

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3830860号

(P3830860)

(45) 発行日 平成18年10月11日(2006.10.11)

(24) 登録日 平成18年7月21日(2006.7.21)

|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl.                   | F I             |
| <b>H O 1 L 23/373 (2006.01)</b> | H O 1 L 23/36 M |
| <b>H O 1 L 25/07 (2006.01)</b>  | H O 1 L 25/04 C |
| <b>H O 1 L 25/18 (2006.01)</b>  |                 |

請求項の数 34 (全 25 頁)

|              |                              |           |                              |
|--------------|------------------------------|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2002-153027 (P2002-153027) | (73) 特許権者 | 000005821                    |
| (22) 出願日     | 平成14年5月27日(2002.5.27)        |           | 松下電器産業株式会社                   |
| (65) 公開番号    | 特開2003-51573 (P2003-51573A)  |           | 大阪府門真市大字門真1006番地             |
| (43) 公開日     | 平成15年2月21日(2003.2.21)        | (74) 代理人  | 110000040                    |
| 審査請求日        | 平成16年4月7日(2004.4.7)          |           | 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ         |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2001-165048 (P2001-165048) | (72) 発明者  | 山下 嘉久                        |
| (32) 優先日     | 平成13年5月31日(2001.5.31)        |           | 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内 |
| (33) 優先権主張国  | 日本国(JP)                      | (72) 発明者  | 平野 浩一                        |
|              |                              |           | 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内 |
|              |                              | (72) 発明者  | 中谷 誠一                        |
|              |                              |           | 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内 |
|              |                              |           | 最終頁に続く                       |

(54) 【発明の名称】 パワーモジュールとその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

配線基板に電氣的に接続された発熱部品とヒートシンクとが熱伝導性電気絶縁部材を介して接続されたパワーモジュールであって、

前記熱伝導性電気絶縁部材が、熱硬化性樹脂(A)と、熱可塑性樹脂(B)と、潜在性硬化剤(C)及び無機フィラー(D)を含む硬化組成物であり、

前記熱硬化性樹脂は室温で液状であり、かつ前記熱可塑性樹脂は前記熱硬化性樹脂が未硬化のときに粉末状であり、

前記熱伝導性電気絶縁部材は、前記発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して相補的な状態で前記発熱部品に接着しており、前記ヒートシンクにより前記発熱部品から発生する熱を放熱することを特徴とするパワーモジュール。

## 【請求項2】

前記熱硬化性樹脂(A)を50質量部以上95質量部以下と、前記潜在性硬化剤(C)が5質量部以上50質量部以下の合計量100質量部に対して、前記熱可塑性樹脂(B)が10質量部以上100質量部以下の範囲であって、

かつ、熱硬化性樹脂(A)と熱可塑性樹脂(B)と潜在性硬化剤(C)の合計量5質量部以上30質量部以下に対して、前記無機フィラー(D)が70質量部以上95質量部以下の範囲である請求項1に記載のパワーモジュール。

## 【請求項3】

前記室温で液状の熱硬化性樹脂が、液状エポキシ樹脂である請求項2に記載のパワーモ

10

20

ジュール。

【請求項 4】

前記熱硬化性樹脂 (A) と、熱可塑性樹脂 (B) と、潜在性硬化剤 (C) 及び無機フィラー (D) を含む硬化性組成物が、70℃以上130℃未満で急峻な第1次粘度上昇カーブと、130℃以上で急峻な第2次粘度上昇カーブの特性を有する請求項1に記載のパワーモジュール。

【請求項 5】

前記熱伝導性電気絶縁部材が、複数個の前記発熱部品に接着している請求項1に記載のパワーモジュール。

【請求項 6】

前記配線基板に、さらに非発熱部品が実装されている請求項1又は2に記載のパワーモジュール。

【請求項 7】

前記発熱部品が、前記配線基板の一主要面に実装され、前記非発熱部品がその反対面に実装されている請求項5に記載のパワーモジュール。

【請求項 8】

前記無機フィラーが、 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $BN$ 、 $SiO_2$ 、 $SiC$ 、 $Si_3N_4$ 及び $AlN$ から選ばれた少なくとも1種のフィラーである請求項1に記載のパワーモジュール。

【請求項 9】

前記熱伝導性電気絶縁部材の熱伝導率が、1~10W/mKの範囲である請求項1に記載のパワーモジュール。

【請求項 10】

前記発熱部品が、少なくとも一つの半導体素子である請求項1に記載のパワーモジュール。

【請求項 11】

少なくとも一つの前記半導体素子が、前記配線基板と電氣的に接続された面の反対面にヒートスプレッダを備え、前記半導体素子は樹脂封止されており、かつ前記ヒートスプレッダは少なくとも一部を露出した状態で樹脂封止されており、少なくとも前記ヒートスプレッダの露出面が前記熱伝導性電気絶縁部材と接着している請求項10に記載のパワーモジュール。

【請求項 12】

前記半導体素子が半導体チップであり、前記配線基板に前記半導体チップがフェースダウンで実装され、その背面が前記熱伝導性電気絶縁部材と接着している請求項10に記載のパワーモジュール。

【請求項 13】

前記半導体素子が半導体チップであり、前記配線基板に前記半導体チップがフェースダウンで実装され、かつ、前記半導体チップの背面電極が金属導体を介して前記配線基板に電氣的に接続されている請求項10に記載のパワーモジュール。

【請求項 14】

フェースダウンで実装された前記半導体チップと前記配線基板の間が樹脂封止されている請求項13に記載のパワーモジュール。

【請求項 15】

前記半導体チップが、厚み方向に電流を流す構成のシリコン半導体及びシリコンカーバイド半導体から選ばれる少なくとも一つの半導体である請求項10に記載のパワーモジュール。

【請求項 16】

前記ヒートシンクが、アルミニウムまたは銅である請求項1に記載のパワーモジュール。

【請求項 17】

前記ヒートシンクが、前記配線基板に固定具により固定されている請求項1に記載のパ

10

20

30

40

50

ワーモジュール。

【請求項 1 8】

前記ヒートシンクが凹部を備え、前記凹部に少なくとも前記発熱部品が前記熱伝導性電気絶縁部材を介して収納されている請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 1 9】

前記ヒートシンクが、放熱フィンを備えている請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 2 0】

前記発熱部材が高さの異なる複数の発熱部品である請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 2 1】

前記熱伝導性電気絶縁部材の相補的な状態が、加圧により成形されている請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 2 2】

配線基板上に少なくとも発熱部品を含む電子部品を実装する工程と、  
熱硬化性樹脂 (A) と、熱可塑性樹脂 (B) と、潜在性硬化剤 (C) 及び無機フィラー (D) を含む硬化性組成物層を、ヒートシンク及び前記配線基板の発熱部品側との間に形成し、前記ヒートシンク及び前記配線基板から選ばれる少なくとも一方を他方に押しつけ、前記発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させる工程と、

加熱して硬化性組成物層硬化させて熱伝導性電気絶縁部材を形成する工程とを含み、  
前記熱硬化性樹脂は室温で液状であり、かつ前記熱可塑性樹脂は前記熱硬化性樹脂が未硬化のときに粉末状であることを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 3】

前記熱硬化性樹脂 (A) を 5 0 質量部以上 9 5 質量部以下と、前記潜在性硬化剤 (C) が 5 質量部以上 5 0 質量部以下の合計量 1 0 0 質量部に対して、前記熱可塑性樹脂 (B) が 1 0 質量部以上 1 0 0 質量部以下の範囲であって、

かつ、熱硬化性樹脂 (A) と熱可塑性樹脂 (B) と潜在性硬化剤 (C) の合計量 5 質量部以上 3 0 質量部以下に対して、前記無機フィラー (D) が 7 0 質量部以上 9 5 質量部以下の範囲である請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 4】

前記室温で液状の熱硬化性樹脂が、液状エポキシ樹脂である請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 5】

前記熱硬化性樹脂 (A) と、熱可塑性樹脂 (B) と、潜在性硬化剤 (C) 及び無機フィラー (D) を含む硬化性組成物が、7 0 °C 以上 1 3 0 °C 未満で急峻な第 1 次粘度上昇カーブと、1 3 0 °C 以上で急峻な第 2 次粘度上昇カーブの特性を有する請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 6】

前記第 1 次粘度上昇カーブが、加熱により前記熱可塑性樹脂粉末に前記液状成分が吸収され膨潤することによる粘度上昇である請求項 2 5 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 7】

7 0 °C 以上 1 3 0 °C 未満の温度で固形化を行い、1 3 0 °C 以上 2 6 0 °C 以下の温度で硬化させる請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 8】

前記配線基板上に発熱部品を実装する工程が、半導体チップをフェースダウンで実装した後、前記配線基板上の配線パターンと前記半導体チップ間に封止樹脂を注入し、硬化する工程である請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 2 9】

硬化性組成物が、ペースト状物及びシート状物から選ばれる少なくとも一つである請求

10

20

30

40

50

項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 3 0】

前記ヒートシンク及び前記配線基板を密着させる圧力が 0.1 MPa 以上 200 MPa 以下である請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 3 1】

加熱硬化させる際の圧力が、0.1 MPa 以上 200 MPa 以下である請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 3 2】

前記ヒートシンク及び前記配線基板を密着させた後、減圧雰囲気に置く請求項 2 2 に記載のパワーモジュールの製造方法。

【請求項 3 3】

半導体チップの表面に金属ボールを備え、その表面に配線基板を備え、  
前記半導体チップの裏面全面にヒートスプレッダを密接して備え、前記ヒートスプレッダ側から放熱させ、  
半導体チップは厚さ方向に電流が流れ、  
前記ヒートスプレッダと前記配線基板とを電氣的に接続する取り出し電極を備え、  
前記配線基板と前記ヒートスプレッダとの間の前記半導体チップとその表面の金属ボールと前記取り出し電極とは樹脂封止されており、  
前記ヒートスプレッダの外側には、さらに熱伝導性電気絶縁部材を介してヒートシンクが接続されており、

前記熱伝導性電気絶縁部材が、熱硬化性樹脂（A）と、熱可塑性樹脂（B）と、潜在性硬化剤（C）及び無機フィラー（D）を含む硬化組成物であり、前記ヒートシンクにより前記半導体チップから発生する熱を放熱するパワーモジュール。

