

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3552623号

(P3552623)

(45) 発行日 平成16年8月11日(2004.8.11)

(24) 登録日 平成16年5月14日(2004.5.14)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 23/373

H O 1 L 23/36

M

C 2 2 C 1/10

C 2 2 C 1/10

F

C 2 2 C 9/00

C 2 2 C 9/00

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平11-372683	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成11年12月28日(1999.12.28)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2001-189408(P2001-189408A)		東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(43) 公開日	平成13年7月10日(2001.7.10)	(74) 代理人	100075096
審査請求日	平成13年12月5日(2001.12.5)		弁理士 作田 康夫
		(72) 発明者	岡本 和孝
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
			株式会社 日立製作所 日立
			研究所内
		(72) 発明者	近藤 保夫
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
			株式会社 日立製作所 日立
			研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材料及びそれを用いた半導体装置用放熱板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

銅と酸化銅を有する複合材料であって、前記酸化銅はアイランド状に分散し、前記アイランドの50%以上が、アスペクト比が3以上であり、一方向に配向していることを特徴とする複合材料。

【請求項2】

銅と酸化銅を有する複合材料であって、前記酸化銅は10～55体積%でアイランド状に分散し、前記アイランドの50%以上が、アスペクト比が3～20であり、その60%以上が一方向に配向していることを特徴とする複合材料。

【請求項3】

請求項1又は2において、室温から300 の平均線膨張係数が $5 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ / 及び熱伝導率が100～380 W / m · Kであることを特徴とする複合材料。

【請求項4】

銅と酸化銅を有する複合材料であって、前記酸化銅はアイランド状に分散し、前記アイランドの50%以上が、アスペクト比が3以上で、その長手方向が一方向に配向しており、配向方向の熱伝導率が配向方向に直角方向の熱伝導率より高いこと、又は室温から300 における配向方向の線膨張係数が配向方向に直角方向の線膨張係数よりも大であることを特徴とする複合材料。

【請求項5】

請求項1～4のいずれかにおいて、共晶酸化銅が分散していることを特徴とする複合材料

10

20

。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかにおいて、表面に厚さ 50 μm 以下の銅層を有することを特徴とする複合材料。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の複合材料よりなることを特徴とする半導体装置用放熱板。

【請求項 8】

請求項 7 において、表面に Au, Ni, Pd, Cr, Al, Sn, Sn-Pb のうち少なくとも一つのめっき層を有することを特徴とする半導体装置用放熱板。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、低熱膨張性と高熱伝導性を有する銅複合材料及びそれを用いた放熱板と半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

電子デバイスによる電力やエネルギーの変換、制御に関連した技術、特にオン、オフモードで用いられる電力用電子デバイスとその応用技術としての電力変換システムがパワーエレクトロニクスである。

20

【0003】

電力変換のため、各種のオン、オフ機能を持つ電力用半導体素子が用いられている。この半導体素子としては、pn 接合体を内蔵し、一方向のみの導電性をもつ整流ダイオードをはじめ、種々の pn 接合の組合せ構造により、サイリスタ、バイポーラトランジスタ、MOSFET 等が実用化され、更には絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (IGBT) やゲート信号によりターンオフ機能を併せもつゲートターンオフサイリスタ (GTO) も開発されている。

【0004】

これらの電力用半導体素子は、通電により発熱し、その高容量化、高速化に伴い発熱量も増大する傾向にある。発熱に起因する半導体素子の特性劣化、短寿命化を防止するためには、放熱部を設け、半導体素子及びその近傍での温度上昇を抑制する必要がある。銅は、熱伝導率が $393 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ と大きく、かつ低価格であるため、放熱部材として一般に用いられている。しかし、電力用半導体素子を備える半導体装置の放熱部材は、熱膨張率が $4.2 \times 10^{-6} /$ の Si と接合されるため、熱膨張率がこれに近い放熱部材が望まれる。銅は熱膨張率が $17 \times 10^{-6} /$ と大きいと、半導体素子との半田接合性は好ましくなく、Mo や W といった熱膨張率が Si と近い材料を放熱部材として用いたり、半導体素子と放熱部材の間に設けたりしている。

30

【0005】

一方、電子回路を一つの半導体チップ上に集積させた集積回路 (IC) は、その機能に応じてメモリー、ロジック、マイクロプロセッサ等に分類される。これらは電力用半導体素子に対し、電子用半導体素子と呼ばれる。これらの半導体素子の集積度や演算速度は年々増加し、それに伴い発熱量も増大している。ところで、一般に電子用半導体素子は、外気から遮断して故障や劣化を防止する目的で、パッケージ内に収納されている。この多くは、半導体素子がセラミックスにダイボンディングされ、密封されているセラミックスパッケージ及び樹脂で封止されているプラスチックパッケージである。また、高信頼性、高速化に対応するために、複数個の半導体装置を一つの基板上に搭載したマルチチップモジュール (MCM) も製造されている。

40

【0006】

プラスチックパッケージは、リードフレームと半導体素子の端子がボンディングワイヤにより接続され、これを樹脂で封止する構造になっている。近年は、半導体素子の発熱量の

50

増大に伴い、リードフレームに熱放散性を持たせたパッケージや熱放散のための放熱板を搭載するパッケージも出現している。熱放散のためには、熱伝導率の大きい銅系のリードフレームや放熱板が多用されているが、

Siとの熱膨張差による不具合が懸念されている。

【0007】

一方、セラミックスパッケージは、配線がプリントされたセラミック基板上に半導体素子が搭載され、金属やセラミックスのキャップで密封する構造を持つ。さらに、セラミック基板にはCu-MoやCu-Wの複合材料あるいはコバル合金などが接合され、放熱板として用いられているが、それぞれの材料において低熱膨張化あるいは高熱伝導化とともに加工性の向上、低コストが要求されている。

