

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4120581号
(P4120581)

(45) 発行日 平成20年7月16日(2008.7.16)

(24) 登録日 平成20年5月9日(2008.5.9)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 25/07 (2006.01)

H01L 25/04

C

H01L 25/18 (2006.01)

H01L 23/46

Z

H01L 23/473 (2006.01)

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-427683 (P2003-427683)
 (22) 出願日 平成15年12月24日 (2003.12.24)
 (62) 分割の表示 特願平10-240083の分割
 原出願日 平成10年8月26日 (1998.8.26)
 (65) 公開番号 特開2004-96135 (P2004-96135A)
 (43) 公開日 平成16年3月25日 (2004.3.25)
 (54) 審査請求日 平成16年8月4日 (2004.8.4)

(73) 特許権者 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 八木 雄二
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1 株式会社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 塚田 厚志
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】パワーモジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上面電極と下面電極とを有するパワー素子と、
 前記パワー素子の下面電極の下側に絶縁体を介して接続される、内部に冷却液が流通する金属製の第1の冷却板と、
 前記パワー素子の上面電極の上側に絶縁体を介して接続される、内部に冷却液が流通する金属製の第2の冷却板と、
 前記第1の冷却板と第2の冷却板との間に配置される、外部に電気的接続を行うための少なくとも1つの電極端子と、

を備え、

前記上面電極及び/又は下面電極は、金属板を介して前記電極端子に電気的に接続されており、

前記電極端子は、前記上面電極に電気的に接続されている第1の電極端子と、前記下面電極に電気的に接続されている第2の電極端子と、を含み、

前記第1の電極端子と前記第2の電極端子が同じ高さで平行に配置されていることを特徴とするパワーモジュール。

【請求項 2】

請求項1に記載のパワーモジュールであって、

前記金属板の少なくとも一部は、前記第1の冷却板又は第2の冷却板に絶縁体を介して接続されていることを特徴とするパワーモジュール。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のパワーモジュールであって、

前記パワー素子の前記上面電極及び / 又は前記下面電極と前記絶縁体との間には、前記金属板が介挿されていることを特徴とするパワーモジュール。

【請求項 4】

上面電極と下面電極とを有するパワー素子と、

前記パワー素子の下面電極が固定される絶縁基板と、

前記絶縁基板の下面が固定される、内部に冷却液が流通する金属製の第 1 の冷却板と、外部に電気的接続を行うための第 1 の電極端子と、

前記パワー素子の上面電極と前記第 1 の電極端子とを電気的に接続する第 1 の金属板と

10

、前記第 1 の金属板の前記パワー素子の上面電極に接続された反対の面が、絶縁体を介して接続される、内部に冷却液が流通する金属製の第 2 の冷却板と、

前記下面電極に電気的に接続され、外部に電気的接続を行うための第 2 の電極端子と、を備え、

前記第 1 の電極端子と前記第 2 の電極端子が同じ高さで平行に配置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】

請求項 4 に記載のパワーモジュールであって、

前記パワー素子の前記下面電極は第 2 の金属板を介して前記絶縁基板に固定されており

20

、前記第 2 の電極端子は、前記第 2 の金属板と電気的に接続することを特徴とするパワーモジュール。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のパワーモジュールであって、

前記パワー素子のゲート電極に電気的に接続されるゲート用電極端子をさらに有することを特徴とするパワーモジュール。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のパワーモジュールであって、

前記パワー素子の周囲には冷却板とプラスチック材とで、このパワー素子を封止する封止体が構成されていることを特徴とするパワーモジュール。

30

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のパワーモジュールであって、

前記パワー素子は、前記上面電極としてエミッタ電極、前記下面電極としてコレクタ電極を有する IGBT であり、

前記エミッタ電極に電気的に接続された第 1 の電極端子と前記コレクタ電極に電気的に接続された第 2 の電極端子が同じ高さで平行に配置されていることを特徴とするパワーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、電気自動車に使用される電力用パワーモジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車等（ハイブリッド自動車を含む）の電動機のコイルに所定の交流電力を供給するインバータは、電力用スイッチング素子等で構成されている。電力用半導体としては、IGBT やパワーモノラル等の半導体チップに形成されたパワー素子が用いられている。パワー素子が形成された半導体チップは、制御回路等と共に一つのパワーモジュールに封止されている。

