

(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2009-38162

(P2009-38162A)

(43) 公開日 平成21年2月19日(2009.2.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/373 (2006.01)	HO 1 L 23/36	M 5E322
HO 1 L 23/36 (2006.01)	HO 1 L 23/36	Z 5F136
HO 5 K 7/20 (2006.01)	HO 5 K 7/20	E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-200272 (P2007-200272)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成19年8月1日(2007.8.1)	(74) 代理人	100102691 弁理士 中野 稔
		(74) 代理人	100112117 弁理士 山口 幹雄
		(74) 代理人	100116366 弁理士 二島 英明
		(72) 発明者	二井 和彦 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
		Fターム(参考)	5E322 AA01 AB08 AB11 FA04 5F136 BA04 BA31 FA02 FA03 FA06 GA22

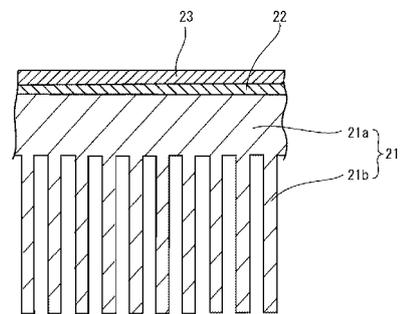
(54) 【発明の名称】 放熱部品、その製造方法及びパワーモジュール

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ヒートシンクとその上に形成されたCu又はCu合金からなる金属層との接合部の信頼性が高い放熱部品、その製造方法及びパワーモジュールを提供する。

【解決手段】 放熱部品は、Al又はAl合金からなるヒートシンク21上に、Ni又はNi合金からなるバッファ層22とCu又はCu合金からなる溶射によって形成された金属層23とを備えている。バッファ層22が介在していることで、ヒートシンク21を構成する金属材料と、金属層23を構成する金属材料との反応による金属間化合物の生成が抑制される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

A l 又は A l 合金からなるヒートシンクの、少なくとも一部面上に、バッファ層を介して C u 又は C u 合金からなる金属層が設けられていることを特徴とする、放熱部品。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の放熱部品において、  
前記バッファ層が N i 又は N i 合金によって構成されていることを特徴とする、放熱部品。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の放熱部品において、  
前記ヒートシンクはフィン部を有していることを特徴とする、放熱部品。

10

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の放熱部品と、  
配線部材上に固定された半導体チップを備えたパワーモジュールであって、  
前記金属層の上に絶縁接続層を介して前記配線部材が固定されていることを特徴とする、  
パワーモジュール。

## 【請求項 5】

A l 又は A l 合金からなるヒートシンクを準備する工程 ( a ) と、  
前記ヒートシンク上にバッファ層を形成する工程 ( b ) と、  
前記バッファ層の上に C u 又は C u 合金からなる金属層を形成する工程 ( c ) と、  
を有する放熱部品の製造方法。

20

## 【請求項 6】

請求項 5 に記載の放熱部品の製造方法において、  
前記工程 ( b ) は、めっき法又は蒸着法により N i 又は N i 合金からなるバッファ層を形成する工程であることを特徴とする、放熱部品の製造方法。

## 【請求項 7】

請求項 5 又は請求項 6 に記載の放熱部品の製造方法において、  
前記工程 ( c ) は、前記金属層を溶射法により形成する工程であることを特徴とする、  
放熱部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

30

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体チップ等の発熱に対する冷却機能を有する放熱部品、その製造方法及びパワーモジュールに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

パワーデバイスとしての半導体素子の発熱を放出するための放熱部品として、A l や A l 合金からなるヒートシンクを備えたものが一般に採用されている。ヒートシンクには、フィンが設けられていることが多く、放熱効率を高めるように工夫されている。また、A l 又は A l 合金からなるヒートシンクに A l や A l 合金よりも熱伝導率が高い C u 又は C u 合金からなる部材を設けたものが知られている。

40

## 【0003】

例えば、特許文献 1 には、一方の面に放熱フィンが設けられている A l 製のヒートシンクにおいて、他方の面に溶射法により C u の金属層を形成することにより、優れた放熱性能を実現する技術が提案されている。

## 【特許文献 1】特開 2007 - 5332 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、製造時において、C u の溶射層の格子欠陥を低減し熱伝導率を向上させ

50

るとともに加工歪みを除去することを目的として400 程度の熱処理を行う場合があり、さらにパワーデバイスの動作時には150 程度で長時間高温にさらされる場合がある。このような高温条件下では、Al - Cu 金属間化合物による脆性層が生成し、熱ストレス耐性が低下するという問題がある。

【0005】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、ヒートシンクとその上に形成されたCu又はCu合金からなる金属層との接合部の信頼性が高い放熱部品、その製造方法及びパワーモジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、第1発明に係る放熱部品は、Al又はAl合金からなるヒートシンクの、少なくとも一部面上に、バッファ層を介してCu又はCu合金からなる金属層が設けられている。