10

【0008】

MCMはSi, 金属、あるいはセラミックスの基板上に形成された薄膜配線に複数個の半導体素子をベアチップで搭載し、これをセラミックスパッケージに入れ、リッドで封止する構造を持つ。放熱性が要求される場合には、パッケージに放熱板や放熱フィンを設置する。金属製の基板材料として、銅やアルミニウムが使用されており、これらは熱伝導度が高いという長所を持つが、熱膨張係数が大きく半導体素子との整合性が悪い。このため、低信頼性MCMの基板にはSiや窒化アルミニウム(AlN)が用いられている。また、放熱板はセラミックスパッケージと接合されるため、熱膨張率の点でパッケージ材料と整合性が良く、熱伝導率が大きな材料が望まれている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、半導体素子を搭載した半導体装置は、いずれもその動作において熱を発生し、蓄熱されると半導体素子の機能を損ねる恐れがある。このため、発生する熱を外部に放散するための熱伝導性に優れた放熱板が必要となる。放熱板は、直接あるいは絶縁層を介して半導体素子と接合されるため、熱伝導性だけでなく、熱膨張の点でも半導体素子との整合性が要求される。

20

【0010】

現在用いられている半導体素子は、主にSi及びGaAsである。これらの熱膨張係数は、それぞれ $2.6 \times 10^{-6} \sim 3.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, $5.7 \times 10^{-6} \sim 6.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。これらに近い熱膨張係数をもつ放熱板材料には、従来よりAlN, SiC, Mo, W, Cu-W等が知られているが、これらは単一材料であるため、熱伝達係数と熱伝導率を任意にコントロールする事は困難であるとともに、加工性に乏しくコストが高いという問題がある。

30

【0011】

最近になって、放熱板材料としてAl-SiCが提案されている。これはAlとSiCの複合材であり、両成分の比率を変えることによって熱伝達係数及び熱伝導率を広範囲にコントロールできるが、加工性が非常に悪く、コストが高いという問題がある。特開平8-78578号公報にはCu-Mo焼結合金、特開平9-181220号公報にはCu-W-Ni凝結合金、特開平9-209058号公報にはCu-SiC焼結合金、特開平9-15773号公報にはAl-SiCが提案されている。これらの従来公知の粉末冶金法による複合材は、両成分の比率を変えることによって熱膨張率及び熱伝導率を広範囲にコントロールできるが、強度や塑性加工性が低く、薄板の製造が困難であり、さらに粉末製造に関わるコスト高、製造工程の増加等の問題がある。

40

【0012】

本発明は、低熱膨張・高熱伝導性で、かつ塑性加工性に優れた複合材料及びそれを用いた半導体装置とその放熱板を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、種々検討を重ねた結果、高熱伝導性のCuと低熱膨張性のCu₂Oを複合化して、かつCu₂Oを棒状として一方向に配向させて分散させることにより、上記問

50

題点を解決できることを見いだした。

【0014】

本発明は、銅と酸化銅を有する複合材料であって、前記酸化銅は好ましくはアイランド状に分散し、かつ該アイランドの50%以上がアスペクト比が3以上で、その長手方向が一方向に配向することを特徴とする複合材料にある。

【0015】

本発明は、銅と酸化銅を有する複合材料において、前記酸化銅は10～55体積%でアイランド状に分散し、該アイランドの50%以上がアスペクト比が3～20で、かつ60%以上のアイランドの長手方向が一方向に配向することを特徴とする複合材料にある。

【0016】

本発明は、銅と酸化銅を有する複合材料において、前記酸化銅は10～55体積%でアイランド状に分散し、該アイランドの50%以上がアスペクト比が3～20で、かつ60%以上のアイランドの長手方向が一方向に配向し、さらに室温から300の線膨張係数が $5 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6} /$ で熱伝導率が100～380W/m・Kであることを特徴とする複合材料にある。

【0017】

本発明は、銅と酸化銅を有する複合材料において、前記酸化銅は10～55体積%でアイランド状に分散し、該アイランドの50%以上がアスペクト比が3～20で、かつ60%以上のアイランドの長手方向が一方向に配向し、さらに室温から300の線膨張係数が好ましくは $5 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6} /$ 及び熱伝導率が100～380W/m・Kであり、また配向方向の熱伝導率が配向方向に直角方向の熱伝導率より高く、その比が1.05～2.5倍で、その差が好ましくは5～120W/m・Kでかつ配向方向の室温から300における線膨張係数が配向方向に直角方向の線膨張係数よりも大で、好ましくは1.1～2.0倍であることを特徴とする複合材料にある。

【0018】

本発明は、前記複合材料において、銅中に共晶酸化銅が分散することを特徴とする複合材料にある。また前記複合材料において、その表面に厚さ50μm以下の銅層を有することを特徴とする複合材料にある。

【0019】

本発明は、前記複合材料よりなることを特徴とする半導体装置用放熱板にある。また前記半導体装置用放熱板において、表面にAu, Ni, Pd, Cr, Al, Sn, Sn-Pbのうち少なくとも一つのめっき層を有することを特徴とする半導体装置用放熱板にある。

【0020】

本発明は、放熱板上に搭載された絶縁基板及び該絶縁基板上に搭載された半導体素子を有する半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

【0021】

本発明は、放熱板上に搭載された半導体素子と、前記放熱板に接続されたリードフレームと、該リードフレームと半導体素子とを電気的に接続する金属ワイヤとを備え、前記半導体素子を樹脂封止した半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

【0022】

本発明は、放熱板上に搭載された半導体素子と、前記放熱板に接続されたリードフレームと、該リードフレームと半導体素子とを電気的に接続する金属ワイヤとを備え、前記半導体素子を樹脂封止するとともに、前記放熱板の少なくとも前記素子の接合面に対して反対の面側かが開放されている半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

【0023】

本発明は、放熱板上に搭載された半導体素子と、外部配線接続用ピンを有し、中央部に前記素子を収納する開放空間を有するセラミック多層配線基板と、前記素子と基板の端子とを電気的に接続する金属ワイヤとを備え、前記素子を前記空間に設置するように前記放

10

20

30

40

50

熱板と前記基板とを接合するとともに前記基板をリッドによって接合し前記素子を大気より遮断する半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

本発明は、放熱板上に搭載された半導体素子と、外部配線接続用端子を有し、中央部に前記素子を収納する凹部を有するセラミックス多層配線基板と、前記素子と基板の端子とを電氣的に接続する金属ワイヤとを備え、前記素子を前記凹部に設置するように前記放熱板と前記基板の凹部とを接合するとともに前記基板をリッドによって接合し前記素子を大気より遮断する半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