【0003】

50

このようなパワーモジュールにおいては、封止されているパワー素子自体に大電流が流れるため、このパワー素子が発熱し熱破壊が起こる場合がある。このような熱破壊を防止するために、従来、封止されている半導体チップを絶縁板を介して金属基板に取り付け、その金属基板には放熱フィンを取り付け、冷却が行われていた。

【0004】

図1には、従来のパワーモジュールが示されている。パワーモジュール2内には、表面にパワー素子としてIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が形成された半導体チップ4が、絶縁基板6上の金属膜8に半田9で固定されている。

【0005】

金属膜8はコレクタ用電極端子(図示せず)に接続されており、半導体チップ4の半導体基板にコレクタ電圧を供給する。A1やAu等の金属細線でできている金属細線10の両端は、半導体チップ4上のゲート電極11と絶縁基板6上の金属膜12に超音波溶接で接合されている。金属膜12はゲート用電極端子(図示せず)に接続されているため、金属細線10とゲート用電極端子は電気的に接続され、ゲート用電極端子から金属細線10にゲート電圧が供給される。また、ボンディングワイヤ13の両端は、半導体チップ4上のエミッタ電極14と絶縁基板6上の金属膜16に超音波溶接で接合されている。エミッタ用電極端子18は半田20で金属膜16に取り付けられているので、ボンディングワイヤ13とエミッタ用電極端子18は電気的に接続され、エミッタ用電極端子18からボンディングワイヤ13にエミッタ電圧が供給される。

【0006】

絶縁基板6下面は、金属膜22を介して、金属基板24上に半田26で取り付けられている。プラスチック等の材質で形成された外殻ケース28と金属基板24とでパッケージ29が構成され、半導体チップ4、絶縁基板6、金属膜8、12、16、金属細線10、13とエミッタ用電極端子18の一部分は、パッケージ29に封止されており、一つのパワーモジュールを構成している。金属基板24には図示していない放熱フィンが設置されており、半導体チップ4で発生した熱は金属基板24を介して半導体チップ4の下面に放熱されることにより、半導体チップ4が冷却される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、金属基板24で半導体チップ4を冷却する場合、半導体チップ4と金属基板24との間に、熱伝導率が低い絶縁基板6や半田9、26が介在している。そのため、半導体チップ4を十分に冷却することができない。また、金属細線10、13は一般に熱伝導率が高い材質であるが、金属細線であるため、効果的な放熱ができない。そのため、半導体チップ4の発熱量が増大すると、チップ破壊が生じる場合がある。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、封止されたパワー素子を効果的に冷却することができるパワーモジュール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】

【0009】

本発明は、パワーモジュールであって、上面電極と下面電極とを有するパワー素子と、前記パワー素子の下面電極の下側に絶縁体を介して接続される、内部に冷却液が流通する金属製の第1の冷却板と、前記パワー素子の上面電極の上側に絶縁体を介して接続される、内部に冷却液が流通する金属製の第2の冷却板と、前記第1の冷却板と第2の冷却板との間に配置される、外部に電気的接続を行うための少なくとも1つの電極端子と、を備え、前記上面電極及び/又は下面電極は、金属板を介して前記電極端子に電気的に接続されており、前記電極端子は、前記上面電極に電気的に接続されている第1の電極端子と、前記下面電極に電気的に接続されている第2の電極端子と、を含み、前記第1の電極端子と前記第2の電極端子が同じ高さで平行に配置されていることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0010】

また、前記金属板の少なくとも一部は、前記第1の冷却板又は第2の冷却板に絶縁体を介して接続されていることが好ましい。

【0011】

また、前記パワー素子の前記上面電極及び／又は前記下面電極と前記絶縁体との間には、前記金属板が介挿されていることが好ましい。

【0012】

また、本発明のパワーモジュールは、上面電極と下面電極とを有するパワー素子と、前記パワー素子の下面電極が固定される絶縁基板と、前記絶縁基板の下面が固定される、内部に冷却液が流通する金属製の第1の冷却板と、外部に電気的接続を行うための第1の電極端子と、前記パワー素子の上面電極と前記第1の電極端子とを電気的に接続する第1の金属板と、前記第1の金属板の前記パワー素子の上面電極に接続された反対の面が、絶縁体を介して接続される、内部に冷却液が流通する金属製の第2の冷却板と、前記下面電極に電気的に接続され、外部に電気的接続を行うための第2の電極端子と、を備え、前記第1の電極端子と前記第2の電極端子が同じ高さで平行に配置されていることを特徴とする。

