

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5128951号
(P5128951)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 23/473 (2006.01) HO 1 L 23/46 Z
 HO 1 L 23/373 (2006.01) HO 1 L 23/36 M

請求項の数 32 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2007-537663 (P2007-537663)	(73) 特許権者	000004064
(86) (22) 出願日	平成18年9月28日(2006.9.28)		日本碍子株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/319261		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(87) 国際公開番号	W02007/037306	(74) 代理人	100088616
(87) 国際公開日	平成19年4月5日(2007.4.5)		弁理士 渡邊 一平
審査請求日	平成21年5月22日(2009.5.22)	(72) 発明者	鈴木 健
(31) 優先権主張番号	特願2005-282363 (P2005-282363)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(32) 優先日	平成17年9月28日(2005.9.28)		日本碍子株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	石川 貴浩
			愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
			日本碍子株式会社内
		(72) 発明者	石川 修平
			愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
			日本碍子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートシンクモジュール及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層がこの順序で積層されるとともに第一のろう材により接合された二以上の熱伝導部と、

二以上の設置面を有する放熱冷却部と、を備え、

前記放熱冷却部の少なくとも前記設置面は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、

前記放熱冷却部の二以上の前記設置面上に、二以上の前記熱伝導部が、それぞれの前記ヒートシンク層が配置された状態で第二のろう材により接合されてなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有するヒートシンクモジュール。

【請求項2】

前記電極層の表面もしくは第二のろう材との接合面に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された請求項1に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項3】

熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層、及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる下部層がこの順序で積層されるとともに第一のろう材により接合された二以上の熱伝導部

10

20

と、

二以上の設置面を有する放熱冷却部と、を備え、

前記放熱冷却部の少なくとも前記設置面は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、

前記放熱冷却部の二以上の前記設置面上に、二以上の前記熱伝導部が、それぞれの前記ヒートシンク層が配置された状態で第二のろう材により接合されてなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有するヒートシンクモジュール。

【請求項4】

前記電極層及び前記下部層の表面の両方もしくはどちらか一方に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された請求項3に記載のヒートシンクモジュール。

10

【請求項5】

Niメッキの厚さが2µm以上である請求項2又は4に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項6】

前記熱伝導部の熱伝導率が200W/mKを越えるか、又は熱抵抗率が0.03K/W以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ(冷却媒体までの最短距離までの部分)熱伝導率が200W/mKを越えるか、又は熱抵抗が0.12K/W以下である、請求項1~5のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項7】

前記熱伝導部の熱伝導率が230W/mK以上、又は熱抵抗率が0.025K/W以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ(冷却媒体までの最短距離までの部分)熱伝導率が230W/mKを越えるか、又は熱抵抗が0.09K/W以下である、請求項1~5のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

20

【請求項8】

前記熱伝導部のヒートシンク層の厚さが1mm以上であり、一つ当りの熱伝導部の体積が12000mm³以下である請求項1~7のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項9】

前記放熱冷却部の前記流路の内壁面が凹凸状に形成されている請求項1~8のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

30

【請求項10】

前記放熱冷却部の前記流路内に、網目状部材が配設されている請求項1~9のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項11】

前記ヒートシンク材が、

SiC、Si₃N₄、AlN、BeO、BN、又はCからなる材料、もしくはこれを母材にし、

Cu、Cu合金、Al、又はAl合金が含浸された複合材料である請求項1~10のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項12】

前記母材が多孔体である請求項11に記載のヒートシンクモジュール。

40

【請求項13】

前記第一のろう材及び前記第二のろう材が、周期律表第2A族、第3A族、第4A族、第5A族、又は第4B族に属する一以上の元素を含有するろう材である請求項1~12のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項14】

前記電気絶縁層が、AlN又はSi₃N₄からなる層である請求項1~13のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項15】

前記放熱冷却部の前記設置面に対応する部分の形状が、薄肉部と厚肉部とを有する形状

50

であり、

前記薄肉部の厚みが、0.1mm以上である請求項1～14のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール。

【請求項16】

熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層をこの順序で積層するとともに第一のろう材により接合して得られる二以上の熱伝導部を、

二以上の設置面を有し、少なくとも前記設置面がCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有する放熱冷却部の、二以上の前記設置面上に、それぞれの前記ヒートシンク層を配置した状態で第二のろう材により接合することを含むヒートシンクモジュールの製造方法。

10

【請求項17】

前記電極層の表面に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された請求項16に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項18】

熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる下部層をこの順序で積層するとともに第一のろう材により接合して得られる二以上の熱伝導部を、

20

二以上の設置面を有し、少なくとも前記設置面がCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有する放熱冷却部の、二以上の前記設置面上に、それぞれの前記ヒートシンク層を配置した状態で第二のろう材により接合することを含むヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項19】

前記電極層及び前記下部層の表面の両方もしくはどちらか一方に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された請求項18に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項20】

前記Niメッキの厚さが2μm以上である請求項17又は19に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

30

【請求項21】

前記熱伝導部の熱伝導率が $200 W / m K$ を越えるか、又は熱抵抗率が $0.03 K / W$ 以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ（冷却媒体までの最短距離までの部分）熱伝導率が $200 W / m K$ を越えるか、又は熱抵抗が $0.12 K / W$ 以下である、請求項16～20のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュール製造方法。

【請求項22】

前記熱伝導部の熱伝導率が $230 W / m K$ 以上、又は熱抵抗率が $0.025 K / W$ 以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ（冷却媒体までの最短距離までの部分）熱伝導率が $230 W / m K$ を越えるか、又は熱抵抗が $0.09 K / W$ 以下である、請求項16～20のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

40

【請求項23】

前記熱伝導部のヒートシンク層の厚さが1mm以上であり、一つ当りの熱伝導部の体積が $12000 mm^3$ 以下である請求項16～22のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項24】

前記第一のろう材、及び前記第二のろう材が、周期律表第2A族、第3A族、第4A族、第5A族、又は第4B族に属する一以上の元素を含有するろう材である請求項16～23のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項25】

50

複数の板状部材を積層するとともに第三のろう材により接合して、
冷却媒体が流れる流路をその内部に有する前記放熱冷却部を得ることを更に含む請求項
16～24のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項26】

前記板状部材のうちの、前記設置面を包摂する部材以外の部材の熱膨張率が、
前記設置面を包摂する部材の熱膨張率に比して低い請求項25に記載のヒートシンクモ
ジュールの製造方法。

【請求項27】

前記ヒートシンク材が、
SiC、Si₃N₄、AlN、BeO、BN、又はCからなる材料、もしくはこれを母材 10
にし、
Cu、Cu合金、Al、又はAl合金が含浸された複合材料である請求項16～26の
いずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項28】

前記母材が多孔体である請求項27に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項29】

前記電気絶縁層が、AlN又はSi₃N₄からなる層である請求項16～28のいずれか
一項に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【請求項30】

前記電気絶縁層であるAlN又はSi₃N₄からなる層の表面をプラスト又はエッチング 20
により処理して絶縁性を確保する請求項29に記載のヒートシンクモジュールの製造方法
。

【請求項31】

請求項1～15のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの二以上の前記熱伝導
部のそれぞれの前記電極層上に、
半田層を介して電子回路チップが配設されてなる電子部品。

【請求項32】

前記半田層が、鉛フリー半田からなる層である請求項31に記載の電子部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、ヒートシンクモジュール、及びその製造方法、並びに電子部品に関する。更
に詳しくは、半導体等で構成された電子回路チップを冷却するために使用されるヒートシ
ンクモジュール、及びその製造方法、並びにこのヒートシンクモジュールを用いた電子部
品に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体装置にとって熱は大敵であり、内部温度が最大許容温度を超えないよう
にしなければならない。また、パワートランジスタや半導体整流素子等の半導体装置では
、動作面積当たりの消費電力が大きいため、半導体装置のケース（パッケージ）やリード 40
から放出される熱量だけでは、発生熱量を放出しきれず、装置の内部温度が上昇して熱破
壊を引き起こすおそれがある。この現象は、CPUを搭載した半導体装置でも同様に起こ
り得るものである。更には、CPUのクロック周波数の向上に伴って動作時の発熱量が多
くなるため、放熱を考慮した熱設計を行うことが重要である。

【0003】

半導体装置の熱破壊防止等を考慮した熱設計においては、半導体装置のケース（パッケ
ージ）に、放熱面積の大きいヒートシンクを固着することを加味した素子設計や実装設計
が行われている。このとき使用されるヒートシンクの材料としては、熱伝導率の高い銅や
アルミニウム等の金属材料が使用されている。

【0004】

50

従来、半導体基体（半導体素子や電気絶縁性の基板を含む）と、ヒートシンクとの熱膨張率の差に起因して、半導体装置内において、各構成部材（層）の剥離や機械的破壊、或いは半導体素子の誤動作等が生じ易くなるといった問題がある。このような問題は、半導体装置が大型化すると、各構成部材（層）間の熱膨張率の差により生ずる応力も大きくなるため、特に顕著となる。

【0005】

このような問題を解消するため、ヒートシンク用の材料が種々開発されている。具体的な関連技術として、高い熱伝導性を有するとともに熱膨張率とのバランスをも考慮した、カーボンと、銅やアルミニウムをはじめとする金属との複合材料が、ヒートシンク材として用いられることが開示されている（例えば、特許文献1参照）。

10

【0006】

ここで、ヒートシンク材としてカーボン（C）と銅（Cu）との複合材料（C/Cu複合材料）、或いはカーボン（C）とアルミニウム（Al）との複合材料（C/Al複合材料）等を用いた、従来の放熱機構（ヒートシンクモジュール）の構成（例えば、特許文献2参照）について説明する。図10は、従来のヒートシンクモジュールの一実施形態を示す断面図である。このヒートシンクモジュール50は、ヒートシンク材からなるヒートシンク層51上に、金属材料からなる中間層22、セラミックからなる電気絶縁層23、及び電極層24が積層され、それぞれの層どうしがろう材等の接合材28により接合されることによって構成されている。なお、このヒートシンクモジュール50は、外部へと熱を放出する放熱冷却機構（図示せず）上に、ヒートシンク層51を当接させた状態で、ネジ止め等の方法で固定される。また、電子回路チップ（図示せず）は、電極層24上に半田層を介して固着される。

20

【0007】

電子回路チップから生じた熱は、電極層24、電気絶縁層23、中間層22、及びヒートシンク層51を通じて放熱冷却機構に伝わり、外部へと放出される。しかしながら、ヒートシンク層51と放熱冷却機構との間はネジ止め等の方法で固定されているのみであるため、必ずしも十分な熱伝導がなされない場合がある。また、ヒートシンク層51から放熱冷却機構への熱伝導を十分に確保すべく、適当な接合材を用いてこれらを接合した場合には、両者の熱膨張率差に起因して剥離や損傷等の不具合を生ずる可能性がある。従って、熱伝導を十分に行いつつ、剥離等の不具合の生じ難い、信頼性に優れたヒートシンクモジュールの開発が求められている。