10

【 0 0 2 5 】

本発明は、放熱板上に熱伝導性樹脂によって接合された半導体素子と、セラミックス絶縁基板に接合されたリードフレームと、前記素子とリードフレームとを電氣的に接続するTABとを備え、前記放熱板と絶縁基板とを接合し前記素子を大気より遮断するとともに前記素子と絶縁基板との間に熱伝導性樹脂弾性体を介在させた半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

本発明は、第1の放熱板上に金属によって接合された半導体素子と、接地板が接合された第2の放熱板の前記接地板上に前記第1の放熱板を搭載し、前記素子の端子に電氣的に接続したTABとを備え、前記素子を樹脂封止した半導体装置において、前記放熱板は前述に記載の放熱板よりなることを特徴とする。

20

【 0 0 2 7 】

第一酸化銅の体積分率は10～55体積%の間で目的とする熱伝導率と線膨張係数にあわせて選択すればよい。また第一酸化銅の形状は一つ一つが独立して存在し、かつ棒状アイランドであり、そのアスペクト比は5以上であればよい。望ましくは、アスペクト比は5～20程度がよい。さらに80%以上のアイランドの長手方向は一方向に配向していることが望ましく、その配向性のばらつきは

10°以内であることがよい。このように銅中に単純に第一酸化銅を分散させるのではなく、その分布形態を制御することにより、熱伝導率と線膨張係数のバランスに優れた複合材料を提供できる。室温から300の線膨張係数及び熱伝導率を含有量と加工率によって制御可能であり、また分布形態の制御により配向方向の熱伝導率と配向方向に直角方向の熱伝導率との違いを目的に応じて酸化銅の配向方向の配置を定めることができる。さらに本発明に係わる複合材料は、前記に加えて銅中に共晶酸化銅が分散してもよく、またその表面に厚さ50μm以下の銅層を有してもよい。

30

【 0 0 2 8 】

本発明に係る複合材料は、銅及び酸化銅からなる原料を粉末冶金法もしくは鑄造法で作製した後、熱間で塑性加工し、最後に焼鈍することにより作製される。塑性加工は押出し、圧延、鍛造、スエージング等の方法で断面減少率で50%以上の塑性加工を施すのが好ましい。相対密度は100%とするものである。

【 0 0 2 9 】

また本発明に係わる放熱板は、前記複合材料から板厚方向が第一酸化銅の配向方向に平行となるように切出せばよい。これにより放熱板の板厚方向の熱伝導率はそれに直角な方向よりも大きく、かつ放熱板の面内の線膨張係数はそれに直角な方向よりも小さくなる。したがって放熱板は熱放散性が向上し、かつ絶縁基板もしくはチップとの線膨張係数の整合性が向上し、モジュールの高信頼性が図れる。

40

【 0 0 3 0 】**【 発明の実施の形態 】****(実施例 1)**

Cuインゴットを大気中にて溶解した後、30体積%の酸化銅(Cu₂O)を添加し溶解した。これを金型鑄造した後、温度900で押出しを行った。加工度は断面減少率で5

50

0 ~ 90%まで行った。1パス毎の断面減少率は5%とし、割れを防止した。断面減少率が大きくなるに連れて、表1に示す様に線膨張係数及び熱伝導率には異方性が生じる。表1に記したL方向とは、延伸方向であり、C方向とは、L方向と垂直な方向を示し、以下同様の表現を用いる。図1にL方向に平行な断面のミクロ組織と断面減少率の関係を示す。また図2にC方向に平行な断面のミクロ組織と断面減少率の関係を示す。50%が100倍、90%が50倍である。断面減少率が大きくなるに連れて、個々の酸化銅は微細になるとともに、アスペクト比はほとんどが3以上で、大きくなり、またその配向方向は延伸方向に近づいていく。図1に示す90%のものの棒径は20 μ m以下で、1~10 μ mがほとんどである。長さは100 μ m以上のものが15個であった。この視野は710 \times 480 μ mである。断面減少率が高くなるにつれて、配向はより顕著となり、L方向の熱伝導率が高くなるが、逆にC方向のそれが低くなり、L方向の線膨張係数が大きくなり、逆にC方向のそれは小さくなる。その結果、L方向の熱伝導率は351W/m \cdot Kまで上昇し、C方向との比率が1.05以上で、最大1.77であった。一方、線膨張係数はC方向で10.4 \times 10 $^{-6}$ / $^{\circ}$ Cとなった。

【0031】

【表1】

表 1

No.	断面減少率 (%)	線膨張係数 (10 $^{-6}$ / $^{\circ}$ C)			熱伝導率 (W/m \cdot K)		
		L方向	C方向	L/C	L方向	C方向	L/C
1	50	13.9	11.4	1.22	289	265	1.09
2	70	14.3	11.2	1.28	318	233	1.36
3	90	15.2	10.4	1.46	351	198	1.77

【0032】

(実施例2)

表2にCu-40vol.%Cu₂O組成の線膨張係数と熱伝導率の値を示す。まずCu粉と酸化銅粉を混合した後、冷間プレスして、これを950 \times 3時間焼結した後、温度950 $^{\circ}$ Cでスエージングを行った。加工度は断面減少率で90%まで行った。図3にL方向に平行な断面の100倍のミクロ組織を示す。その結果、L方向の熱伝導率はC方向のそれより1.75倍と高く、267W/m \cdot Kまで上昇した。一方、線膨張係数はL方向は大きいですがC方向で7.8 \times 10 $^{-6}$ / $^{\circ}$ Cと小さくなった。酸化銅の塊となっているものは50 μ m以下であり、その95%以上は20 μ m以下である。

【0033】

【表2】

表 2

No.	断面減少率 (%)	線膨張係数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)			熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)		
		L方向	C方向	L/C	L方向	C方向	L/C
4	90	12.1	7.8	1.55	267	153	1.75

10

【0034】

(実施例3)

表3にCu-50vol.%Cu₂O組成の線膨張係数と熱伝導率の値を示す。作製方法は実施例2と同様とした。加工度は断面減少率で90%まで行った。図4にL方向に平行な断面の100倍のミクロ組織を示す。その結果、L方向の熱伝導率はC方向のそれより2.22倍と高く、218W/m・Kまで上昇した。一方、線膨張係数はC方向で $6.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ となった。酸化銅の塊は100μm以下の大きさであり、塊のほとんどは20μm以下である。

