

(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2005-56916

(P2005-56916A)

(43) 公開日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H01L 23/14	H01L 23/14	5E315
H01L 23/36	H05K 1/02	5E338
H01L 23/373	H05K 1/05	5F036
H05K 1/02	H01L 23/36	
H05K 1/05	H01L 23/36	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2003-206101 (P2003-206101)	(71) 出願人	000003218 株式会社豊田自動織機
(22) 出願日	平成15年8月5日(2003.8.5)		愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地
		(74) 代理人	100057874 弁理士 曾我 道照
		(74) 代理人	100110423 弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100084010 弁理士 古川 秀利
		(74) 代理人	100094695 弁理士 鈴木 憲七
		(74) 代理人	100111648 弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100117776 弁理士 武井 義一

最終頁に続く

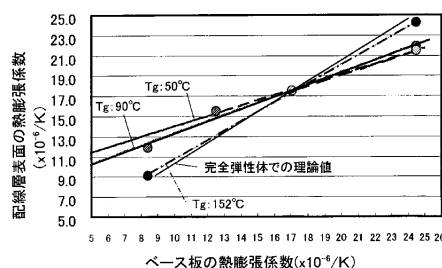
(54) 【発明の名称】 回路基板

(57) 【要約】

【課題】この発明は、応力緩和材を用いなくても配線層表面に搭載された電子部品との間に発生する熱応力を緩和することができる回路基板を提供することを課題とする。

【解決手段】ベース板を配線層よりも低い熱膨張係数を有する素材で形成することにより、配線層の表面の熱膨張係数がこの配線層自身の熱膨張係数より低い値に設定される。また、絶縁樹脂層のガラス転移温度 T_g を選択することにより、配線層表面の熱膨張係数を搭載される半導体素子等の電子部品に対応した値、すなわち電子部品の熱膨張係数に近い値に設定することができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ベース板と、
前記ベース板の表面に形成される絶縁樹脂層と、
前記絶縁樹脂層の表面に形成される配線層と
を備え、前記ベース板の材料が前記配線層の材料よりも低い熱膨張係数を有することにより前記配線層の表面の熱膨張係数がこの配線層の材料の熱膨張係数より低く設定されることを特徴とする回路基板。

【請求項 2】

前記絶縁樹脂層は、前記配線層の表面に搭載される電子部品の熱膨張係数に対応したガラス転移温度を有することを特徴とする請求項 1 に記載の回路基板。 10

【請求項 3】

前記ベース板は、SiC 粉体が充填された金型に Al あるいは Si を含有する Al 合金の溶湯を注入して鑄造することにより得られた Al / SiC 複合材であり、熱膨張係数が $6 \times 10^{-6} / K$ 以上 $12 \times 10^{-6} / K$ 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の回路基板。

【請求項 4】

前記絶縁樹脂層のガラス転移温度は、使用温度範囲の上限温度より高いことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の回路基板。

【発明の詳細な説明】 20

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、回路基板に係り、特に半導体素子等の電子部品を実装されてパワーモジュール等の半導体装置として使用される回路基板に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、特許文献 1 には、Al から形成されたベース板の表面上に絶縁層及び Cu 配線層が順次積層されて形成された回路基板が開示されている。このような回路基板は、Cu 配線層の表面にはんだを介して半導体素子等の電子部品が接合されて半導体装置として使用される。 30

また、この回路基板では、絶縁層を充填材の含有量が互いに異なる 2 以上の絶縁樹脂層から形成することにより高伝導性及び高耐電圧性を確保するようになっている。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 6 - 3 1 0 8 2 5 号公報

【0004】

上述の回路基板において、ベース板は熱伝導率の優れた Al から形成されているため、電子部品で発生した熱は Cu 配線層及び絶縁層を通過してベース板から外部へ効率よく放散される。

ところが、半導体素子等の電子部品に使用されている Si 等の半導体材料とベース板を形成する Al とでは、互いの熱膨張係数が大きく異なり、このため温度変化に対して回路基板における Cu 配線層の表面と電子部品との間に熱応力が発生することが知られている。熱応力が大きくなると、電子部品に反りが発生したり、電子部品を接合するはんだに亀裂を生じる虞がある。 40

そこで、例えば自動車等、温度差が激しい環境で使用される半導体装置にあっては、電子部品と回路基板との間にヒートスプレッド等の応力緩和材を組み付けることにより熱応力の緩和を図ることが行われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のような応力緩和材の組み付けは、半導体装置の部品点数を増加して 50

半導体装置全体の構造が複雑になってしまうだけでなく、その製造コストが高んでしまうという問題があった。

この発明はこのような問題点を解消するためになされたもので、応力緩和材を用いなくても配線層表面に搭載された電子部品との間に発生する熱応力を緩和することができる回路基板を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る回路基板は、ベース板と、ベース板の表面に形成される絶縁樹脂層と、絶縁樹脂層の表面に形成される配線層とを備え、ベース板の材料が配線層の材料よりも低い熱膨張係数を有することにより配線層の表面の熱膨張係数がこの配線層の材料の熱膨張係数より低く設定されるものである。