30

【0008】

一方、半導体装置は、素子の高集積化と素子形成面積の拡大化に伴い、半導体装置自体が大型化する傾向にある。半導体装置自体が大型化すると、多くの半導体素子を限られたスペースに組み込むことが困難になるといった問題がある。このような問題を解消すべく、十分に放熱可能な機構を備えながらも省スペース化された電子部品の開発が求められている。

【特許文献1】特開2001-339022号公報

【特許文献2】特開2002-43482号公報

【発明の開示】

40

【0009】

本発明は、このような従来技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その課題とするところは、熱伝導性が良好であり、剥離等の不具合が生じ難く信頼性に優れ、十分に放熱可能な機構を備えながらも省スペース化されたヒートシンクモジュール、及びその製造方法、並びに電子部品を提供することにある。

【0010】

本発明者らは上記課題を達成すべく鋭意検討した結果、ろう材により接合形成された性所定の積層構造を有する二以上の熱伝導部を、Cu等からなる二以上の設置面を有する放熱冷却部上にろう材により接合することによって、上記課題を達成することが可能であることを見出し、本発明を完成するに至った。

50

【 0 0 1 1 】

即ち、本発明によれば、以下に示すヒートシンクモジュール、及びその製造方法、並びに電子部品が提供される。

【 0 0 1 2 】

[1] 熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層がこの順序で積層されるとともに第一のろう材により接合された二以上の熱伝導部と、二以上の設置面を有する放熱冷却部と、を備え、前記放熱冷却部の少なくとも前記設置面は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、前記放熱冷却部の二以上の前記設置面上に、二以上の前記熱伝導部が、それぞれの前記ヒートシンク層が配置された状態で第二のろう材により接合されてなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有するヒートシンクモジュール。

10

【 0 0 1 3 】

[2] 前記電極層の表面もしくは第二のろう材との接合面に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された前記[1]に記載のヒートシンクモジュール。

【 0 0 1 4 】

[3] 熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層、及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる下部層がこの順序で積層されるとともに第一のろう材により接合された二以上の熱伝導部と、二以上の設置面を有する放熱冷却部と、を備え、前記放熱冷却部の少なくとも前記設置面は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、前記放熱冷却部の二以上の前記設置面上に、二以上の前記熱伝導部が、それぞれの前記ヒートシンク層が配置された状態で第二のろう材により接合されてなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有するヒートシンクモジュール。

20

【 0 0 1 5 】

[4] 前記電極層及び前記下部層の表面の両方もしくはどちらか一方に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された前記[3]に記載のヒートシンクモジュール。

【 0 0 1 6 】

[5] Niメッキの厚さが $2 \mu m$ 以上である前記[2]又は[4]に記載のヒートシンクモジュール。

30

【 0 0 1 7 】

[6] 前記熱伝導部の熱伝導率が $200 W / m K$ を越えるか、又は熱抵抗率が $0.03 K / W$ 以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ（冷却媒体までの最短距離までの部分）熱伝導率が $200 W / m K$ を越えるか、又は熱抵抗が $0.12 K / W$ 以下である、前記[1] ~ [5] のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【 0 0 1 8 】

[7] 前記熱伝導部の熱伝導率が $230 W / m K$ 以上、又は熱抵抗率が $0.025 K / W$ 以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ（冷却媒体までの最短距離までの部分）熱伝導率が $230 W / m K$ を越えるか、又は熱抵抗が $0.09 K / W$ 以下である、前記[1] ~ [5] のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

40

【 0 0 1 9 】

[8] 前記熱伝導部のヒートシンク層の厚さが $1 mm$ 以上であり、一つ当りの熱伝導部の体積が $12000 mm^3$ 以下である前記[1] ~ [7] のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【 0 0 2 0 】

[9] 前記放熱冷却部の前記流路の内壁面が凹凸状に形成されている前記[1] ~ [8] のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【 0 0 2 1 】

[10] 前記放熱冷却部の前記流路内に、網目状部材が配設されている前記[1] ~ [9]

50

]のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【0022】

[11]前記ヒートシンク材が、SiC、Si₃N₄、AlN、BeO、BN、又はCからなる材料、もしくはこれを母材にし、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金が含浸された複合材料である前記[1]～[10]のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【0023】

[12]前記母材が多孔体である前記[11]に記載のヒートシンクモジュール。

【0024】

[13]前記第一のろう材及び前記第二のろう材が、周期律表第2A族、第3A族、第4A族、第5A族、又は第4B族に属する一以上の元素を含有するろう材である前記[1]～[12]のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

10

【0025】

[14]前記電気絶縁層が、AlN又はSi₃N₄からなる層である前記[1]～[13]のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【0026】

[15]前記放熱冷却部の前記設置面に対応する部分の形状が、薄肉部と厚肉部とを有する形状であり、前記薄肉部の厚みが、0.1mm以上である前記[1]～[14]のいずれかに記載のヒートシンクモジュール。

【0027】

[16]熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層をこの順序で積層するとともに第一のろう材により接合して得られる二以上の熱伝導部を、二以上の設置面を有し、少なくとも前記設置面がCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有する放熱冷却部の、二以上の前記設置面上に、それぞれの前記ヒートシンク層を配置した状態で第二のろう材により接合することを含むヒートシンクモジュールの製造方法。

20

【0028】

[17]前記電極層の表面に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された前記[16]に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

30

【0029】

[18]熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材からなるヒートシンク層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる中間層、電気絶縁層、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる電極層及びCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなる下部層をこの順序で積層するとともに第一のろう材により接合して得られる二以上の熱伝導部を、二以上の設置面を有し、少なくとも前記設置面がCu、Cu合金、Al、又はAl合金からなり、前記放熱冷却部に冷却媒体が流れる流路を有する放熱冷却部の、二以上の前記設置面上に、それぞれの前記ヒートシンク層を配置した状態で第二のろう材により接合することを含むヒートシンクモジュールの製造方法。

【0030】

[19]前記電極層及び前記下部層の表面の両方もしくはどちらか一方に半田付け性を良好にするためのNiメッキが施された前記[18]に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

40

【0031】

[20]前記Niメッキの厚さが2µm以上である前記[17]又は[19]に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【0032】

[21]前記熱伝導部の熱伝導率が200W/mKを越えるか、又は熱抵抗率が0.03K/W以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ(冷却媒体までの最短距離までの部分)熱伝導率が200W/mKを越えるか、又は熱抵抗が0.12K/W以下である、前記[16]

50

～ [2 0] のいずれかに記載のヒートシンクモジュール製造方法。

【 0 0 3 3 】

[2 2] 前記熱伝導部の熱伝導率が 230 W/mK 以上、又は熱抵抗率が 0.025 K/W 以下であり、かつ放熱冷却板を含んだ（冷却媒体までの最短距離までの部分）熱伝導率が 230 W/mK を越えるか、又は熱抵抗が 0.09 K/W 以下である、前記 [1 6] ～ [2 0] のいずれかに記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【 0 0 3 4 】

[2 3] 前記熱伝導部のヒートシンク層の厚さが 1 mm 以上であり、一つ当りの熱伝導部の体積が 12000 mm^3 以下である前記 [1 6] ～ [2 2] のいずれかに記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

10

【 0 0 3 5 】

[2 4] 前記第一のろう材、及び前記第二のろう材が、周期律表第 2 A 族、第 3 A 族、第 4 A 族、第 5 A 族、又は第 4 B 族に属する一以上の元素を含有するろう材である前記 [1 6] ～ [2 3] のいずれかに記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【 0 0 3 6 】

[2 5] 複数の板状部材を積層するとともに第三のろう材により接合して、冷却媒体が流れる流路をその内部に有する前記放熱冷却部を得ることを更に含む前記 [1 6] ～ [2 4] のいずれかに記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【 0 0 3 7 】

[2 6] 前記板状部材のうちの、前記設置面を包摂する部材以外の部材の熱膨張率が、前記設置面を包摂する部材の熱膨張率に比して低い前記 [2 5] に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

20

【 0 0 3 8 】

[2 7] 前記ヒートシンク材が、 SiC 、 Si_3N_4 、 AlN 、 BeO 、 BN 、又は C からなる材料、もしくはこれを母材にし、 Cu 、 Cu 合金、 Al 、又は Al 合金が含浸された複合材料である前記 [1 6] ～ [2 6] のいずれかに記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【 0 0 3 9 】

[2 8] 前記母材が多孔体である前記 [2 7] に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

30

【 0 0 4 0 】

[2 9] 前記電気絶縁層が、 AlN 又は Si_3N_4 からなる層である前記 [1 6] ～ [2 8] のいずれかに記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【 0 0 4 1 】

[3 0] 前記電気絶縁層である AlN 又は Si_3N_4 からなる層の表面をブラスト又はエッチングにより処理して絶縁性を確保する前記 [2 9] に記載のヒートシンクモジュールの製造方法。

【 0 0 4 2 】

[3 1] 前記 [1] ～ [1 5] のいずれか一項に記載のヒートシンクモジュールの二以上の前記熱伝導部のそれぞれの前記電極層上に、半田層を介して電子回路チップが配設されてなる電子部品。

40

【 0 0 4 3 】

[3 2] 前記半田層が、鉛フリー半田からなる層である前記 [3 1] に記載の電子部品。

【 0 0 4 4 】

本発明のヒートシンクモジュールは、熱伝導性が良好であり、剥離等の不具合が生じ難く信頼性に優れ、十分に放熱可能な機構を備えながらも省スペース化されているという効果を奏するものである。

また、本発明のヒートシンクモジュールの製造方法によれば、熱伝導性が良好であり、剥離等の不具合が生じ難く信頼性に優れ、十分に放熱可能な機構を備えながらも省スペース化されたヒートシンクモジュールを製造することができる。

50

本発明の電子部品は、熱伝導性が良好であり、剥離等の不具合が生じ難く信頼性に優れ、十分に放熱可能な機構を備えながらも省スペース化されているという効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明のヒートシンクモジュールの一実施形態を示す断面図である。

