

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6341822号
(P6341822)

(45) 発行日 平成30年6月13日(2018.6.13)

(24) 登録日 平成30年5月25日(2018.5.25)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 23/36 (2006.01) H O 1 L 23/36 C

請求項の数 11 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-196742 (P2014-196742)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成26年9月26日(2014.9.26)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(65) 公開番号	特開2016-72281 (P2016-72281A)	(72) 発明者	大坪 義貴 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(43) 公開日	平成28年5月9日(2016.5.9)	(72) 発明者	高橋 卓也 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
審査請求日	平成28年11月15日(2016.11.15)	(72) 発明者	官澤 雅臣 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体素子と、
前記半導体素子を実装されたセラミックス回路基板とを備え、
前記セラミックス回路基板は、
互いに対向する一方面と他方面とを有するセラミックス基板と、
前記セラミックス基板の前記一方面に接合され、かつ前記半導体素子に電氣的に接続された金属回路板と、
前記セラミックス基板の前記他方面に接合された金属放熱板とを含み、
前記金属回路板の厚さは、前記金属放熱板の厚さよりも大きく、
前記金属放熱板の前記セラミックス基板と反対側の面の表面積は、前記金属回路板の前記セラミックス基板と反対側の面の表面積よりも大きく、
前記金属回路板の体積は、前記金属放熱板の体積よりも大きく、
前記金属放熱板を覆って設けられたヒートシンクを備える、半導体装置。

【請求項2】

半導体素子と、
前記半導体素子を実装されたセラミックス回路基板とを備え、
前記セラミックス回路基板は、
互いに対向する一方面と他方面とを有するセラミックス基板と、
前記セラミックス基板の前記一方面に接合され、かつ前記半導体素子に電氣的に接続さ

れた金属回路板と、

前記セラミックス基板の前記他方面に接合された金属放熱板とを含み、

前記金属回路板の厚さに対する前記金属放熱板の厚さの比率は、 $6/5$ 以上 $4/3$ 以下であって、

前記金属放熱板の前記セラミックス基板と反対側の面の表面積は、前記金属回路板の前記セラミックス基板と反対側の面の表面積よりも大きく、

前記金属回路板の体積は、前記金属放熱板の体積よりも大きい、半導体装置。

【請求項 3】

前記金属放熱板および前記金属回路板の厚みは、前記セラミックス基板の厚みより大きい、請求項 1 または 2 に記載の半導体装置。

10

【請求項 4】

前記金属放熱板の体積に対する前記金属回路板の体積の比率は、 130% 以下である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記セラミックス基板は窒化珪素を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記金属回路板および前記金属放熱板の各々は銅を含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記金属回路板および前記金属放熱板の各々は、銅材と、前記銅材を被覆するアルミニウム材とを含み、

20

前記セラミックス基板は、前記金属回路板の前記アルミニウム材および前記金属放熱板の前記アルミニウム材の双方に接合されている、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記ヒートシンクは、前記金属放熱板にグリースを介して取り付けられ、

前記グリースの熱伝導率は、 2 W/mK 以上である、請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記半導体素子は、エネルギーバンドギャップが 2 eV 以上の材料を含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

30

【請求項 10】

前記セラミックス基板を支持するケースをさらに備え、

前記ケースは、前記セラミックス基板の前記一方面的真上に張り出し、かつ前記一方面的に載っている張出部を含み、

前記金属放熱板の少なくとも一部は、前記一方面的と前記他方面的とが対向する方向から見て前記張出部と重なるように配置されている、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 11】

前記金属放熱板は、

前記セラミックス基板に接合された第 1 の面と、

前記第 1 の面と対向する第 2 の面とを含み、

前記金属放熱板は、前記第 2 の面に形成された凹部を有している、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置に関し、特に、セラミックス回路基板を備えた半導体装置に関するものである。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

従来、G T O (Gate Turn Off Thyristor)、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) などのパワー半導体装置においては、セラミックス回路基板が使用されている。このセラミックス回路基板では、セラミックス基板の一方面に金属回路板が接合されており、他方面に金属放熱板が接合されている。そして、金属回路板に半導体素子が実装され、金属放熱板にヒートシンクが接合される。

【 0 0 0 3 】

金属回路板の熱膨張率はセラミックス基板の熱膨張率よりも大きいため、半導体素子の使用時の熱により、金属回路板がセラミックス基板よりも膨張する。このため、セラミックス基板に反りが発生する。

10

【 0 0 0 4 】

たとえば、特開平 1 0 - 2 0 0 2 1 9 号公報 (特許文献 1) には、セラミックス基板の片面に金属回路板が形成され、反対面に金属放熱板が形成された回路基板が開示されている。この公報に記載された回路基板では、金属回路板の厚さと金属放熱板の厚さとの比およびセラミックス基板の外周縁と金属回路および金属放熱板の各々の外周縁とのマージン幅が所定の数値範囲に設定されている。これにより、セラミックス基板にクラックが発生することが低減されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

