

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4876612号
(P4876612)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

| (51) Int. Cl. | | F I | |
|---------------|-----------|--------------|---|
| HO 1 L 23/36 | (2006.01) | HO 1 L 23/36 | C |
| HO 1 L 23/12 | (2006.01) | HO 1 L 23/12 | J |
| HO 1 L 23/14 | (2006.01) | HO 1 L 23/14 | D |
| HO 1 L 25/07 | (2006.01) | HO 1 L 25/04 | C |
| HO 1 L 25/18 | (2006.01) | | |

請求項の数 13 (全 15 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2006-36713 (P2006-36713) | (73) 特許権者 | 000006264 |
| (22) 出願日 | 平成18年2月14日(2006.2.14) | | 三菱マテリアル株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2006-270062 (P2006-270062A) | | 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 |
| (43) 公開日 | 平成18年10月5日(2006.10.5) | (74) 代理人 | 100064908 |
| 審査請求日 | 平成20年3月21日(2008.3.21) | | 弁理士 志賀 正武 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2005-45258 (P2005-45258) | (74) 代理人 | 100108578 |
| (32) 優先日 | 平成17年2月22日(2005.2.22) | | 弁理士 高橋 詔男 |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | (74) 代理人 | 100101465 |
| | | | 弁理士 青山 正和 |
| | | (74) 代理人 | 100108453 |
| | | | 弁理士 村山 靖彦 |
| | | (74) 代理人 | 100106057 |
| | | | 弁理士 柳井 則子 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶縁伝熱構造体及びパワーモジュール用基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁体層と、該絶縁体層の両側に配置され、熱伝導率が150W/mK以上である高熱伝導体層とを備え、

前記絶縁体層が、前記高熱伝導体層よりも熱伝導率が低いポリイミドからなる接合層と、前記接合層よりも熱伝導率が高く、熱伝導率が150W/mK以上とされ、かつ前記高熱伝導体層よりも硬度が高い前記高熱伝導体層に突き出されているダイヤモンド粒子からなる絶縁性高熱伝導硬質粒子とを有する絶縁伝熱構造体において、

前記高熱伝導体層と前記絶縁体層との界面における前記絶縁性高熱伝導硬質粒子の投影面積が、前記界面の面積の20%以上60%以下であり、

前記高熱伝導体層の一方に、半導体チップを搭載するための回路が形成されていることを特徴とする絶縁伝熱構造体。

【請求項2】

前記絶縁性高熱伝導硬質粒子のうち、70質量%以上が切頭八面体形状を有するダイヤモンド粒子によって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の絶縁伝熱構造体。

【請求項3】

前記絶縁性高熱伝導硬質粒子の粒径が、50μm以上500μm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の絶縁伝熱構造体。

【請求項4】

前記高熱伝導体層が、Al、Cu、AgまたはAuによって形成されていることを特徴

とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の絶縁伝熱構造体。

【請求項 5】

前記回路が形成された高熱伝導体層が、前記絶縁体層の一面に分割して形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の絶縁伝熱構造体

【請求項 6】

前記分割して形成された高熱伝導体層のうちの 1 つの厚みが、前記分割して形成された高熱伝導体層のうちの他の少なくとも 1 つの厚みと異なることを特徴とする請求項 5 に記載の絶縁伝熱構造体。

【請求項 7】

前記回路が形成された高熱伝導体層の表面が、ニッケルメッキ層によって被覆されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の絶縁伝熱構造体。 10

【請求項 8】

他方の前記高熱伝導体層が、放熱体であることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の絶縁伝熱構造体。

【請求項 9】

前記一方の高熱伝導体層の少なくとも一部に、他の電子回路と接続される端子構造が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の絶縁伝熱構造体。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の絶縁伝熱構造体の前記回路が形成された一方の高熱伝導体層の上面に半導体チップが設けられたことを特徴とするパワーモジュール用基板。 20

【請求項 11】

他方の前記高熱伝導体層の下面に放熱板が接合されていることを特徴とする請求項 10 に記載のパワーモジュール用基板。

【請求項 12】

当該パワーモジュール用基板の下面にヒートシンクが設けられていることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載のパワーモジュール用基板。

【請求項 13】

前記絶縁伝熱構造体を前記ヒートシンクに対して付勢させる付勢部材を備えることを特徴とする請求項 12 に記載のパワーモジュール用基板。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、絶縁伝熱構造体及びその製造方法に関し、特に、半導体チップなどの電子部品、電子部品が実装される回路基板などの発熱体とヒートシンク、ヒートブロックなどの放熱体との間に介装される絶縁伝熱構造体及びこれを備えるパワーモジュール用基板に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、図 16 に示すように、DBA (Al / AlN / Al)、DBC (Cu / AlN / Cu) などからなる絶縁基板 101 の一方の面にハンダ層 102 を介して半導体チップなどの電子部品 103 を実装し、絶縁基板 101 の他方の面にハンダ層 102 を介して AlSiC、Cu / Mo / Cu などからなる放熱板 104 を接合し、放熱板 104 に熱伝導グリース層 105 を介して Al、Cu からなるヒートシンク 106 を接合したパワーモジュール用基板 100 が知られている。 40

【0003】

このような構成のパワーモジュール用基板 100 にあっては、半導体チップなどの電子部品 103 から発生する熱を放熱板 104 を介してヒートシンク 106 に伝達させて放散させることにより、半導体チップなどの電子部品 103 に作用する熱負荷を軽減させることができるものである。 50

【0004】

ところで、上記のような構成のパワーモジュール用基板100aにあっては、放熱板104とヒートシンク106との間に熱伝導グリース層105を介装させて熱伝導性を高めているが、熱伝導グリース層105では熱抵抗を十分に低減させることができず、半導体チップなどの電子部品103の熱を効率良く伝導させて放散させることができない。