【0007】

この発明によれば、Al又はAl合金からなるヒートシンクと、Cu又はCu合金からなる金属層が直接接することがないため、当該放熱部品の製造工程における熱処理時、あるいは、当該放熱部品にパワーデバイス等の発熱体が載置されその動作時に長時間高温にさらされても、Al - Cu 金属間化合物による脆性層の生成を抑制し、熱ストレス耐性の低下を防止することができる。なおこの場合、バッファ層はAl、Al合金、Cu、Cu合金以外の材料から構成されている必要がある。

【0008】

また、第2発明に係る放熱部品は、第1発明において、前記バッファ層がNi又はNi合金によって構成されている。

【0009】

これらの材料とAl及びCuとの界面では脆性層が生成することがないため、バッファ層を形成する材料としては好適であり、接合部分の熱ストレス耐性が維持され得る。

【0010】

また、第3発明に係る放熱部品は、第1発明および第2発明において、前記ヒートシンクはフィン部を有している。

フィン部を設けることで空気若しくはその他の冷媒を用いてより効率的に冷却を行うことができる。

【0011】

また、第4発明に係るパワーモジュールは、第1発明乃至第3発明のいずれかに記載の放熱部品と、配線部材上に固定された半導体チップを備えたパワーモジュールであって、前記金属層の上に前記絶縁接続層を介して前記配線部材が固定されている。

これにより、高温条件下でも高い熱ストレス耐性を有するパワーモジュールが得られる。

【0012】

また、第5発明に係る放熱部品の製造方法は、Al又はAl合金からなるヒートシンクを準備する工程(a)と、前記ヒートシンク上にバッファ層を形成する工程(b)と、前記バッファ層の上にCu又はCu合金からなる金属層を形成する工程(c)と、を有する。これにより前記放熱部品が製造される。

【0013】

また、第6発明に係る放熱部品の製造方法は、第5発明に係る放熱部品の製造方法において、前記工程(b)は、めっき法又は蒸着法によりNi又はNi合金からなるバッファ層を形成する工程である。これにより低コストで前記放熱部品が製造される。

【0014】

また、第7発明に係る放熱部品の製造方法は、第5発明又は第6発明に係る放熱部品の製造方法において、前記工程(c)は、前記金属層を溶射法により形成する工程である。これにより低コストでかつ用途等に応じて任意の箇所に任意の形状の金属層を形成した前

10

20

30

40

50

記放熱部品が製造される。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、ヒートシンクとその上に形成されたCu又はCu合金からなる金属層との接合部の接続信頼性が高い放熱部品、その製造方法及びパワーモジュールを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る放熱部品の断面図である。本実施の形態の放熱部品は、平板部21a及びフィン部21bを有するヒートシンク21と、平板部21aの上に形成されたバッファ層22と、バッファ層22の上に形成された金属層23とを備えている。フィン部21bは、熱交換媒体である冷却水にさらされて、熱交換効率を高めるように構成されているが、フィン部21bは必ずしも必要ではなく、また、フィン部21bに代えて、他の放熱部材を備えていてもよい。

10

【0017】

本実施の形態では、ヒートシンク21は、Al又はAl合金を用いた押し出し成形によって形成されている。但し、ダイキャスト成形を利用してもよい。

【0018】

本実施の形態では、金属層23は、Cu又はCu合金からなり、溶射法を用いて形成されている。後述するように、溶射法を用いて形成された金属層23は、Al又はAl合金よりも熱伝導率が高い被膜を溶射によって形成するので、工程が簡単になり、その分製造コストを抑えることができる上、ヒートシンクに対して変形等を引き起こすような熱影響を及ぼすおそれがない。

20

【0019】

本実施の形態では、バッファ層22は、Ni又はNi合金からなり、めっき法又は蒸着法により形成されている。

【0020】

ここで、高温条件下ではバッファ層中にもAlやCuの拡散が起こるため、Niをバッファ層として用いた場合の拡散距離について、以下に検討する。

30

一般に固体中の拡散係数はアレニウスの式より $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ により表され、拡散距離は $L = \sqrt{Dt}$ により計算される。ここで、 $D$ は拡散係数( $m^2/s$ )、 $D_0$ は頻度因子( $m^2/s$ )、 $Q$ は活性化エネルギー( $kJ/mol$ )、 $R$ はガス定数( $J/mol \cdot K$ )、 $T$ は絶対温度( $K$ )、 $L$ は拡散距離( $m$ )、 $t$ は時間( $s$ )を示す。

ここで金属データブック(日本機械学会編改定4版)によれば、Niに対するAlの $D_0$ は $1.0 \times 10^{-4} (m^2/s)$ 、 $Q$ は $260 (kJ/mol)$ であり、同様にNiに対するCuの $D_0$ は $6.0 \times 10^{-5} (m^2/s)$ 、 $Q$ は $255 (kJ/mol)$ である。

例えば製造工程における熱処理時においては、 $400$  で1時間程度の高温条件にさらされることになるが、上記計算式とデータを用いて計算すれば、Ni中のCuの拡散距離 $L$ は $4.9 \times 10^{-9} m (4.9 nm)$ 、同じくAlの拡散距離は $6.0 \times 10^{-9} m (6.0 nm)$ となる。