【0035】

【表3】

20

表 3

No.	断面減少率 (%)	線膨張係数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)			熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)		
		L方向	C方向	L/C	L方向	C方向	L/C
5	90	10.2	6.1	1.67	218	98	2.22

30

【0036】

(実施例4)

実施例3の素材の延伸方向に垂直な面で切出した複合材料の表面をCuめっきした後、Ni電解めっきした放熱板を得た。このとき放熱板の板厚方向と前記酸化銅の長手方向の配向方向とは平行である。このとき放熱板の板厚方向の熱伝導率は267W/m・K、面内の線膨張係数は $7.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。本放熱板は、表面にCuめっきによるCu層があるため、モジュールとしてチップを積層した場合、チップからの熱流は、いったん放熱板の面内でCuめっき層全体に広がり、その後板厚方向に拡散する。

40

【0037】

以後、本発明の銅複合材料を放熱板とした実施例について述べるが、その組織配向はすべて放熱板の板厚方向がL方向のもので、かつCuめっき層を有するものである。

【0038】

(実施例5)

本発明の銅複合材料を、パワー半導体素子の内、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor; 以下IGBTと略す) モジュールの放熱板 (ベース板) に適用した実施例を述べる。

【0039】

図5はモジュール内部の平面図、図6はモジュールの一部の断面図を示す。

50

【0040】

I G B T素子1014個とダイオード素子1022個は半田201により銅箔202, 203を図示していない銀ろう材でA1N板204に接合したA1N基板103に接続される。A1N基板103上にはエミッタ配線104とコレクタ配線105, ゲート配線106の領域が形成されており、I G B T素子101とダイオード素子102は、コレクタ配線105領域に半田付けされる。各素子からは、金属ワイヤ107によってエミッタ配線104に接続される。また、ゲート配線106領域上には抵抗素子108が配置され、I G B T素子101のゲートパッドから金属ワイヤ107によって抵抗素子108に接続される。半導体素子を搭載したA1N基板103の6基板は、半田206によって本発明の係るCu-Cu₂O合金からなるベース材109に接続される。各絶縁基板間は、端子206と樹脂性のケース207が一体になったケースブロック208の端子206とA1N基板103を半田209によって配線する。また、ケース207とベース109はシリコンゴム系接着剤210によって接続される。ケースブロック208からの端子接続は、主端子が各A1N基板103上でエミッタ端子接続位置110, エミッタセンス端子接続位置111, コレクタ接続端子位置112が各々2箇所、ゲート端子接続位置113が1箇所接続される。次に、樹脂注入口を持ったケース蓋211から端子全面が被覆されるようシリコンゲル212を注入し、その後熱硬化型エポキシ樹脂213を全面に注入してモジュールを完成させる。ベース材109は、酸化銅の長手方向がその平板面と平行に図5の左右に配向しているのが好ましい。

10

【0041】

表4に一般的に使用されるベース材と、本発明のCu-Cu₂O合金材でCu-40体積%Cu₂Oの熱膨張係数と熱伝導率を示す。Cu-Cu₂Oベース材料を用いた半導体素子は、一般的に使用されるCuベースのモジュールに比べて熱膨張係数が小さく、A1N基板103とベース109を接続する半田209の信頼性を向上させることができる。その一方で、過酷な使用環境下で半田106の信頼性を向上させるために使用されるMoやAl-SiCベースは、Cu-Cu₂Oベースを用いた半導体素子に比べて熱膨張係数は小さいが、熱伝導率も小さく、モジュールの熱抵抗が大きくなる問題が生じる。本実施例のCu-Cu₂Oベースを搭載したモジュールでは、信頼性(熱疲労試験寿命)はCuベースに比べ5倍以上、熱抵抗は同じベース厚さのモジュールで、Moベースに比べて0.8倍以下にすることができる。

20

30

【0042】

【表4】

表 4

材 料	線膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)	熱伝導率 (W/m·K)	備 考
Cu-40vol.%Cu ₂ O	8	267	本発明
Cu	17	390	従来構造
Mo	5	140	
Al-SiC	8	160	

40

【0043】

これらの効果により、モジュールの構造や他の部材の選択の幅を広げることが可能となる。例えば、図5の実施例では、Cu-Cu₂O合金ベース材はMoベース材に比べて熱

50

伝導率が大きい、言い換えれば熱拡がり性が向上するため、動作時の半導体素子端部と中央部の温度差を小さく抑えられる効果があり、半導体素子を従来モジュールに比べ約1.2倍に大きくしている。これにより、従来素子では同じ電流量を確保するために、IGBTで30個使用していた構造を24で設計が可能になり、モジュールサイズを小型化することができた。さらに、AlNより熱伝導率が約20%小さいアルミナ基板を絶縁基板に使用することが可能になる。アルミナはAlNに比べ抗折強度が強く、基板サイズを大きくすることができる。また、アルミナ板は熱膨張係数がAlN板に比べ大きく、ベース材料との熱膨張差を小さくできるので、モジュール自身の反り量も小さくすることができる。アルミナ基板の使用により、基板の許容サイズを大きくできるので、1枚当りの搭載できる半導体素子数を多くすることができる。つまり、各絶縁板毎に必須な絶縁確保用の面積や基板間の面積を減らすことができ、モジュールサイズを小さくすることが可能である。

10

【0044】

図7は、本実施例のモジュール製造過程の模式図を示す。(a)Cu-Cu₂Oベース109は、表面がNiめっきされ、ほぼ平坦な状態で入荷される。(b)半導体素子101を半田102により接合したAlN基板103を半田205により接合する。この時ベース109の熱膨張係数が半導体素子とAlN基板の複合体より大きいので、半田の冷却過程でモジュール裏面が凹の形状で反る。(c)ケースブロック208を熱硬化型の接着剤で組立てる工程で、半田接合完了の複合体301に比べケースの熱膨張係数が大きいいため、接着剤の冷却過程でモジュール裏面がほぼ平坦になる。(d)モジュール内部にシリコーンゲル212、熱硬化型エポキシ樹脂213を充填すると、樹脂の熱膨張係数が大きいためモジュール裏面が凸の形状で反る。