10

【0013】

また、前記パワー素子の前記下面電極は第2の金属板を介して前記絶縁基板に固定されており、前記第2の電極端子は、前記第2の金属板と電気的に接続することが好ましい。

【0015】

また、前記パワー素子のゲート電極に電気的に接続されるゲート用電極端子をさらに有することが好ましい。また、前記パワー素子は、前記上面電極としてエミッタ電極、前記下面電極としてコレクタ電極を有するIGBTであり、前記エミッタ電極に電気的に接続された第1の電極端子と前記コレクタ電極に電気的に接続された第2の電極端子が同じ高さで平行に配置されていることが好ましい。

20

【0016】

また、前記パワー素子の周囲には冷却板とプラスチック材とで、このパワー素子を封止する封止体が構成されていることが好ましい。

30

【0017】

パワー素子は、その動作に応じて発熱する。接続線路は、電気的接続を行う導電体であり、パワー素子の熱は接続線路を通じて伝達されやすい。そして、この接続線路が金属板となっている。金属板は、比較的大きな面積としやすく、この金属板から効果的に放熱を行える。

【0018】

また、金属板とパワー素子の接続は、スポット溶接で行うことが好ましい。複数点におけるスポット溶接によって、面積の広い金属板とパワー素子の電極面との接続を確実に行うことができる。スポット溶接は超音波接合が好ましい。

【0019】

40

なお、パワー素子は、通常絶縁基板上に固定されている。従って、この絶縁基板側からの放熱は、従来通り行える。本発明では、接続線路を介して放熱できる熱量が大きくなり、効果的な放熱が達成できる。

【0020】

また、本発明では、金属板が絶縁体を介して、冷却板に接続されていてもよい。金属板は、比較的大きな面積としやすいため、この金属板から冷却板に効果的に熱を伝達できる。冷却板は内部に冷却液が流通しており、かつ熱伝導率の高い金属製であるため、より効果的な放熱が行える。

【0021】

また、前記金属板と冷却板の間に介在する絶縁体は、熱伝導性のよい材質を採用するこ

50

とが好ましい。これによって、金属板から冷却板へ向けての熱の流れをスムーズなものにでき、放熱効果を上昇することができる。

【0022】

また、電極端子を外部に引き出す部分を除くパワー素子の周囲を金属製の冷却板により覆うように構成することで、パワー素子の放熱を上昇できる。また、電極端子を外部に引き出す部分は、プラスチック材で構成し、冷却板とこのプラスチック材とで、パワー素子の周囲を封止する封止体を構成することが好ましい。

【0023】

更に、冷却板を二層構造として、各層間の間隙を冷却液の通路にすることが好ましい。この構成により、冷却液の通路を容易に形成することができる。

10

【発明の効果】

【0024】

以上のように、本発明では、パワー素子が載置された絶縁基板側からとパワー素子と電気的に接続された接続線路側の両側から、パワー素子を冷却することが可能であり、特に接続線路側から逃げる熱量が大きいので、パワー素子を効果的に冷却することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の実施の形態（以下実施形態という）を、図面に従って説明する。

【0026】

図2（a）には第一の実施形態の冷却手段を備えたパワーモジュールの断面図が、図2（b）には図2（a）のA-A'線での平面図が示されている。パワーモジュール2内には、表面にパワー素子としてIGBTが形成された半導体チップ4が、絶縁基板6上の金属膜8に半田9で固定されている。絶縁基板6は金属膜22を介して、金属基板24に半田26を介して取り付けられている。絶縁基板6によって、金属膜22と半導体チップ4は電気的に絶縁される。

20

【0027】

なお、ここでは、パワー素子としてIGBTを使用しているが、パワーMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor）等の他のパワー素子を用いてもよい。

30

【0028】

パワー素子としてIGBTを用いた場合、半導体チップ4上のゲート電極11、エミッタ電極14及びコレクタ電極（即ち、半導体チップ4の半導体基板）に電圧を供給するために、チップ上のそれぞれの電極と、チップ外部へ電気的に接続される電極端子とを接続する必要がある。