【図2】本発明のヒートシンクモジュールの他の実施形態を示す断面図である。

【図3】本発明のヒートシンクモジュールの更に他の実施形態を示す断面図である。

【図4】本発明のヒートシンクモジュールの更に他の実施形態を示す断面図である。

【図5】本発明のヒートシンクモジュールの製造方法の一実施形態を模式的に説明する断面図である。

10

【図6】本発明のヒートシンクモジュールの製造方法の他の実施形態を模式的に説明する断面図である。

【図7】下部層が配設された熱伝導部の作製方法を模式的に説明する断面図である。

【図8】本発明のヒートシンクモジュールの製造方法の更に他の実施形態を模式的に説明する断面図である。

【図9】C/Cu複合材を示す拡大断面図である。

【図10】従来のヒートシンクモジュールの一実施形態を示す断面図である。

【図11】本発明のヒートシンクモジュールの他の実施形態を示す断面図である。

【図12】本発明のヒートシンクモジュールの他の実施形態（図11の熱伝導部を放熱冷却部に接合する実施形態）を示す断面図である。

20

【図13】本発明のヒートシンクモジュールの他の実施形態（図7の熱伝導部を放熱冷却部に接合する実施形態）を示す断面図である。

【図14】従来のヒートシンクモジュールの他の実施形態を示す断面図である。

【符号の説明】

【0046】

1, 51: ヒートシンク層、2, 22: 中間層、3, 23: 電気絶縁層、4, 24: 電極層、5a, 5b, 5c, 5d, 5e: 熱伝導部、6, 16, 26, 36: 流路、7, 17, 27, 37: 放熱冷却部、8: 凸状部、9: 網目状部材、10, 20, 30, 40, 50: ヒートシンクモジュール、11, 21, 31, 41: 電子部品、12: 薄肉部、13: 厚肉部、15: 第一のろう材、25: 第二のろう材、28: 接合材、35: 第三のろう材、45: 設置面、65: 下部層、60, 70, 75, 80: 金属板、100: ICチップ、110: 半田層、120: C/Cu複合材、130: 多孔質焼結体、140: 開気孔、150: Cu又はCu合金

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

以下、本発明の実施の最良の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、以下の実施の形態に対し適宜変更、改良等が加えられたものも本発明の範囲に入ることが理解されるべきである。なお、各層の積層順序、各層の厚さ等についても、材料の熱伝導率、熱膨張率、ヤング率等から適切に設定される。

40

【0048】

図1は、本発明のヒートシンクモジュールの一実施形態を示す断面図である。図1に示すように、本実施形態のヒートシンクモジュール10は、二つの熱伝導部5a, 5bと、二つの設置面45を有する放熱冷却部7とを備えている。熱伝導部5a, 5bは、それぞれヒートシンク層1、中間層2、電気絶縁層3、及び電極層4がこの順で積層されるとともに、第一のろう材により接合されることによって構成されている。なお、電極層4の表面には、電子回路との接合（半田付け等）を容易にするためにNiメッキが施されている（図示せず。以下に示す実施形態は全て同じ。）。放熱冷却板を有する事でお、図1に示した各層の積層順序は一例であり、本発明に係るヒートシンクモジュールを構成する各

50

層の積層順序はこれに限定されるものではない。

【0049】

ヒートシンク層1は、熱膨張率が $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / K$ 、好ましくは $2 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6} / K$ 、更に好ましくは $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} / K$ であるヒートシンク材によって構成される層である。ヒートシンク材の熱膨張率が $1 \times 10^{-6} / K$ 未満であると、熱応力が発生し、冷熱試験で破壊に至る場合がある。一方、ヒートシンク材の熱膨張率が $8 \times 10^{-6} / K$ 超であると、やはり熱応力が発生し、冷熱試験で破壊に至る場合がある。

【0050】

ヒートシンク材の種類は、熱膨張率が上記の範囲内となるようなものであれば特に限定されない。具体的には、SiC、Si₃N₄、AlN、BeO、BN、又はCをそのままヒートシンク材として使用するか、もしくはこれを母材に、Cu又はCu合金が含浸された複合材料(C/Cu複合材等)や、前記母材に、Al又はAl合金が含浸された複合材料(C/Al複合材等)であることが好ましい。C/Cu複合材は、図9に示すように、カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体50(多孔体)の開気孔52内に溶解したCu又はCu合金54を含浸し、次いで、このCu又はCu合金54を固化することにより得られるものである。このC/Cu複合材の詳細については、例えば特開2001-339022号公報等に記載されている。なお、C/Al複合材も、図9に示すC/Cu複合材と同様の構成を有するものである。即ち、C/Al複合材は、多孔質焼結体(多孔体)の開気孔内に溶解したAl又はAl合金が含浸され、次いで、このAl又はAl合金が固化されることにより得られるものである。このようなC/Cu複合材やC/Al複合材のヤング率は極端に低いために、接合後に残留応力が生じ難い。従って、電気絶縁層3にクラックが発生し難くなり、電気絶縁層3が剥離し難くなる。複合化させた場合には、ネットワーク化している母材は、マトリックスとして作用してこれに含浸された金属の熱膨張を抑えるため、化学量論から得られる熱膨張よりも小さくなり、かつネットワークされたマトリックスの熱伝導率も向上するメリットのある材料となる。

【0051】

なお、母材の具体例としては、図9に示すような多孔質焼結体130をはじめとする多孔体を挙げることができる。ここで、多孔体には、一般的な多孔体の他、粉体、粒体、又はフィラー等を押し固めることにより形成された、その内部に網目状の空隙を有するものも概念的に含まれる。

【0052】

ヒートシンク層1を構成するヒートシンク材の熱伝導率は、 $150 W / m K$ 以上であることが好ましい。 $150 W / m K$ 未満であると、熱伝導部の熱伝導率が $200 W / m K$ を越えないか、または熱抵抗が $0.03 K / W$ 未満にならなくなり、更に望ましい範囲である熱伝導率 $230 W / m K$ も越えず、また熱抵抗が $0.025 K / W$ 未満にならなくなる。これにより、電子部品11が使用されることに伴ってICチップ100が発した熱を電子部品11の外部へと伝達させる速度が遅くなり、電子部品100の温度を一定に保持し難くなる傾向にある。なお、ヒートシンク層1を構成するヒートシンク材が、C単体、SiC単体や上述したC/Cu複合材やC/Al複合材等からなるものである場合に、その熱膨張率や熱伝導率は、構成成分の組成比を設定することにより、上記した範囲内に制御することができる。特に複合材料の場合はネットワーク化しているマトリックス(SiC、Si₃N₄、AlN、BeO、BN、又はC)であるセラミックス等が、含浸された金属の熱膨張を抑制する効果をねらったものである。

【0053】

ヒートシンク層1の寸法は、放熱冷却部7に固定するための強度を確保すること、及び電極層30上に配設されるICチップ100等の電子回路チップから発生した熱を十分に伝達すること等を考慮して決定される。具体的には、ヒートシンク層1の厚みは $1 \sim 30 mm$ であることが好ましい。更にこの厚さは、熱伝導率、熱抵抗、応力緩和効果も併せて考慮されているのはいうまでもない。ヒートシンク層があまり薄いと電極や電子回路接合

10

20

30

40

50

用の半田や中間層、下部層、冷却放熱板間で発生する応力に耐えられなくなる。また、ヒートシンク層があまり厚いと小型化の実現が難しくなり、熱抵抗も大きくなってしまう。小型でかつ放熱性に優れたヒートシンクモジュールを実現するためには、熱伝導部の体積は 12000 mm^3 以下が望ましい。これを超えるとモジュール全体が大きくなり小型化に寄与しない。

【0054】

中間層2は、熱衝撃時における、電気絶縁層3とヒートシンク層1との間の熱膨張差を緩和することが可能な層であり、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金によって構成される層である。この中間層2を設けることによって、ヒートシンクモジュール10全体の接合性を向上させ、耐熱衝撃性の向上をも図ることができる。中間層2の厚みは、好ましくは $0.05\sim 3.0\text{ mm}$ 、より好ましくは $0.05\sim 1.0\text{ mm}$ である。電気絶縁層3とヒートシンク層1との間の熱膨張差の緩和だけであれば、厚みが薄くても効果があるが、中間層2の体積を考慮して、特に絶縁層3の上下で熱膨張への影響をその体積率を含めて同じにする（熱膨張率とその体積による影響を考慮する）ことで電気絶縁層3の上下でのバランスがよくなる。

10

【0055】

電気絶縁層3は、電極4層と、中間層2との間を電氣的に絶縁可能な材料からなる層であり、例えば、AlN、 Si_3N_4 等の材料によって構成される層である。AlNや Si_3N_4 で電気絶縁層3を構成した場合には、電気絶縁層3の熱膨張率が、ICチップ16をはじめとする電子回路チップの熱膨張率とほぼ同じとなる。電気絶縁層3の寸法のうち、最低厚みは、電極層4を流れる電流の絶縁性を確保できる厚みに設定される。但し、他の層に比して脆い材料からなる層であるため、実際上は、強度により最低厚みを決定する。一方、電気絶縁層3の最大厚みは、熱抵抗の値で決定される。厚い方が強度的には有利であるが、回路としての熱伝導が低下する傾向にある。従って、電気絶縁層3の最大厚みは、 $0.1\sim 2.0\text{ mm}$ であることが好ましく、 $0.1\sim 1.0\text{ mm}$ であることが更に好ましい。

20

【0056】

電氣的な絶縁を確保するために、絶縁距離を確保する事が重要である。具体的には 2 mm 以上、望ましくは 2.5 mm 以上、更に望ましくは 3 mm 以上である。このため接合される電極4やヒートシンク層1、中間層2などの大きさも絶縁距離を確保するように選ばれる。更に絶縁距離を確保した上で、絶縁層3の表面などに接合時に導電体などが付着する場合にはプラストなどの物理的な方法、もしくはエッチングなどの化学的な方法により除去する必要がある。

30

【0057】

電極層4は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金によって構成される層である。電極層4の寸法、特に最低厚みは、電極層4を流れる電流の電流密度により決定される。最大厚みは、接合後の耐熱衝撃性の制御目標により決まる。電極層4の最大厚みは、 $0.05\sim 2.0\text{ mm}$ であることが好ましく、 $0.1\sim 1.0\text{ mm}$ である更に好ましい。

【0058】

一方、図8などに示すように下部層65が積層される場合には、下部層65も電極層4と同様な厚さが好ましいが、下部層65の場合は直接電子回路との接合がないため、その厚みは任意に決められる。言うまでもないが、その厚みの決定には、所望の熱伝導率を確保し、モジュールの信頼性を確保するための熱衝撃試験（例えば-40 から150までの繰り返し数が1000回から3000回）をクリアできる事やハンドリングに影響する接合体のそり形状などを考慮して決められる。

40

【0059】

放熱冷却部7の少なくとも設置面45は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金によって構成されている。設置面45が、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金によって構成されていることにより、ヒートシンク層1と、設置面45とを、第二のろう材によって加圧条件下で接合することができる。なお、放熱冷却部7の全体が、Cu、Cu合金、Al、