【請求項 3 4】

前記熱硬化性樹脂（A）を 50 質量部以上 95 質量部以下と、前記潜在性硬化剤（C）が 5 質量部以上 50 質量部以下の合計量 100 質量部に対して、前記熱可塑性樹脂（B）が 10 質量部以上 100 質量部以下の範囲であって、

かつ、熱硬化性樹脂（A）と熱可塑性樹脂（B）と潜在性硬化剤（C）の合計量 5 質量部以上 30 質量部以下に対して、前記無機フィラー（D）が 70 質量部以上 95 質量部以下の範囲である請求項 3 3 に記載のパワーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パワー半導体デバイスなど発熱の大きい電子部品を実装し、電力変換用途等に用いられるパワーモジュールおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、電子機器の高性能化、小型化の要求に伴い、そこに用いられるパワーエレクトロニクス分野の電源回路も小型化、省エネルギー化が望まれている。そのため、パワーモジュールの放熱構造が重要な問題となってきた。

【0003】

パワーモジュールの放熱性を改善する方法としては、半導体チップなどの発熱量の大きな電子部品にヒートシンクを取り付け、ヒートシンクから放熱をはかる方法が用いられる。発熱部品とヒートシンクは、絶縁性と熱伝導性を備えた部材で熱的接触が保持される。このような部材として、熱伝導性グリースが挙げられる。しかし、熱伝導性グリースは取り扱い性が悪く、かつ塗り方次第で熱接触度合いが異なるため、最近では、発熱部品とヒートシンクの間に、熱伝導性の弾性体シートをはさんで押し付けた状態で固定して接触させる方法がとられる。

【0004】

一方、パワーモジュールの放熱性を改善する別の方法としては、熱伝導性が良好な基板を

10

20

30

40

50

使用し、発熱部品をこの基板上に実装し、基板からの放熱をはかる方法もまた用いられている。このような放熱用基板としては、例えば、酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどのセラミック基板表面に銅板を接合した基板があるが、コストが高いという問題を有しており、比較的小電力な用途には、アルミニウムなどのヒートシンクの片面に絶縁体層を介して配線パターンを形成した金属ベース基板が一般的に利用される。しかし、金属ベース基板は熱伝導を良くするため絶縁物が薄くなければならず、金属ベース間でノイズの影響を受けることと、絶縁耐圧に問題を有している。

#### 【0005】

このようにセラミック基板および金属ベース基板は性能およびコストの面で両立が難しいため、熱可塑性樹脂に無機フィラーを分散させた基板表面に、リードフレームを形成した基板が提案されている。しかし、この基板は、熱可塑性樹脂と無機フィラーとを熔融混練して、これを射出成形することにより作製されるため、無機フィラーを高濃度に充填することが困難であり、熱伝導性の向上には限界がある。また、熱硬化性樹脂組成物に無機フィラーを分散させた基板表面に、リードフレームを形成した基板を使用する方法が提案されている（特開平10-173097号公報）。この基板は、熱硬化性樹脂と無機フィラーを含む未硬化状態で可撓性を有するシート状物とリードフレームとを積層した後、シート状物を硬化することにより作製され、無機フィラーを高濃度に充填することが可能であり、良好な熱伝導性を実現している。

10

#### 【0006】

これら放熱用基板は、片面配線であつその配線層が単層であり、微細な配線の引き回しが極めて困難である。インバータなどのパワーモジュールにおいては、発熱部品を含むパワー回路部をこれら放熱用基板に実装し、駆動回路、保護回路など、比較的发熱の少ない部品からなり、微細配線が必要な制御回路部は、プリント配線板からなる制御基板に設けられる。この制御基板はパワー回路部の形成された放熱用基板と個別に組み立てられ、次に放熱用基板と電氣的に接続される。例えば、部品が実装された放熱用基板の実装面上に、一定の空間を置いて制御基板が対向して配置、固定され、パッケージングされる。

20

#### 【0007】

このような熱伝導性の弾性体シート、または放熱用基板を用いたパワーモジュールにおいては、以下の問題を有している。

#### 【0008】

熱伝導性の弾性体シートは薄いため、絶縁耐圧が低いという問題を有する。また、複数の発熱部品と一つのヒートシンクを、弾性体シートを介して熱的に接触させる場合、基板に搭載した発熱部品の高さの不ぞろいや、寸法公差、基板に対する実装姿勢のばらつきなどに基づく部品高さのばらつきを、押し付けによる弾性体シートの変形により吸収することが必要となる。したがって、薄い弾性体シートでは、吸収できる部品高さのばらつきに限界があり、ばらつきが大きい場合、弾性体シートと発熱部品の均一な接触度合いが保持できないという問題を有する。さらに、弾性体シートの発熱部品に対する過剰な押し付けによるストレスは、発熱部品の損傷や弾性体シートの亀裂の発生を招くという問題もある。

30

#### 【0009】

一方、放熱用基板を用いたパワーモジュールにおいては、以下の問題を有している。すなわち、放熱に必要な発熱部品であっても、接続端子数が増加し、かつ電極間が狭ピッチな場合、微細な配線の引き回しが必要となり、片面かつ単層配線である放熱用基板に高密度に実装することは困難である。しかし、この発熱部品を、微細配線が可能であるが熱伝導性が良好でない制御基板に実装すれば、放熱が困難である。したがって、微細配線と放熱の両方が必要な発熱部品に対しては適さないという問題を有する。

40

#### 【0010】

また、半導体チップの実装方法としては、一般に、ワイヤボンディング法とフリップチップ実装法があるが、フリップチップ実装は、半導体チップを基板上に、基板表面と半導体チップ表面（電極形成面）とを対向させるように、フェースダウンで搭載するものであり

50

、ワイヤボンディング法よりも高密度の実装が可能である。しかし、放熱用基板を用いたパワーモジュールにおいては、基板から放熱するような構造とする必要があり、フリップチップ実装法を採用した場合には放熱性の改善は期待できないため、発熱部品としての半導体チップは、放熱用基板上にその背面（電極形成面と反対の面）を基板表面に接触させて実装することにより、基板からの放熱が図られている。したがって、半導体チップの電極と放熱用基板上の電極との間を金属細線により接続する、ワイヤーボンディング法が採用されている。しかし、ワイヤボンディング法においては、金属細線の導体抵抗が半導体素子のオン抵抗に比べて無視できないほど大きいため、半導体チップをワイヤーボンディング法で実装すると電力損失が増大し、発熱量が増大する。したがって、前記放熱用基板を用いたパワーモジュールにおいては、発熱の大きい半導体チップの実装はワイヤーボンディング法を採用するため、基板に対して、更なる放熱性が要求されるという問題を有する。

10

#### 【0011】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記のような問題を改善するため、接続端子数が多い発熱部品が必要とする微細配線と高い放熱の両立が可能で、かつ高密度小型化に適したパワーモジュールおよびその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために本発明の第1番目のパワーモジュールは、配線基板に電氣的に接続された発熱部品とヒートシンクとが熱伝導性電気絶縁部材を介して接続されたパワーモジュールであって、前記熱伝導性電気絶縁部材が、熱硬化性樹脂（A）と、熱可塑性樹脂（B）と、潜在性硬化剤（C）及び無機フィラー（D）を含む硬化組成物であり、前記熱硬化性樹脂は室温で液状であり、かつ前記熱可塑性樹脂は前記熱硬化性樹脂が未硬化のときに粉末状であり、前記熱伝導性電気絶縁部材は、前記発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して相補的な状態で前記発熱部品に接着しており、前記ヒートシンクにより前記発熱部品から発生する熱を放熱することを特徴とする。

20

#### 【0013】

次に本発明の第2番目のパワーモジュールは、半導体チップの表面に金属ボールを備え、その表面に配線基板を備え、前記半導体チップの裏面全面にヒートスプレッドを密接して備え、前記ヒートスプレッド側から放熱させ、半導体チップは厚さ方向に電流が流れ、前記ヒートスプレッドと前記配線基板とを電氣的に接続する取り出し電極を備え、前記配線基板と前記ヒートスプレッドとの間の前記半導体チップとその表面の金属ボールと前記取り出し電極とは樹脂封止されており、前記ヒートスプレッドの外側には、さらに熱伝導性電気絶縁部材を介してヒートシンクが接続されており、前記熱伝導性電気絶縁部材が、熱硬化性樹脂（A）と、熱可塑性樹脂（B）と、潜在性硬化剤（C）及び無機フィラー（D）を含む硬化組成物であり、前記ヒートシンクにより前記半導体チップから発生する熱を放熱する。

30

#### 【0014】

次に本発明のパワーモジュールの製造方法は、配線基板上に少なくとも発熱部品を含む電子部品を実装する工程と、熱硬化性樹脂（A）と、熱可塑性樹脂（B）と、潜在性硬化剤（C）及び無機フィラー（D）を含む硬化性組成物層を、ヒートシンク及び前記配線基板の発熱部品側との間に形成し、前記ヒートシンク及び前記配線基板から選ばれる少なくとも一方を他方に押しつけ、前記発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させる工程と、加熱して硬化性組成物層硬化させて熱伝導性電気絶縁部材を形成する工程とを含み、前記熱硬化性樹脂は室温で液状であり、かつ前記熱可塑性樹脂は前記熱硬化性樹脂が未硬化のときに粉末状であることを特徴とする。

40

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

50

本発明によれば、微細な配線の形成された配線基板上に、発熱部品を高密度に実装することが可能となり、かつ発熱部品から発生した熱は、発熱部品ならびにヒートシンクに接着された熱伝導性電気絶縁部材を介して瞬時にヒートシンクから放熱される。さらに、熱伝導性電気絶縁部材は相補的に変形して、配線基板に搭載した発熱部品の高さの不ぞろいや寸法公差、配線基板に対する実装姿勢のばらつきなどを吸収しているため、部品高さのばらつきに左右されることなく、各発熱部品から発生した熱を均一に効率よく放熱できる。また、熱伝導性電気絶縁部材は発熱部品ならびにヒートシンクに接着しているため、接触熱抵抗が低く、放熱効率が高い。さらに、前記熱伝導性電気絶縁部材がそれ自体で接着しているため、発熱部品に密着させるための外力はいらず、発熱部品に対するストレスはかからない構造となる。