【0029】

半導体チップ4上のゲート電極11への電圧供給は、ゲート用電極端子30から行われる。ゲート電極11は、金属細線10を介してゲート用電極端子30に電気的に接続される。まず、金属細線10の両端は、一方がゲート電極11に、もう一方が絶縁基板6上の金属膜12にスポット溶接される。スポット溶接は超音波溶接が好ましい。さらに、金属膜12はゲート用電極端子30に半田で接合されるので、金属細線10とゲート用電極端子30は電気的に接続される。

40

【0030】

半導体チップ4上のコレクタ電極、即ち、半導体チップ4の半導体基板への電圧供給は、コレクタ用電極端子32から、半導体チップ4の下面に半田9で取り付けられている金属膜8を介して行われる。

【0031】

半導体チップ4上のエミッタ電極14への電圧供給は、エミッタ用電極端子18から行われる。エミッタ電極14には、金属板34が接続されている。金属板34にはさらに配線用金属端子38が接続されている。配線用金属端子38は金属膜16に半田40で接合

50

されており、金属膜16にはエミッタ用電極端子18が半田20で接合されている。このように、エミッタ電極14は、金属板34、配線用金属端子38、半田40、金属膜16、半田20を介してエミッタ用電極端子18に電気的に接続されている。

【0032】

エミッタ電極14とエミッタ用電極端子18との接続線路は、従来用いられていた金属細線ではなく、金属板34を使用しており、金属板34は金属細線と比較して大きな面積を有している。そのため、金属板34とエミッタ電極14及び配線用金属端子38との接続はそれぞれ接合部36及び接合部39において、スポット溶接することが好ましい。接合部36及び接合部39の複数点でスポット溶接を行うことにより、面積の広い金属板34と、エミッタ電極14および配線用金属端子38との接続を確実に行うことができる。スポット溶接は超音波溶接であることが好ましい。なお、金属板34と配線用金属端子38との接続はレーザ溶接を用いても良い。

10

【0033】

また、本実施形態では、金属板34と配線用金属端子38と接続し、エミッタ電極14とエミッタ用電極端子18との接続線路として用いたが、金属板34と配線用金属端子38とを一体とした金属製の部材を用いても構わない。

【0034】

また、各電極端子18、30、32、配線用金属端子38と金属板34は、導電性の良い材料が用いられるのが好ましい。そして、金属板34は、配線用金属端子38およびエミッタ電極14に超音波溶接で接合されるので、配線用金属端子38およびエミッタ電極14の材質により、超音波溶接が容易にできる材料を適宜選択するのが好ましい。例えば、エミッタ電極14がA1で形成されている場合、金属板34もA1等のA1と超音波溶接が容易にできる材料のものが良い。

20

【0035】

半導体チップ4が載置された絶縁基板6の下面は、金属膜22を介して、金属基板24上に半田26で取り付けられている。チップ側面側は外殻ケース28で囲まれており、外殻ケース28の下部には金属基板24が、上部には上部冷却板44が取り付けられている。外殻ケース28は、電極端子18、30、32を外部に引き出すため、プラスチック等の絶縁部材で構成されている。これらの金属基板24、外殻ケース28と上部冷却板44より、パッケージ29が構成される。パッケージ29内には、半導体チップ4、絶縁基板6、金属膜8、12、16、金属細線10、金属板34と、ゲート用電極端子30、コレクタ用電極端子32、エミッタ用電極端子18の一部分が封止され、一つのパワーモジュール2を構成している。なお、金属基板24及び上部冷却板44は熱伝導率が良い金属製であることが好ましい。

30

【0036】

半導体チップ4は絶縁基板6を介して、冷却された金属基板24に載置されているので、絶縁基板6を介しての放熱を従来通り行うことが可能である。

【0037】

また、エミッタ電極14に接続される金属板34は、絶縁膜48を介して、上部冷却板44に接続される。金属板34は比較的面積が広いため、半導体チップ4で発生する熱を効果的に上部冷却板44に伝達することができる。上部冷却板44は比較的面積が広く、金属製であるため、半導体チップ4で発生する熱を効果的に放熱できる。なお、絶縁膜48は、金属板34と上部冷却板44とを電気的に絶縁できればよいが、上部冷却板44から半導体チップ4に効果的に熱を伝達する必要があるため、シリコンゴム等の熱伝導率が高く厚さを薄くできる材質の物が好ましい。

40

【0038】

このように、第一の実施形態では、半導体チップ4は比較的面積の大きな金属板34を介して、比較的面積の大きな上部冷却板44と接続されている。そのため、金属板34を介して、半導体チップ4から上部冷却板44へ逃げる熱量が大きくなり、効果的な放熱が達成できる。そのため、半導体チップ4を絶縁基板6側と上部冷却板44側の両側より冷