10

配線層の表面の熱膨張係数を配線層の材料の熱膨張係数よりも低く設定すれば、配線層表面に搭載される電子部品との熱膨張係数差が小さくなり、これら配線層の表面と電子部品との間に発生する熱応力が緩和される。

【0007】

絶縁樹脂層は、配線層の表面に搭載される電子部品の熱膨張係数に対応したガラス転移温度を有することが好ましい。このように絶縁樹脂層が搭載される電子部品の熱膨張係数に対応したガラス転移温度を有していれば、配線層表面と電子部品との間の熱膨張係数差をより小さくすることができる。

また、ベース板は、SiC粉体が充填された金型にAlあるいはSiを含有するAl合金の溶湯を注入して鑄造することにより得られたAl/SiC複合材であり、熱膨張係数が $6 \times 10^{-6} / K$ 以上 $12 \times 10^{-6} / K$ 以下であることが好ましい。金型内のSiC粉体の体積率、粒径、溶湯のSi含有率すなわち溶湯の種類、及び溶湯温度を選択することにより、熱膨張係数 $4.5 \times 10^{-6} / K$ のSiCと熱膨張係数 $25.0 \times 10^{-6} / K$ のAlと熱膨張係数 $2.6 \times 10^{-6} / K$ の析出するSiとを組み合わせ、例えば $6 \times 10^{-6} / K \sim 12 \times 10^{-6} / K$ の低い熱膨張係数と $200 W / m \cdot K$ 以上の高い熱伝導率とを有するAl/SiC複合材を得ることが可能となる。

20

さらに、絶縁樹脂層のガラス転移温度は使用温度範囲の上限温度より高いことが好ましい。このようにすれば、周辺温度が絶縁樹脂層のガラス転移温度を超えることにより絶縁樹脂層が軟化して配線層表面の熱膨張係数が上昇することを防止することができる。

30

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

図1に半導体素子が搭載された実施の形態に係る回路基板の断面を示す。この回路基板は、Al/SiC複合材からなるベース板1の表面に絶縁樹脂層2が形成され、この絶縁樹脂層2の上にCuからなる配線層3が形成されることにより構成されている。このような回路基板は、配線層3の表面にはんだ4を介して電子部品である半導体素子5が接合されて半導体装置として使用される。

【0009】

ベース板1は、SiC粉体が充填された金型にAlあるいはSiを含有するAl合金の溶湯を注入して鑄造することにより得られた、熱膨張係数 $8.4 \times 10^{-6} / K$ を有するAl/SiC複合材から形成されている。絶縁樹脂層2はフィラーを含み且つガラス転移温度 T_g が例えば152のエポキシ系樹脂から形成されている。また、配線層3を形成するCuの熱膨張係数は $17.5 \times 10^{-6} / K$ であり、ベース板1の方が配線層3よりも低い熱膨張係数を有している。なお、ベース板1を3mm、絶縁樹脂層2を100 μm 、配線層3を100 μm の厚みにそれぞれ形成した。

40

【0010】

ここで、配線層3の表面の熱膨張係数をひずみゲージにより測定したところ、およそ $9.2 \times 10^{-6} / K$ であり、配線層3を構成するCuの熱膨張係数($17.5 \times 10^{-6} / K$)より低くなっていることがわかった。さらに、ベース板1として熱膨張係数が異なる

50

種々のベース板を用いて同様に回路基板を形成した場合の配線層3の表面の熱膨張係数をひずみゲージで測定した結果を図2に示す。

【0011】

この図2から、ベース板1の熱膨張係数が配線層3を構成するCuの熱膨張係数 $17.5 \times 10^{-6} / K$ よりも低い場合には、配線層3の表面の熱膨張係数がこの配線層3を構成する材料の熱膨張係数よりも低くなることがわかる。さらに、このようにベース板1が配線層3よりも低い熱膨張係数を有する場合には、絶縁樹脂層2のガラス転移温度 T_g を高い値に選択するほど、配線層3表面の熱膨張係数は低くなって絶縁樹脂層2を完全弾性体としたときの理論値に近づくことがわかった。

【0012】

例えばベース板1を熱膨張係数 $8.4 \times 10^{-6} / K$ のAl/SiC複合材から形成した場合に、配線層3表面の熱膨張係数は、ガラス転移温度 $T_g = 50$ の絶縁樹脂層2を用いたとき $13 \times 10^{-6} / K$ 程度、 $T_g = 90$ の絶縁樹脂層2を用いたとき $12 \times 10^{-6} / K$ 程度、 $T_g = 152$ の絶縁樹脂層2を用いたとき $9 \times 10^{-6} / K$ 程度となる。従って、ガラス転移温度 T_g が $50 \sim 152$ の間の絶縁樹脂層2を選択することにより、配線層3表面の熱膨張係数を $9 \times 10^{-6} / K \sim 13 \times 10^{-6} / K$ の間で設定することができる。