40

また、例えばパワーデバイス動作時においては、 $150$  で1万時間程度の高温条件にさらされることになるが、上記計算式とデータを用いて計算すれば、Ni中のCuの拡散距離 $L$ は $5.3 \times 10^{-15} m (5.3 \times 10^{-6} nm)$ 、同じくAlの拡散距離は $8.5 \times 10^{-15} m (8.5 \times 10^{-6} nm)$ となる。

従って、上記より計算上の拡散距離は最大でも $6 nm$ 程度となるため、Niからなるバッファ層の厚みは $6 nm$ 以上あれば、Al及びCuがバッファ層を突き抜けて拡散することはなく、バッファ層は有効に機能するものといえる。なお、使用条件により拡散

50

距離も変動するため安全率を考慮すれば、バッファ層の厚みは好ましくは $0.5\ \mu\text{m}$ あればよい。また、めっき法による製造上の膜厚制御性を考慮し、より好ましくは $1\ \mu\text{m}$ 以上あればよい。

#### 【0021】

以上のように、バッファ層22が存在することで、Al又はAl合金からなるヒートシンク21と、Cu又はCu合金からなる金属層23が直接接することがないため、当該放熱部品の製造工程における熱処理時、あるいは、当該放熱部品にパワーデバイス等の発熱体が載置されその動作時に長時間高温にさらされても、Al-Cu金属間化合物(例えばCuAl<sub>2</sub>)による脆性層の生成を抑制することができる。

#### 【0022】

図2(a)~(c)は、実施の形態1における放熱部品の製造工程を示す斜視図である。図2(a)に示す工程では、Al又はAl合金を用いた押し出し成形により、ヒートシンク連続体21xを形成する。ヒートシンク連続体21xは、平板部21aとフィン部21bとを有している。

#### 【0023】

次に、図2(b)に示す工程で、ヒートシンク連続体21x(平板部21a)の上面に、めっき法によりNiからなるバッファ層22をヒートシンク連続体21x(平板部21a)の上面に形成する。図3は、めっき法の概略を説明する図である。Ni溶液中に電極と被めっき物であるヒートシンク連続体21xを浸漬し、電解めっきを行うことでバッファ層を形成することができる。この場合、ヒートシンク連続体21x(平板部21a)の上面以外にめっきを行わないためにはめっき処理前に例えばレジストなどでめっきを行わない部分を覆っておき、めっき後レジストを剥離液で除去することで、余分な部分にめっき層が形成されることを防止できる。なお、電解めっき法に代えて、無電解めっき法を用いても良い。

#### 【0024】

さらにバッファ層22を形成する別の方法として、蒸着法を用いることもできる。図4は蒸着法の概略を説明する図である。真空蒸着槽内のルツボ内に蒸着材料であるNiをセットし、当該槽内上面にヒートシンク連続体21xの平板部21aの上面をルツボ側に向けて設置し、電子銃より電子ビームを蒸着材料であるNiに照射することでNiが蒸発し、ヒートシンク連続体21x(平板部21a)の上面にNiのバッファ層を形成することができる。

#### 【0025】

次に、図2(c)に示す工程で、溶射法の一つであるコールドスプレー法を用いて、Cu又はCu合金からなる金属層23をバッファ層22の上に形成する。図5はコールドスプレー法の概略を説明する図である。コールドスプレー装置36は、情報から粒子が投入されるホッパー31と、圧縮空気を加熱するヒータ35と、粒子を吹き付けるためのガン33と、配管32、34とを備えている。そして、ガン33から約5~30mm程度離れた位置に、ヒートシンク連続体21xが設置されている。なお、圧縮空気に代えて、ヘリウム、窒素などの圧縮ガスを用いてもよい。

#### 【0026】

ホッパー31に被膜材料であるCu又はCu合金の粒子(粒径 $10\sim 40\ \mu\text{m}$ )が投入されると、配管32から送り込まれた圧縮空気によってガン33に送られる。一方、配管34から送り込まれた圧縮空気はヒータ35で $300\sim 500$ に熱せられて、ガン33に送られる。そして、ガン33で加熱圧縮空気と粒子とが混ざり合った状態で、超音速流で噴射される。粒子は、 $500\text{m/s}$ 以上の高速で、ヒートシンク連続体21x上に形成されたバッファ層22に衝突し、粒子の運動エネルギーによって粒子が塑性変形して堆積されて、金属層23が形成される。

#### 【0027】

さらに金属層23を形成する別の溶射法として、HVAF(High Velocity Aero Fuel)法を用いることができる。

10

20

30

40

50

図6は、HVAF法の概略を説明する図である。HVAF装置47は、ホッパー41と、圧縮空気および可燃性ガスを燃焼させる点火プラグ46と、粒子を吹き付けるためのガン43と、圧縮空気を供給する配管42、44と、可燃性ガス(プロパンガスなど)を供給するガス管45とを備えている。そして、ガン43から約5~30mm程度離れた位置に、基板が設置されている。