20

【0045】

図8に、各工程での裏面反り量の実測結果を示す。本発明のCu-Cu₂Oベースを使用すると、反り量は従来のMoベースを使用したモジュールに比べると、約1/3に抑えることができる。また、Cuベースの結果は図示していないが、AlN基板との膨張係数差が大きく(b)の工程で裏面が凹の方向で反り量が大きく、モジュール完成後でも裏面が凹で100μm以上の反りが発生する。本発明のCu-Cu₂Oベースではモジュールの反り量を小さくすることができるのでモジュールの大型化が可能になる。また、組立工程での反り量と同じく、モジュール実働時の温度変化による反りの変化量も小さいので、モジュールと冷却フィンの上に塗布するグリースの流失をおさえることができる。

30

【0046】

図9に、本発明のモジュールを適用した電力変換装置の一実施例を示す。パワー半導体装置501は、ヒートシンク511上に放熱性グリース510をはさんで締め付けボルト512により実装され、2レベルインバータを構成した例を示す。一般的にモジュール501は、中間点(B点)を一本の中間点配線503で配線できるように左右を反転させて実装する。コレクタ側配線502とエミッタ側配線504は各々u, v, w相を配線して電源電圧509を供給する。信号線は各IGBTモジュール501~ゲート配線505, エミッタ補助配線506, コレクタ補助配線507によって構成する。508は負荷である。

40

【0047】

図10及び図11に、モジュールを実装した場合の締め付け前及び後のモジュール裏面の反り量(グリース厚さ)を示し、(a)が本発明、(b)が従来法のものである。従来知られているAl-SiCベースのモジュールの場合、裏面の凸量が約100μmであるが、モジュールをグリースを塗布して締め付けると、締め付け時にグリースに押されて変形し、逆にモジュールの裏面が凹の状態に変形して中央部でのグリース厚さが厚くなり、接触抵抗が大きくなる。これに対して、本発明のCu-Cu₂Oベースの場合、初期の裏面の反り量が約50μmであるが、ベース材の剛性が大きいので、グリースを塗布して締め付けた後のモジュール中央部のグリース厚さを約50μmに抑えられ、従来Al-SiCベースに比べて半減させることができた。さらにモジュール内でのグリース厚さのば

50

らつきも小さくすることができる。実装時のグリースに押されて変形する問題は、Cu - Cu₂O 合金よりも剛性の小さなCuベースモジュールの実装時にも当然発生する問題となり、本発明のCu - Cu₂O 合金で対策できる。

【0048】

図に示すように、本発明のCu - Cu₂O 合金ベースは従来の高信頼性モジュールで適用されていたMoあるいはAl - SiC等のベース材に比べ熱抵抗、接触熱抵抗を小さくすることができることを説明した。それにより、図9に示すようにモジュールを細密の状態の実装できた。さらに、冷却フィンの冷却効率を下げることで電力変換装置の実装面積、体積を小さくすることができる。また、グリース厚さを薄くできることから、冷却フィンの平坦度の許容範囲を大きく設定できるので、大型フィンでの電力変換装置の組立も可能になる。また、強制空冷等の補助冷却機能をなくすこともでき、この点でも小型化、低騒音化を図ることができる。

10

【0049】

(実施例6)

実施例1～4に記載の本発明の銅複合材料を放熱板として図12及び図13に示すICを搭載したプラスチックパッケージに適用した。図12は放熱板内蔵型であり、図13は放熱板露出型である。

【0050】

放熱板は、モールド樹脂の熱膨張係数を考慮して、室温から300における熱膨張係数が $9 \times 10^{-6} \sim 14 \times 10^{-6} /$ の範囲となるように、Cu - 20～55体積% Cu₂Oの範囲内で組成を変えて作製し、機械加工及びNiめっき処理を施して供した。

20

【0051】

図12でパッケージ構造を説明する。リードフレーム31は、絶縁性ポリイミドテープ32を介して本発明の銅複合材料からなるNiめっきされた放熱板33と接着されている。IC34は放熱板33とはんだにて接合されている。また、Auワイヤ35でIC上のAl電極とリードフレームが接続されている。これらは、リードフレームの一部を除き、エポキシ樹脂、粒径0.5～100μmが90重量%以上である球形シリカ製フィラー全体に対して70～90重量%、および硬化剤を主成分とするモールド樹脂36で封止されている。この樹脂にシリコンをエポキシ樹脂に対し1～15重量%含むことが好ましい。図13に示した放熱板露出型のパッケージは、放熱板33がモールド樹脂の外部に露出している点が図12と異なる。

30

【0052】

上記のようにして実装されたパッケージについて、反りや放熱板とモールド樹脂との接合部分でのクラックの有無を観察した。その結果、モールド樹脂と放熱板との熱膨張差が $0.5 \times 10^{-6} /$ 以下であれば問題がなく、組成的にはCu - 20～35体積% Cu₂Oが熱伝導率も200W/m・kと高く、好適であった。放熱板33及びリードフレーム31はいずれも加工方向が図の左右に対応しており、酸化銅が図の左右の方向に伸びたものが好ましい。

【0053】

(実施例7)

図14及び図15は、実施例1～4に記載の本発明の銅複合材料を放熱板として用い、ICを搭載したセラミックスパッケージの断面図を示す。まず、図14について説明する。IC41はポリイミド系樹脂にてNiめっきされた放熱板42に接合されている。さらに、放熱板42とAl₂O₃製のパッケージ43は半田により接合されている。パッケージにはCuによる配線がなされ、かつ配線基板との接続用にピン44が設けられている。IC上のAl電極とパッケージの配線とは、Alワイヤ45で接続されている。これらを封止するために、コパール製のウエルドリング46をパッケージにAgろうで接合し、さらにウエルドリングとコパール製のリッド47をローラー電極を用いて溶接した。図15は、図14のセラミックスパッケージに放熱フィン48を接続したパッケージである。放熱板42及び放熱フィン48のいずれも加工方向が図の上下方向であり、酸化銅が上下に伸

40

50

びたものが好ましい。

【0054】

(実施例8)

図16及び図17は、TAB(Tape Automated Bonding)技術を適用し、かつ実施例1~4に記載の本発明の銅複合材料を放熱板に使用したパッケージについて説明する。