50

却することができるので、従来より効果的に半導体チップ4を冷却することができる。

【0039】

次に、第二の実施形態の冷却手段を備えたパワーモジュールについて説明する。

【0040】

図3(a)には第二の実施形態の冷却手段を備えたパワーモジュールの断面図が、図3(b)には図3(a)のA-A'線での平面図が示されている。

【0041】

第二の実施形態においては、パッケージ29内に、封止された半導体チップ4を取り囲むように数個の冷却溝46が形成されている。冷却溝46内には冷却液が循環されており、パッケージ29の金属基板24と上部冷却板44が冷却液により冷却されている。金属板34は、絶縁膜48を介して、上部冷却板44に接続されている。金属板34は比較的面積が大きく、半導体チップ4で発生した熱を上部冷却板44に容易に伝達できる。そのため、上部冷却板44から半導体チップ4を効果的に冷却することができる。

【0042】

このように、第二の実施形態では、半導体チップ4を絶縁基板6側と上部冷却板44側の両側より冷却することができるので、従来より効果的に半導体チップ4を冷却することができる。特に、上部冷却板44は、半導体チップ4と比較的面積の大きな金属板34を介して接続されているため、半導体チップ4から上部冷却板44に逃げる熱量が大きくなり、効果的な放熱が達成できる。

【0043】

図4には、二層構造のパッケージを備えたパワーモジュールの断面図が示されている。図4では、図3におけるパッケージ29を二層構造にし、層と層の間に冷却液を循環させている。上部冷却板44、外殻ケース28、金属基板24で第一の封止層が構成され、第一の封止層の外側に第二の封止層52が形成されている。第一の封止層は三方が第二の封止層52に囲まれてあり、第一の封止層と第二の封止層52との間の冷却溝46に冷却液が流されている。

【0044】

第一の封止層と第二の封止層52との間に冷却液を流すための、冷却液の流入口を確保するため金属板54及び56が取り付けネジ58、60、62、64で第一の封止層及び第二の封止層52に固定されている。なお、本実施形態では、冷却液の流入口の確保は、金属板54及び56を取り付けネジ58、60、62、64で取り付ける方法で行った。しかしながら、流入口の確保はこの方法に限定したものではなく、例えば、金属板54と56を第二の封止層52と一体型するなど、流入口を確保できればよい。また、金属板54と56は金属製である必要はなく、絶縁物でもよく、材料は適宜選択することができる。

【0045】

このように、第一の封止層と第二の封止層52との間に冷却液が循環され、第一の封止層が冷却される。第一の封止層が冷却されると、上部冷却板44および金属基板24により、半導体チップ4が冷却される。

【0046】

二層構造のパッケージによる冷却方法は、図5に示されるように、第一の封止層の四方を囲むように冷却液を流してもよい。この場合、冷却液の流入口を確保するために金属板66が取り付けネジ68、70により、第二の封止層52に取り付けられている。また、エミッタ用電極端子18と金属板66とを電気的に絶縁するために、絶縁チューブ72が設置される。なお、金属板66は冷却水の冷却口を確保できればよいので、第二の封止層52と一体型でもよいし、また、金属製でなくてもよい。

【0047】

このように、以上の実施形態では、半導体チップ4をチップ下面の金属板24および上部冷却板44の両側から冷却するので、効果的に半導体チップ4を冷却することができる。

10

20

30

40

50

【0048】

なお、以上の実施形態では、絶縁基板6上には一個の半導体チップのみを載置したが、二個以上の半導体チップを絶縁基板6上に載置してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】従来の冷却手段を備えたパワーモジュールの概略図である。