#### 【0028】

ホッパー41に、Cu又はCu合金の粒子(粒径10~40 $\mu$ m)が投入されると、配管42から送り込まれる圧縮空気によってガン43に送られる。一方、配管44、ガス管45から送り込まれた圧縮空気および可燃性ガスは、点火プラグ46で燃焼させられ、ガン43に送られる。そして、ガン43で燃焼ガス、圧縮空気および各粒子群が混ざり合った状態で、フレームに沿って、超音速流で噴射される。粒子は、コールドスプレー法とほぼ同じ温度(300~500)かつ、より高速(600~800m/s)で、基板に衝突し、粒子の運動エネルギーによって粒子が塑性変形して堆積されて、金属層23が形成される。

10

#### 【0029】

さらに金属層23を形成する別の溶射法として、HVOF(High Velocity Oxygen Fuel)法を用いることができる。

HVOF法を用いた場合は、供給管42、44から酸素が供給される点を除いては、図6に示す通りの装置を用いる。その場合、フレーム速度で2000m/s以上、粒子速度で750m/sが達成される。

20

#### 【0030】

さらに金属層23を形成する別の溶射法として、AD(Aerosol Deposition)法を用いることができる。

図7は、AD法の概略を説明する図である。AD装置57は、真空ポンプが付設された成膜室51内に、ワークホルダー52と、ヒートシンク連続体21xと、メタルマスク53と、ノズル54とが配置されている。また、エアロゾル化室55には、Cu又はCu合金の粒子が供給される。粒子は、空気、He、Ar、窒素などの圧縮ガスボンベから供給されるガス流に乗って、連絡配管56からノズル54に運ばれ、高速で噴射される。そして、バッファ層22が形成されたヒートシンク連続体21x上に衝突し、粒子の運動エネルギーによって粒子が塑性変形して堆積されて、金属層23が形成される。

30

#### 【0031】

この方法では、コールドスプレー法と同様に、室温程度の低温で成膜が行われる。粒子の速度は200~400m/s、粒子の粒径は0.03 $\mu$ m~0.1 $\mu$ mであり、より緻密な粒子を用いることができる。

#### 【0032】

以上のように、ヒートシンク連続体21xの上に、バッファ層22、金属層23を順次形成した後、ヒートシンク連続体21xを切断して、ヒートシンク21、バッファ層27及び金属層28からなる放熱部品を形成することができる。これにより、Al-Cu金属間化合物(例えばCuAl<sub>2</sub>)による脆性層の生成を抑制することができ、ヒートシンクと金属層の接合部の信頼性が高い放熱部品を提供することができる。また、多数のヒートシンク21を含むヒートシンク連続体21xの上に、バッファ層22、金属層23を形成するので、製造工程が簡素化されて、製造コストの低減を図ることができる。

40

#### 【0033】

##### (実施の形態2)

図8は実施の形態2におけるパワーモジュールの断面図である。同図に示すように、パワーモジュール10には、実施の形態1と同様の構成を有するヒートシンク21、バッファ層22及び金属層23に加えて、IGBTなどの半導体素子が形成された半導体チップ75と、配線部材76(金属配線)と、配線部材76と半導体チップ75とを接合する、Pbフリー半田からなる半田層77と、配線部材76と金属層23との間に介在する絶縁接続層78(絶縁樹脂層)とが設けられている。さらに半導体チップ75の上面には上

50

部電極 8 2 が設けられ、信号配線 8 3、大電力用配線 8 1 によって接続されている。

【 0 0 3 4 】

図 9 は、実施の形態 2 におけるパワーモジュールセットの構造を示す斜視図である。同図に示すように、本実施の形態のパワーモジュールセットは、放熱器 6 1 の上に、複数のパワーモジュール 1 0 を取り付けて構成されている。放熱器 6 1 は、天板 6 1 a と天板 6 1 a に接合された容器 6 1 b とからなり、天板 6 1 a には、パワーモジュール 1 0 を組み込むための多数の矩形状貫通穴が設けられている。本実施形態においては、矩形状貫通穴が多数設けられているが、1 つだけでもよい。放熱器 6 1 を構成する天板 6 1 a と容器 6 1 b とは、アルミニウム又はアルミニウム合金からなり、ダイキャスト、押し出し、鍛造、鑄造、機械加工等によって組み立てることができる。

10

【 0 0 3 5 】

本実施の形態では、放熱器 6 1 は天板 6 1 a と容器 6 1 b とを個別に形成してから両者を接合しているが、天板と容器とを一体に形成してもよい。その場合、たとえば一体型を用いたダイキャストにより放熱器を形成することができる。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 は、実施の形態 2 に係るパワーモジュールセットの V - V 線における断面図である。

ただし、図 1 0 において配線構造の図示は省略されている。図 1 に示す部材と同じ符号で示されている部材は、実施の形態 1 で説明した通りであるので、本実施の形態では説明を省略する。

20

【 0 0 3 7 】

本実施の形態のパワーモジュールセットにおいて、放熱器 6 1 の天板 6 1 a と容器 6 1 b との間の空間 7 2 には、熱交換媒体としての冷却水が紙面に直交する方向に流れている。パワーモジュール 1 0 は、リング 7 3 により気密を保持しつつボルト 7 4 により天板 6 1 a にネジ止めされている。