10

**【0016】**

前記熱硬化性樹脂（A）を50質量部以上95質量部以下と、前記潜在性硬化剤（C）が5質量部以上50質量部以下の合計量100質量部に対して、前記熱可塑性樹脂（B）が10質量部以上100質量部以下の範囲であって、かつ、熱硬化性樹脂（A）と熱可塑性樹脂（B）と潜在性硬化剤（C）の合計量5質量部以上30質量部以下に対して、前記無機フィラー（D）が70質量部以上95質量部以下の範囲であることが好ましい。

**【0017】**

前記熱硬化性樹脂は室温で液状であり、かつ前記熱可塑性樹脂は前記熱硬化性樹脂が未硬化のときに粉末状であることが好ましい。

**【0018】**

20

熱伝導樹脂組成物を構成する絶縁性樹脂は、室温で液状の熱硬化性樹脂を主成分とし、熱可塑性樹脂、潜在性硬化剤を少なくとも含有し、かつ未硬化状態において前記熱可塑性樹脂が熱可塑性樹脂粉末である組成物が好ましい。このような組成物は、熱可塑性樹脂粉末が液状成分を吸収して膨潤することにより、未硬化状態のまま粘度を上昇して非可逆的に固形化することが可能である。さらに、加熱して潜在性硬化剤の活性化温度以上により、硬化することができる。

**【0019】**

室温で液状の熱硬化性樹脂としては、液状エポキシ樹脂や液状フェノール樹脂など各種を用いることができるが、本発明では特に液状エポキシ樹脂が耐熱性、電気絶縁性の点から好ましい。このような液状エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ビスフェノールAD型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂などが使用できる。

30

**【0020】**

潜在性硬化剤としては、特に限定はなく、使用する熱硬化性樹脂の種類に応じて選択され、公知のものが使用できる。液状エポキシ樹脂に対しては、例えば、ジシンジアミド系硬化剤、尿素系硬化剤、有機酸ヒドラジド系硬化剤、ポリアミン塩系硬化剤、アミンアダクト系硬化剤などが使用できる。

**【0021】**

熱可塑性樹脂粉末は、液状の熱硬化性樹脂を主成分とする絶縁性樹脂に含まれる液状成分を吸収して膨潤する性質を有するものであれば良く、特に限定されないが、使用する熱硬化性樹脂の種類に応じて、膨潤するものが選択される。液状エポキシ樹脂に対しては、ポリ塩化ビニル、ポリメタクリル酸メチル、ポリエチレン、ポリアミド等が好ましい。熱可塑性樹脂粉末の平均粒径は1～100 $\mu\text{m}$ が望ましい。絶縁性樹脂中における熱可塑性樹脂粉末の混入量は、熱可塑性樹脂粉末が自由に流動する液状成分を吸収し、混合物が実質的に固形化するのに十分な量であれば良く、通常、液状の熱硬化性樹脂100質量部に対して、10～100質量部、好ましくは20～60質量部である。熱可塑性樹脂粉末の液状成分に対する膨潤は、熱処理によって促進される。この熱処理は、熱可塑性樹脂粉末の軟化点以上であり溶融点未満の温度で行われる。この場合、絶縁性樹脂に含まれる熱硬化性樹脂の硬化温度以下で行い、少なくとも仮硬化反応段階に熱硬化性樹脂の状態を保持するように行うのが望ましく、熱処理温度は70～110 $^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で行われることが望

40

50

ましい。加熱時間は絶縁性樹脂が実質的に固形化するのに十分であれば良い。

#### 【0022】

熱伝導樹脂組成物を構成する無機フィラーは、熱伝導性に優れる $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $BN$ 、 $SiO_2$ 、 $SiC$ 、 $Si_3N_4$ 及び $AlN$ から選ばれた少なくとも1種のフィラーであることが望ましい。無機フィラーの平均粒子径は、 $0.1 \sim 100 \mu m$ の範囲が適当であり、更には $7 \sim 12 \mu m$ であることが好ましい。

#### 【0023】

熱伝導樹脂組成物における各成分の含有量は、熱伝導樹脂組成物全体を100質量部としたとき、前記の絶縁性樹脂を5～30質量部、好ましくは7～15質量部、更に好ましくは9～11質量部とし、無機フィラーを70～95質量部、好ましくは85～93質量部、更に好ましくは89～91質量部とするのが適当である。これにより、熱伝導樹脂組成物の硬化体である熱伝導性電気絶縁部材の熱伝導性を良好なものとすることができる。

10

#### 【0024】

また、熱伝導樹脂組成物は、必要に応じて、カップリング剤、分散剤、着色剤、離型剤などの添加剤を含有していることが好ましい。各種添加剤を含有することにより、絶縁体層の特性の改善を図ることができるからである。例えば、カップリング剤は、無機フィラーと絶縁性樹脂との接着性を改善するため、絶縁耐圧の向上に有効である。また、分散剤は、無機フィラーの分散性を改善し、熱伝導性電気絶縁部材内の組成ムラの低減に有効である。また、着色剤は、例えば、カーボン粉末などの黒色の着色剤であれば、熱放散性の改善に有効である。

20

#### 【0025】

前記熱硬化性樹脂(A)と、熱可塑性樹脂(B)と、潜在性硬化剤(C)及び無機フィラー(D)を含む硬化性組成物が、 $70^\circ C$ 以上 $130^\circ C$ 未満で急峻な第1次粘度上昇カーブと、 $130^\circ C$ 以上で急峻な第2次粘度上昇カーブの特性を有することが好ましい。これを図10を用いて説明する。図10において、曲線Xは従来の熱硬化樹脂と硬化剤との組成の温度と粘度特性を示したものである。約 $100^\circ C$ 以上では、温度の上昇とともに粘度は単純に徐々に増加する。

#### 【0026】

これに対して本発明の組成では曲線Yのようになり、 $70^\circ C$ 以上 $130^\circ C$ 未満では急峻な第1次粘度上昇カーブ $Y_1$ と、 $130^\circ C$ 以上 $220^\circ C$ 以下で再度急峻な第2次粘度上昇カーブ $Y_2$ を発現する。第1次粘度上昇カーブ $Y_1$ が発現するのは熱可塑性樹脂を加えていることに起因し、 $70^\circ C$ 以上 $130^\circ C$ 未満で熱可塑性樹脂が液状成分を吸収して急激な粘度上昇を起こす。次に第2次粘度上昇カーブ $Y_2$ の発現は、潜在性硬化剤を加えていることに起因し、 $130^\circ C$ 以上 $220^\circ C$ 以下で硬化反応が急激に進行して粘度が上昇する。

30

#### 【0027】

前記パワーモジュールにおいては、前記熱伝導性電気絶縁部材が、複数個の前記発熱部品に接着し、複数個の前記発熱部品が共通の熱伝導性電気絶縁部材を介してヒートシンクに熱的に接続されていることが望ましい。これにより、個々の発熱部品にそれぞれに対して熱伝導性電気絶縁部材を配置する必要がなく、より容易に作製することができる。

#### 【0028】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記発熱部品が実装された配線基板に、さらに非発熱部品が実装されていることが望ましい。これにより、発熱部品を含むパワー回路部と非発熱部品を含む制御回路部を一体化して同一の配線基板上に高密度に実装でき、パワーモジュールの更なる小型化を図ることができる。

40

#### 【0029】

この場合、前記発熱部品が前記配線基板の一主要面に実装され、前記非発熱部品がその対面に実装されていることが望ましい。これにより、制御回路部の非発熱部品が極端に熱に弱い場合でも、パワー回路部の発熱部品からの熱でその機能を損なうことなく、制御回路部とパワー回路部を一体化することができる。

#### 【0030】

50

また、前記パワーモジュールにおいては、前記熱伝導性電気絶縁部材が、前記絶縁性樹脂5～30質量%と、前記無機フィラー70～95質量%からなる熱伝導樹脂組成物の硬化体であることが望ましい。これにより、熱伝導性電気絶縁部材の熱伝導性を良好なものとし、放熱性をより確実に向上させることができる。

#### 【0031】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記絶縁性樹脂が、未硬化状態において室温で液状の熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、潜在性硬化剤を少なくとも含有し、かつ未硬化状態において前記熱可塑性樹脂が熱可塑性樹脂粉末であることが望ましい。これにより、熱伝導性電気絶縁部材が熱硬化性樹脂の硬化物として発熱部品ならびにヒートシンクに接着しているため、接触熱抵抗を低減できる。また、複雑な固定具なしにヒートシンクを発熱部品に固定できる。このような組成物は、熱処理して熱可塑性樹脂粉末に液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態のまま粘度を上昇して非可逆的に固化化することが可能である。さらに、加熱することにより、硬化することができる。なお、室温とは、通常20℃である。

#### 【0032】

この場合、前記室温で液状の熱硬化性樹脂が、液状エポキシ樹脂であることが望ましい。耐熱性、電気絶縁性に優れるからである。

#### 【0033】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記無機フィラーが、 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $BN$ 、 $SiO_2$ 、 $SiC$ 、 $Si_3N_4$ 及び $AlN$ から選ばれた少なくとも1種のフィラーであることが望ましい。これらの無機フィラーは熱伝導性に優れ、熱伝導性電気絶縁部材の熱伝導率の向上に特に有効だからである。

#### 【0034】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記熱伝導性電気絶縁部材の熱伝導率が、 $1 \sim 10 W/mK$ の範囲であることが望ましい。これにより、パワーモジュールの放熱性をより確実に向上させることができる。

#### 【0035】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記発熱部品として少なくとも一つの半導体素子を使用することができる。

#### 【0036】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記発熱部材は高さの異なる複数の発熱部品であってもよい。

#### 【0037】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記熱伝導性電気絶縁部材の相補的な状態が、加圧により成形されていることが好ましい。

#### 【0038】

また、少なくとも一つの前記半導体素子が、前記配線基板と電気的に接続された面の反対面にヒートスプレッダを備え、かつ前記ヒートスプレッダは少なくとも一部を露出した状態で樹脂封止されており、少なくとも前記ヒートスプレッダの露出面が前記熱伝導性電気絶縁部材と接着していることが望ましい。これにより、半導体素子の発熱はヒートスプレッダに瞬時に伝達され、前記熱伝導性電気絶縁部材の方向への放熱を効率よく行うことができる。本発明においてヒートスプレッダとは、熱拡散板をいう。

#### 【0039】

また、前記半導体素子が半導体チップであり、前記配線基板に前記半導体チップがフェースダウンで実装され、その背面が前記熱伝導性電気絶縁部材と接着していることが望ましい。これにより、半導体チップの背面からの放熱をはたしながら、フェースダウンで実装されるため高密度実装が可能であり、ワイヤーボンディングによる実装に比べて電力損失が低減し、発熱量の低減もできる。