50

又はA1合金によって構成されていてもよい。

【0060】

図1に示すように、本実施形態のヒートシンクモジュール10では、放熱冷却部7の二つの設置面45上に、二つの熱伝導部5a, 5bがそれぞれ接合されている。熱伝導部5a, 5bは、これらのヒートシンク層1が設置面45上に配置された状態で、第二のろう材によって設置面45上に接合されている。このように、放熱冷却部7を介して二つの熱伝導部5a, 5bが接合して配設されることにより、シンメトリック(対象な形状)になる。これにより熱膨張差による応力がバランスし集中応力が発生しにくくなるため放熱冷却部7の設置面45とヒートシンク層1との間で剥離等の不具合が生じ難く、信頼性に優れたヒートシンクモジュール10とすることができる。図1では上下に熱伝導部が配置されているが、その他に、例えば上下左右への熱伝導部の配置(図示せず)、六角形や八角形(いずれも図示せず)に熱伝導部を配置することによっても同様な効果が期待できる。無論、球形に近い放熱冷却部に設置面を設け(例えば六角形や正12面体、サッカーボールのような形状)(図示せず)による省スペース化も可能である。完全なシンメトリックな形状でなくとも応力バランスを改善できる場合もあり、放熱冷却部の片側にのみ熱伝導部を配設する場合でも、配設されない側の厚さの制御による疑似的な応力バランスの向上が可能であり、更に多少の角度をつける(例えば二つの熱伝導部間でV形状や 形状にするなど)も効果がある(図示せず)。また、一の放熱冷却部7は、二以上の熱伝導部5a, 5bを設置可能な設置面45を有するものである。従って、本実施形態のヒートシンクモジュール10は、限られたスペースにより多くの電子回路チップ(ICチップ100)を配設することができ、省スペース性に優れている。

10

20

【0061】

第一のろう材は、周期律表第2A族、第3A族、第4A族、第5A族、又は第4B族に属する一以上の元素(活性元素)を含有するろう材であることが好ましい。このようなろう材を使用する場合、各層どうし、及び放熱冷却部とヒートシンク層との接合は、加圧条件下で実施される。このため、加圧条件等によって、ろう材の厚みを制御することができる。従って、各層どうしの接合に用いられていた、数百 μm 厚の半田層と比較して、放熱性に優れたヒートシンクモジュールとすることができる。また、熱サイクルや熱衝撃等にさらされた場合でも、電気絶縁層3にクラック等が生じ難くなり、熱的信頼性の向上を図ることができる。接合後の第一のろう材、及び第二のろう材の平均厚みは、熱伝導性を考慮すると50 μm 以下であることが好ましく、10 μm 以下であることが更に好ましく、5 μm 以下であることが特に好ましい。この厚みは、加圧条件によって制御可能である。

30

【0062】

第一のろう材の具体例としては、Ag-Cu-Tiろう材、Ag-Cu-In-Tiろう材等を挙げることができる。これらのろう材の活性金属は、Tiである。なお、第一のろう材と第二のろう材は、同一のものであっても、異なるものであってもよい。なお、中間層や電極層が、A1やA1合金からなるものである場合には、第一のろう材として、A1ろう等の低融点のろう材を用いることが適切である。

【0063】

第二のろう材は、第一のろう材を用いる場合と同様な選択も可能であり、同一な成分でも良い。さらに第一のろう材により接合された熱伝導部と放熱冷却部に接合する際には周期律表第2A族、第3A族、第4A族、第5A族、又は第4B族に属する一以上の元素から選択されるSnなどが入った低融点のろう材(半田でも可)でもよい。下部層65を設けた場合などは、下部層65の表面にNiメッキ等が施されており、接合は圧力が不要であり容易になる。接合性の向上のために圧力を負荷することも可能である。

40

【0064】

放熱冷却部7の内部には、冷却媒体が流れる流路6が形成されていることが、ICチップ100で発生した熱をより効率的にヒートシンクモジュール10の外部へと放出することが可能となるために好ましい。図2は、本発明のヒートシンクモジュールの他の実施形態を示す断面図である。図2に示すように、本実施形態のヒートシンクモジュール20は

50

、放熱冷却部 17 の流路 16 内に凸状部 8 が形成され、流路 16 の内壁面が凹凸状に形成されていることが好ましい。このように、流路 16 の内壁面が凹凸状に形成されていることにより、水等の冷却媒体が流路 16 内を流れる際に乱流を生じ易くなるとともに、冷却媒体と放熱冷却部 17 との接触面積が増大し、ICチップ 100 で発生した熱をより効率的に外部へと放出することができる。なお、図 2 中、符号 21 は電子部品を示す。

【0065】

また、図 3 に示すように、本実施形態のヒートシンクモジュール 30 は、放熱冷却部 27 の流路 26 内に、網目状部材 9 が配設されていることが好ましい。流路 16 内に網目状部材 9 が配設されていることにより、水等の冷却媒体が流路 16 内を流れる際に乱流を生じ易くなり、ICチップ 100 で発生した熱をより効率的に外部へと放出することができる。なお、図 3 中、符号 31 は電子部品を示す。

10

【0066】

また、図 4 に示すように、本実施形態のヒートシンクモジュール 40 は、放熱冷却部 37 の設置面 45 に対応する部分の形状が、薄肉部 12 と厚肉部 13 とを有する形状であることが好ましい。このように、放熱冷却部 37 の設置面 45 に対応する部分の形状を、薄肉部 12 を有する形状とすることにより、電極層 4 上に配設された ICチップ 100 と、流路 36 までの距離を短縮することができる。従って、放熱効率を更に向上させることができる。また、本実施形態においては、薄肉部 12 の厚みが、0.1 ~ 50 mm であることが好ましい。より好ましい薄肉部 12 の厚みは、熱バランス、熱応力、及び重さにより決まるが、0.1 ~ 20 mm であることが更に好ましく、0.1 ~ 5 mm であることが特に好ましい。薄肉部 12 の厚みが 0.1 mm 未満であると、エロージョンによる磨耗が起こる場合がある。なお、図 4 中、符号 41 は電子部品を示す。

20

【0067】

次に、本発明のヒートシンクモジュールの製造方法の一実施形態について説明する。図 5 は、本発明のヒートシンクモジュールの製造方法の一実施形態を模式的に説明する断面図である。図 5 に示すように、本実施形態のヒートシンクモジュールの製造方法では、放熱冷却部 7 の二つの設置面 45 上に、ヒートシンク層 1、中間層 2、電気絶縁層 3、及び電極層 4 をこの順で積層する。このとき、ヒートシンク層 1、中間層 2、電気絶縁層 3、及び電極層 4 の間には、第一のろう材 15 を介在させる。また、ヒートシンク層 1 と放熱冷却部 7 の設置面 45 との間には、第二のろう材 25 を介在させる。例えば 0.0013 3 Pa 前後の真空中にて、0.2 ~ 10 MPa の圧力を負荷しつつ昇温・降温することにより、放熱冷却部 7 の二つの設置面 45 上にそれぞれ熱伝導部 5a, 5b が接合されたヒートシンクモジュール 10 を得ることができる。

30

【0068】

このように、本実施形態のヒートシンクモジュールの製造方法では、ヒートシンク層 1、中間層 2、電気絶縁層 3、及び電極層 4 を第一のろう材 15 で接合して熱伝導部 5a を作製するため、これらの層どうしが強固に接合される。また、本実施形態のヒートシンクモジュールの製造方法では、ヒートシンク層 1 と放熱冷却部 7 を第二のろう材 25 で接合するため、ヒートシンク層 1 と放熱冷却部 7 が強固に接合される。更に、加圧条件を調整することによって、第一のろう材を薄くすることができるため、熱伝導距離の短い、放熱効率に優れたヒートシンクモジュール 10 を製造することができる。

40

【0069】

なお、製造したヒートシンクモジュール 10 の電極層 4 を、所望とする回路パターンに形成することが一般的である。具体的には、先ず、電極層 4 の全表面に、回路形成用のレジストを印刷する。印刷されたレジストのエッチングしない部分のみを選択的に硬化した後、非硬化部分を除去することにより、電極層 4 の一部を露出させる。次いで、露出した電極層 4 (例えば、Cu) を塩化第二銅水溶液でエッチングすれば、電極層 4 を所望とするパターンに形成することができる。パターン間のろう材を除くには、酸性フッ化アンモニウム水溶液及び水で順次洗浄すればよい。その後、パターン表面に、Ni-Pめっき等の保護層を形成してもよい。一方、回路を形成せずに使用する場合もあり、この場合は接

50

合された電極面に直接半田で電子回路が接合される。この場合は予めNiメッキを施した電極層4を接合した方がよい。無論接合後にメッキしても問題はない。特に回路パターンを形成しない場合は絶縁距離を確保するために、図1以降の実施例にみられるように、電極層4よりも絶縁層3が所定の絶縁距離を確保できるようなサイズで接合される。回路パターンが形成される場合には所定の絶縁距離を確保できるようなパターンを形成すればよい。この場合は接合時の電極層4と絶縁層3の大きさは同じでもよい。

【0070】

既に述べたように、放熱冷却部の少なくとも設置面は、Cu、Cu合金、Al、又はAl合金によって構成されている。但し、ろう材によって接合する際の加圧時に、圧力分布が生ずるような場合には、上手く接合されない部分未接合部分を生ずる場合もある。この

10

【0071】

ような未接合部分を生ずることを回避すべく、加える圧力を増加させた場合には、放熱冷却部の設置面が軟化して変形する可能性もある。このため、放熱冷却部の少なくとも設置面を、Cu単体に比して高温強度に優れた高熱伝導材であるCuCr等によって構成することが、優れた熱伝導性を維持しながら、未接合部分を生ずることを回避可能となるために好ましい。

20

【0072】

また、ろう材による接合の際の加圧時に生ずる圧力分布を解消すべく、クッション性を有する合紙をろう材とともに介在させることが好ましい。合紙の種類としては、カーボンシート、紙、金属薄板、セラミクス板等を挙げることができる。また、合紙の厚みは、0.1~10mmとすることが好ましい。

【0073】

また、本実施形態のヒートシンクモジュールの製造方法においては、図6に示すように、板状部材である複数の金属板60, 70を積層するとともに、これらを第三のろう材35により接合し、冷却媒体が流れる流路6(図1参照)をその内部に有する放熱冷却部7(図1参照)を形成してもよい。このように、放熱冷却部を、複数の板状部材を積層及び接合して形成する場合には、流路の形成、熱伝導部の形成、及び熱伝導部と放熱冷却部の接合を一度の接合操作によって完了することができるため、製造工程を簡略化することができる。なお、第三のろう材35は、前述の第一のろう材及び第二のろう材と同様のもの(所定の活性元素を含有するろう材)を用いることができる。