【0055】

まず、図16のパッケージについて説明する。IC51は熱伝導性樹脂52を介してNiめっきされた本発明に係る放熱板53を接合されている。ICの端子にはAuパンプ54が形成され、TAB55と接続されており、さらにTABは薄膜配線56を経由してリードフレーム57と接続されている。ICはSiゴム58を挿んで、Al₂O₃製のセラミック基板59、フレーム60、およびシーリングガラス61で密封されている。

10

【0056】

図17は、樹脂で封止したパッケージである。IC65は、Au-Si合金66により、Niめっきされた本発明に係る放熱板67と接合されており、さらに、熱伝導性樹脂68により銅接地板69及びNiめっきされた本発明に係る放熱板70と接続されている。一方、ICの端子は、Auパンプ71でTAB72と接続され、樹脂73にて封止されている。ここで、リードフレーム及び放熱板の一部は、封止樹脂の外部に露出している。また、TABはエポキシ系Agペースト74で銅接地板に固定されている。放熱板53、70はいずれも酸化銅の加工方向が図面の左右、上下及び奥行方向にいずれも対応できるものである。

20

【0057】

(実施例9)

図18は、実施例1~4に記載の本発明の銅複合材料を放熱板に適用したMCMの実施例を示す。IC81はAuワイヤ82を用いて、Niめっきされた本発明に係る放熱板83の上に形成された薄膜配線84に接続され、さらに、AuワイヤでAlN製のパッケージ85上に形成されている配線に接続され、外部端子86として取り出されている。IC部は、42合金製のリッド87とパッケージのWメタライズ層の間にAu-Sn製のプリフォーム88を挿んで接合し、密封されている。

【0058】

放熱板83の酸化銅の長手方向は図の上下方向に配向させるのが好ましい。

30

【0059】

【発明の効果】

本発明によれば、高熱伝導性を有するCu相と低熱膨張性を有するCu₂O相からなる複合組織を有しており、塑性加工によって伸ばされたCu₂O相の方向性を要求する熱膨張係数及び熱伝導率の目的に合わせて制御可能であるため、半導体装置用放熱板として顕著な効果が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る試料No.1のミクロ組織を示す光学顕微鏡写真。

【図2】本発明の実施例1に係る試料No.1のミクロ組織を示す光学顕微鏡写真。

40

【図3】本発明の実施例2に係る試料No.4のミクロ組織を示す光学顕微鏡写真。

【図4】本発明の実施例3に係る試料No.5のミクロ組織を示す光学顕微鏡写真。

【図5】本発明の実施例5に係るIGBTモジュールの平面図。

【図6】本発明の実施例5に係るIGBTモジュールの断面図。

【図7】本発明の実施例5に係るIGBTモジュールの製造工程の模式図。

【図8】本発明の実施例5に係るIGBTモジュールの各製造工程でのベース反り量。

【図9】本発明の実施例5に係るIGBTモジュールを実装した電力変換装置の平面図及び断面図。

【図10】本発明の実施例5に係るIGBTモジュールを実装した電力変換装置のモジュールの実装前における反り量。

50

【図 1 1】本発明の実施例 5 に係る I G B T モジュールを実装した電力変換装置のモジュールの実装後における反り量。

【図 1 2】本発明の実施例 6 に係る放熱板内蔵型プラスチックパッケージの断面図。

【図 1 3】本発明の実施例 6 に係る放熱板露出型プラスチックパッケージの断面図。

【図 1 4】本発明の実施例 7 に係るセラミックパッケージの断面図。

【図 1 5】本発明の実施例 7 に係る放熱フィン付きセラミックパッケージの断面図。

【図 1 6】本発明の実施例 8 に係る半導体装置の断面図。

【図 1 7】本発明の実施例 8 に係る半導体装置の断面図。

【図 1 8】本発明の実施例 9 に係る M C M の断面図。

【符号の説明】

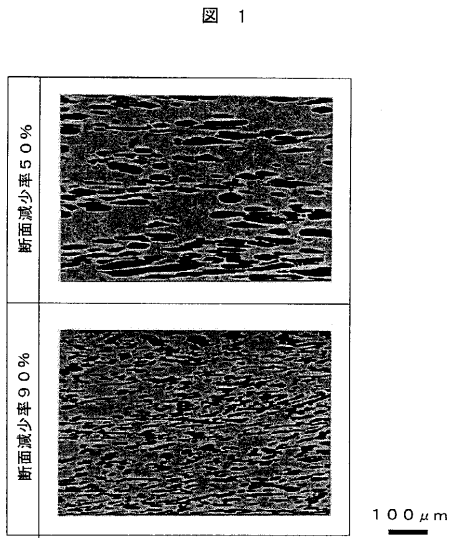
2 1 ... I G B T 素子、2 2 ... ダイオード、2 3 ... コレクタ電極、2 4 ... ゲート電極、2 5 ... エミッタ電極、2 6 ... A l N 製絶縁板、2 7 , 3 3 , 4 2 , 5 3 , 6 7 , 7 0 ... 放熱板、3 1 , 5 7 ... リードフレーム、3 2 ... 絶縁性ポリイミドテープ、3 4 , 4 1 , 5 1 , 6 5 , 8 1 ... I C、3 5 , 8 2 ... A u ワイヤ、3 6 ... モールド樹脂、4 3 , 8 5 ... パッケージ、4 4 ... ピン、4 5 ... A l ワイヤ、4 6 ... ウエルドリング、4 7 , 8 7 ... リッド、4 8 ... 放熱フィン、5 2 , 6 8 ... 熱伝導性樹脂、5 4 ... A u バンプ、5 5 ... T A B、5 6 , 8 4 ... 薄膜配線、5 8 ... S i ゴム、5 9 ... セラミック基板、6 0 ... フレーム、6 1 ... シーリングガラス、6 6 ... A u - S i 合金、6 9 ... 銅接地板、7 1 ... A u バンプ、7 2 ... T A B、7 3 ... 樹脂、7 4 ... エポキシ系 A g ペースト、8 3 ... 放熱基板、8 6 ... 外部端子、8 8 ... プリフォーム、1 0 1 ... I G B T 素子、1 0 2 ... ダイオード素子、1 0 3 ... A l N 基板、1 0 4 ... エミッタ配線、1 0 5 ... コレクタ配線、1 0 6 , 5 0 5 ... ゲート配線、1 0 7 ... 金属ワイヤ、1 0 8 ... 抵抗素子、1 0 9 ... 底面金属基板、1 1 0 ... エミッタ端子接続位置、1 1 1 ... エミッタセンス端子接続位置、1 1 2 ... コレクタ端子接続位置、1 1 3 ... ゲート端子接続位置、2 0 1 , 2 0 5 , 2 0 9 ... 半田、2 0 2 ... 半導体素子側銅箔、2 0 3 ... ベース側銅箔、2 0 4 ... A l N 板、2 0 6 ... 端子、2 0 7 ... ケース、2 0 8 ... ケースブロック、2 1 0 ... シリコンゴム系接着剤、2 1 1 ... ケース蓋、2 1 2 ... シリコンゲル、2 1 3 ... 熱硬化型エポキシ樹脂、3 0 1 ... 半導体素子からベース材まで接続した複合体、5 0 1 ... パワー半導体装置、5 0 2 ... コレクタ側配線、5 0 3 ... 中間点配線、5 0 4 ... エミッタ側配線、5 0 6 ... エミッタ補助配線、5 0 7 ... コレクタ補助配線、5 0 8 ... 負荷 (モーター)、5 0 9 ... 電源、5 1 0 ... 放熱性グリース、5 1 1 ... ヒートシンク、5 1 2 ... モジュール締め付けボルト。