#### 【0040】

また、前記半導体素子が半導体チップであり、前記配線基板に前記半導体チップがフェー

10

20

30

40

50

スダウンで実装され、かつ、半導体チップの背面電極が金属導体を介して前記配線基板に電氣的に接続されていることが望ましい。これにより、背面に電極を持つ半導体チップであっても、半導体チップの背面からの放熱をはたしながら、フェースダウンで実装されるため高密度実装が可能であり、ワイヤーボンディングによる実装に比べて電力損失が低減し、発熱量の低減もできる。

【0041】

また、前記半導体チップを用いたパワーモジュールにおいては、フェースダウンで実装された前記半導体チップと前記配線基板の間が樹脂封止されていることが望ましい。これにより、半導体チップと配線基板との電氣的接続の信頼性を向上することができる。さらに、半導体チップの配線基板上への固定を補強する役割を果たす。

10

【0042】

なお、前記半導体チップとしては、チップの厚み方向に電流を流すシリコン半導体である隔離ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT: isolate gate bipolar transistor)、金属酸化化物半導体電界効果トランジスタ(MOS-FET: metal oxide semiconductor field-effects transistor)、またはシリコンカーバイド半導体である単結晶SiC半導体などを使用することができる。

【0043】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記ヒートシンクが、アルミニウムまたは銅であることが望ましい。これらの金属は、熱伝導性に優れるからである。特に、銅は、熱伝導性に優れるため、良好な放熱性を得ることができる。また、アルミニウムは、軽量で安価に入手できるうえに、加工性に優れるため、ヒートシンクを複雑な形状として表面積を大きくすることが可能であり、良好な放熱性を得ることができる。

20

【0044】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記ヒートシンクが前記配線基板に固定具により固定されていることが望ましい。これにより、熱伝導性電気絶縁部材によって少なくとも発熱部品に接着されているヒートシンクをより強固に固定することができる。

【0045】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記ヒートシンクが凹部を備え、前記凹部に少なくとも前記発熱部品が前記熱伝導性電気絶縁部材を介して収納されていることが望ましい。これにより、熱伝導性電気絶縁部材の配置をヒートシンクの凹部の内部に規制することができ、容易に製造することができる。

30

【0046】

また、前記パワーモジュールにおいては、前記ヒートシンクが、放熱フィンを備えていることが望ましい。これにより、放熱効率をより確実に改善することができる。

【0047】

次に本発明の製造方法においては、熱処理して前記熱可塑性樹脂粉末に液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の前記熱伝導性電気絶縁部材の粘度を上昇させて非可逆的に固形化し、前記発熱部品に対して前記ヒートシンクを固定した状態にし、次に、加熱して前記熱伝導性電気絶縁部材を硬化させることができる。これにより、熱伝導性電気絶縁部材を硬化させる前の未硬化であるが固形化している状態で、発熱部品およびヒートシンクとの密着性を検査することができる。

40

【0048】

また、ヒートシンク上に配置した未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を、発熱部品に密着させる前に熱処理することにより、前記熱可塑性樹脂粉末に液状成分を吸収させ膨潤させて粘度を上昇させて非可逆的に固形化し、後に前記発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させ、加熱して前記熱伝導性電気絶縁部材を硬化させることもできる。これにより、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材の流動性が高い場合でも、熱可塑性樹脂粉末の膨潤により粘度を上昇させて、発熱部品に密着させる工程における過剰な流出を防ぐことができる。

【0049】

50

また、無機フィラーと、室温で液状の熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂粉末および潜在性硬化剤を少なくとも含有する絶縁性樹脂からなる熱伝導樹脂組成物を未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材として用いて個々の前記発熱部品上に配置し、ヒートシンクに密着させた後に、熱処理して前記熱可塑性樹脂粉末に液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の前記熱伝導性電気絶縁部材の粘度を上昇させて非可逆的に固形化し、前記発熱部品に対して前記ヒートシンクを固定した状態にし、次に、加熱して前記熱伝導性電気絶縁部材を硬化させることもできる。これにより、熱伝導性電気絶縁部材を硬化させる前の未硬化であるが固形化している状態で発熱部品およびヒートシンクとの密着性を検査することができる。

**【0050】**

10

前記パワーモジュールの製造方法においては、前記配線基板上に発熱部品を実装する工程が、半導体チップをフェースダウンで実装した後、前記配線基板上的配線パターンと半導体チップ間に封止樹脂を注入し、硬化する工程であることが望ましい。これにより、フェースダウンで実装された半導体チップの配線基板上への固定が封止樹脂により補強されるので、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を発熱部品またはヒートシンクに密着させる工程を容易に行うことができる。

**【0051】**

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱伝導樹脂組成物からなる未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材をヒートシンク上に配置する工程が、前記熱伝導樹脂組成物のペースト状物を、塗布する工程であることが望ましい。これにより、無機フィラーが高濃度に充填された熱伝導性電気絶縁部材とすることが可能であり、放熱性に優れたパワーモジュールとすることができる。また、簡易な設備で形成できる。

20

**【0052】**

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱伝導樹脂組成物からなる未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材をヒートシンク上に配置する工程が、未硬化状態で可撓性を有する前記熱伝導樹脂組成物のシート状物を、前記ヒートシンク上に積層する工程であることが望ましい。これにより、無機フィラーが高濃度に充填された熱伝導性電気絶縁部材とすることが可能であり、放熱性に優れたパワーモジュールとすることができる。また、容易にヒートシンク上に配置できる。

**【0053】**

30

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱処理して熱可塑性樹脂粉末を膨潤させ固形化する工程が、好ましくは70～130℃、より好ましくは70～110℃の温度範囲で行う。これにより、熱伝導性電気絶縁部材が未硬化状態のまま、熱可塑性樹脂粉末の膨潤を促進することができる。

**【0054】**

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記発熱部品と熱伝導性電気絶縁部材を密着させる工程及び／又は前記熱伝導性電気絶縁部材を加熱して硬化させる工程が、0.1MPa以上200MPa以下の圧力を加えた状態で行われることが望ましい。これにより、熱伝導性電気絶縁部材の発熱部品またはヒートシンクへの密着を確実に行うことができ、さらに、絶縁耐圧の低下の原因となる熱伝導性電気絶縁部材中のボイドを低減することができる。

40

**【0055】**

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱伝導性電気絶縁部材を配置する工程から硬化させる工程を実施する間、又は、前記発熱部品と熱伝導性電気絶縁部材を密着させる工程を実施した直後に、形成物を減圧下にさらす工程を付加することが望ましい。これにより、絶縁耐圧の低下の原因となる熱伝導性電気絶縁部材中のボイドを低減することができる。

**【0056】**

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱伝導性電気絶縁部材を加熱して硬化させる工程が、130～260℃の範囲であることが望ましい。これにより、熱伝

50

導性電気絶縁部材を構成する熱硬化性樹脂を短時間で硬化できる。

【0057】

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱伝導性電気絶縁部材を加熱して硬化させる工程の前又は後に、前記ヒートシンクを前記配線基板に固定具により固定する工程を付加することが望ましい。これにより、熱伝導性電気絶縁部材によって少なくとも発熱部品に接着されているヒートシンクをより強固に固定することができる。

【0058】

この場合、前記前記発熱部品と熱伝導性電気絶縁部材を密着させる工程が、前記ヒートシンクを前記配線基板に固定具により固定する工程と同時に行われることも有効である。これにより、発熱部品に対するヒートシンクの配置を確実に行うことができ、かつより容易に製造できる。

10

【0059】

また、前記パワーモジュールの製造方法においては、前記熱伝導性電気絶縁部材を加熱して硬化させる工程に替えて、前記固化した未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材と前記発熱部品又は前記ヒートシンクとの密着性を検査する工程と、前記熱伝導性電気絶縁部材を除去する工程を実施し、再度前記未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を配置する工程から、前記熱伝導性電気絶縁部材を加熱硬化させる工程を実施することも有効である。このリペア工程により、本発明のパワーモジュールを歩留まり良く製造することができる。

【0060】

次に本発明の第2番目のパワーモジュールは、第1番目のパワーモジュールを作成する部品として有用である。

20

【0061】

本発明のパワーモジュールは、配線基板に電氣的に接続された発熱部品の背面に、無機フィラーを高濃度に充填した熱伝導性電気絶縁部材が、部品高さのばらつきに左右されることなく一様に接着しており、反対面に接着した前記ヒートシンクと熱的に接続されている構成を基本とする。

【0062】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0063】

(実施の形態1)

30

図1は、本発明の実施の形態1におけるパワーモジュールの構成を示す断面図である。図1に示したように、パワーモジュールは、発熱部品101が電氣的に接続された配線基板103と、熱伝導性電気絶縁部材104を介して発熱部品に熱的に接続されたヒートシンク105を備え、熱伝導性電気絶縁部材が発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して相補的に変形した状態で発熱部品に接着している。

【0064】

熱伝導性電気絶縁部材104は、絶縁性樹脂に無機フィラーを分散させてなる層であり、絶縁性樹脂ならびに無機フィラーの選択によって、熱伝導性電気絶縁部材の熱伝導度、線熱膨張係数、誘電率等の調整が可能となるが、好ましくは熱伝導率が、 $1 \sim 10 \text{ W/mK}$ の範囲とすることにより、良好な放熱性を有するパワーモジュールとなる。なお、図1では、複数個の発熱部品の群が、共通の熱伝導性電気絶縁部材を介してヒートシンクに熱的に接続されている好ましい構成としているが、図2に示すように、単一の発熱部品に熱伝導性電気絶縁部材が接着していても良い。図2では、配線基板203上に発熱部品201ならびに206と非発熱部品202が実装され、発熱部品201の群と発熱部品206は、異なる熱伝導性電気絶縁部材204を介して一つのヒートシンク205と熱的に接続されている。さらに、図1では、発熱部品だけでなく非発熱部品102も配線基板上に実装されている好ましい構成としているが、図3に示すような発熱部品301のみ配線基板302に実装され、熱伝導性電気絶縁部材303を介してヒートシンク304に熱的に接続された構成であっても良い。より好ましい構成は、図4に示す配線基板403の一主要面に発熱部品401が実装されて、ヒートシンク405と熱伝導性電気絶縁部材404に接