【0005】

一方、上記のような問題に対処するため、図17及び図18に示すように、絶縁基板101と放熱板104との間、及び放熱板104とヒートシンク106との間を口ウ付け層107を介して接合することにより、熱抵抗を低減させるように構成したパワーモジュール用基板100b、100cが知られている。

【0006】

しかし、絶縁基板101の熱膨張率($7 \times 10^{-6} / K$)、放熱板104の熱膨張率($10 \sim 15 \times 10^{-6} / K$)、及びヒートシンク106の熱膨張率(A1: $23 \times 10^{-6} / K$ 、Cu: $15 \sim 16 \times 10^{-6} / K$)がそれぞれ異なることから、口ウ付け作業後の冷却過程、実使用時の温度サイクルなどによる熱変形によって、絶縁基板101と放熱板104との間及び、放熱体とヒートシンクとの間に剥離、亀裂などが生じてしまう。

【特許文献1】特開平1-286348号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記のような従来の問題に鑑みなされたもので、発熱体側の熱を効率よく放熱体側に伝導させて放熱することができると共に、温度サイクルなどの作用によって熱変形を受けても、安定した性能を長期にわたって発揮することができる絶縁伝熱構造体及びパワーモジュール用基板を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、前記課題を解決するために以下の構成を採用した。すなわち、本発明の絶縁伝熱構造体は、絶縁体層と、該絶縁体層の両側に配置され、熱伝導率が $150 W / m K$ 以上である高熱伝導体層とを備え、前記絶縁体層が、前記高熱伝導体層よりも熱伝導率が低いポリイミドからなる接合層と、前記接合層よりも熱伝導率が高く、熱伝導率が $150 W / m K$ 以上とされ、かつ前記高熱伝導体層よりも硬度が高い前記高熱伝導体層に突き出されているダイヤモンド粒子からなる絶縁性高熱伝導硬質粒子とを有する絶縁伝熱構造体において、前記高熱伝導体層と前記絶縁体層との界面における前記絶縁性高熱伝導硬質粒子の投影面積が、前記界面の面積の20%以上60%以下であり、前記高熱伝導体層の一方に、半導体チップを搭載するための回路が形成されていることを特徴とする。

【0009】

この発明によれば、一方の高熱伝導体層と他方の高熱伝導体層とが絶縁性高熱伝導硬質粒子によって連通されているので、絶縁体層の絶縁性高熱伝導硬質粒子を介して一方の高熱伝導体層からの熱が、他方の高熱伝導体層に伝導され、他方の高熱伝導体層で放散される。ここで、高熱伝導体層と絶縁体層との界面における絶縁性高熱伝導硬質粒子の投影面積が界面の面積の20%以上60%以下であることで、絶縁性高熱伝導硬質粒子が高熱伝導体層内に十分に突き出され、絶縁性高熱伝導硬質粒子と高熱伝導体層とが良好に接触していることとなる。これにより、十分な熱伝導率が得られると共に、絶縁性高熱伝導硬質粒子の密度が高過ぎることで接合層と絶縁性高熱伝導硬質粒子との間に空隙が生じて絶縁耐圧が低下することを回避する。したがって、温度サイクルなどの作用によって熱変形を受けても、安定した性能を長期にわたって発揮することができる。

なお、本発明において、投影面積とは高熱伝導体層と絶縁体層との界面で切断した面のうち、絶縁性高熱伝導硬質粒子の占める面積を示している。ここで、投影面積の測定方法は、絶縁伝熱構造体の高熱伝導体層を塩化第二鉄などを用いたエッチングにより除去した後、表面をSEM(走査型電子顕微鏡)や光学顕微鏡などにより撮影し、撮影した画像の

10

20

30

40

50

面積に対する絶縁性高熱伝導硬質粒子の占める面積を画像処理などによって求めることによって行っている。

ここで、回路上に半導体チップを搭載すると、この半導体チップで発生した熱を、半導体チップが搭載された一方の高熱伝導体層から他方の高熱伝導体層に伝導する。

【0010】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記絶縁性高熱伝導硬質粒子のうち、70質量%以上が切頭八面体形状を有するダイヤモンド粒子によって構成されていることが好ましい。

この発明によれば、絶縁性高熱伝導硬質粒子が切頭八面体形状を有するダイヤモンド粒子を含有することで、ダイヤモンド粒子の(100)面または(111)面が高熱伝導体層と対向するように配置されやすくなる。これにより、ダイヤモンド粒子が高熱伝導体層に対して十分に突き出させることができる。したがって、一方の高熱伝導体層から他方の高熱伝導体層への熱伝導がより効率よく行われる。また、低熱膨張係数でかつ熱伝導率の高いダイヤモンドを用いることで、絶縁体層と一方の高熱伝導体層とを合わせた熱膨張係数を小さくでき、かつ絶縁体層の両側に配置された高熱伝導体層間で良好に熱を伝達することができる。

10

【0011】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記絶縁性高熱伝導硬質粒子の粒径が、50 μm 以上500 μm 以下であることが好ましい。

この発明によれば、絶縁性高熱伝導硬質粒子の粒径を50 μm 以上とすることで、高熱伝導体層間の耐電圧特性の劣化を防止して高熱伝導体層間の絶縁性を維持することができる。また、絶縁性高熱伝導硬質粒子の粒径を500 μm 以下とすることで、絶縁性高熱伝導硬質粒子のコストを低減し、絶縁伝熱構造体の製造コストが増大することを防止すると共に、接合層が厚くなることで全体の熱膨張率が増大し、高熱伝導体層の上面にハンダ層を介して半導体チップなどを搭載したときにハンダ層にクラックが発生することを抑制する。