【0013】

以上のように、ベース板1を配線層3よりも低い熱膨張係数を有する素材で形成することにより、配線層3の表面の熱膨張係数をこの配線層3の材料の熱膨張係数より低い値に設定することができる。ここで、配線層3の表面に搭載される半導体素子5等の電子部品としては各種のものがあるが、例えばチップ抵抗は $7 \times 10^{-6} / K$ 程度の、チップコンデンサは $10 \times 10^{-6} / K$ 程度の、Si半導体回路チップは $2.6 \times 10^{-6} / K$ 程度の熱膨張係数をそれぞれ有している。従って、配線層3の表面の熱膨張係数をこの配線層3の材料の熱膨張係数 $17.5 \times 10^{-6} / K$ より低い値に設定することにより、応力緩和材を用いなくても温度変化に対して回路基板の配線層3の表面と半導体素子5等の電子部品との間に大きな熱応力が発生することを防止することができる。その結果、自動車等の温度差が激しい環境で用いても、半導体素子5に反りが発生したり、はんだ4に亀裂が生じたりする虞がなく、信頼性の高い半導体装置が実現される。すなわち、冷熱サイクルにおけるはんだ信頼性が向上する。また、ヒートスプレッタを用いないため、部品点数が減少し、半導体装置構造が簡素となり、組み付け工数やコスト低減といった効果ももたらされる。

【0014】

また、特定のガラス転移温度 T_g の絶縁樹脂層2を選択することにより、ベース板1の材質が同一でも、配線層3の表面の熱膨張係数を調整することができ、搭載される半導体素子5等の電子部品に対応した値に設定することができる。すなわち、配線層2の表面の熱膨張係数を搭載される半導体素子5の熱膨張係数により近い値に設定し、この配線層の表面上に半導体素子5を搭載することにより、配線層表面に搭載された電子部品との間に発生する熱応力をより効率よく緩和することができる。

【0015】

さらに、ベース板1を純Alと同程度の高い熱伝導率を有するAl/SiC複合材から形成すれば、放熱性の優れた回路基板となる。また、ヒートスプレッタ等の応力緩和材が不要となるので、回路基板に半導体素子5等の電子部品を搭載して半導体装置として使用する際の装置全体の熱抵抗を低減することができる。

【0016】

次に、回路基板の周辺温度を変化させたときの配線層3表面の熱膨張係数の変動の様子を図3に示す。ベース板1が熱膨張係数 $8.4 \times 10^{-6} / K$ のAl/SiC複合材からなり且つ絶縁樹脂層2のガラス転移温度 T_g が 90 のとき、配線層3表面の熱膨張係数は、周辺温度が絶縁樹脂層2のガラス転移温度 $T_g = 90$ に近づくにつれて徐々に高くなり、 T_g を超えると急峻に高くなって配線層3自身の熱膨張係数 $17.5 \times 10^{-6} / K$

10

20

30

40

50

に近づくことがわかる。また、同一のベース板 1 で、絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度 T_g が 152 のときも、配線層 3 表面の熱膨張係数は、周辺温度が絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度 $T_g = 152$ に近づくにつれて徐々に高くなっており、 T_g を超えると急峻に高くなることが推定される。

【0017】

すなわち、配線層 3 表面の熱膨張係数はガラス転移温度 T_g 近傍から高くなり、温度上昇と共にさらに高くなって配線層 3 自身の熱膨張係数に近づくため、絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度 T_g は、回路基板の使用温度範囲の上限温度よりも高い値に選択されることが好ましい。一般に、自動車等では回路基板の使用温度範囲が $-40 \sim 125$ 、または $-55 \sim 150$ であるため、絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度を例えば $T_g = 152$ に 10

【0018】

次に、ベース板 1 を熱膨張係数 $8.4 \times 10^{-6} / K$ の Al / SiC 複合材から形成すると共に絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度 T_g を 152 に選択したときの、絶縁樹脂層 2 の板厚に対する配線層 3 表面の熱膨張係数の変化を図 4 に示す。この図 4 から、絶縁樹脂層 2 の板厚が小さいほど、配線層 3 表面の熱膨張係数も低くなることがわかる。絶縁樹脂層 2 の板厚を D_p (μm) としたとき、配線層 3 表面の熱膨張係数 s ($\times 10^{-6} / K$) は、 $s = 0.0686 D_p + 2.3578$ の関係を有していた。