30

【0074】

図6に示す板状部材である金属板60, 70のうちの、設置面を包摂する部材(金属板60)以外の部材(金属板70)の熱膨張率が、設置面を包摂する部材(金属板60)の熱膨張率に比して低いことが好ましい。金属板70は、電極層4上に配設されるICチップ等から発生する熱が直接的に伝達される部材ではない。このため、金属板70を、金属板60に比して熱膨張率の低い材料とすることが可能である。また、このようにすることにより、例えばヒートシンク層を薄くした場合に、ヒートシンク層に生じ易いクラック等の不具合を回避することが可能となる。なお、金属板60に比して熱膨張率の低い材料としては、例えば金属板60がCu板である場合には、金属板70は、CuW、CuMo等からなる板であることが好ましい。なお、図6においては、金属板70として示しているが、板状部材を構成する材料としては金属に限定されず、例えば、アルミナやSi₃N₄であつてもよい。

40

次に、図4に示す実施形態のヒートシンクモジュール40の製造方法について説明する。このヒートシンクモジュール40を製造するには、例えば、図7に示すように、下部層に相当する、例えばCuからなる金属板65を適当な治具(図示せず)上に載置する。この下部層65上に、ヒートシンク層1、中間層2、電気絶縁層3、及び電極層4をこの順で積層する。このとき、その接合には、第一のろう材15を介在させる。特に金属板65とヒートシンク層1の間には、第二のろう材を介在させてもよい。適度な真空中にて、0.2~10MPaの圧力を負荷しつつ昇温・降温することにより、その下面に金属板65が配設された熱伝導部5a, 5bを作製することができる。次いで、図8に示すように、

50

作製した熱伝導部 5 a , 5 b を、第三のろう材 3 5 を介在させた状態で、所定形状の金属板 7 5 , 8 0 と積層する。適度な真空中にて、0 . 2 ~ 1 0 M P a の圧力を負荷しつつ昇温・降温することにより、放熱冷却部 3 7 の設置面 4 5 に対応する部分の形状が、薄肉部 1 2 と厚肉部 1 3 とを有する形状である、ヒートシンクモジュール 4 0 を製造することができる。

【 0 0 7 5 】

ここで、金属板 7 5 , 8 0 どうし、及び熱伝導部 5 a , 5 b と金属板 7 5 を接合するために用いられる第三のろう材 3 5 の融点は、熱伝導部 5 a , 5 b を作製するために用いた第一のろう材 1 5 及び第二のろう材 2 5 (図 7 参照) の融点よりも、低いことが好ましい。第一のろう材及び第二のろう材に比べて低融点である第三のろう材を用いることにより、ヒートシンクモジュールを得る際の昇温時に、第一のろう材及び第二のろう材が溶け出す恐れがなく、変形等の生じ難い、より信頼性に優れたヒートシンクモジュールを製造することができる。

10

【 0 0 7 6 】

図 1 1 は積層構造を変更した実施形態を示す。絶縁層 3 の上部に中間層 2、ヒートシンク層 1 並びに電極層 4 を配している。この構造では、電極層 4 上で発生した熱を溜めるための熱容量が確保できる利点がある。この積層構造では、下部層 6 5 を設ける事が必要になり、下部層 6 5 と放熱冷却部 7 との接合のために N i メッキを施しても良いし、施さなくても良い。

【 0 0 7 7 】

20

図 1 2 は図 1 1 で接合された熱伝導部 5 c , 5 d を放熱冷却部 7 と第二のろう材 2 5 で接合する実施形態である。この接合にはろう材の種類、厚みにより加圧を必ずしも必要とはしない。

図 1 3 は図 7 で接合された熱伝導部 5 a , 5 b を放熱冷却部 7 と第二のろう材 2 5 で接合する実施形態である。この接合にはろう材の種類、厚みにより加圧を必ずしも必要とはしない。

【 0 0 7 8 】

積層構造などは例示した以外にもあることは既に述べているが、下部層 6 5 のメッキ処理の有無や放熱冷却部 7 との同時接合もしくは各々を接合した後で合体させる方法が考えられ、その際は、無加圧方式、加圧方式などの条件は、ろう材の選択やヒートシンク材の材質、サイズ、各層の板厚や製造設備から生じる条件などを考慮して選択される。

30

図 1 4 は、現在市販されているハイブリッドカーに用いられているモジュールの実施形態である。半田 7 0 により図示した基板 (アルミと窒化アルミ、アルミの三層構造) 7 2 と C u M o のヒートシンク材 1 を接合している。

【 実施例 】

【 0 0 7 9 】

以下、本発明の実施例について説明する。

表 1 - 4 は、図 1 4 に示す熱伝導部 5 e をベンチマーク (基準) として各々の構造の実施形態に関して、理論値と実測値の差について示したものである。

【 0 0 8 0 】

40

表 1 は、図 1 に示すヒートシンクモジュールにおいて、熱伝導部 5 a もしくは 5 b に具体的な材料及び寸法を適用した場合の実施例 1 の結果である。同様に、表 2 は、図 7 もしくは図 1 3 に示すヒートシンクモジュールにおいて、熱伝導部 5 a , 5 b に具体的な材料及び寸法を適用した場合の実施例 2 の結果である。表 3 は、図 1 1 に示す熱伝導部に具体的な材料及び寸法を適用した場合の実施例 3 の結果である。表 4 は、図 1 4 に示すヒートシンクモジュールにおける熱伝導部 5 e に現行市場流通品を適用した場合の基準例 (比較例 1) の結果である。表 5 は熱伝導部の実施例 1 ~ 3 と比較例 1 をまとめたものである。

【 0 0 8 1 】

実施例 1 ~ 3 は、いずれも熱伝導率は 2 0 0 W / m K を越え更に望ましい範囲 2 3 0 W / m K も越えており理論値との差もほとんどない。熱抵抗も 0 . 0 3 K / W 未満であり更に

50

望ましい 0.025 K/W 未満である。これは接合性が良好であることを示している。一方、基板までの熱容量を比較しており、この熱容量の多寡は、IGBTなどの急な発熱が生じ、熱が伝わるまでの間に発生した熱をためこむ程度を示している。実施例1, 2は比較例1に比べて悪いが、実施例3は非常に大きい。放熱冷却部7が水冷などの媒体を用いる場合には、この熱容量の多寡は大きい問題とならないが、空気などの場合は奪熱能力が水などに比べ落ちるため、熱容量の大きい方が有利となる。放熱冷却部7の能力や放熱冷却方法により選択されることになる。

【0082】

更に、表6-9は熱伝導部と放熱冷却部を接合した場合の実施例を示す。表6は図1に示す積層構造において、具体的な材料及び寸法を適用した場合の実施例4である。表7は、図13に示す積層構造において、具体的な材料及び寸法を適用した場合の実施例5である。表8は、図12に示す積層構造において、具体的な材料及び寸法を適用した場合の実施例6である。表9は、ベンチマークとなる図14に示す積層構造において、現行市場流通品を適用した場合の比較例2である。表10には全体の熱伝導率、熱抵抗率を示し、その実現率を示している。

【0083】

実施例4~6では熱伝導率は 200 W/mK を越え実現率も 0.97 以上である。接合が適切に行われ、熱抵抗になるようなボイド(空気層)などが無いことがわかる。一方、比較例2では熱伝導率は 110 W/mK (実測値)と半分程度であり、ばらつきを生じ易い。グリースの影響を受けて実現率も小さくなっている。

【0084】

表1は実施例1であり、図1の熱伝導部5a, 5b部分のみに対する実施例を示している。表中にサイズ、熱膨張率、降伏応力、ポアソン比、縦弾性係数、横弾性係数等を記載することで、熱伝導部に発生する応力シミュレーションが可能である事を示している。実施例1は、電極部表面に半田付けを良好にするためのNiメッキを施している。電極層の厚さは、 0.1 mm としている。この厚さは半田付けされる電子回路への影響に鑑みて設定される。半田の成分やその厚みで電極層の厚さは変化し、銅もしくは銅合金の場合は 0.05 から 0.5 mm が適切であり、電極層がアルミもしくはアルミ合金の場合は 0.05 から 1.0 mm が適切である。アルミ、アルミ合金が厚いのは、銅および銅合金に比べ降伏応力が低いため、発生する応力を電極層内で吸収しやすいためである。絶縁層は Si_3N_4 を採用している。熱伝導の観点からはAlNが優れているが強度の観点では、 Si_3N_4 が優れている。発生応力のシミュレーションや熱衝撃試験などにより選択可能である。中間層はCuとしている。これも銅合金やアルミもしくはアルミ合金から選択可能である。この厚さは、電極部の厚さに合わせる事が基本である。電極部に回路が切られる場合にはその体積で合わせるようにすべきである。実施例1ではヒートシンク層との関連から 0.3 mm でも使用可能であった。ヒートシンク層は、カーボンに金属を含浸した複合材であり、金属には銅合金(4%Si)を採用している。これも上記で説明したように各種の材料を選択できる。特に複合材料の場合は、含浸される材料と母材との接合性、残留気孔の制御などが重要になるため、例えばカーボンに金属を含浸し複合化する際には、湯流れを改善し残留気孔を減らし金属と母材との間でこの例ではSiCを作り接合性を向上できる添加元素Siを入れることも好適である。添加元素は母材との相互反応や製造しやすさなどを考慮して選択される。母材がSiCの場合は、純銅ではSiCとの反応が生じるので、添加元素の選択は重要である。表1中の特性値は実測値である。この実測値から得られる熱伝導部の理論値を熱伝導率並びに熱抵抗、熱容量を計算している。これに対し、実測した値を実測値として熱伝導率と熱抵抗について記載し、理論値と実測値の差を実現率として示した。実現率は、熱伝導率では実測値/理論値、熱抵抗では理論値/実測値としている。

【0085】

絶縁基板までの熱容量は、電子回路の発熱を溜めておくための指標となるもので、放熱冷却体中を流れる冷却媒体が水、液体冷媒などでは重要視されないが、空気、不活性ガス

、などの気体の場合などは奪熱量が少ないので重要になる。接合に用いた第一のろう材はAg-Cu-In-Ti系でありセラミクスとの接合、複合材との接合金属の接合のいずれにも適用でき、薄くかつ確実な接合ができています。

【0086】

表2は図7に相当する構造に関する実施例である。実施例1との違いは下部層の有無にあり、この効果に関して熱伝導率、熱抵抗で比較できる。実施例1と同様に理論と実測値との差はほとんど無く、本願の製法により作製されたものが理論値とほぼ同様な測定結果を示している。これは、第一のろう材による接合厚みが薄くかつ熱伝導を阻害しない接合ができていたことを示している。