40

50

着しており、非発熱部品402がその反対面にのみ実装されている構成である。これにより、非発熱部品が極端に熱に弱い場合でも、発熱部品からの熱でその機能を損なうことがないからである。

#### 【0065】

このような構成のパワーモジュールは、微細な配線の形成された配線基板上に発熱部品を高密度に実装することが可能となり、かつ発熱部品から発生した熱は、発熱部品ならびにヒートシンクに接着された熱伝導性電気絶縁部材を介して瞬時にヒートシンクから放熱される。さらに、熱伝導性電気絶縁部材は相補的に変形して、配線基板に搭載した発熱部品の高さの不ぞろいや寸法公差、配線基板に対する実装姿勢のばらつきなどを吸収しているため、部品高さのばらつきに左右されることなく、各発熱部品から発生した熱を均一に効率よく放熱できる。また、熱伝導性電気絶縁部材は発熱部品ならびにヒートシンクに接着しているため、接触熱抵抗が低く、放熱効率が高い構成となる。したがって、発熱部品を含むパワー回路部と非発熱部品を含む制御回路部を一体化して同一の配線基板上に高密度に実装でき、パワーモジュールの更なる小型化が図ることができる。さらに、前記熱伝導性電気絶縁部材がそれ自体で接着しているため、発熱部品に密着させるための外力はいらず、発熱部品に対するストレスはない。したがって、信頼性のより高いパワーモジュールとなる。

10

#### 【0066】

(実施の形態2)

図5は、本発明の実施の形態2におけるパワーモジュールの構成を示す断面図である。この実施の形態2では、本発明にかかるパワーモジュールの他の一実施の形態を説明する。用いられる材料は、特に説明の無い限り、実施の形態1で述べたものであり、同じ呼称の構成部材についても同様の機能を持つ。

20

#### 【0067】

図5A-Bは、発熱部品として半導体素子を用いた場合の、本発明のパワーモジュールの好ましい構成例である。半導体素子としては、特に限定されないが、例えば、IGBT、MOS-FET、トランジスタ、ダイオード、IC(integrate circuit)、LSI(large scale integration)などが用いられる。図5Aにおける半導体チップ(発熱部品)501はベアチップであって、配線基板503にフェースダウンで実装され、その背面が前記熱伝導性電気絶縁部材504と接着している。これにより、半導体チップの背面からヒートシンク505に放熱をはたしながら、フェースダウンで実装されるため高密度実装が可能であり、ワイヤーボンディングによる実装に比べて電力損失が低減し、発熱量の低減もできる。フェースダウンの実装方式は、特に限定されず、公知の種々の方法を用いることができる。例えば、半導体チップの電極表面に形成した金属バンプ506と配線基板上の電極をハンダまたは導電性接着剤を介して接着する方法や、金属バンプを形成した半導体チップをフェースダウンで搭載した状態で、加熱加圧または超音波印加を実施し、金属バンプと配線基板上の電極とを直接接合する方法などが有効である。この時、半導体チップと配線パターンとの接続部分が樹脂507により封止されていることが好ましい。封止は必ずしも必要ではないが、その後の工程の間に電氣的接続の不具合が生じないように機械的に補強する役割を果たすので、作業性の面で行う方がよいからである。

30

40

#### 【0068】

また、図5Aにおけるフェースダウンで実装された半導体チップ(発熱部品)502は、背面にさらに金属導体508を接続し、配線基板と電氣的に接続されている。シリコン半導体や単結晶SiC半導体を用いたIGBTやMOS-FETなどのパワー半導体は、一般的に大電流化に対応するためチップの厚み方向に電流を流す構成をしている場合があるが、図5Aの半導体チップ502に示す構成により背面からの電流を金属導体を介して取り出すことが好ましい。金属導体としては、銅、アルミニウム、ニッケルおよび鉄から選ばれる少なくとも1種の金属であることが好ましい。導電率が高く、大電流を流しても抵抗ロスが少ないからである。特に、銅は、導電性に優れるばかりでなく、良好な熱伝導性を有しているため、放熱性の向上に有利である。

50

## 【0069】

また、図5Bにおける半導体素子（発熱部品）509は、背面にヒートスプレッダ512が少なくとも一部を露出させるように樹脂封止された状態で設けられており、少なくともヒートスプレッダの露出面が熱伝導性電気絶縁部材504と接着している。これにより、半導体素子の発熱はヒートスプレッダに瞬時に伝達され、前記熱伝導性電気絶縁部材の方向への放熱を効率よく行うことができるので好ましい構成である。半導体素子（発熱部品）510も、同様に背面にヒートスプレッダ512を設けているが、厚み方向に電流を流す構成の半導体チップを用いており、このヒートスプレッダの配線基板側に取り出し電極513を形成し、半導体チップ背面からの電流を取り出す導体として用いることもできる。半導体素子509と510は表面実装部品としてパッケージングされており、内蔵された半導体チップの電極形成面からパッケージの外部に向けて取りだし電極が設けられている。取り出し電極としては、特に限定されないが、例えば、銅、アルミニウム、ニッケル、鉄および金から選ばれる少なくとも1種の金属からなるリードフレーム514や金属ボール515などの金属バンプが好ましい。ヒートスプレッダに形成された半導体チップ背面からの取りだし電極513は、電極形成面からの取りだし電極と同様な材料で形成しても良いし、ヒートスプレッダに絞り加工を施すことにより、配線基板側へ突起を形成することも可能である。

10

## 【0070】

一方、半導体素子509と510は表面実装部品としてパッケージングされ、実装されているが、ヒートスプレッダ512を背面に設けた半導体チップ（発熱部品）511を配線基板に搭載後、ヒートスプレッダ512と配線基板503の間を、ヒートスプレッダ512が少なくとも一部を露出させるように半導体チップを含めて樹脂516で封止した構成も好ましい。半導体チップと配線パターンとの接続部分、ならびに半導体チップ自体も封止するため、信頼性の高い構成となる。

20

## 【0071】

ヒートスプレッダとしては、銅、アルミニウム、ニッケルおよび鉄から選ばれる少なくとも1種の金属であることが好ましいが、好ましくは、導電性、熱伝導性に優れる銅である。ヒートスプレッダの熱伝導性電気絶縁部材との接着面は、予め粗面化処理してあることが好ましい。接着がより強固となるからである。粗面化処理方法としては、化学的処理方法および物理的処理方法のいずれも採用可能である。化学的処理方法としては、例えば、塩化鉄、塩化銅などの水溶液中にヒートスプレッダを浸漬してエッチングする方法が挙げられる。また、物理的処理方法としては、例えば、酸化アルミニウムなどの粉末を圧縮空気とともに表面に吹き付ける方法が挙げられる。

30

## 【0072】

（実施の形態3）

図6A-Dは、本発明の実施の形態3におけるパワーモジュールの製造方法を示す工程別断面図である。この実施の形態3では、図4に示した半導体装置の製造方法の一実施形態を説明する。用いられる材料は、特に説明の無い限り、上記の各実施の形態で述べたものであり、同じ呼称の構成部材および製造方法についても同様の機能を持つ。

## 【0073】

図6Aにおいて、配線基板603上に発熱部品601を実装する。実装方式は、特に限定されず、公知の種々の方法を用いることができる。例えば、表面実装部品に対しては、ハンダや導電性接着剤を用いる方法、半導体チップに対しては実施の形態2で述べたようなフェースダウンの実装方法等である。なお、図6A-Dでは、半導体チップと配線パターンの接続部分における封止樹脂が省略されているが、より好ましくは封止されている構成である。この場合、半導体チップをフェースダウンで実装後、所望の個所に樹脂を注入して硬化させる。

40

## 【0074】

配線基板は図6Aに示すような両面配線基板に限定されるものではなく、更に多層の配線基板であってもよい。なお、図中では、配線基板の表面に形成された配線パターンは省略

50

している。次に、ヒートシンク 605 の一主要面に未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材 604 を配置する。熱伝導性電気絶縁部材は無機フィラーと絶縁性樹脂を少なくとも含有する熱伝導樹脂組成物である。

#### 【0075】

図 6B において、上記の無機フィラーと絶縁性樹脂を混練してなる熱伝導樹脂組成物を未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材 604 として、ヒートシンク 605 の一主要面に配置する。配置方法は、適度な粘度を有する熱伝導樹脂組成物のペースト状物の塗布が簡便で好ましい。塗布する方法としては、例えば、メタルマスク印刷法などを採用できる。また、離型フィルム上に熱伝導樹脂組成物を配置してシート状態にしたものをヒートシンク上に積層する方法も取り扱い性に優れており好ましい。シート状態にする方法としては、押し出し成型法を利用することもできる。

10

#### 【0076】

ヒートシンク 605 としては、熱伝導性に優れたアルミニウム板、銅板を使用することが好ましく、より好ましくは、放熱フィンを備えたものを使用することである。特に、アルミニウムは、加工性に優れるため、ヒートシンクを複雑な形状として表面積を大きくすることが可能であり、良好な放熱性を得ることができる。また、ヒートシンクの表面には、実施の形態 2 で述べたヒートスプレッド表面の粗面化処理と同様にして、予め粗面化処理を施すことが熱伝導性電気絶縁部材との接着性の点から好ましい。

#### 【0077】

次に、図 6C において、配線基板 603 に実装された発熱部品 601 の配線基板と電氣的に接続された面の反対面に、ヒートシンク 605 上に配置された未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材 604 を押しつけ、発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させる。熱伝導性電気絶縁部材の発熱部品またはヒートシンクへの密着を確実に行うためには、0.1MPa 以上 20MPa 以下の圧力を加えた状態で行われることが好ましい。

20

#### 【0078】

次いで、上述した 70～110℃の好ましい温度範囲で形成物を熱処理し、熱可塑性樹脂粉末に絶縁性樹脂に含まれる液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材の粘度を上昇させて非可逆的に固化化し、発熱部品に対してヒートシンクを固定した状態にする。熱伝導性電気絶縁部材は固化化しているが未硬化であるので、この段階で、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクとの密着性を検査し、仮に密着不良が生じている場合は熱伝導性電気絶縁部材を簡単に除去することも可能である。これにより、本発明のパワーモジュールを歩留まり良く製造することができる。

