及び第 1 接合層 61、第 2 接合層 62 が設けられている。この多層構造によって、冷熱サイクルに際して半導体チップ 10 に加わる応力が分散され、緩和される。また、第 1 接合層 61、第 2 接合層 62 に加わる応力も緩和される。この際、硬度の高い第 1 接合層 61 を半導体チップ 10 側に形成し、硬度の低い第 2 接合層 62 を基体 30 側に用いているため、特に半導体チップ 10 側の変形が抑制され、半導体チップ 10 に加わる応力による悪影響が抑制される。前記の通り、第 1 接合層 61、第 2 接合層 62 は動作時に熔融することはない、更に、上記の多層構

40

50

造によって、第1接合層61、第2接合層62に加わる応力も低減される。このため、動作温度が250 となる場合においても、冷熱サイクルに対する高い信頼性を得ることができる。

【0024】

ここで、Cu、Au、Si₃N₄の熱伝導率はそれぞれ350、300、100W/(m・K)程度であり、Si₃N₄を主成分とするセラミックス基板21の熱伝導率は比較的低い。このため、放熱性を高めるためには、基板20においてセラミックス基板21を薄くすることが必要である。この点において、従来使用されていた窒化アルミニウムセラミックスと比べて、窒化珪素セラミックスの曲げ強度は高いため、セラミックス基板21を薄くした場合でも十分な機械的強度が得られるために、これを薄くすることが可能である。このため、基板20を介した高い放熱性を得ることができる。あるいは、セラミックス基板21を薄くできる分だけ金属層22を厚くすることもできる。

10

【0025】

以上より、図1の構成の半導体モジュール100においては、高温動作時に対する高い信頼性が得られる。

【0026】

また、上記の半導体モジュール100は、以下の製造方法によって容易に製造することができる。図2は、この製造方法を示す工程断面図である。

【0027】

まず、図2(a)に示されるように、セラミックス基板21の上下両面に基板内第1接合層23を介して金属層22を接合して基板20を製造する(基板製造工程)。この工程においては、基板内第1接合層23となるろう接材をセラミックス基板21の両面に例えばスクリーン印刷によって塗布形成した構成を2枚の金属層22の間に挟んで積層して接合温度(600 以上)以上に加熱を行い、このろう接材を溶融させた後、冷却してこのろう接材を固化させることによって、基板20が得られる。なお、この工程においては半導体チップ10は用いられないため、金属層22とセラミックス基板21とを強固に接合できるろう接材であれば、その接合温度が高いものを適宜用いることができる。なお、前記の通りセラミックス基板21と金属層22の熱膨張係数は大きく異なるが、セラミックス基板21の上下に同様に金属層22が接合されているため、接合後に室温まで冷却する際にも、基板20全体に反りは生じない。

20

30

【0028】

次に、図2(b)に示されるように、基板20(上側の金属層22)の上面に第1接合材料71を塗布形成する。第1接合材料71は、溶融・固化後に前記の第1接合層61となるはんだ材料であり、例えば前記のAu-Ge合金粉末をペースト状にしたものをスクリーン印刷することによって塗布形成される。

【0029】

その後、図2(b)の構造に半導体チップ10を積層し、第1接合材料71の融点(例えば356)以上の温度に加熱した後に、冷却することによって、図2(c)に示されるように、第1接合層61が形成される(第1接合工程)。これによって、半導体チップ10と基板20とが第1接合層61によって接合された構造が得られる。

40

【0030】

次に、図2(d)に示されるように、半導体チップ10の上面に第2接合材料72を塗布形成する。第2接合材料72は、溶融・固化後に前記の第2接合層62となるはんだ材料であり、その組成は異なるが、形成方法は第1接合材料71と同様である。

【0031】

一方、図2(e)に示されるように、基体30の上にも、同様に第2接合材料72を塗布形成する。

【0032】

その後、上面側リード端子41、図2(d)の構造、図2(e)の構造を積層し、第2接合材料72の融点(例えば286)以上の温度に加熱した後に、冷却することによ

50

て第2接合層62が形成される(第2接合工程)。これにより、図2(f)に示されるように、半導体モジュール100におけるモールド層50を除いた構造が得られる。

【0033】

最後に、図2(g)に示されるように、基板20、半導体チップ10を封止するようにモールド層50を形成する。モールド層50は、液状の熱硬化性の樹脂材料(例えば前記のADEKA製:商品名BYX-001等)を図2(f)の構造に滴下した後に、硬化温度以上に加熱することによって形成される。また、トランスファーモールド等の、金型を用いた手法を用いることもできる。これによって、図1の構成の半導体モジュール100が得られる。

【0034】

上記の製造方法においては、はんだを用いた接合が、第1接合工程(図2(c))、第2接合工程(図2(f))の2回にわたり行われる。ここで、2回目の接合(図2(f))における接合温度は第2接合材料72に対応した接合温度であり、この温度は第1接合工程(図2(c))に用いられる第1接合材料71の接合温度よりも60~80度低く設定されている。このため、第1接合層61に悪影響を与えずに第2接合工程(図2(f))を行うことができる。なお、基板20においても基板内第1接合層23が形成されているが、基板内第1接合層23を構成するろう接材の融点は、第1接合材料71よりも更に高いために、基板内第1接合層23対しても悪影響は及ばない。第1接合工程(図2(c))においても、この点は同様である。

【0035】

以上の製造方法により、半導体モジュール100を容易かつ高い信頼性で製造することができる。

【0036】

(第2の実施の形態)

上記の構成においては、セラミックス基板21と金属層22を含む多層構造をもつ基板20を介して半導体チップ10を基体30に搭載しているために、半導体チップ10と基体30との間の熱膨張差によって発生した応力を分散させ、緩和している。このため、基板における積層数をより多くすることによって、単一の層に加わる応力はより緩和され、より高い信頼性が得られる。このため、第2の実施の形態においては、積層数をより多くしている。