【 0 0 3 8 】

そして、パワーモジュール 1 0 には、実施の形態 1 と同様の構成を有するヒートシンク 2 1、バッファ層 2 2 及び金属層 2 3 に加えて、IGBT などの半導体素子が形成された半導体チップ 7 5 と、半導体チップ 7 5 内の半導体素子と外部部材とを電気的に接続するための配線部材 7 6 と、配線部材 7 6 と半導体チップ 7 5 とを接合する、Pbフリー半田からなる半田層 7 7 と、配線部材 7 6 と金属層 2 3 との間に介在する絶縁接続層 7 8 とが設けられている。さらに、半導体チップ 7 5 の上面および下面には、それぞれ、IGBT などの半導体素子の活性領域に接続される上面電極および裏面電極が設けられている。そして、半導体チップ 7 5 の裏面電極が、半田層 7 7 によって、配線部材 7 6 に導通状態で接合されている。

30

【 0 0 3 9 】

また、放熱器 6 1 の天板 6 1 a 上に、半導体チップ 7 5 等を囲むモジュール樹脂枠 7 9 が設けられていて、モジュール樹脂枠 7 9 がボルト 7 4 によって天板 7 1 a に固定されている。モジュール樹脂枠 7 9 の内部および外表面には、一体成形により、電極端子層 8 0 (バスバー) が設けられている。この電極端子層 8 0 と配線部材 7 6 とは、大電力用配線 8 1 によって接続されており、電極端子層 8 0 と半導体チップ 7 5 の上面電極 8 2 の一部とは、信号配線 8 3 によって接続されている。これによって、パワーモジュール 1 0 と外部機器との電気的な接続が可能になっている。また、モジュール樹脂枠 7 9 の内方には、シリコンゲルからなるゲル層 8 4 が設けられていて、ヒートシンク 2 1 の上面側で半導体チップ 7 5、信号配線 8 3、大電力用配線 8 1、配線部材 7 6、半田層 7 7、絶縁接続層 7 8 などの部材がゲル層 8 4 内に埋設されている。

40

【 0 0 4 0 】

本実施の形態のパワーモジュール 1 0 においては、上述の Pbフリー半田からなる半田層 7 7 と、絶縁接続層 7 8 とを備えている。一般に、Pbフリー半田には、以下のものがある。たとえば、Sn (液相点 2 3 2 )、Sn - 3 . 5 % Ag (液相点 2 2 1 )、S

50

n - 3 . 0 % A g ( 液相点 2 2 2 )、S n - 3 . 5 % A g - 0 . 5 5 % C u ( 液相点 2 2 0 )、S n - 3 . 0 % A g - 0 . 5 % C u ( 液相点 2 2 0 )、S n - 1 . 5 % A g - 0 . 8 5 % C u - 2 . 0 % B i ( 液相点 2 2 3 )、S n - 2 . 5 % A g - 0 . 5 % C u - 1 . 0 % B i ( 液相点 2 1 9 )、S n - 5 . 8 % B i ( 液相点 1 3 8 )、S n - 0 . 5 5 % C u ( 液相点 2 2 6 )、S n - 0 . 5 5 % C u - その他 ( 液相点 2 2 6 )、S n - 0 . 5 5 % C u - 0 . 3 % A g ( 液相点 2 2 6 )、S n - 5 . 0 % C u ( 液相点 3 5 8 )、S n - 3 . 0 % C u - 0 . 3 % A g ( 液相点 3 1 2 )、S n - 3 . 5 % A g - 0 . 5 % B i - 3 . 0 % I n ( 液相点 2 1 6 )、S n - 3 . 5 % A g - 0 . 5 % B i - 4 . 0 % I n ( 液相点 2 1 1 )、S n - 3 . 5 % A g - 0 . 5 % B i - 8 . 0 % I n ( 液相点 2 0 8 )、S n - 8 . 0 % Z n - 3 . 0 % B i ( 液相点 1 9 7 ) 等がある。本実施の形態では、液相点が 3 0 0 以下の低融点の P b フリー半田、たとえば、S n - 3 . 0 % A g - 0 . 5 % C u ( 液相点 2 2 0 ) を用いているが、これに限定されるものではない。ただし、S n - 5 . 0 % C u ( 液相点 3 5 8 )、S n - 3 . 0 % C u - 0 . 3 % A g ( 液相点 3 1 2 ) 等の高融点の P b フリー半田 ( 液相点が 3 0 0 を超えるもの ) は除くものとする。

10

#### 【 0 0 4 1 】

絶縁接続層 7 8 には、本実施の形態では、金属やセラミックスの充填剤を含むエポキシ樹脂が用いられている。エポキシ樹脂の使用可能温度は、種類によって異なるが、3 0 0 を超えるものを選択することは容易であり、本実施の形態では、P b フリー半田の液相点よりも高いものを用いている。したがって、後述するパワーモジュールの組み立て工程において、絶縁接続層 7 8 を形成した後で、P b フリー半田のリフロー工程を行うことが可能になる。例えば、エポキシ樹脂に、アルミナ、シリカ、アルミニウム、窒化アルミニウムなどを充填したものをを用いることができ、熱伝導率が 1 . 0 ( W / m · K ) 以上であることが好ましく、5 . 0 ( W / m · K ) 以上であることがより好ましい。