30

#### 【0079】

さらに、これを加熱して熱伝導性電気絶縁部材を硬化させる。加熱温度は熱伝導性電気絶縁部材に含まれる熱硬化性樹脂の硬化温度以上であれば良く、通常 130℃～260℃、好ましくは 170℃～230℃である。なお、この加熱も、0.1MPa 以上 20MPa 以下の圧力下で行われることが好ましい。絶縁耐圧の低下の原因となる、熱伝導性電気絶縁部材中のボイドを低減することができるからである。ボイドを低減するには、熱伝導性電気絶縁部材を配置し、硬化させる工程を実施する間、または、前記発熱部品と熱伝導性電気絶縁部材を密着させた直後に、形成物を減圧下にさらすことも有効である。

40

#### 【0080】

なお、本実施の形態では、熱処理して熱可塑性樹脂粉末に液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化の熱伝導性電気絶縁部材が固化化した段階を経ることにより、上述した熱伝導性電気絶縁部材のリペア工程が可能となる望ましい実施形態としている。しかし、未硬化の熱伝導性電気絶縁部材を発熱部品およびヒートシンクに密着させた状態から、一気に加熱して硬化させても同様の形成物が得られる。この際には、熱伝導樹脂組成物を構成する絶縁性樹脂は、熱可塑性樹脂粉末を含有せずとも良く、室温で液状の熱硬化性樹脂と潜在性硬化剤を少なくとも含有する組成物を用いることもできる。

#### 【0081】

50

以上、図 6 C において、熱伝導性電気絶縁部材が硬化して発熱部品ならびにヒートシンクに接着し、実施の形態 1 で説明した図 3 に示した発熱部品のみ搭載したパワーモジュールが完成する。

#### 【0082】

次に、図 6 D において、配線基板 603 の発熱部品の実装面の反対面に、公知の種々の方法を用いて非発熱部品 602 を実装する。これにより、実施の形態 1 で説明した図 4 に示したパワーモジュールが作製できる。なお、非発熱部品の実装領域を、配線基板の発熱部品の実装面の反対面に制限しなければ、実施の形態 1 で説明した図 1 に示したパワーモジュールが作製できる。なお、上記実施の形態において、あらかじめ発熱部品とともに非発熱部品も実装した配線基板を用いて、各工程を実施しても、同様のパワーモジュールが作製は可能である。

10

#### 【0083】

(実施の形態 4)

図 7 A-B は、本発明の実施の形態 4 におけるパワーモジュールの構成を示す断面図である。この実施の形態 4 では、本発明にかかるパワーモジュールの他の一実施の形態を説明する。用いられる材料は、特に説明の無い限り、上記の各実施の形態で説明したものであり、同じ呼称の構成部材および製造方法についても同様の機能を持つ。

#### 【0084】

図 7 A-B は、本発明のパワーモジュールにおけるヒートシンクのとり得る好ましい構成例である。図 7 A は図 4 とほぼ同様の構成である。配線基板 703 上に発熱部品 701 と非発熱部品 702 が実装され、発熱部品 701 は熱伝導性電気絶縁部材 704 を介してヒートシンク 705 と熱的に接続されている。ただし、ヒートシンクが凹部を備え、その凹部に発熱部品が熱伝導性電気絶縁部材を介して収納されている。この構成により、未硬化の熱伝導性電気絶縁部材の配置がヒートシンクの凹部内に制限されるので、過剰な樹脂流れが防止でき、密着時の加圧も十分得ることができるので、本発明のパワーモジュールの製造が容易となる。なお、ヒートシンクの凹部内には非発熱部品も収納されていても良い。また、図 7 A では、ヒートシンク 705 と配線基板 703 が接触しているが、本発明はそれに限定されるものではなく、別の構成も考えられる。例えば、接触していなくとも良いし、また、ヒートシンクと配線基板が接触している領域をビスなどの固定具を用いて固定する構成なども挙げられる。

20

30

#### 【0085】

なお、図 7 B のように、熱伝導性電気絶縁部材 704 により発熱部品 701 および非発熱部品 702 が封止されていても良い。

#### 【0086】

(実施の形態 5)

図 8 A-D は、本発明の実施の形態 5 におけるパワーモジュールの製造方法を示す工程別断面図である。この実施の形態 5 では、本発明に係るパワーモジュールおよびその製造方法の一実施の形態を説明する。用いられる材料は、特に説明の無い限り、上記の各実施の形態で述べたものであり、同じ呼称の構成部材および製造方法についても同様の機能を持つ。

40

#### 【0087】

図 8 A において、配線基板 803 上に発熱部品 801 を実装する。

#### 【0088】

次に、図 8 B において、ヒートシンク 805 の一主要面に未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材 804 を配置する。熱伝導性電気絶縁部材は、実施の形態 3 で説明した構成と同様であり、無機フィラーと絶縁性樹脂を少なくとも含有する熱伝導樹脂組成物である。熱伝導樹脂組成物を構成する絶縁性樹脂は、室温で液状の熱硬化性樹脂を主成分とし、熱可塑性樹脂、潜在性硬化剤を少なくとも含有し、かつ未硬化状態において前記熱可塑性樹脂が熱可塑性樹脂粉末である組成物である。

#### 【0089】

50

さらに、本実施の形態では、この段階で70～110℃の好ましい温度範囲で熱伝導性電気絶縁部材を熱処理し、熱可塑性樹脂粉末に絶縁性樹脂に含まれる液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材の粘度を上昇させて非可逆的に固形化する。

#### 【0090】

次に、図8Cにおいて、配線基板803に実装された発熱部品801の配線基板と電氣的に接続された面の反対面に、ヒートシンク805上に配置された未硬化状態であるが固形化した熱伝導性電気絶縁部材804を押しつけ、発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させる。熱伝導性電気絶縁部材の発熱部品またはヒートシンクへの密着を確実にを行うためには、0.1MPa以上20MPa以下の圧力を加えた状態で行われることが好ましい。本実施の形態では、この密着に必要な加圧を、ヒートシンクを配線基板に固定具806により固定することにより実施している。固定具は、特に限定されず、例えばネジなどを使用できる。この固定により必要な加圧が得られると同時に、発熱部品に対するヒートシンクの配置を確実に行うことができ、その後の作業においてもずれが生じないように補強され、より容易に製造できる。熱可塑性樹脂粉末の膨潤により粘度を上昇させて固形化した熱伝導性電気絶縁部材は未硬化状態であり、押し付けられた発熱部品に対して変形する程度の可撓性は有している。発熱部品に密着させる前に熱伝導性電気絶縁部材を熱処理して粘度を上昇させ固形化することにより、流動性が高い場合でも、密着させる工程における過剰な樹脂流れが防止でき、密着時の加圧も十分得ることができる。さらに、熱伝導性電気絶縁部材は固形化しているが未硬化であるので、この段階で、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクとの密着性を検査し、仮に密着不良が生じている場合は熱伝導性電気絶縁部材を簡単に除去することも可能である。これにより、本発明のパワーモジュールを歩留まり良く製造することができる。

#### 【0091】

次に、これを加熱して熱伝導性電気絶縁部材を硬化させる。さらに、図8Dにおいて、非発熱部品802を実装する。

#### 【0092】

以上により、熱伝導性電気絶縁部材が硬化して発熱部品ならびにヒートシンクに接着し、ヒートシンクが配線基板に固定具により固定されているパワーモジュールが完成する。なお、ヒートシンクの配線基板に対する固定具による固定は、熱伝導性電気絶縁部材を硬化させた後に行っても良い。この場合でも、熱伝導性電気絶縁部材によって少なくとも発熱部品に接着しているヒートシンクは、固定具よりより強固に固定され、耐衝撃性に優れた構成となる。

#### 【0093】

(実施の形態6)

図9A～Dは、本発明の実施の形態6におけるパワーモジュールの製造方法を示す工程別断面図である。この実施の形態6では、本発明に係るパワーモジュールおよびその製造方法の一実施の形態を説明する。用いられる材料は、特に説明の無い限り、上記の各実施の形態で述べたものであり、同じ呼称の構成部材および製造方法についても同様の機能を持つ。

#### 【0094】

図9Aにおいて、配線基板903上に発熱部品901を実装する。

#### 【0095】

次に、図9Bにおいて、個々の発熱部品上に未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材904を配置する。熱伝導性電気絶縁部材は実施の形態3で述べた構成と同様であり、無機フィラーと絶縁性樹脂を少なくとも含有する熱伝導樹脂組成物である。熱伝導樹脂組成物を構成する絶縁性樹脂は、室温で液状の熱硬化性樹脂を主成分とし、熱可塑性樹脂、潜在性硬化剤を少なくとも含有し、かつ未硬化状態において前記熱可塑性樹脂が熱可塑性樹脂粉末である組成物である。

10

20

30

40

50

## 【0096】

次に、図9Cにおいて、ヒートシンク905の一主要面を、個々の発熱部品901上に配置された未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材904に押しつけ、発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させる。熱伝導性電気絶縁部材の発熱部品またはヒートシンクへの密着を確実にを行うためには、0.1MPa以上20MPa以下の圧力を加えた状態で行われることが好ましい。次いで、70～110℃の好ましい温度範囲で形成物を熱処理し、熱可塑性樹脂粉末に絶縁性樹脂に含まれる液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材の粘度を上昇させて非可逆的に固化し、発熱部品に対してヒートシンクを固定した状態にする。熱伝導性電気絶縁部材は固化しているが未硬化であるので、この段階で、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクとの密着性を検査し、仮に密着不良が生じている場合は熱伝導性電気絶縁部材を簡単に除去することも可能である。これにより、本発明のパワーモジュールを歩留まり良く製造することができる。

10

## 【0097】

さらに、これを加熱して熱伝導性電気絶縁部材を硬化させる。なお、本実施の形態では、熱処理して熱可塑性樹脂粉末に液状成分を吸収させ膨潤させることにより未硬化の熱伝導性電気絶縁部材が固化した段階を経ることにより、上述した熱伝導性電気絶縁部材のリペア工程が可能となる望ましい実施形態としている。しかし、未硬化の熱伝導性電気絶縁部材を発熱部品およびヒートシンクに密着させた状態から、一気に加熱して硬化させても同様の形成物が得られる。この際には、熱伝導樹脂組成物を構成する絶縁性樹脂は、熱可塑性樹脂粉末を含有せずとも良く、室温で液状の熱硬化性樹脂と潜在性硬化剤を少なくとも含有する組成物を用いることもできる。