【0087】

表3に示す実施例3は、熱伝導部の積層順序を替えたものであり図11に示す構造である。この目的は絶縁基板までの熱容量を大きくして、放熱冷却部に流れる媒体が液体ではなく気体(空気、不活性ガス、炭酸ガスなど)であった場合に重要となる熱容量が大きいことがわかる。この場合にも理論値との差は少なく、ほぼ理想的な接合が実施されていることがわかる。

【0088】

表4は比較例1(図14の5e部)を示しており、現状のハイブリッドカーの積層構造とその特性を予想したものである。窒化アルミの上下にアルミを配した基板をCuMoと半田付けにより接合し、水冷の放熱冷却部とは導電グリースを通してねじ止めされている。表4ではCuMoまでの熱伝導率と熱容量を示している。実施例に比較して実現率が低いのは半田付けの場合は内部にボイドなどが生じやすいためと思われる。

【0089】

表5には実施例1-3、比較例4に関する重要な特性である熱伝導率、熱抵抗、基板までの熱容量をまとめている。各特性値は判定基準の最も良いから、最も劣るxを定めて接合後の熱伝導部の理論値、実績値とその実現率を示す。各々使用可能範囲が、望ましい範囲が、更に望ましい範囲が、目標未達がx、の意味である。実施例では、熱伝導率は200W/mKを越えており、更に望ましい範囲である230W/mKも越えている。熱抵抗も0.03K/Wと非常に低く、更に望ましい範囲である0.025K/W未満である。その実現率も0.95を超えほぼ理想的な接合が実現できていることがわかる。実現率は100%が理想であるが、望ましくは0.9以上、更に望ましくは0.95以上である。実施例では全て0.95以上であった。

【0090】

表6に示す実施例4-6は、放熱水冷部を接合した後の特性を示している。示された特性としては、上記実施例1-3、比較例1と同様に、熱伝導部について各種の値を示した。表6は図1の場合である。放熱冷却部は、10mmの銅とし第二のろう材を用いて接合している。この第二のろう材はAg-Cu-In-Ti系であり、ごく薄い層でも接合性に優れている。熱伝導率は200W/mKを越え、一方熱抵抗は0.12K/W以下である。更に好ましい範囲である熱伝導率230W/mKを越え、熱抵抗は0.09K/Wよりも低い。実現率も高いことから、放熱冷却部との接合も良好であると考えられる。

【0091】

表7は、実施例5を示しており図13の場合である。ここでは放熱冷却部は10mmのアルミである。ここで用いた第二のろう材は、Sn系の半田である。熱伝導部5a, 5bを予め接合した後に放熱冷却部と接合しており、熱伝導部の接合に用いたAg-Cu-In-Ti系では700-800の融点に対し、200-300の融点を持つため熱伝導部の接合に影響を与えずに接合が可能である。この場合でも熱伝導もしくは熱抵抗の好ましい範囲は満足している。

【0092】

表8は実施例6を示しており図12の場合である。ここでは熱伝導部の積層構造が異なっている。これは絶縁層までの熱容量を上げるためである。放熱冷却部とは実施例7で用いた第二のろう材を用いて接合している。熱伝導部は予め接合された状態で第二のろう材

10

20

30

40

50

による接合を実施している。この場合は圧力を付していない。無論圧力をかけより薄いろう材層を目指す事もできるし、それにより熱伝導率や熱抵抗の実現率を上げることも可能である。この場合でも熱伝導率もしくは熱抵抗の好ましい範囲は満足している。

【 0 0 9 3 】

表 9 は比較例である図 1 4 の場合を示す。熱伝導グリースによりネジ止めされる構造であり、熱伝導率の理論値も低くその実現率も低い。これはクリーズ中のボイドの存在と、グリースの厚み制御などが難しいためであり、本願実施例に比べ半分程度の熱伝達能力しかない事がわかる。放熱冷却部は 1 0 m m のアルミとした。

【 0 0 9 4 】

表 1 0 は実施例 4 - 6 と比較例 2 の熱伝導率と熱抵抗を比較している。各々使用可能範囲が、望ましい範囲が、更に望ましい範囲が、目標未達が x、で示している。実施例はすべて望ましい範囲の熱特性を示している。また実現率も高く接合性の良好さが示されている。

10

【 0 0 9 5 】

表 1 1 はヒートシンク層の厚さにより構造体が冷熱試験に耐え得るか否かを実験した結果である。冷熱試験は、- 4 0 から 1 5 0 の繰り返しを 1 0 0 0 回実施している。クラックの発生は、電気絶縁層及びヒートシンク層、ろう材接合層の観察による結果である。図 1 の構造で、ヒートシンク層以外は表 6 の厚さの構造である。熱伝導率、熱抵抗は、試験前の実測値である。ヒートシンク層が 0 . 5 m m ではクラックが発生しているが 1 . 5 m m では発生がなくなっている。

20

【 0 0 9 6 】

表 1 2 はヒートシンク層の厚さにより構造体が冷熱試験に耐え得るか否かを実験した結果である。図 1 3 の構造で、ヒートシンク層以外は表 7 に示す厚さの構造である。熱伝導率、熱抵抗は、試験前の実測値である。ヒートシンク層が 0 . 8 m m ではクラックが発生しているが 1 . 0 m m では発生がなくなっている。

【 0 0 9 7 】

【表 1】

実施例1(下部層なし)
図1 5a、5b相当品

積層構造	サイズmm			熱伝導率W/mk		熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚mm	板厚m	長手幅	短手幅	体積mm ³		
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	2	91	13.7
Cu板(電極)	0.1	0.0001	26	32	83	398	16.6
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2
SiN(絶縁層)	0.3	0.0003	33	39	396	60	2.3
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2
Cu板(中間層)	0.3	0.0003	26	32	250	398	16.6
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2
C/Cu(ヒートシंक)	4	0.004	26	32	3328	333	4.5
	4.717				4061	理論値 238.0585639 実測値 236 実現率 0.991	

積層構造	降伏応力		密度 g/cm ³	ポアソン比	縦弾性係数		横弾性係数 GPa	S面積 m ²	r _{th} 熱抵抗 K/w	熱容量		絶縁基板までの熱容量 含絶縁板
	MPa	MPa			GPa	GPa				(比熱*質量)J/K	J/K	
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.0003	0.00669				
Cu板(電極)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.0030	0.28583				
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.0009	0.01048				
SiN(絶縁層)	600	3.3	0.27	275	108	0.001287	0.00389	0.90336			1.21	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.0009	0.01048				
Cu板(中間層)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.0091	0.85748				
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.0009	0.01048				
C/Cu(ヒートシंक)	5	2.7	0.09	8.1	3.5	0.000832	0.01444	5.67890				
						理論値 7.76369 実測値 0.01981 実現率 0.01993 0.994						

【表 2】

実施例2(下部層あり)
図7相当品 図13 5a5b

積層構造	サイズ mm			熱伝導率 W/mK		熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚 mm	板厚 m	長手幅	短手幅	面積 mm ³		
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	2	91	0.452
Cu板(電極)	0.1	0.0001	26	32	83	398	0.386
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	0.268
SiN(絶縁層)	0.3	0.0003	33	39	386	60	0.709
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	0.268
Cu板(中間層)	0.3	0.0003	26	32	250	398	0.386
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	0.268
C/Cu板(ヒートシंक)	4	0.004	26	32	3328	333	0.632
第二のろう材	0.005	0.000005	33	39	6	60	0.268
Cu板(下部層)	0.5	0.0005	60	39	1170	398	0.386
	5.222				5237	255.7788471	
					理論値	250	
					実測値	0.98	
					実現率		

積層構造	降伏応力 MPa	密度 g/cm ³	ホアソン比	縦弾性係数 GPa	横弾性係数 GPa	S面積 m ²	r _{th} 熱抵抗 K/w	熱容量 (比熱*質量) J/K	絶縁基板までの熱容量
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.00003	0.00669	
Cu板(電極)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00030	0.28583	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	0.01048	
SiN(絶縁層)	600	3.3	0.27	275	108	0.001287	0.00389	0.90336	1.21
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	0.01048	
Cu板(中間層)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00091	0.85748	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	0.01048	
C/Cu板(ヒートシंक)	5	2.7	0.09	8.1	3.5	0.000832	0.01444	5.67890	
第二のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.001287	0.00006	0.01621	
Cu板(下部層)	28	8.9	0.35	127	47	0.00234	0.00054	4.01942	
						理論値	0.02042	11.79932	
						実測値	0.02080		
						実現率	0.98		

【 0 0 9 9 】

【 表 3 】

実施例3
図11相当品

積層構造	サイズ mm			熱伝導率 W/mK		熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚 mm	板厚 m	長手幅	短手幅	体積 mm ³		
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	2	91	13.7
Cu板(電極)	0.1	0.0001	26	32	83	398	16.6
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2
C/Cu板(ヒートシंक)	4	0.004	26	32	3328	333	4.5
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2
Cu板(中間層)	0.3	0.0003	26	32	250	398	16.6
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2
SiN(絶縁層)	0.3	0.0003	33	39	386	60	2.3
第一のろう材	0.005	0.000005	33	39	6	70	18.2
Cu板(下部層)	3	0.003	60	39	7020	398	16.6

7.722

11087

理論値
334.4133055

実測値
329

実現率
0.98

【 0 1 0 0 】

積層構造	降伏応力 密度		ポアソン比	縦弾性係数		横弾性係数		S面積 m ²	r _{th} 熱抵抗 K/w	熱容量 (比熱*質量) J/K	T.熱容量 合絶縁板
	MPa	g/cm ³		MPa	Pa	MPa	Pa				
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.00003	0.00669			
Cu板(電極)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00030	0.28583			
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	0.01048			
C/Cu板(ヒートシंक)	5	2.7	0.09	8.1	3.5	0.000832	0.01444	5.67890			
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	0.01048			
Cu板(中間層)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00091	0.85748			
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	0.01048			
SiN(絶縁層)	600	3.3	0.27	275	108	0.001287	0.00389	0.90336		7.76	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.001287	0.00006	0.01621			
Cu板(下部層)	28	8.9	0.35	127	47	0.00234	0.00322	24.11651			

理論値

実測値

実現率

0.02309

0.02350

0.98

比較例1
現行市場流動品 図14 5e

積層構造	サイズ mm			熱伝導率 W/mK		熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚 mm	板厚 m	短手幅	面積	鉛直		
Niメッキ	0.005	0.000005	53	26	7	91	0.452
アルミ板	0.4	0.0004	53	26	551	238	0.917
ALN板	0.635	0.000635	56.5	29	1040	180	0.837
アルミ板	0.4	0.0004	53	26	551	238	0.917
Niメッキ	0.005	0.000005	53	26	7	91	0.452
半田(1:1)	2	0.002	53.5	26	2782	48	0.176
Niメッキ	0.005	0.000005	70	35	12	91	0.452
2Cu8Mo板	3	0.003	70	35	7350	200	0.2746
	6.45				12301	158.1989893	
						理論値	
						実測値	148
						実現率	0.94