20

なお、絶縁性高熱伝導硬質粒子の粒径は、100 μm 以上300 μm 以下であることがより好ましい。このようにすることで、より高熱伝導体層間の耐電圧特性の劣化を防止すると共に、絶縁伝熱構造体の製造コストの増大を防止することやハンダ層にクラックが発生することができる。

【0012】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記高熱伝導体層が、Al、Cu、AgまたはAuによって形成されていることが好ましい。

この発明によれば、Al、Cu、AgまたはAuの熱伝導率が高いことから、発熱体の熱が良好に伝達されることになる。また、Alは、歪み量に対する変形応力が小さく、熱サイクルによる熱硬化が少ないことから、信頼性が向上する。

30

【0013】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記高熱伝導体層の一方に、半導体チップを搭載するための回路が形成されていることが好ましい。

この発明によれば、回路上に半導体チップを搭載して、この半導体チップで発生した熱を、半導体チップが搭載された一方の高熱伝導体層から他方の高熱伝導体層に伝導する。

40

【0014】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記分割して形成された高熱伝導体層のうちの1つの厚みが、前記分割して形成された高熱伝導体層のうちの他の少なくとも1つの厚みと異なることが好ましい。

この発明によれば、高熱伝導体層の1つに半導体チップを搭載して、他の高熱伝導体層とこの半導体チップの電極をワイヤなどで接続し、電子回路として使用することができる。

【0015】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記分割して形成された高熱伝導体層のうちの1つの厚みが、他の前記高熱伝導体層のうちの少なくとも1つの厚みと異なることが好ましい

50

。この発明によれば、分割形成された高熱伝導体層の厚みを適宜変更することで、過渡熱を抑制することができる。

【0016】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記回路が形成された高熱伝導体層の表面が、ニッケルメッキ層によって被覆されていることが好ましい。

この発明によれば、ニッケルメッキ層によってハンダとの良好な接合性が得られるので、高い放熱性を維持することができる。したがって、製品寿命が向上する。

【0017】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、他方の前記高熱伝導体層が、放熱体であることが好ましい。

10

この発明によれば、放熱体によって効率よく放熱することができる。

【0018】

また、本発明の絶縁伝熱構造体は、前記一方の高熱伝導体層の少なくとも一部に、他の電子回路と接続される端子構造が形成されていることが好ましい。

この発明によれば、端子構造を介して他の電子回路などと接続される。

【0019】

また、本発明のパワーモジュール用基板は、上記記載の絶縁伝熱構造体の前記回路が形成された一方の高熱伝導体層の上面に半導体チップが設けられたことを特徴とする。

この発明によれば、半導体チップの生じる熱が絶縁伝熱構造体を介して放熱され、使用時に熱サイクルが生じたとしても、高熱伝導体層と絶縁体層との間に剥離や亀裂が生じない。

20

【0020】

また、本発明のパワーモジュール用基板は、他方の前記高熱伝導体層の下面に放熱板が接合されていることが好ましい。

この発明によれば、上述と同様に、高熱伝導体層と絶縁体層との間に剥離や亀裂が生じない。また、半導体チップの生じる熱が伝導されたときに、より効率よく放熱することができる。

【0021】

また、本発明のパワーモジュール用基板は、当該パワーモジュール用基板の下面にヒートシンクが設けられていることが好ましい。

30

この発明によれば、絶縁伝熱構造体をヒートシンクに対して付勢することで、絶縁伝熱構造体とヒートシンクとの接触が良好となるので、半導体チップに生じる熱をより効率よく伝達させることができる。

【0022】

また、本発明のパワーモジュール用基板は、前記絶縁伝熱構造体を前記ヒートシンクに対して付勢させる付勢部材を備えることが好ましい。

この発明によれば、絶縁伝熱構造体をヒートシンクに対して付勢することで、絶縁伝熱構造体とヒートシンクとの接触が良好となるので、半導体チップに生じる熱をより効率よく伝達させることができる。

40

【発明の効果】

【0023】

この発明にかかる絶縁伝熱構造体及びパワーモジュール用基板によれば、高熱伝導体層と絶縁体層との界面における絶縁性高熱伝導硬質粒子の投影面積が、界面の面積の20%以上60%以下であることで、絶縁性高熱伝導硬質粒子が高熱伝導体層内に十分に突き出されると共に絶縁性高熱伝導硬質粒子と高熱伝導体層とが十分に接触していることとなる。これにより、一方の高熱伝導体層から他方の高熱伝導体層への熱の伝導が効率よく行われる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

50

以下、本発明にかかる絶縁伝熱構造体の第1の実施形態を図面に基づいて説明する。

本実施形態による絶縁伝熱構造体1は、図1に示すように、絶縁体層2と、絶縁体層2の両側に配置される高熱伝導体層3、4とを備えている。

なお、本明細書において、絶縁伝熱構造体1を構成する絶縁体層2及び高熱伝導体層3、4の積層方向のうち高熱伝導体層3側(図1に示す上側)を上方とし、高熱伝導体層4側(図1に示す下側)を下方とする。

【0025】

絶縁体層2は、高熱伝導体層3、4間を一体に接続する絶縁性及び耐熱性を有する接合層5と、接合層5に混入または貼着される絶縁性、高熱伝導性及び硬質性を有するダイヤモンド粒子(絶縁性高熱伝導硬質粒子)6とによって構成され、ダイヤモンド粒子6の高熱伝導体層3、4側に位置している部分が、高熱伝導体層3、4内に突き出されている。

10

【0026】

接合層5は、厚さ70 μ mのポリイミド製の両面粘着テープによって構成されており、絶縁抵抗が 10^{10} ・cm以上、融点が450~600(連続使用温度250以上)に耐えることが可能な温度(ハンダの融点温度以上)となっている。なお、接合層5の厚さは、ダイヤモンド粒子6の粒径や所望する絶縁耐圧の値によって適宜変更してもよい。