20

#### 【 0 0 4 2 】

絶縁接続層 7 8 の厚みは、0 . 4 mm 以下であることが好ましく、0 . 2 mm 以下であることがより好ましい。絶縁接続層 7 8 の熱抵抗は、熱伝導率と厚みに依存して定まるが、厚みが薄いほど熱抵抗が小さくなる。したがって、厚みが 0 . 4 mm 以下であることにより、放熱機能が高くなることになる。

30

#### 【 0 0 4 3 】

本実施の形態によると、配線部材 7 6 を、絶縁接続層 7 8 を挟んで放熱構造体の金属層 2 3 に接続する構造としているので、部品数の低減により、製造コストの低減を図ることができる。しかも、金属層 2 3 の表面を溶射処理されたままにしているため、絶縁接続層 2 6 による放熱部品の金属層 2 3 と配線部材 7 6 との固着強度が向上し、接合部の信頼性を高く維持することができる。

#### 【 0 0 4 4 】

また、1 つの半田層 7 7 と、樹脂接着剤からなる絶縁接続層 7 8 とを用いているので、絶縁接続層を使用しない従来のパワーモジュールのように 2 つの半田層を設ける場合のごとく、工程の先後に応じて低融点の P b フリー半田と高融点の P b フリー半田とを用いる必要はなく、低融点の P b フリー半田だけで済むことになる。現在、P b フリー半田として、比較的 C u 組成比の高い P b フリー半田 ( たとえば液相点が 3 0 0 以上の S n - 5 . 0 % C u、S n - 3 . 0 % C u - 0 . 3 % A g ) も開発されているが、銅喰われ問題、酸化物問題はじめ多くの問題が重なって、確実な接続信頼性を有する高融点の P b フリー半田を得ることは困難である。一方、低融点の P b フリー半田としては、例えば液相点が 2 2 0 の S n - 3 . 0 % A g - 0 . 5 % C u ( J E I T A 推奨合金 ) などの接続信頼性の高いものが得られている。また、樹脂接着剤としては、使用可能温度が 3 0 0 を超えるエポキシ樹脂など、低融点の P b フリー半田の液相点よりも高温に耐え得るものは容易に得られる。したがって、本実施の形態により、半田層 1 4 を P b フリー化して、接続信頼性を確保しつつ、P b フリー化を図ることができるのである。

40

#### 【 0 0 4 5 】

50

すなわち、2つの半田層を用いる場合には、先に半田付けする半田層には、液相点が300 ~ 330 の高融点半田 (Sn - 90% Pb) を用い、後に半田付けする半田層には、液相点が216 程度の低融点半田 (Sn - 50% Pb) を用いている。すなわち、先の半田付け工程では高融点半田を用い、後の半田付け工程では、先の工程で形成された半田層がリフロー炉内で融解しないように、低融点半田を用いるのである。

【0046】

一方、環境問題から各種製品として、Pb (鉛) を使わない、いわゆるPbフリー (鉛フリー) 部品を用いることが義務づけられつつあるが、低融点半田 (Sn - 50% Pb) を、たとえば (Sn - 3.0% Ag - 0.5% Cu) などの低融点のPbフリー半田に置き換えることは現在の技術で可能であるが、従来の高融点半田 (Sn - 90% Pb) に代わる、接続信頼性の高い高融点のPbフリー半田を用いることは困難である。

10

【0047】

それに対し、本実施の形態のごとく、金属層23と配線部材76との接続には絶縁接続層78を用いることにより、半導体チップ75と配線部材76との接合のみに半田層77を用いることができる。よって、半田層77を低融点のPbフリー半田を用いて、接続信頼性を確保しつつ、Pbフリー化を図ることができるのである。

【0048】

本実施の形態では、金属層23の材料として、Cu又はCu合金を用いており、その厚みを0.5mm以上にすることにより、半導体チップ75からの放熱経路を横方向に拡大する、いわゆるヒートスプレッダー機能を高めることができる。また、金属層23には、ヒートシンク21、絶縁接続層78、配線部材76などとの熱膨張率差に起因する熱応力が作用する。また、金属層23の形成時には、粒子の超高速流の衝撃によって、バッファ層22およびヒートシンク21に残留圧縮歪が生じるが、この残留圧縮歪によっても金属層23に応力が加わる。そこで、金属層23の厚みを0.5mm以上にすることにより、各種応力に耐え得る強度が確保される。

20

【0049】

また、ヒートシンク21をAl又はAl合金により構成し、金属層23をCu又はCu合金により構成し、配線部材76をCu又はCu合金によって構成することにより、以下のような顕著な効果を発揮することができる。まず、ヒートシンク21をAl又はAl合金によって構成することにより、押し出し成形によって微細ピッチのフィン部21bを容易に形成することができ、放熱機能をより高く発揮することができる。また、金属層23をCu又はCu合金によって構成することにより、上述のヒートスプレッダー機能を発揮し得るとともに、同じくCu又はCu合金からなる配線部材76と金属層23とが絶縁接続層78を挟む構造になるので、ろう付けや半田付けよりも接合機能の低い樹脂絶縁層78に、熱膨張率差に起因する熱応力をほとんど印加せずに済む利点がある。