積層構造	降伏応力		密度 g/cm ³	ホアソソ比		縦弾性係数		横弾性係数 GPa	S面積 m ²	r _{th} 熱抵抗 K/w	熱容量 (比熱*質量)J/K	T.熱容量 含絶縁板
	MPa			GA	GA	GA						
Niメッキ	180		8.9	0.33	205	77	0.001378	0.00004	0.02772			
アルミ板	34		2.7	0.3	76	26	0.001378	0.00122	1.36472			
ALN板	300		3.3	0.22	322	132	0.0016385	0.00215	2.87382			4.27
アルミ板	34		2.7	0.3	76	26	0.001378	0.00122	1.36472			
Niメッキ	180		8.9	0.33	205	77	0.001378	0.00004	0.02772			
半田(1:1)	1.05		9.3	0.4	6.5		0.001391	0.02995	4.55358			
Niメッキ	180		8.9	0.33	205	77	0.00245	0.00002	0.04928			
2Cu8Mo板			9.95				0.00245	0.00612	20.08218			
							理論値	0.04077	30.34373			
							実測値	0.0441				
							実現率	0.92				

【 表 5 】

実施例1～3、比較例1のまとめ

	熱伝導率 (W/mK)		熱抵抗 (K/W)		基板までの熱容量	
	(理論値)	(実測値)	(理論値)	(実測値)		
実施例1	238.05856	236	0.991	0.01981	0.994	1.20636
実施例2	255.77885	250	0.98	0.02042	0.98	1.20636
実施例3	334.41331	329	0.98	0.02309	0.98	7.76369
比較例1	158.19899	148	0.94	0.04077	0.92	4.26625
実施例1	◎	◎	◎	◎	◎	△
実施例2	◎	◎	◎	◎	◎	△
実施例3	◎	◎	◎	◎	◎	◎
比較例1	△	x	x	x	○	○
判断基準◎	>230	>230	>0.95	<0.025	>0.95	>6
判断基準○	>200	>200	>0.90	<0.030	>0.90	>3
判断基準△	>150	>150	>0.85	<0.035	>0.85	>1
判断基準x	≤150	≤150	≤0.85	≥0.035	≤0.85	≤1

【 0 1 0 2 】

10

20

30

40

【 表 6 】

実施例4
放熱冷却板直接ろう付 図1

積層構造	板厚mm			サイズmm			熱伝導率W/mK		熱膨張率		比熱 J/gK
	板厚mm	板厚m	0.000002	長手幅	短手幅	体積mm ³	面	鉛直	ppm		
Niメッキ	0.002	0.000002	0.000002	26	32	2	91	91	13.7	0.452	
Cu板(電極)	0.1	0.0001	0.0001	26	32	83	398	398	16.6	0.386	
第一のろう材	0.005	0.000005	0.000005	26	32	4	70	70	18.2	0.268	
SiN(絶縁層)	0.3	0.0003	0.0003	33	39	386	60	60	2.3	0.709	
第一のろう材	0.005	0.000005	0.000005	26	32	4	70	70	18.2	0.268	
Cu板(中間層)	0.3	0.0003	0.0003	26	32	250	398	398	16.6	0.386	
第一のろう材	0.005	0.000005	0.000005	26	32	4	70	70	18.2	0.268	
C/Cu板(ヒートシंक)	4	0.004	0.004	26	32	3328	163	333	4.5	0.632	
第二のろう材	0.005	0.000005	0.000005	26	32	4	70	70	18.2	0.268	
Cu板(放熱冷却層)	10	0.01	0.01	26	32	8320	398	398	16.6	0.386	

14.722
 理論値 293.8559555
 実測値 288
 実現率 0.980

積層構造	降伏応力		密度 g/cm ³	ポアソン比	縦弾性係数		横弾性係数		S面積 m ²	r _{th} 熱抵抗 K/w
	MPa	8.9			MPa	GPa	GPa	MPa		
Niメッキ	180	8.9	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.00003		
Cu板(電極)	28	8.9	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00030		
第一のろう材	210	9.4	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009		
SiN(絶縁層)	600	3.3	3.3	0.27	275	108	0.001287	0.00389		
第一のろう材	210	9.4	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009		
Cu板(中間層)	28	8.9	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00091		
第一のろう材	210	9.4	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009		
C/Cu板(ヒートシंक)	5	2.7	2.7	0.09	8.1	3.5	0.000832	0.01444		
第二のろう材	210	9.4	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009		
Cu板(放熱冷却層)	28	8.9	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.03020		

理論値
 実測値 0.05010
 0.05210
 実現率 0.962

【 0 1 0 3 】

【表 7】

実施例5
図13

積層構造	サイズ mm				熱伝導率 W/mK	鉛直	熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚 mm	板厚 m	長手幅	短手幅				
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	91	91	13.7	0.452
Cu板(電極)	0.1	0.0001	26	32	398	398	16.6	0.386
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2	0.268
SiN(絶縁層)	0.3	0.0003	33	39	386	60	2.3	0.709
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2	0.268
Cu板(中間層)	0.3	0.0003	26	32	250	398	16.6	0.386
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2	0.268
C/Cu板(ヒートシंक)	4	0.004	26	32	3328	333	4.5	0.632
第一のろう材	0.005	0.000005	33	39	6	70	18.2	0.268
Cu板(下部層)	0.5	0.0005	60	39	1170	398	16.6	0.386
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	91	91	13.7	0.452
第二のろう材	0.5	0.0005	53.5	26	696	48	27	0.176
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	91	91	13.7	0.452
アルミ板(放熱冷却層)	10	0.01	53	26	13780	238	23.5	0.917

15.726

269.0991567

理論値
実測値
実現率

260

0.97

【 0 1 0 4 】

積層構造	降伏応力 MPa	密度 g/cm ³	ポアソン比		縦弾性係数 GPa	横弾性係数 GPa	S面積 m ²	r _{th} 熱抵抗 K/w
			ホ	ア				
Niメッキ	180	8.9	0.33	0.33	205	77	0.000832	0.00003
Cu板(電極)	28	8.9	0.35	0.35	127	47	0.000832	0.00030
第一のろう材	210	9.4	0.35	0.35	76	28	0.000832	0.00009
SiN(絶縁層)	600	3.3	0.27	0.27	275	108	0.001287	0.00389
第一のろう材	210	9.4	0.35	0.35	76	28	0.000832	0.00009
Cu板(中間層)	28	8.9	0.35	0.35	127	47	0.000832	0.00091
第一のろう材	210	9.4	0.35	0.35	76	28	0.000832	0.00009
C/Cu板(ヒートシंक)	5	2.7	0.09	0.09	8.1	3.5	0.000832	0.01444
第一のろう材	210	9.4	0.35	0.35	76	28	0.001287	0.00006
Cu板(下部層)	28	8.9	0.35	0.35	127	47	0.00234	0.00054
Niメッキ	180	8.9	0.33	0.33	205	77	0.000832	0.00003
第二のろう材	1.05	9.3	0.4	0.4	6.5	3	0.001391	0.00749
Niメッキ	180	8.9	0.33	0.33	205	77	0.000832	0.00003
アルミ板(放熱冷却層)	34	2.7	0.3	0.3	76	26	0.001378	0.03049

理論値
実測値
実現率

0.05844

0.06100

0.96

【 8 冊 】

実施例6
図12

積層構造	サイズ mm			熱伝導率 W/mK		鉛直	熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚 mm	板厚 m	長手幅	短手幅	面積			
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	2	91	13.7	0.452
Cu板(電極)	0.1	0.0001	26	32	83	398	16.6	0.386
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2	0.268
C/Cu板(ヒートシंक)	4	0.004	26	32	3328	163	4.5	0.632
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2	0.268
Cu板(中間層)	0.3	0.0003	26	32	250	398	16.6	0.386
第一のろう材	0.005	0.000005	26	32	4	70	18.2	0.268
SiN(絶縁層)	0.3	0.0003	33	39	386	60	2.3	0.709
第一のろう材	0.005	0.000005	33	39	6	70	18.2	0.268
Cu板(下部層)	3	0.003	60	39	7020	398	16.6	0.386
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	2	91	13.7	0.452
第二のろう材	0.5	0.0005	53.5	26	696	48	27	0.176
Niメッキ	0.002	0.000002	26	32	2	91	13.7	0.452
アルミ板(放熱冷却層)	10	0.01	53	26	13780	238	23.5	0.917

18.226
 理論値 298.1817862
 実測値 293
 実現率 0.98

【 0 1 0 5 】

積層構造	降伏応力 MPa	密度 g/cm ³	ポアソン比		縦弾性係数 GPa	横弾性係数 GPa	S面積 m ²	熱抵抗 r _{th} K/W
			ホアソン比	縦弾性係数 GPa				
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.00003	
Cu板(電極)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00030	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	
C/Cu板(ヒートシंक)	5	2.7	0.09	8.1	3.5	0.000832	0.01444	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	
Cu板(中間層)	28	8.9	0.35	127	47	0.000832	0.00091	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.000832	0.00009	
SiN(絶縁層)	600	3.3	0.27	275	108	0.001287	0.00389	
第一のろう材	210	9.4	0.35	76	28	0.001287	0.00006	
Cu板(下部層)	28	8.9	0.35	127	47	0.00234	0.00322	
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.00003	
第二のろう材	1.05	9.3	0.4	6.5	77	0.001391	0.00749	
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.000832	0.00003	
アルミ板(放熱冷却層)	34	2.7	0.3	76	26	0.001378	0.03049	

理論値 0.06112
 実測値 0.06350
 実現率 0.96

【 表 9 】

比較例2
現行市場流動品 図14

積層構造	サイズ mm			熱伝導率W/mK		熱膨張率 ppm	比熱 J/gK
	板厚mm	板厚m	長手幅	短手幅	面積		
Niメッキ	0.005	0.000005	53	26	7	91	13.7
アルミ板	0.4	0.0004	53	26	551	238	23.5
ALN板	0.635	0.000635	56.5	29	1040	180	4.7
アルミ板	0.4	0.0004	53	26	551	238	23.5
Niメッキ	0.005	0.000005	53	26	7	91	13.7
半田(1:1)	0.5	0.0005	53.5	26	696	48	27
Niメッキ	0.005	0.000005	70	35	12	91	13.7
2Cu8Mo板	3	0.003	70	35	7350	200	7
グリース	0.8	0.0008	70	35	1960	4.5	-
アルミ板	10	0.01	53	26	13780	238	23.5