図 4 に示されるように、この回路基板では、絶縁樹脂層の板厚 D_p を $220 \mu m$ にすると、配線層 3 表面の熱膨張係数 s が配線層 3 の材料の熱膨張係数 $17.5 \times 10^{-6} / K$ にほぼ等しい値になるので、絶縁樹脂層 2 の板厚 D_p は $20 \mu m \sim 220 \mu m$ 程度である 20

【0019】

さらに実験の結果から、配線層 3 の表面の熱膨張係数、すなわち半導体素子 5 が搭載される部分の熱膨張係数 s ($\times 10^{-6} / K$) は $s < 17.5 \times 10^{-6} / K$ のとき、

$$s = -0.044 T_g + 0.07 D_p + 0.878 b - 0.3 D_b$$

と表わされることがわかった。

ここで、 T_g : 絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度 ()

D_p : 絶縁樹脂層 2 の板厚 (μm)

D_b : ベース板 1 の板厚 (mm)

$$b : \text{ベース板 1 の熱膨張係数 } (\times 10^{-6} / K)$$

である。

この式から、絶縁樹脂層 2 のガラス転移温度 T_g を高くしたり、絶縁樹脂層 2 の板厚 D_p を減少することで、配線層 3 表面の熱膨張係数 s が低減されることがわかる。

【0020】

なお、上述の実施の形態では、配線層 3 は Cu から形成されていたが、その代わりに、配線層が Al または Ni から形成されていてもよい。

また、ベース板 1 は熱膨張係数が $8.4 \times 10^{-6} / K$ の Al / SiC 複合材から形成されていたが、これに限定されず、ベース板の熱膨張係数が配線層の熱膨張係数よりも低くなるならばベース板をどのような素材から形成してもよい。 40

【0021】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、ベース板と、ベース板の表面に形成される絶縁樹脂層と、絶縁樹脂層の表面に形成される配線層とを備え、ベース板の材料が配線層の材料よりも低い熱膨張係数を有することにより配線層の表面の熱膨張係数がこの配線層の材料の熱膨張係数より低く設定されるようにしたので、応力緩和材を用いなくても配線層表面に搭載された電子部品との間に発生する熱応力を緩和することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の実施の形態に係る回路基板に半導体素子を実装した様子を示す断面図である。

【図2】ベース板の熱膨張係数に対する配線層表面の熱膨張係数の関係を示すグラフである。

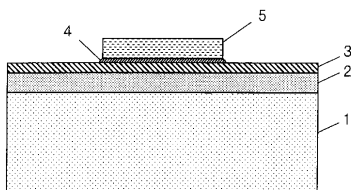
【図3】周辺温度の変化に対する配線層表面の熱膨張係数の関係を示すグラフである。

【図4】絶縁樹脂層の板厚に対する配線層表面の熱膨張係数の関係を示すグラフである。

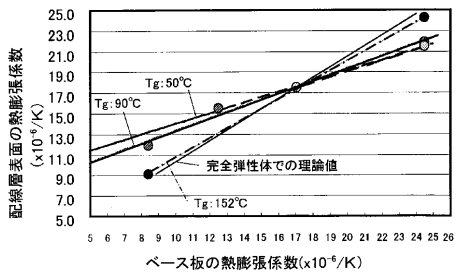
【符号の説明】

- 1 ベース板、2 絶縁樹脂層、3 配線層、4 はんだ、5 半導体素子。

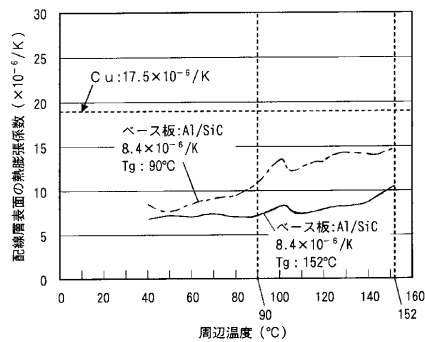
【図1】



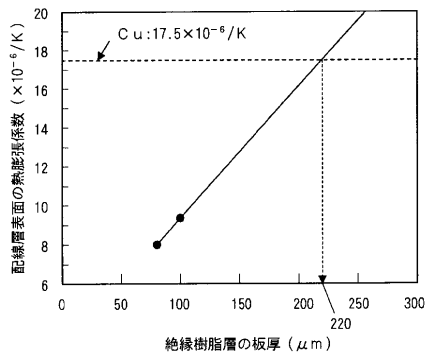
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 杉山 知平
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- (72)発明者 木下 恭一
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- (72)発明者 田中 勝章
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- (72)発明者 河野 栄次
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- Fターム(参考) 5E315 AA03 BB03 BB15 DD25 GG07 GG16
5E338 AA01 AA16 AA18 BB63 CC01 CD11 EE02 EE28
5F036 AA01 BB08 BC06 BD03 BD14