20

## 【0098】

次に、図9Dにおいて、非発熱部品902を実装する。

## 【0099】

以上により、個々の発熱部品に熱伝導性電気絶縁部材が接着して、一つのヒートシンクに熱的に接続された構成のパワーモジュールが完成する。

## 【0100】

本実施の形態のパワーモジュールの構成および製造方法によれば、熱伝導性電気絶縁部材の必要量が少なくすみ、本発明のパワーモジュールを低コストに製造できる。

30

## 【0101】

上記の各実施の形態は本発明を限定するものではなく、本特許の請求の範囲に基づきさらに他の実施の形態を採用することもできる。

## 【0102】

## 【実施例】

以下実施例を用いてさらに具体的に説明する。

## 【0103】

## (実施例1)

図4と同様の構造を有するパワーモジュールとして、駆動回路を一体化したインバータモジュールを、以下の要領で作製した。ただし、搭載される電子部品は図4に限定されず、回路構成に伴い適宜選択した。まず、配線パターンの形成された4層のFR-5タイプ（松下電子部品社製、商品名、ガラス繊維織物にエポキシ樹脂を含浸させた配線基板）を準備した。次に、配線基板の一つの面上に発熱部品を含む電子部品を実装し、パワー回路部を形成した。部品実装の一例としては、例えば、配線パターンに半導体チップをフェースダウンで実装した。半導体チップとしては、電流50A仕様のIGBT（松下電器産業社製）を使用した。半導体チップの電極に、直径100μm、高さ40μmのバンプを金メッキ法によって形成し、更にバンプに共晶半田を印刷した。半導体チップを配線パターン上に配置し、半導体チップを固定した状態で半田リフロー装置にて共晶半田を溶融させ、半導体チップの電極と配線パターンとを電氣的に接続した。さらに、半導体チップと配線パターンの間を液状封止樹脂で封止した。

40

50

## 【0104】

次に、ヒートシンクとして厚み2.0mmのアルミニウム板を用意し、片面をサンドブラスト（研磨粉： $Al_2O_3$ 、モランダムA-40（商品名）、昭和電工社製）で粗化处理した。この粗化处理面に、熱伝導樹脂組成物を印刷して未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を配置した。熱伝導樹脂組成物としては、以下の組成を有する樹脂組成物を3本ロールにて混練し、粘度300Pa・sの粘性液体（ペースト）とした。

（1）無機フィラー：球状 $Al_2O_3$ （"AS-40"、昭和電工社製、平均粒子径12μm） 88質量部

（2）熱硬化性樹脂：ビスフェノールA型エポキシ樹脂（"エピコート828"、油化シェルエポキシ社製） 7.5質量部

（3）潜在性硬化剤：第3アミン塩系潜在性硬化剤（"アミキュアPN-23"、味の素社製） 1.0質量部

（4）熱可塑性樹脂粉末：ポリメタクリル酸メチル粉末 3.0質量部

（5）添加剤：カーボンブラック（東洋カーボン社製） 0.3質量部

（6）無機フィラーの分散剤（"プライサーフF-208F"、第一工業製薬社製） 0.2質量部

ヒートシンクへの熱伝導樹脂組成物の印刷は、印刷ステージ上にヒートシンクをセットし、所望の印刷部分を開口した厚み2.5mmのステンレス鋼（SUS）メタルマスクをヒートシンクと接触する位置まで重ね、熱伝導樹脂組成物をメタルマスク上に滴下した後、ステンレス鋼SUS板スキージにてマスク開口部に刷り込むことにより実施した。更に、メタルマスクを除去した後、減圧にさらし、絶縁体層中のボイドを除去した。配置された未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材に、配線基板に実装された発熱部品の群の背面を圧力0.5MPaの条件で押しつけ、発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させた。これを100℃で5分間保持し、熱可塑性樹脂粉末に絶縁性樹脂に含まれる液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を固形化し、発熱部品に対してヒートシンクを固定した状態にした。この状態で、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクの間に密着不良個所の有無を目視により検査した。密着不良が生じている場合は熱伝導性電気絶縁部材を剥がして除去し、同様な製造方法により再作製した。次いで、この形成物を無加圧で175℃で60分間加熱し、熱伝導性電気絶縁部材中の熱硬化性樹脂を硬化させ、発熱部品ならびにヒートシンクに接着させた。最後に、配線基板のパワー回路部の形成面の反対面に電子部品を実装し、駆動回路部を形成した。

## 【0105】

得られたパワーモジュールの熱伝導性電気絶縁部材の発熱部品直下からの厚みは、最大2mm、最小0.7mmであった。超音波探傷装置による観察から、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクとの界面にボイドが無いことを確認した。

## 【0106】

また、熱伝導性電気絶縁部材の絶縁耐圧を測定したところ、10KV/mm以上の絶縁耐圧が得られた。パワーモジュールの熱伝導性を評価したところ、0.84℃/Wの熱抵抗値が得られた。なお、熱抵抗値は、半導体チップに電流を供給し発熱させて、ヒートシンク裏面の温度を測定しその測定値より算出した。

## 【0107】

また、信頼性の評価として、最高温度が260℃で10秒のリフロー試験10回のリフロー試験を行った。この時、パワーモジュールは外観上のクラックなどは発生せず、超音波探傷装置による観察でも、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクとの界面に剥離などの異常は特に認められなかった。

## 【0108】

（実施例2）

図7と同様の構造を有するパワーモジュールを、以下の要領で作製した。ただし、搭載されるパワー回路部の発熱部品として、図5Bの背面より電流を取り出す構成の半導体チップ

10

20

30

40

50

プ511にヒートスプレッタ（縦10mm×横10mm□、厚み2mm）を設けた半導体素子を選択した。まず、銅板よりなるヒートスプレッタにニッケルめっきを施し、その片面と半導体チップの背面をハンダにより接着した。半導体チップは、電流50A仕様のIGBT（松下電子工業社製）を使用した。さらに、半導体チップの電極に、平均直径2mmのボール状の銅に厚み1μmの金めっきを施したボール電極を超音波ボンディング装置で接続し、金属バンプとして形成した。同時に、半導体チップの周囲のヒートスプレッタ上にも、サイズの大きい同様なボール電極を超音波接続して突出させ、取りだし電極とした。次に、配線パターンの形成された4層のFR-5タイプのガラスエポキシ配線基板を準備し、配線パターン上に半導体チップおよびヒートスプレッタの取りだし電極を位置合わせして、超音波ボンディング装置でそれらを接合した。さらに、半導体チップと配線パターンの間を液状封止樹脂で封止した。次いで、ヒートスプレッタと配線基板の間に半導体チップを含めて液状封止樹脂で封止し、ヒートスプレッタの片面のみが露出するようにした。

10

#### 【0109】

次に、ヒートシンクとして厚み5.0mmのアルミニウム板に深さ3.0mm、壁の厚さ2.0mmの凹部を設けたものを用意し、凹部の底面をサンドブラストで粗化处理した。この粗化处理面に、熱伝導樹脂組成物を印刷して未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を配置した。熱伝導樹脂組成物としては、以下の組成を有する樹脂組成物を3本ロールにて混練して用いた。

（1）無機フィラー：球状 $Al_2O_3$ （"AS-40"、昭和電工社製、平均粒子径12μm） 85質量部 20

（2）熱硬化性樹脂：ビスフェノールF型エポキシ樹脂（「エピコート806」、油化シェルエポキシ社製） 8.5質量部

（3）潜在性硬化剤：第3アミン塩系潜在性硬化剤（「アミキュアPN-23」、味の素社製） 1.5質量部

（4）熱可塑性樹脂粉末：ポリエチレン粉末 4.5質量部

（5）添加剤：カーボンブラック（東洋カーボン社製） 0.3質量部

（6）無機フィラーの分散剤（"プライサーF-208F" 第一工業製薬社製） 0.2質量部

混練した熱伝導樹脂組成物を、押し出し成型法により、表面に離型処理を施したポリエチレンテレフタレート（PET）の離型フィルム上に厚み1.0mmのシートにした。このシート状物をヒートシンクの凹部の開口部形状にカットし、ヒートシンクの凹部にシート表面を接する形で積層し、離型フィルムのみ剥がして、熱伝導樹脂組成物をヒートシンクの凹部の底面に配置した。これを100℃で5分間保持し、熱可塑性樹脂粉末に絶縁性樹脂に含まれる液状成分を吸収させ膨潤させることにより、未硬化状態の熱伝導性電気絶縁部材を固化した。配置された未硬化状態であるが固化した熱伝導性電気絶縁部材に配線基板に実装された発熱部品の群の背面を押しつけ、配線基板でヒートシンクの凹部がフタされる構成とし、発熱部品の形状および部品高さの不揃いに対して熱伝導性電気絶縁部材を相補的に変形させて密着させた。以上により、熱伝導性電気絶縁部材の流動性が高い場合でも、ヒートシンクの凹部に位置規制し、さらに発熱部品に密着させる前に熱伝導性電気絶縁部材を熱処理して粘度を上昇させることにより、発熱部品に密着させる工程における過剰な樹脂流れが防止でき、密着時の加圧も十分得ることができた。次いで、この形成物を無加圧で175℃で60分間加熱し、熱伝導性電気絶縁部材中の熱硬化性樹脂を硬化させ、発熱部品ならびにヒートシンクに接着させた。最後に、配線基板のパワー回路部の形成面の反対面に電子部品を実装し、駆動回路部を形成した。

30

40

#### 【0110】

得られたパワーモジュールは、超音波探傷装置による観察から、熱伝導性電気絶縁部材と発熱部品またはヒートシンクとの界面にボイドが無いことを確認した。

#### 【0111】

また、熱伝導性電気絶縁部材の絶縁耐圧を測定したところ、10KV/mm以上の絶縁耐

50

圧が得られた。パワーモジュールの熱伝導性を評価したところ、 $0.80^{\circ}\text{C}/\text{W}$ の熱抵抗値が得られた。

#### 【0112】

また、信頼性の評価として、ヒートサイクル試験を行った後、絶縁耐圧を測定したが、 $10\text{KV}/\text{mm}$ 以上の絶縁耐圧が得られ、試験前後での劣化は無かった。ヒートサイクル試験は、パワーモジュールを、 $-55^{\circ}\text{C}$ の低温条件下に30分間保持した後、 $125^{\circ}\text{C}$ の高温条件下で30分間保持する操作を、1000回繰り返すことにより実施した。