【0027】

ダイヤモンド粒子6は、絶縁抵抗が接合層5と同様に 10^{10} ・cm以上、熱伝導率が Al_2O_3 より高い150W/mK以上であると共に硬度が高熱伝導体層3、4の硬さの10倍以上(高熱伝導体層3、4をHv50~100の純金属で構成した場合にはHv500~1000の硬さ)である。また、ダイヤモンド粒子6は、その粒径が100 μ m以上300 μ m以下であると共に平均粒径が200 μ mとなっており、図2に示す切頭八面体形状を有している。

20

【0028】

このダイヤモンド粒子6は、絶縁体層2の両側に高熱伝導体層3、4を配置し、高熱伝導体層3、4を熱間圧着したときに、高熱伝導体層3、4側に位置している部分が高熱伝導体層3、4内に突き出される。このとき、ダイヤモンド粒子6が切頭八面体形状を有することで、その(100)面(図2に示す面A)または(111)面(図2に示す面B)が高熱伝導体層3、4と対向するように配置される。また、高熱伝導体層3、4と絶縁体層2との界面におけるダイヤモンド粒子6の投影面積が、界面の面積の20%以上60%以下となっており、ダイヤモンド粒子6と高熱伝導体層3、4との接触面積が、界面の面積の30%以上90%以下となっている。

30

ここで、本明細書において、投影面積とは高熱伝導体層3、4と絶縁体層2との界面で切断した面のうち、ダイヤモンド粒子6の占める面積を示している。また、投影面積の測定方法は、絶縁伝熱構造体1の高熱伝導体層3、4を塩化第二鉄などを用いたエッチングにより除去した後、表面をSEMや光学顕微鏡などにより撮影し、撮影した画像の面積に対するダイヤモンド粒子6の占める面積を画像処理などによって求めることを行っている。

【0029】

高熱伝導体層3、4は、それぞれ電気伝導性を有するAlの薄板によって構成されている。この高熱伝導体層3、4は、熱伝導率が50W/mK以上、好ましくは150W/mK以上の金属を材料として薄板状などに形成されている。また、高熱伝導体層3、4は、絶縁体層2の両側に位置した状態でプレスなどによって加圧することにより、絶縁体層2の両側に積層された状態で配置される。この高熱伝導体層3、4は、ダイヤモンド粒子6よりも軟らかい材料によって形成されており、絶縁体層2と対向する面にダイヤモンド粒子6の一部が突き出されている。

40

【0030】

次に、上述した構成の絶縁伝熱構造体1の製造方法について説明する。まず、図3に示すように、ポリイミド製の両面粘着テープからなる接合層5の両面に所定量のダイアモン

50

ドのダイヤモンド粒子6を貼着して絶縁体層2を構成する。

次に、絶縁体層2の両側にA1(99.99%)製の薄板からなる高熱伝導体層3、4を配置し、この状態でプレスなどにより矢印方向から両高熱伝導体層3、4を、例えば180°に加熱した熱間圧延することで、両高熱伝導体層3、4の間に接合層5を介在させた状態で一体に接合する。

このとき、ダイヤモンド粒子6が切頭八面体形状を有しているため、この切頭八面体のダイヤモンドの平面である(100)面または(111)面が高熱伝導体層3、4と対向するようになる。そして、この状態で高熱伝導体層3、4内に突き出させる。

以上のようにして、図4に示すように、絶縁体層2の両側に高熱伝導体層3、4を積層した状態で配置した絶縁伝熱構造体1が製造される。

また、ダイヤモンド粒子6の表面をCuメッキまたはNiメッキで被覆し、ダイヤモンド粒子6と高熱伝導体層3、4との接合性を高めてもよい。

【0031】

そして、上述のように構成した絶縁伝熱構造体1の一方の高熱伝導体層3を発熱体側として使用し、他方の高熱伝導体層4を放熱体側として使用することにより、一方の高熱伝導体層3側の熱が絶縁体層2のダイヤモンド粒子6を介して他方の高熱伝導体層4側に伝導されて放散されることになる。

【0032】

このように構成された絶縁伝熱構造体1によれば、高熱伝導体層3、4と絶縁体層2との界面におけるダイヤモンド粒子6の投影面積が、界面の面積の20%以上60%以下であることで、ダイヤモンド粒子6が高熱伝導体層3、4内に十分に突き出してダイヤモンド粒子6と高熱伝導体層3、4とが十分に接触していることとなる。これにより、高熱伝導体層3、4間の熱の伝導が効率よく行われる。

ここで、ダイヤモンド粒子6が切頭八面体形状を有することで、平面となっている(100)面または(111)面が、突き出す際に高熱伝導体層3、4と対向しやすくなる。これにより、ダイヤモンド粒子6が高熱伝導体層3、4に対して十分に突き出しやすくなる。

【0033】

次に、第2の実施形態について図5を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第1の実施形態と同様であり、上述の第1の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図5においては、図1と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第2の実施形態におけるパワーモジュール用基板10は、絶縁体層2の上面側に一方の高熱伝導体層3a、3bであるA1などからなる回路層が分割して配置され、絶縁体層2の下面側に他方の高熱伝導体層4であるA1などからなる薄板が配置されている。そして、これらを加熱、加圧することにより両高熱伝導体層3a、3b、4を絶縁体層2の接合層5を介して一体的に接合し、絶縁体層2のダイヤモンド粒子6の一部を両高熱伝導体層3a、3b、4内に突き出させた構成とされている。