【0037】

図3は、第2の実施の形態に係る半導体モジュール200の構成を示す断面図である。この半導体モジュール200においては、前記の基板20の代わりに基板80が用いられている。基板80は、前記の基板20が2つ積層された構造をもつ。

【0038】

具体的には、基板80は、セラミックス基板21の両面にそれぞれ金属層22が基板内第1接合層23を介して接合された構造(前記の基板20と同様の構造)が、基板内第2接合層81を介して上下方向に2組接合された構成を具備する。基板内第2接合層81を構成するろう接材(第2のろう接材)の接合温度は、基板内第1接合層23を構成するろう接材(第1のろう接材)の融点(接合温度)よりも低く、第1接合材料71の融点よりも高くなるように設定される。例えば、Ag-Cu系のろう接材におけるCu組成を適宜調整することによって第1のろう接材と第2のろう接材とすることができる。

【0039】

図4は、この半導体モジュール200の製造方法を示す工程断面図である。ここでは、図4(a)に示されるように、まず図3(a)と同様にして、セラミックス基板21の両面にそれぞれ金属層22が基板内第1接合層23を介して接合された構造が2組製造される。次に、図4(b)に示されるように、この2組の構造の金属層22同士を、基板内第2接合層81を介して接合する(基板製造工程)。基板内第2接合層81を構成する第2のろう接材の融点を上記の通りの設定とすれば、図4(b)における接合の際に、基板内第1接合層23に悪影響が及ぶことはない。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

その後は、図 2 における基板 2 0 (セラミックス基板 2 1 等)の代わりに上記の基板 8 0 を用いて、同様に半導体モジュール 2 0 0 を製造することができる。図 4 (c) ~ (g) に示された工程は、それぞれ第 1 の実施の形態における図 2 (b) ~ (f) と同様である。図 4 における記載は省略しているが、モールド層 5 0 を形成する工程 (図 2 (g)) も、第 1 の実施の形態と同様に行われる。

【 0 0 4 1 】

このように、図 3 の構成の半導体モジュール 2 0 0 も、上記の製造方法によって容易に製造することができる。

【 0 0 4 2 】

この構成においては、セラミックス基板 2 1 が 2 枚用いられるが、これらを同一材料で構成する必要はない。例えば、半導体チップ 1 0 側にある上側のセラミックス基板 2 1 としては、第 1 の実施の形態と同様に、機械的強度の高い窒化珪素質セラミックスを用いることが好ましいが、下側のセラミックス基板 2 1 としては、機械的強度はこれよりも低い熱伝導率の高い窒化アルミニウムセラミックスを用いることができる。

【 0 0 4 3 】

図 3、4 の例では、セラミックス基板 2 1 の両面にそれぞれ金属層 2 2 が基板内第 1 接合層 2 3 を介して接合された構造を 2 組積層して基板 8 0 としたが、この構造を 3 組以上積層しても同様の効果を奏することは明らかである。こうした場合においても、最上部のセラミックス基板 2 1 としては窒化珪素質セラミックスを用いることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

なお、上記の例では、金属層 2 2、基体 3 0 を共に銅又は銅合金で構成されるものとしたが、これらを異なる材料とすることもできる。例えば、より厚く大きな基体 3 0 をアルミニウム又はアルミニウム合金で構成することもできる。すなわち、基体 3 0 は、熱伝導率の高い銅やアルミニウムを主成分として構成することが好ましい。ただし、その表面には、第 2 接合材料を用いた接合が可能ないように、Au 等のめっき処理が施されていることが好ましい。

【 0 0 4 5 】

また、上記の例では、SiC で構成された半導体チップ 1 0 が用いられるものとしたが、同様に大電力で動作する半導体素子が形成され、金属で構成された基体との間の熱膨張係数の差が大きなチップであれば、他の材料で構成されたチップを用いた場合であっても、上記の構成が有効であることは明らかである。例えば、半導体チップを、窒化ガリウム (GaN)、シリコン (Si) 等で構成することもできる。これに応じて、半導体チップに形成される半導体素子も、適宜設定される。

【 0 0 4 6 】

また、上記の例では、単一の半導体モジュール内において、半導体チップと基板とが一つずつ用いられていたが、単一の基板の上に複数の半導体チップが搭載されていてもよい。また、独立した複数の基板が用いられていてもよく、この際、基板の構成が各々で異なってもよいことは明らかであり、例えば搭載する半導体チップの発熱量等に応じて基板の構成を異ならせることもできる。すなわち、半導体モジュール内における基板や半導体チップの構成は、上記の効果を奏する限りにおいて適宜設定することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

- 1 0 半導体チップ
- 2 0、8 0 基板
- 2 1 セラミックス基板
- 2 2 金属層
- 2 3 基板内第 1 接合層
- 3 0 基体 (放熱板)
- 3 1 下面側リード端子 (リード端子)

10

20

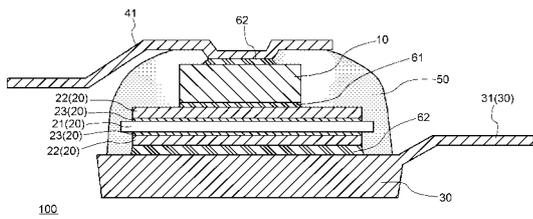
30

40

50

- 41 上面側リード端子（リード端子）
- 50 モールド層
- 61 第1接合層
- 62 第2接合層
- 71 第1接合材料
- 72 第2接合材料
- 81 基板内第2接合層
- 100、200 半導体モジュール

【図1】



【図2】