#### 【0113】

本実施例で得られるパワーモジュールは、配線基板に電氣的に接続された発熱部品の背面に、無機フィラーを高濃度に充填した熱伝導性電気絶縁部材が、部品高さのばらつきに左右されることなく一様に接着しており、発熱部品からの発熱をヒートシンクに効率よく熱移動でき。また、微細な配線の形成された配線基板上に発熱部品を高密度に実装することが可能となり、かつ発熱部品から発生した熱は、発熱部品ならびにヒートシンクに接着された熱伝導性電気絶縁部材を介して瞬時にヒートシンクから放熱された。さらに、熱伝導性電気絶縁部材は相補的に変形して、配線基板に搭載した発熱部品の高さの不ぞろいや寸法公差、配線基板に対する実装姿勢のばらつきなどを吸収しているため、部品高さのばらつきに左右されることなく、各発熱部品から発生した熱を均一に効率よく放熱できた。また、熱伝導性電気絶縁部材は発熱部品ならびにヒートシンクに接着しているため、接触熱抵抗が低く、放熱効率が高い構成となった。したがって、発熱部品を含むパワー回路部と非発熱部品を含む制御回路部を一体化して同一の配線基板上に高密度に実装でき、パワーモジュールの更なる小型化が図ることができた。さらに、前記熱伝導性電気絶縁部材がそれ自体で接着しているため、発熱部品に密着させるための外力はいらず、発熱部品に対するストレスはなかった。したがって、信頼性のより高いパワーモジュールとなるものであった。

#### 【0114】

##### 【発明の効果】

以上説明したとおり、本発明は、接続端子数が多い発熱部品が必要とする微細配線と高い放熱の両立が可能で、かつ高密度小型化に適したパワーモジュールおよびその製造方法を提供できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【図3】本発明の実施の形態1におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【図5】A-Bは本発明の実施の形態2におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【図6】A-Dは本発明の実施の形態3におけるパワーモジュールの製造方法を示す工程別断面図である。

【図7】A-Bは本発明の実施の形態4におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【図8】A-Dは本発明の実施の形態5におけるパワーモジュールの製造方法を示す工程別断面図である。

【図9】A-Dは本発明の実施の形態6におけるパワーモジュールの製造方法を示す工程別断面図である。

【図10】本発明の一実施例における硬化性樹脂組成物の粘度特性を示すグラフである。

##### 【符号の説明】

101,201,206,301,401,501,502,601,701,801,901 発熱部品

102,202,402,602,702,802,902 非発熱部品

103,203,302,403,503,603,703,803,903 配線基板

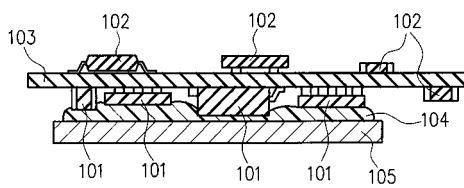
104,204,303,404,504,604,704,804,904 熱伝導性電気絶縁部材

105,205,304,405,505,605,705,805,905 ヒートシンク

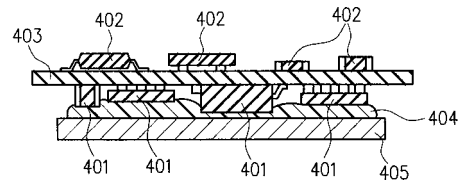
506 金属バンパ

- 507, 516 封止樹脂
- 508 金属導体
- 509 半導体素子（発熱部品）
- 510, 511 半導体素子
- 512 ヒートスプレッダ
- 513 取り出し電極
- 514 リードフレーム
- 515 金属ボール
- 806 固定具

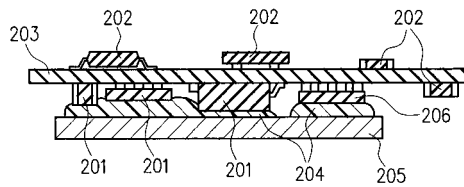
【図 1】



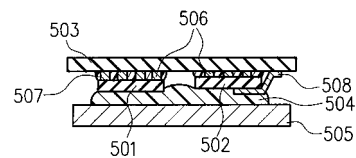
【図 4】



【図 2】

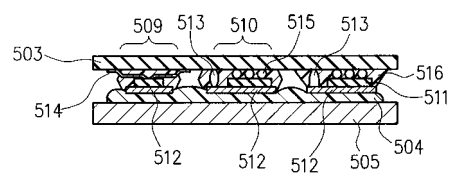
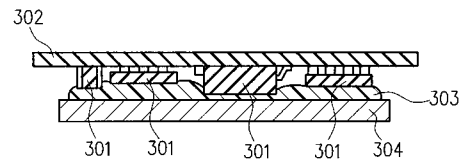


【図 5】



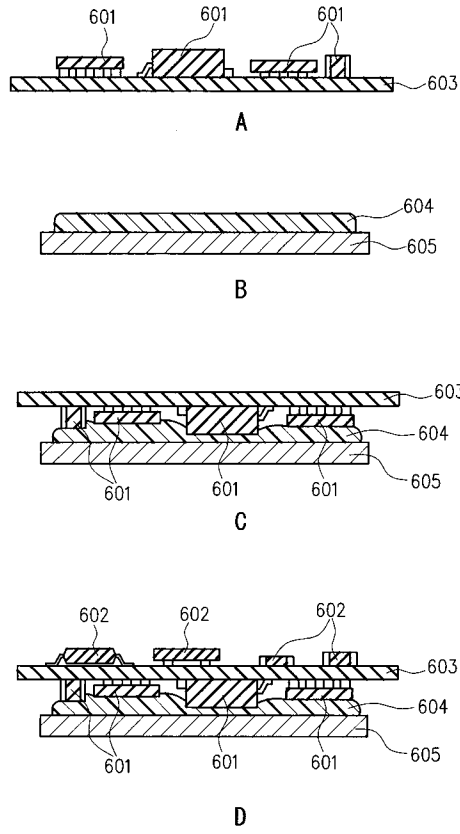
A

【図 3】

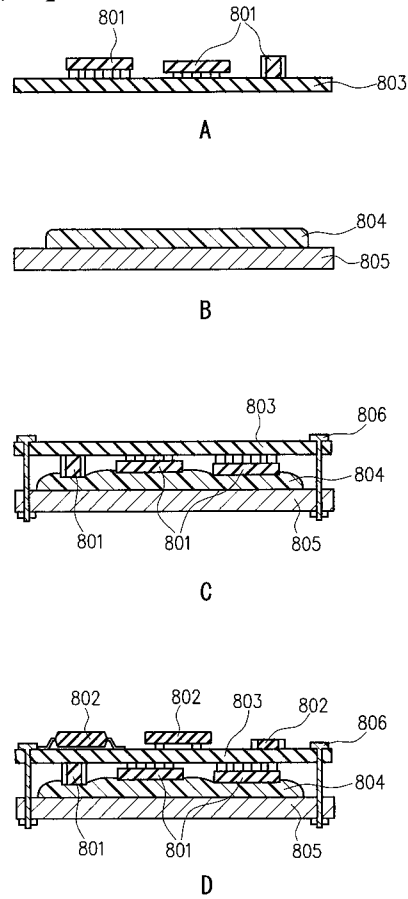


B

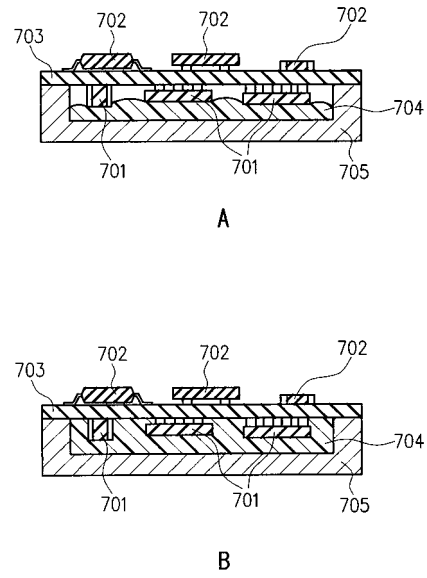
【図 6】



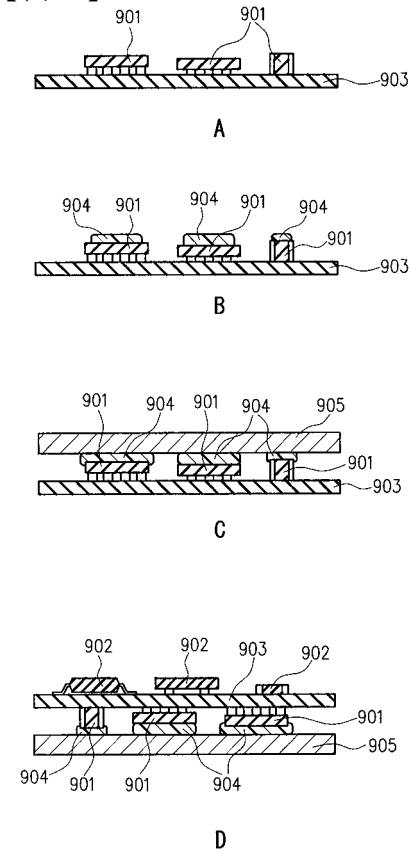
【図 8】



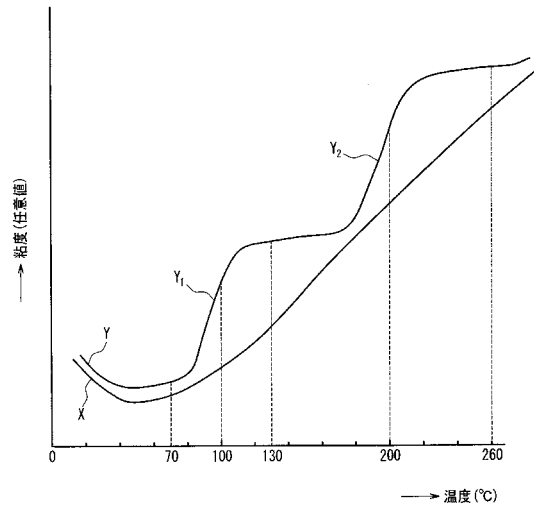
【図 7】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

審査官 今井 淳一

- (56)参考文献 特開昭58-122914 (JP, A)  
特開昭59-065458 (JP, A)  
特開平09-008185 (JP, A)  
特開平10-178054 (JP, A)  
国際公開第00/59036 (WO, A1)  
特開2000-164644 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/373

H01L 25/07

H01L 25/18