【0034】

このように構成されたパワーモジュール用基板10によれば、上述した第1の実施形態と同様に、高熱伝導体層3a、3b、4間の熱の伝導が効率よく行われる。

【0035】

次に、第3の実施形態について図6を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第2の実施形態と同様であり、上述の第2の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図6においては、図5と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第3の実施形態におけるパワーモジュール用基板15は、高熱伝導体層3a、3b及び高熱伝導体層4の表面がニッケルメッキ層(以下、Niメッキ層と省略する)16で被覆されている。

【0036】

10

20

30

40

50

このように構成されたパワーモジュール用基板 15 においても、上述した第 2 の実施形態と同様の作用、効果を有するが、高熱伝導体層 3 a、3 b 及び高熱伝導体層 4 の表面を Ni メッキ層 16 で被覆することによって、ハンダを用いて他の部材と接合したときに、ハンダとの良好な接合性が得られるので、高い放熱性を維持することができる。したがって、製品寿命が向上する。

【0037】

次に、第 4 の実施形態について図 7 を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第 2 の実施形態と同様であり、上述の第 2 の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図 7 においては、図 5 と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

10

第 4 の実施形態におけるパワーモジュール用基板 20 は、一方の高熱伝導体層 3 a、3 b として互いに厚さの異なる Cu 製のヒートブロックが配置され、他方の高熱伝導体層 4 として Al などからなる薄板が配置されている。

【0038】

このように構成されたパワーモジュール用基板 20 によれば、上述した第 2 の実施形態と同様の作用、効果を有するが、分割形成された高熱伝導体層 3 a、3 b の厚みを適宜変更することで、過渡熱を効率よく抑制することができる。

【0039】

次に、第 5 の実施形態について図 8 を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第 4 の実施形態と同様であり、上述の第 4 の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図 8 においては、図 7 と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

20

第 4 の実施形態におけるパワーモジュール用基板 25 は、上述した第 3 の実施形態と同様に、高熱伝導体層 3 a、3 b 及び高熱伝導体層 4 の表面が Ni メッキ層 16 で被覆されている。

【0040】

このように構成されたパワーモジュール用基板 25 においても、上述した第 4 の実施形態と同様の作用、効果を有するが、高熱伝導体層 3 a、3 b 及び高熱伝導体層 4 の表面を Ni メッキ層 16 で被覆することによって、上述した第 3 の実施形態と同様に、ハンダとの良好な接合性が得られるので、高い放熱性を維持することができる。したがって、製品寿命が向上する。

30

【0041】

次に、第 6 の実施形態について図 9 を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第 2 の実施形態と同様であり、上述の第 2 の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図 9 においては、図 5 と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第 6 の実施形態におけるパワーモジュール用基板 30 は、一方の高熱伝導体層 3 として Cu 製の回路層が配置され、他方の高熱伝導体層 4 として Al 製のヒートブロックが配置されている。そして、高熱伝導体層 3 である回路層の表面にハンダ層 31 を介して半導体チップ 32 が実装されている。

40

【0042】

このように構成されたパワーモジュール用基板 30 によれば、上述した第 2 の実施形態と同様の作用、効果を有するが、高熱伝導体層 4 をヒートブロックとして構成することで、半導体チップ 32 で生じた熱を高熱伝導体層 4 で効率よく放熱することができる。

【0043】

次に、第 7 の実施形態について図 10 を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第 6 の実施形態と同様であり、上述の第 6 の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図 10 においては、図 9 と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第 7 の実施形態におけるパワーモジュール用基板 35 は、一方の高熱伝導体層 3 として

50

Cu製の回路層が配置され、他方の高熱伝導体層4としてAl製のヒートシンクが配置されている。

【0044】

このように構成されたパワーモジュール用基板35によれば、上述した第6の実施形態と同様の作用、効果を有する。

【0045】

次に、第8の実施形態について図11を参照しながら説明する。ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第2の実施形態と同様であり、上述の第2の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図11においては、図5と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

10

第8の実施形態におけるパワーモジュール用基板40は、一方の高熱伝導体層3a、3bの表面をNiメッキ層16で被覆したCu製の回路層が配置され、他方の高熱伝導体層4としてAl製のヒートシンクが配置されている。

【0046】

このように構成されたパワーモジュール用基板40においても、上述した第2の実施形態と同様の作用、効果を有するが、高熱伝導体層4としてAl製のヒートシンクを配置することで、効率よく放熱することができる。

【0047】

次に、第9の実施形態について図12を参照しながら説明する。ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第3の実施形態と同様であり、上述の第3の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図12においては、図6と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

20

第9の実施形態におけるパワーモジュール用基板45は、一方の高熱伝導体層3a、3bとして表面をNiメッキ層16で被覆したCu製の回路層及びCu製の端子部材が配置され、他方の高熱伝導体層4として表面がNiメッキ層16で被覆されたAlなどからなる薄板が配置されている。

【0048】

このように構成されたパワーモジュール用基板45においても、上述した第2の実施形態と同様の作用、効果を有するが、高熱伝導体層3bを端子構造とすることで、この端子構造を介して他の電子回路などと接続される。

30

【0049】

次に、第10の実施形態について図13を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第3の実施形態と同様であり、上述の第3の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図13においては、図6と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第10の実施形態におけるパワーモジュール用基板50は、一方の高熱伝導体層3a、3bとして表面をNiメッキ層16で被覆したCu製のヒートブロックが配置され、他方の高熱伝導体層4として表面をNiメッキ層16で被覆したAlなどからなる薄板が配置されている。

高熱伝導体層3aの表面には、ハンダ層31を介して半導体チップ32が実装されており、半導体チップ32の表面と高熱伝導体層3bの表面とをAlワイヤ51で接続されている。また、高熱伝導体層4の下面に放熱板52が接合されている。

40

【0050】

このように構成されたパワーモジュール用基板50においても、上述した第3の実施形態と同様の作用、効果を有するが、半導体チップ32と高熱伝導体層3bとがAlワイヤ51によって電氣的に接続されると共に、半導体チップ32で生じた熱を高熱伝導体層4に効率よく伝導させて放熱板52で効率よく放熱させる。