30

つまり、低融点のPbフリー半田のみを使用することによるPbフリー化を実現するために有利な構造となる。

【0050】

さらにAl又はAl合金からなるヒートシンク21と金属層23の間にNiのバッファ層を設けているため、パワーモジュールの動作時における高熱の影響によるAl - Cu金属間化合物による脆性層の形成も抑制され、熱ストレス耐性に対し接合部の信頼性が高いパワーモジュールを実現することができる。

40

【0051】

また、本発明のパワーモジュールに配置される半導体素子は、ワイドバンドギャップ半導体 (SiC、GaNなど) を用いたパワーデバイスでもよいし、Siを用いたパワーデバイスでもよい。

【0052】

上記実施の形態では、半導体チップ75に、IGBTが形成されているが、MOSFET、ダイオード、JFETなどが形成された半導体チップを用いてもよい。

【0053】

50

ヒートシンク 2 1 との熱交換を行う熱交換媒体は、冷却能やコストを考慮すると、フロリナートや水などの液体であることが好ましい。ただし、ヘリウム、アルゴン、窒素、空気などの気体であってもよい。

【 0 0 5 4 】

上記において、本発明の実施の形態及び実施例について説明を行ったが、上記に開示された本発明の実施の形態及び実施例は、あくまで例示であって、本発明の範囲はこれら発明の実施の形態に限定されない。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味及び範囲内でのすべての変更を含むものである。

【 産業上の利用可能性 】

10

【 0 0 5 5 】

本発明のパワーモジュールは、M O S F E T、I G B T、ダイオード、J F E T等を搭載した各種機器に利用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 6 】

【 図 1 】 実施の形態 1 に係る放熱部品の断面図である。

【 図 2 】 ( a ) ~ ( c ) は、実施の形態 1 における放熱部品の製造工程を示す斜視図である。

【 図 3 】 めっき法の概略を説明する図である。

【 図 4 】 蒸着法の概略を説明する図である。

20

【 図 5 】 コールドスプレー法の概略を説明する図である。

【 図 6 】 H V A F 法 ( H V O F 法 ) の概略を説明する図である。

【 図 7 】 A D 法の概略を説明する図である。

【 図 8 】 実施の形態 2 におけるパワーモジュールの構造を示す断面図である。

【 図 9 】 実施の形態 2 におけるパワーモジュールセットの構造を示す斜視図である。

【 図 1 0 】 実施の形態 2 におけるパワーモジュールセットの V - V 線における断面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

- 1 0 パワーモジュール
- 2 1 ヒートシンク
- 2 1 a ヒートシンク平板部
- 2 1 b ヒートシンクフィン部
- 2 1 x ヒートシンク連続体
- 2 2 バッファ層
- 2 3 金属層
- 3 1 ホッパー
- 3 2 配管
- 3 3 ガン
- 3 4 配管
- 3 5 ヒータ
- 3 6 コールドスプレー装置
- 4 1 ホッパー
- 4 2 配管
- 4 3 ガン
- 4 4 配管
- 4 5 ガス配管
- 4 6 点火プラグ
- 4 7 H V A F 装置
- 5 1 成膜室

30

40

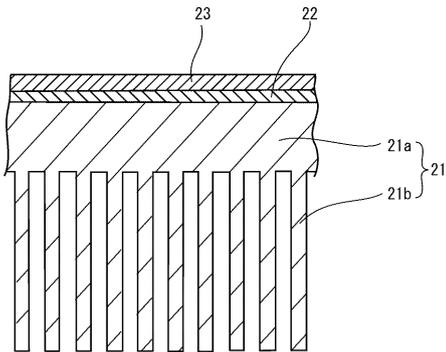
50

- 5 2 ワークホルダー
- 5 3 メタルマスク
- 5 4 ノズル
- 5 5 エアロゾル化室
- 5 6 連結配管
- 5 7 A D 装置
- 6 1 放熱器
- 6 1 a 放熱器天板
- 6 1 b 放熱器容器
- 7 2 放熱器空間
- 7 3 Oリング
- 7 4 ボルト
- 7 5 半導体チップ
- 7 6 配線部材
- 7 7 半田層
- 7 8 絶縁接続層
- 7 9 モジュール樹脂枠
- 8 0 電極端子層 (バスバー)
- 8 1 大電力用配線
- 8 2 上面電極
- 8 3 信号配線
- 8 4 ゲル層