【図2】第一の実施形態のパワーモジュールの概略図である。

【図3】第二の実施形態のパワーモジュールの概略図である。

【図4】二層構造のパッケージを備えたパワーモジュールの概略図である。

【図5】第4図に示したパッケージの他の実施例を示す概略図である。

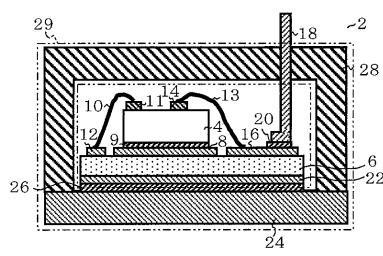
10

【符号の説明】

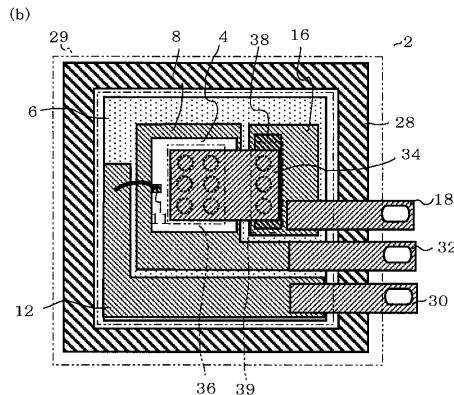
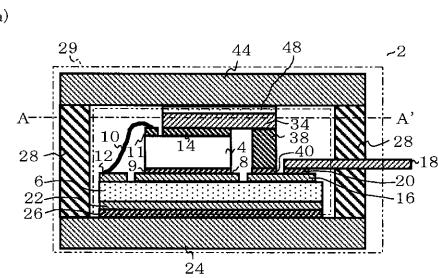
【0050】

2 パワーモジュール、4 半導体チップ、6 絶縁基板、8, 12, 16, 22 金属膜、9, 20, 26, 40 半田、10, 13 金属細線、11 ゲート電極、14 エミッタ電極、18 エミッタ用電極端子、24 金属基板、28 外殻ケース、29 パッケージ、30 ゲート用電極端子、32 コレクタ用電極端子、34 金属板、36, 39 接合部、38 配線用金属端子、44 上部冷却板、46 冷却溝、48 絶縁膜、52 第二の封止層、54, 56, 66 金属板、58, 60, 62, 64, 68, 70 取り付けネジ、72 絶縁チューブ。

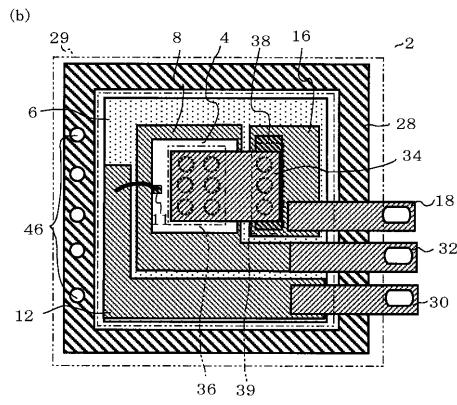
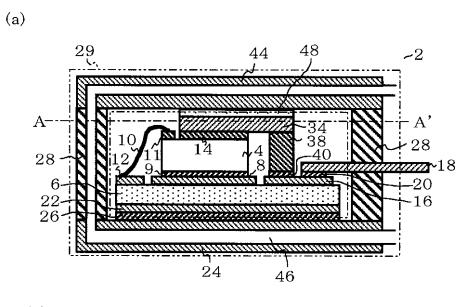
【図1】



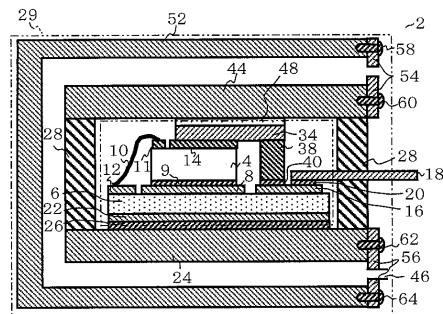
【図2】



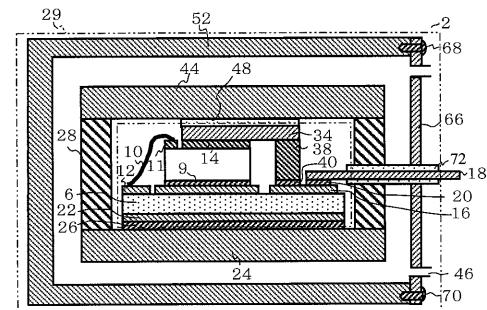
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 長瀬 宏

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

審査官 酒井 英夫

(56)参考文献 特開平10-056131 (JP, A)

国際公開第98/012748 (WO, A1)

特開平06-268027 (JP, A)

特表平06-507044 (JP, A)

特開平07-273276 (JP, A)

特開平02-281737 (JP, A)

特開平09-134983 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 25/00 - 25/18, 23/473