【0051】

次に、第11の実施形態について図14を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第10の実施形態と同様であり、上述の第10

50

の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図 14 においては、図 13 と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第 11 の実施形態におけるパワーモジュール用基板 55 は、放熱板 52 の下面に熱伝導グリース層（図示略）を介在させた状態でネジ 56 を用いてヒートシンク 57 が取り付けられている。

【0052】

このように構成されたパワーモジュール用基板 55 においても、上述した第 10 の実施形態と同様の作用、効果を有するが、半導体チップ 32 で生じた熱を放熱板 52 及びヒートシンク 57 で効率よく放熱させる。

【0053】

次に、第 12 の実施形態について図 15 を参照しながら説明する。なお、ここで説明する実施形態は、その基本的構成が上述した第 10 の実施形態と同様であり、上述の第 10 の実施形態に別の要素を付加したものである。したがって、図 15 においては、図 13 と同一構成要素に同一符号を付し、この説明を省略する。

第 12 の実施形態におけるパワーモジュール用基板 60 は、上フランジ部 61a 及び下フランジ部 61b を備える付勢部材 61 を有している。この付勢部材 61 は、上フランジ部 61a を高熱伝導体層 3a、3b の外縁部に当接させ、下フランジ部 61b をヒートシンク 57 に当接させて高熱伝導体層 4 の下面に熱伝導グリース層（図示略）を介在させた状態でネジ 62 を用いてヒートシンク 57 に取り付けられている。

【0054】

このように構成されたパワーモジュール用基板 60 においても、上述した第 10 の実施形態と同様の作用、効果を有するが、付勢部材 61 によって高熱伝導体層 4 とヒートシンク 57 との接触が良好となり、半導体チップ 32 で生じた熱をヒートシンクで効率よく放熱させることができる。

【実施例 1】

【0055】

以下の条件の絶縁伝熱構造体を、実施例により具体的に説明する。

すべて切頭八面体形状を有する粒径 $250\ \mu\text{m}$ のダイヤモンド粒子を用い、絶縁伝熱構造体を製造した。ダイヤモンド粒子は、高熱伝導体層内に突き出ている。ここで、高熱伝導体層と絶縁体層との界面におけるダイヤモンド粒子の投影面積が、高熱伝導体層と絶縁体層との界面の面積の 47.9% となっており、ダイヤモンド粒子と高熱伝導体層との接触面積が 76.5% となっている。

このように構成された絶縁伝熱構造体を用いて、レーザフラッシュ法（JIS R-1611 準拠）により熱伝導率の測定を行った。この結果、絶縁伝熱構造体の熱伝導率が $150\ \text{W}$ であることを確認した。以上より、ダイヤモンド粒子と高熱伝導体層との接触面積が十分であるため、良好な熱伝導率を有することがよくわかる。

【0056】

なお、本発明は上記実施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において種々の変更を加えることができる。

例えば、接合層は、絶縁抵抗が $10^{10}\ \text{cm}$ 以上、融点が $450\sim 600$ であればよく、ポリイミド製の両面粘着テープに限らず、アクリル熱圧着テープやエポキシやポリイミド、PBI（ポリベンズイミダゾール）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PAI（ポリアミドイミド）、各種の熱硬化性樹脂を用いてもよい。

ここで、接合層としてエポキシ樹脂層を用いる場合には、絶縁性高熱伝導硬質粒子の両側に高熱伝導体層を配置した後に、両高熱伝導体層にアンダーフィル法などによって溶融樹脂を充填して硬化させることによって製造する。

【0057】

また、接合層として、ガラス相またはガラス相に結晶相もしくはセラミック粒子が分散した複合相を用いてもよい。接合層として用いられる材料は、連続使用温度 250 以上に耐え得る温度（はんだの融点温度以上）のガラス相またはガラス相に結晶相もしくはセ

10

20

30

40

50

ラミック粒子が分散した複合相が好ましい。例えば、ガラス系としては、 $PbO - B_2O_3$ 系、 $Bi_2O_3 - B_2O_3$ 系、 P_2O_5 系、 TeO_2 系などの低軟化ガラス系が望ましく、分散するセラミック粒子としては、アルミナ、ジルコン、ムライト、チタニアなどの低熱膨張酸化物が望ましい。ここで、ガラス相またはガラス相に結晶相もしくはセラミック粒子が分散した複合相を用いた場合には、例えばガラス粉末もしくはガラスとセラミックスとの混合粉末をペースト化し、これをダイヤモンド粒子と共にAl板上に塗布する。この上にAl板を載置し、加圧した後、300で加熱する脱脂処理を行う。さらに、450～600でガラスを流動させることによって製造する。

【0058】

また、絶縁性高熱伝導硬質粒子として切頭八面体形状を有するダイヤモンド粒子を用いたが、用いたダイヤモンド粒子のうち、その70質量%以上が切頭八面体形状を有するダイヤモンド粒子であればよい。

10

また、絶縁性高熱伝導硬質粒子として用いられる材料は、絶縁抵抗が接合層と同様に $10^{10} \cdot cm$ 以上、熱伝導率が $50 W/mK$ 以上であると共に硬度が高熱伝導体層よりも高いものであればよく、ダイヤモンドに限らず、 SiC 、 Si_3N_4 、 AlN 、 BN などを用いてもよい。ここで、上述と同様に、熱伝導率が Al_2O_3 より高い $150 W/mK$ 以上であることが好ましく、絶縁性高熱伝導硬質粒子の硬度が高熱伝導体層の硬さの10倍以上（例えば、高熱伝導体層3、4を $Hv50 \sim 100$ の純金属で構成した場合には $Hv500 \sim 1000$ の硬さ）よりも高いことが好ましい。