15.75
 理論値 129.7801382
 実測値 115
 実現率 0.89

積層構造	降伏応力 MPa	密度 g/cm ³	ポアソン比	縦弾性係数 GPa	横弾性係数 GPa	S面積 m ²	r _{tn} 熱抵抗 K/w
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.001378	0.00004
アルミ板	34	2.7	0.3	76	26	0.001378	0.00122
ALN板	300	3.3	0.22	322	132	0.0016385	0.00215
アルミ板	34	2.7	0.3	76	26	0.001378	0.00122
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.001378	0.00004
半田(1:1)	1.05	9.3	0.4	6.5	77	0.001391	0.00749
Niメッキ	180	8.9	0.33	205	77	0.00245	0.00002
2Cu8Mo板	-	9.95	-	-	-	0.00245	0.00612
グリース	-	4.5	-	-	-	0.00245	0.07256
アルミ板	34	2.7	0.3	76	26	0.001378	0.03049

理論値 0.12136
 実測値 0.141
 実現率 0.86

【 0 1 0 6 】

【 0 1 0 7 】

実施例6～8、比較例2のまとめ

	熱伝導率(W/mK)		熱抵抗(K/W)			
	(理論値)	(実測値)	(実現率=実測/理論)	(理論値)	(実測値)	(実現率=理論/実測)
実施例4	293.85596	288	0.98	0.05010	0.05210	0.96
実施例5	269.099157	260	0.97	0.05844	0.06100	0.96
実施例6	298.181786	293	0.98	0.06112	0.06350	0.96
比較例2	129.780138	115	0.89	0.12136	0.141	0.86
実施例4	◎	◎		◎	◎	◎
実施例5	◎	◎		◎	○	◎
実施例6	◎	◎		○	○	◎
比較例2	x	x		x	x	△
判断基準◎	>230	>230	>0.95	<0.06	<0.06	>0.95
判断基準○	>200	>200	>0.90	<0.09	<0.09	>0.90
判断基準△	>150	>150	>0.85	<0.12	<0.12	>0.85
判断基準x	≤150	≤150	≤0.85	≥0.12	≥0.12	≤0.85

【 0 1 0 7 】

10

20

30

【表 1 1】

信頼性試験まとめ2

図1の場合 表6構造	ヒートシंक 層厚(mm)	熱伝導率(W/mK) (実測値)	熱抵抗(K/W) (実測値)	冷熱試験後の割れ
信頼性試験1	20	280	0.11000	なし
信頼性試験2	5	288	0.05500	なし
信頼性試験3	1.5	291	0.04250	なし
信頼性試験4	0.5	295	0.03850	有

【 0 1 0 8】

10

20

30

【表 1 2】

信頼性試験まとめ2

図13の場合 表7構造	ヒートシンク 層厚(mm)	熱伝導率(W/mK) (実測値)	熱抵抗(K/W) (実測値)	冷熱試験後の割れ
信頼性試験1	10	266	0.08300	なし
信頼性試験2	5	264	0.06480	なし
信頼性試験3	1	260	0.04980	なし
信頼性試験4	0.8	260	0.04900	有

10

20

30

【0109】

次に、本発明の電子部品の一実施形態について説明する。図1に示すように、本実施形態の電子部品11は、本発明の実施形態であるヒートシンクモジュール10の二以上の熱伝導部5a, 5bのそれぞれの電極層4上に、半田層110を介して電子回路チップ(ICチップ100)が配設されてなるものである。即ち、本実施形態の電子部品11は、ヒートシンクモジュール10を用いて構成されたものである。従って、熱伝導性が良好であるとともに、これを構成する各部材に剥離やクラック等の不具合が生じ難く、信頼性に優れたものである。

【0110】

また、一つの放熱冷却部7につき、二以上のICチップ100を配設可能なものである。従って、十分に放熱可能な機構を備えながらも、電子部品11全体としては大型にならず、省スペース化されている。このため、本実施形態の電子部品11は、高集積でありながらも限られたスペースに設置可能であることが要求される、ハイブリッド車用のAC/DC変換モジュールや電流量調整機構、コンピュータ、サーバー等に用いられるCPU等として好適である。

40

【0111】

ヒートシンクモジュール10の二以上の熱伝導部5a, 5bのそれぞれの電極層4上に、電子回路チップ(ICチップ100)を配設するに際しては、従来公知の方法に従えばよい。具体的には、半田層110を介してICチップを配設・固定する。ICチップ10

50

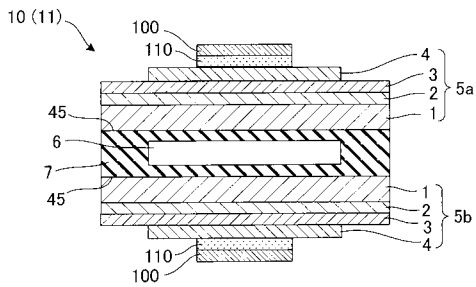
0 と半田層 1 1 0 と間に、例えば Ni 層等の層を設けることが、ICチップ 1 0 0 と半田層 1 1 0 の濡れ性を向上させ、より信頼性に優れた電子部品 1 1 とすることができるために好ましい。また、半田層 1 1 0 は、鉛フリー半田からなる層であることが、環境負荷物質を低減させることができるために好ましい。

【産業上の利用可能性】

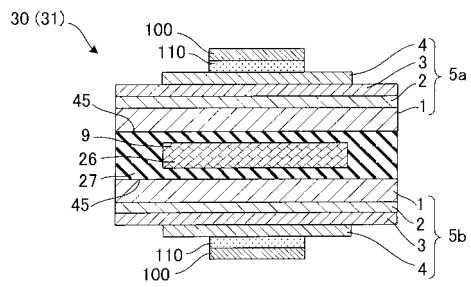
【0112】

本発明のヒートシンクモジュール、及び電子部品は、例えばハイブリッド車用の AC / DC 変換モジュールや電流量調整機構、コンピュータ、サーバー等に用いられる CPU 等として好適である。

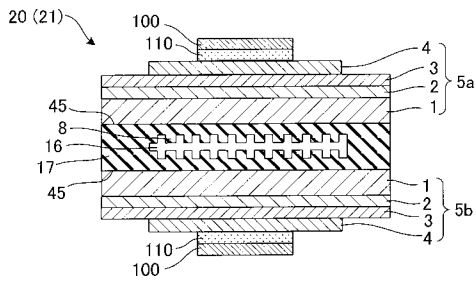
【図 1】



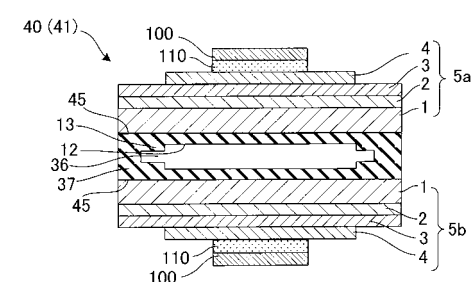
【図 3】



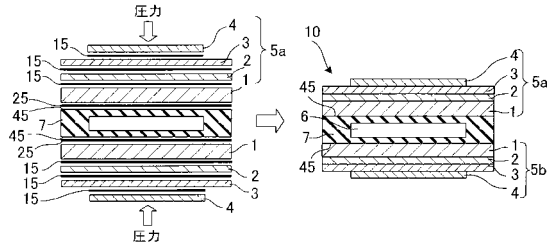
【図 2】



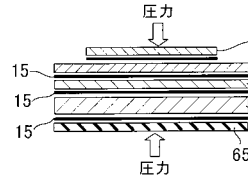
【図 4】



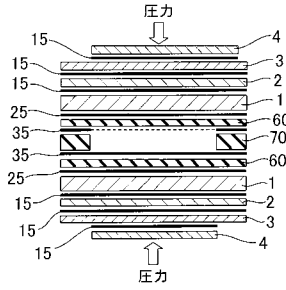
【図5】



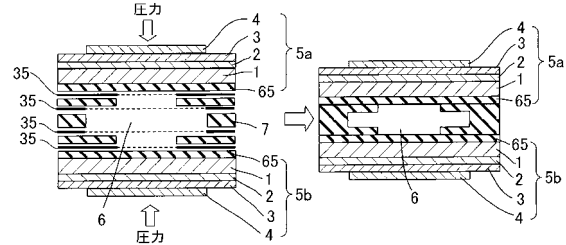
【図7】



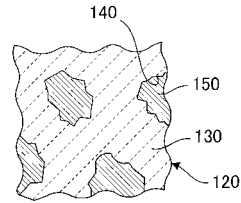
【図6】



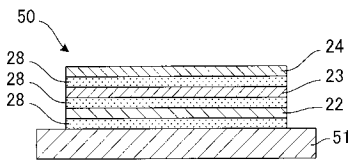
【図8】



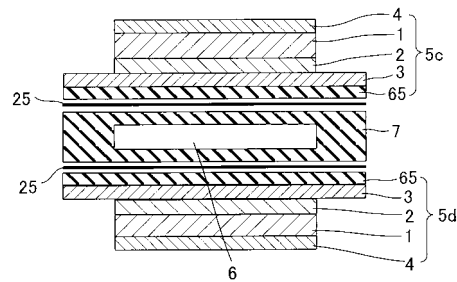
【図9】



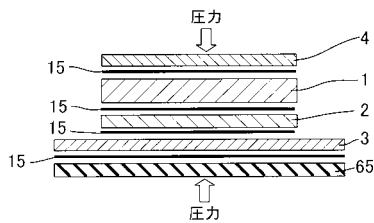
【図10】



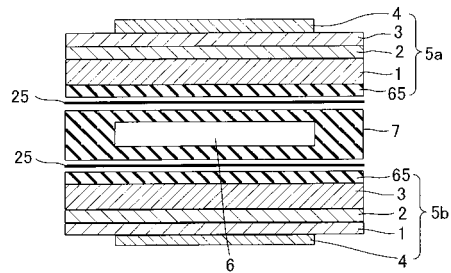
【図12】



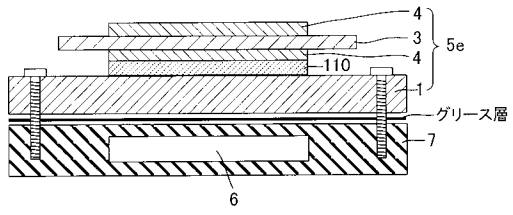
【図11】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 久野 弓彦

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

審査官 酒井 英夫

(56)参考文献 特開2005-252159(JP,A)

特開2002-203932(JP,A)

特開2002-043482(JP,A)

特開平08-335651(JP,A)

特開平06-204370(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/36-23/373,23/46-23/473