10

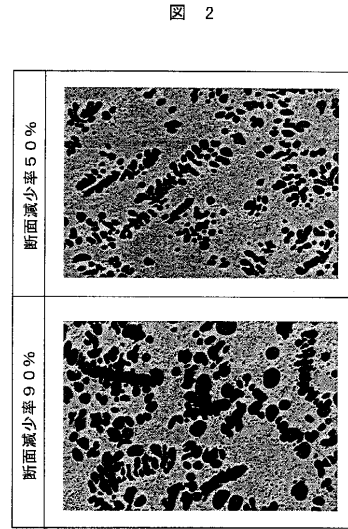
20

30

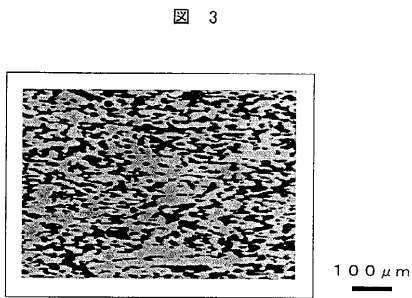
【 図 1 】



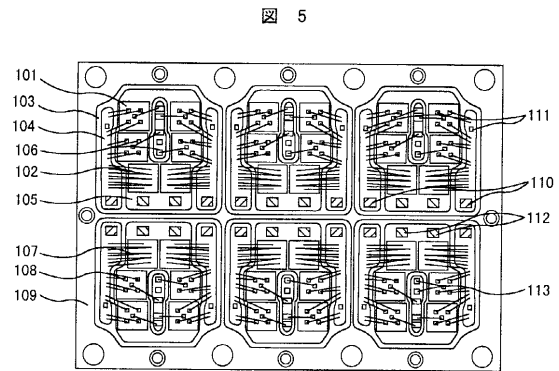
【 図 2 】



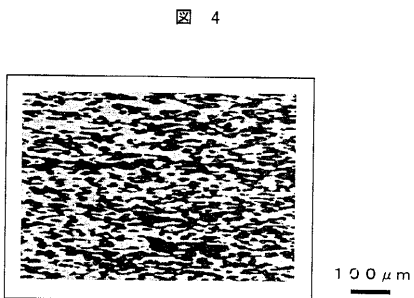
【 図 3 】



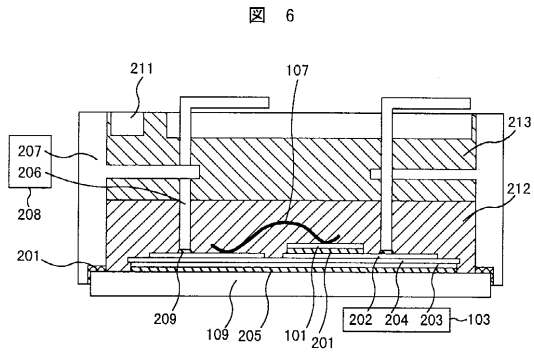
【 図 5 】



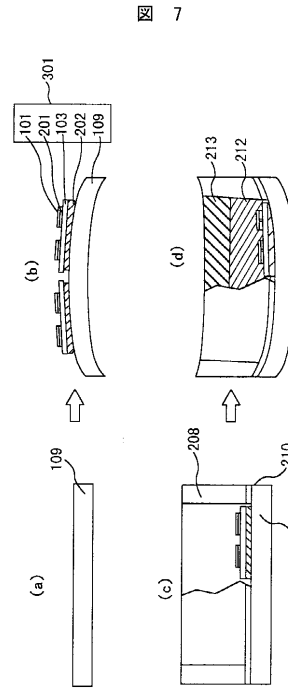
【 図 4 】



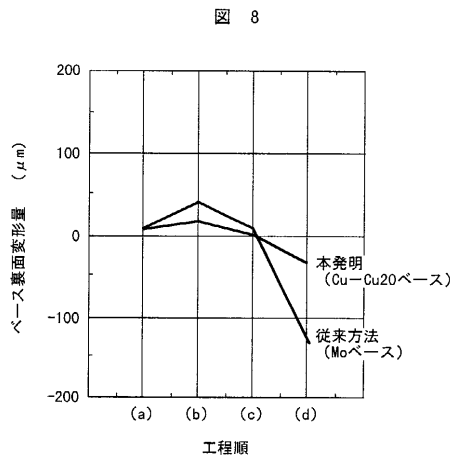
【 図 6 】



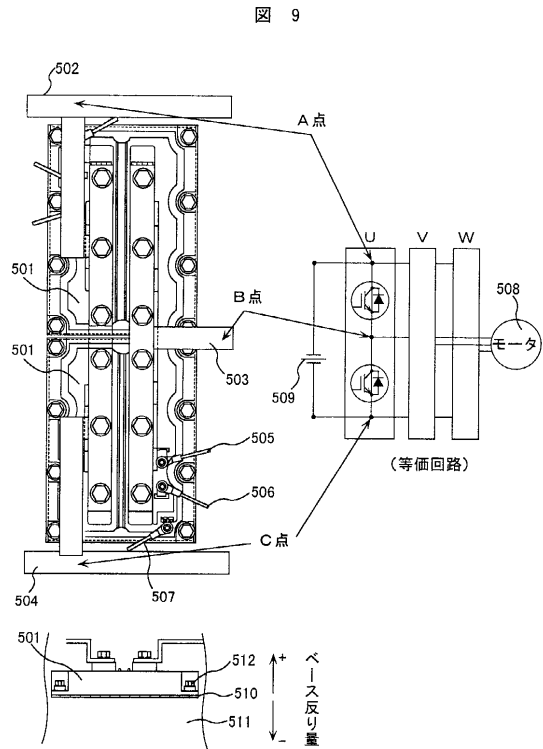
【 図 7 】



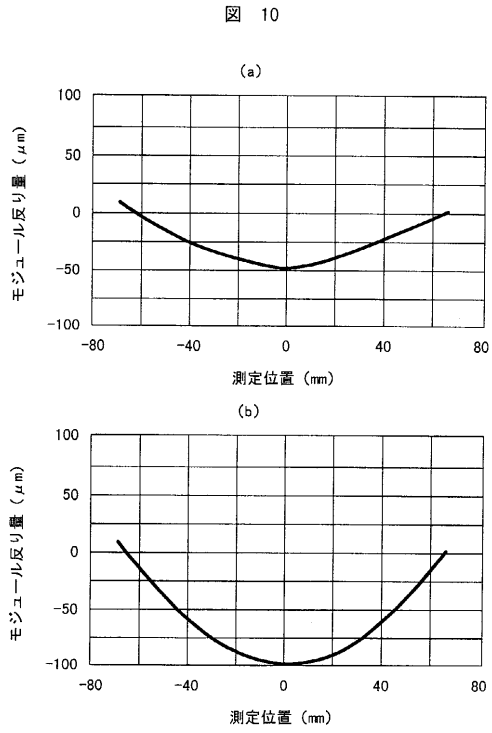
【 図 8 】



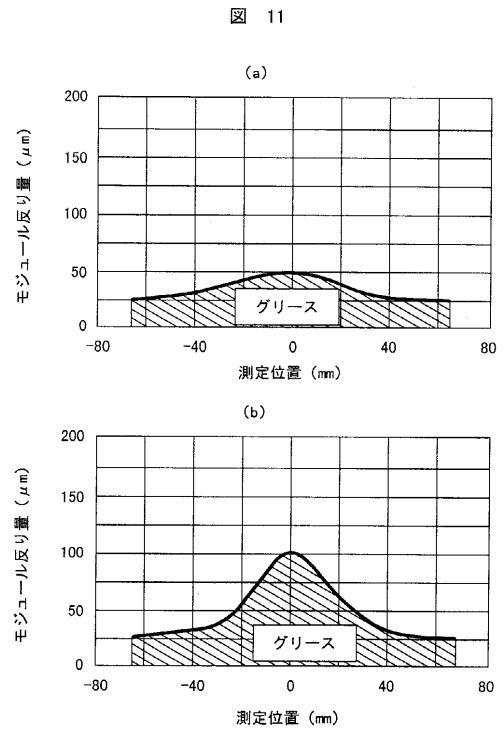
【 図 9 】



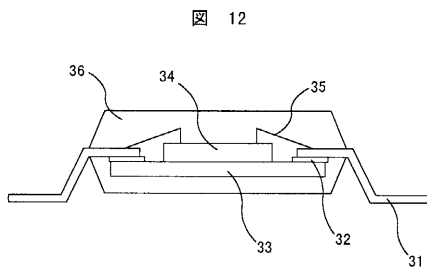
【 図 1 0 】



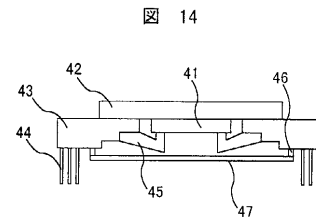
【 図 1 1 】



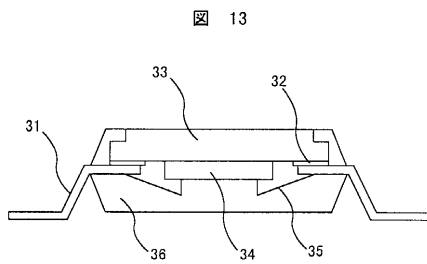
【 図 1 2 】



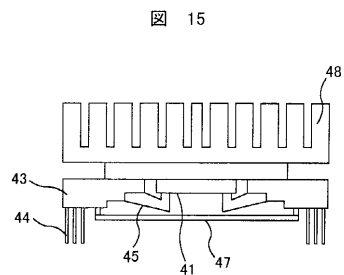
【 図 1 4 】