【0059】

20

また、高熱伝導体層として用いられる材料は、絶縁性高熱伝導硬質粒子よりも硬度が低く、熱伝導率が $50 W/mK$ 以上、好ましくは $150 W/mK$ 以上であればよく、ピッカース硬さが $Hv50 \sim 100$ の純金属（ Cu 、 Ag 、 Au など）や、それらの合金などを用いることができる。ただし、これらに限定することなく、同様の特性を有する純金属、合金などを用いてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0060】

この発明にかかるパワーモジュール用基板によれば、発熱体側の熱を効率よく放熱体側に伝導させて放熱し、温度サイクルなどの作用によって熱変形を受けても、安定した性能を長期にわたって発揮することができ、産業上の利用可能性が認められる。

30

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明の第1の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す概略断面図である。

【図2】絶縁性高熱伝導硬質粒子を示す斜視図である。

【図3】絶縁性高熱伝導硬質粒子と接合層と高熱伝導体層との関係を示した説明図である。

【図4】第1の実施の形態の絶縁伝熱構造体の変形例を示した概略断面図である。

【図5】本発明の第2の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図6】本発明の第3の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

40

【図7】本発明の第4の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図8】本発明の第5の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図9】本発明の第6の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図10】本発明の第7の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図11】本発明の第8の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワ

50

ーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図 1 2】本発明の第 9 の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図 1 3】本発明の第 1 0 の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図 1 4】本発明の第 1 1 の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図 1 5】本発明の第 1 2 の実施形態における絶縁伝熱構造体を示す説明図であって、パワーモジュール用基板に適用した例を示す概略断面図である。

【図 1 6】従来のパワーモジュール用基板の一例を示した概略断面図である。

10

【図 1 7】従来のパワーモジュール用基板の他の例を示した概略断面図である。

【図 1 8】従来のパワーモジュール用基板の他の例を示した概略断面図である。

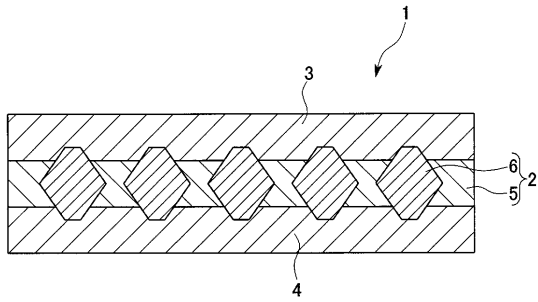
【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

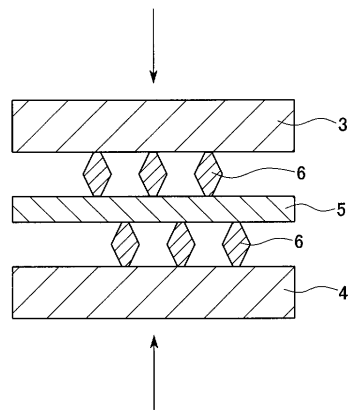
- 1 絶縁伝熱構造体
- 2 絶縁体層
- 3、4 高熱伝導体層
- 5 接合層
- 6 ダイヤモンド粒子（絶縁性高熱伝導硬質粒子）
- 1 0、1 5、2 0、2 5、3 0、3 5、4 0、4 5、5 0、5 5、6 0 パワーモジュール用基板
- 1 6 Niメッキ層（ニッケルメッキ層）
- 3 2 半導体チップ
- 5 2 放熱板
- 5 7 ヒートシンク
- 6 1 付勢部材