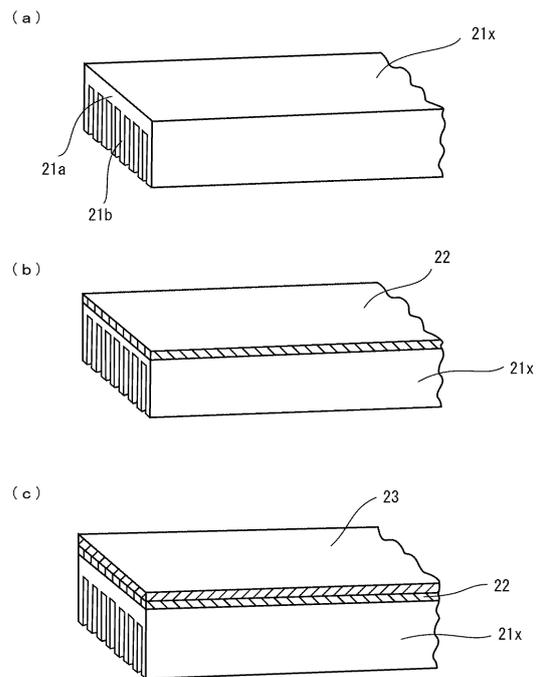
10

20

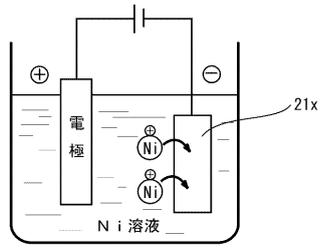
【 図 1 】



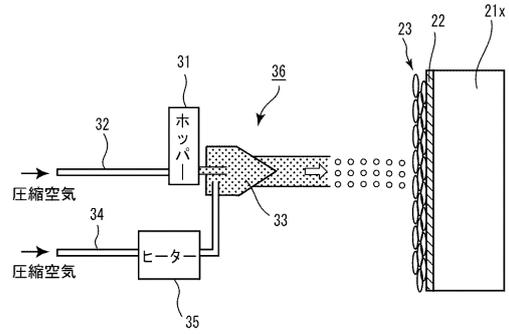
【 図 2 】



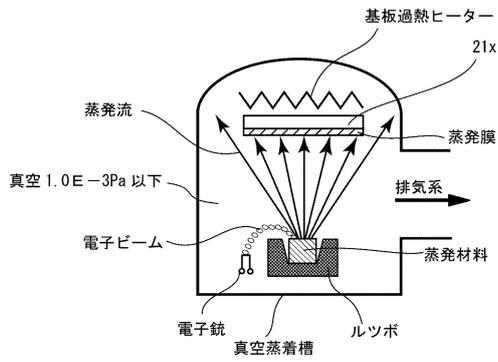
【 図 3 】



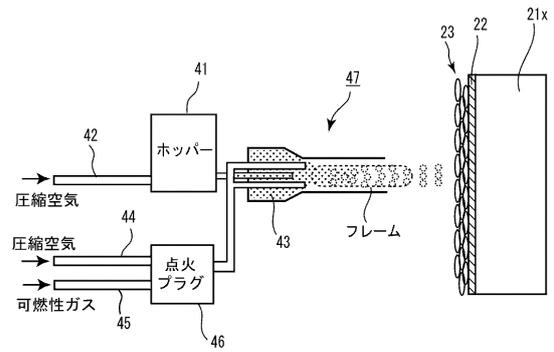
【 図 5 】



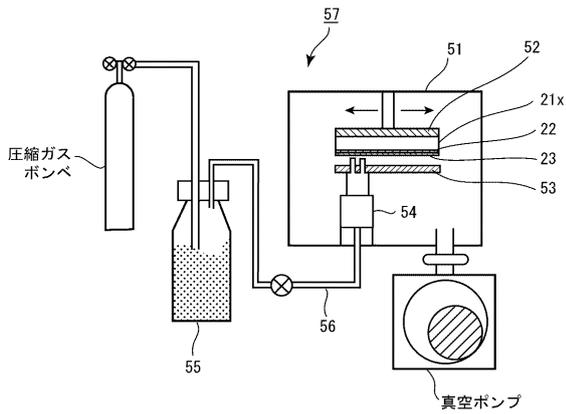
【 図 4 】



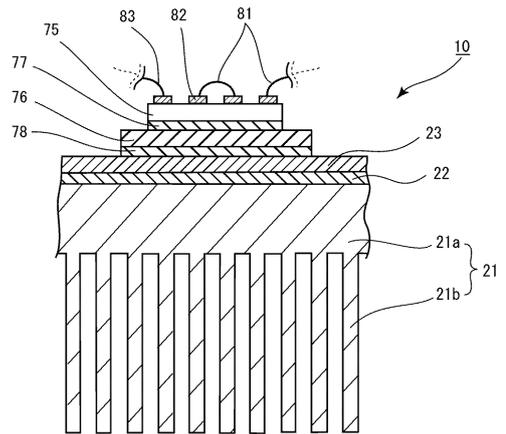
【 図 6 】



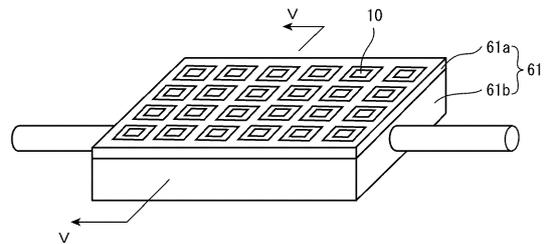
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