【 図 1 3 】

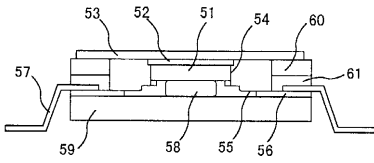


【 図 1 5 】



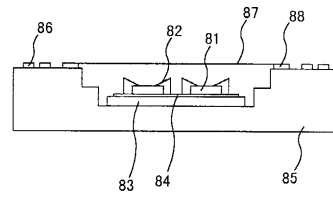
【 図 1 6 】

図 16



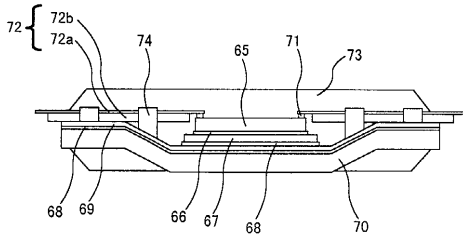
【 図 1 8 】

図 18



【 図 1 7 】

図 17



フロントページの続き

- (72)発明者 渡部 典行
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 鈴木 清光
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 阿部 輝宜
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 青野 泰久
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 金田 潤也
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内

審査官 和瀬田 芳正

- (56)参考文献 国際公開第00/34539(WO, A1)
特開2000-265227(JP, A)
特開2001-73047(JP, A)
特開昭64-12404(JP, A)
特開2000-192168(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

C22C 1/10
C22C 9/00
H01L 23/373