20

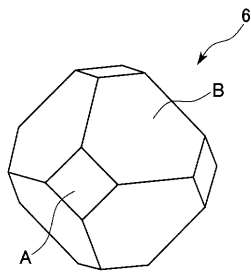
【図 1】



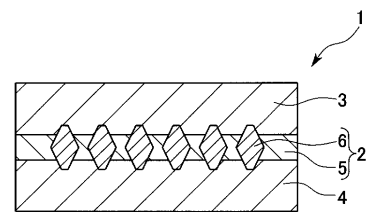
【図 3】



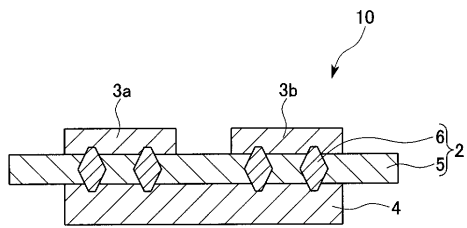
【図 2】



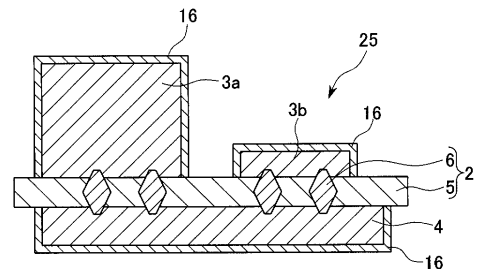
【図 4】



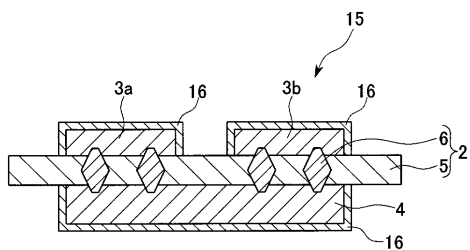
【図 5】



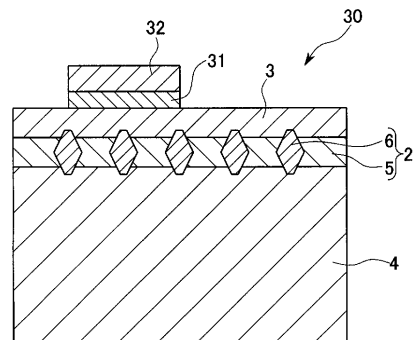
【図 8】



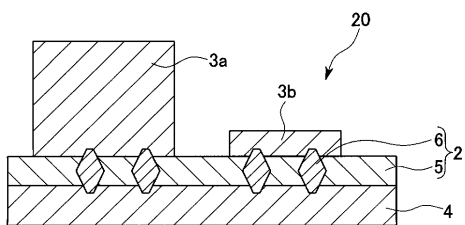
【図 6】



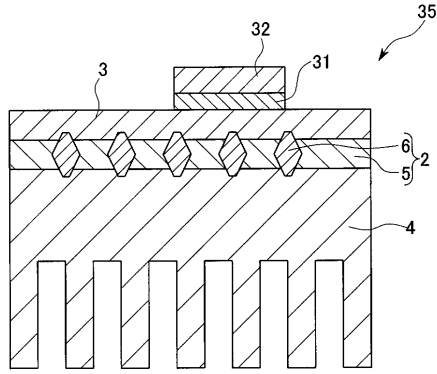
【図 9】



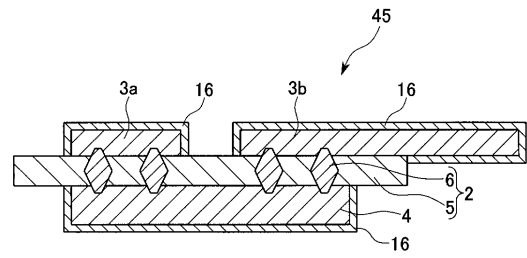
【図 7】



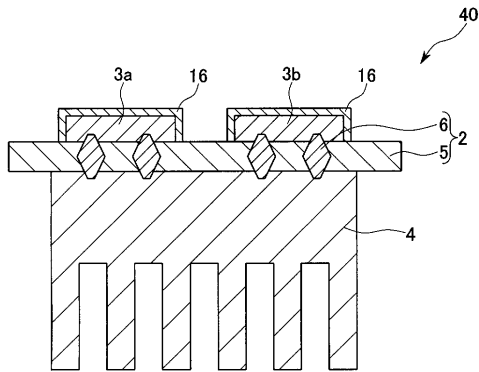
【図10】



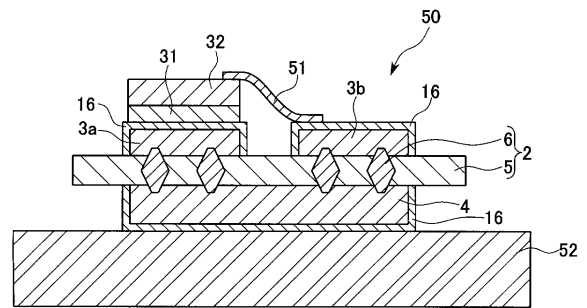
【図12】



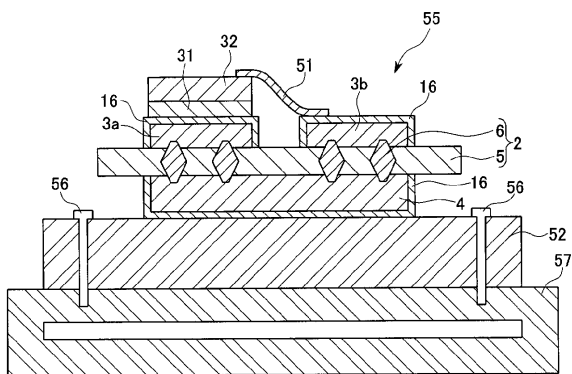
【図11】



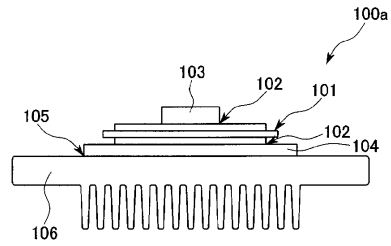
【図13】



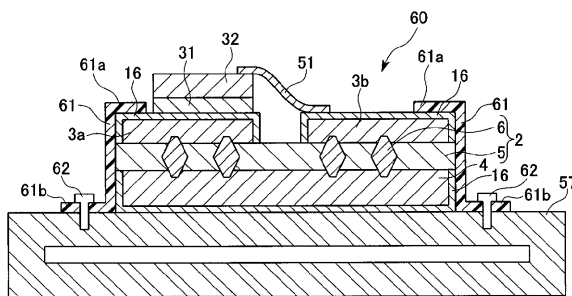
【図14】



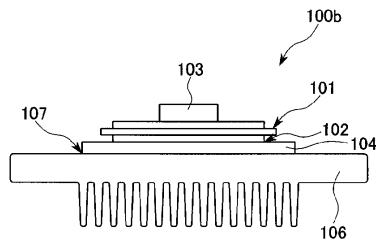
【図16】



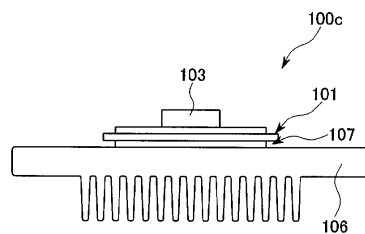
【図15】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

- (72)発明者 長瀬 敏之
茨城県那珂市向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所那珂研究センター内
- (72)発明者 根岸 健
茨城県那珂市向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所那珂研究センター内
- (72)発明者 植杉 隆二
茨城県那珂市向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所那珂研究センター内
- (72)発明者 山本 和男
茨城県那珂市向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所那珂研究センター内

審査官 石野 忠志

- (56)参考文献 特開平03-020069(JP,A)
特開平10-065075(JP,A)
特開2000-082774(JP,A)
特開2000-043186(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 23/12
H01L 23/36