20

【 特許文献 1 】 特開平 1 0 - 2 0 0 2 1 9 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

上記公報に記載された回路基板では、金属回路板の回路パターンが考慮されていない。金属回路板の回路パターンが考慮されずに、単純に金属回路板の厚さが厚くされると、半導体素子の使用時の熱によって金属回路板が膨張する量が大きくなる。このため、セラミックス基板に大きな反りが発生する。これにより、セラミックス基板が破損することがある。

【 0 0 0 7 】

30

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、セラミックス基板の反りを抑制できる半導体装置を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の半導体装置は、半導体素子と、半導体素子が実装されたセラミックス回路基板とを備えている。セラミックス回路基板は、互いに対向する一方面と他方面とを有するセラミックス基板と、セラミックス基板の一方面に接合され、かつ半導体素子に電氣的に接続された金属回路板と、セラミックス基板の他方面に接合された金属放熱板とを含んでいる。金属回路板の厚さは、金属放熱板の厚さよりも大きい。金属放熱板のセラミックス基板と反対側の面の表面積は、金属回路板のセラミックス基板と反対側の面の表面積よりも大きい。金属回路板の体積は、金属放熱板の体積よりも大きい。半導体装置は、金属放熱板を覆って設けられたヒートシンクを備える。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明の半導体装置によれば、回路パターンが形成される金属回路板の厚さは、金属放熱板の厚さよりも大きい。そして、金属放熱板のセラミックス基板の反対側の面の表面積は、金属回路板のセラミックス基板と反対側の面の表面積よりも大きい。このため、金属回路板の体積と金属放熱板の体積とのバランスをとることができる。これにより、セラミックス基板に発生する熱応力によるセラミックス基板の反りを抑制することができる。したがって、セラミックス基板が破損することを抑制できる。

50

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態1の半導体装置を概略的に示す平面図である。

【図2】図1に示す半導体装置の蓋を取り外した状態を示す平面図である。

【図3】図2のIII-III線に沿う断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1の半導体装置を概略的に示す底面図である。

【図5】本発明の実施の形態2の半導体装置を概略的に示す断面図である。

【図6】本発明の実施の形態2の半導体装置を概略的に示す底面図である。

【図7】本発明の実施の形態3の半導体装置を概略的に示す断面図である。

【図8】本発明の実施の形態4の半導体装置にヒートシンクが接合された状態を概略的に示す断面図である。 10

【図9】比較例の半導体装置を概略的に示す断面図である。

【図10】従来の半導体装置を概略的に示す断面図である。

【図11】従来および実施例の半導体装置の熱抵抗を示す図である。

【図12】金属回路板および金属放熱板の厚みと熱抵抗との関係を示す図である。

【図13】実施例のセラミックス回路基板の構成を概略的に示す図である。

【図14】金属回路板と金属放熱板との体積比と、反り量との関係を示す図である。

【図15】従来および実施例の半導体装置の熱抵抗を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】 20

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

(実施の形態1)

最初に、図1～図4を参照して、本発明の実施の形態1の半導体装置の構成について説明する。

【0012】

図1～図3を参照して、本実施の形態の半導体装置は、たとえばパワーモジュールである。本実施の形態の半導体装置は、ケース1と、蓋2と、電極端子3と、半導体素子4と、はんだ5と、配線6と、封止樹脂7と、セラミックス回路基板10とを主に有している。なお、図2では見やすくするため封止樹脂7は図示されていない。

【0013】 30

主に図1を参照して、ケース1の一方面側には蓋2が取り付けられている。蓋2は防塵および防水のためのものである。ケース1の一方面と対向する他方面側にはセラミックス回路基板10が取り付けられている。ケース1はセラミックス回路基板10の周囲に形成されている。ケース1はたとえば樹脂で形成されている。この樹脂としてたとえばPPS(ポリフェニレンサルファイド)が用いられる。

【0014】

ケース1には電極端子3が取り付けられている。電極端子3はケース1の一方面側に露出している。また、電極端子3はケース1の内周側に露出している。電極端子3は、複数の負極入力端子(N)、正極入力端子(P)、ゲート端子(Pg)、アース端子(Pe)、交流電極端子(AC)を含んでいる。 40

【0015】

主に図2および図3を参照して、半導体素子4は、セラミックス回路基板10に実装されている。半導体素子4は、はんだ5を介してセラミックス回路基板10に接合されている。半導体素子4はたとえば電力用半導体素子である。半導体素子4は、具体的には、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)、GTO(Gate Turn Off Thyristor)、MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)などである。

【0016】

半導体素子4はワイドバンドギャップ材料で形成されていることが好ましい。つまり、半導体素子4は、エネルギーバンドギャップが2eV以上の材料を含んでいる。具体的には、半導体素子4は、炭化珪素、窒化ガリウム、ダイヤモンドなどの材料を使用した半導 50

体チップである。なお、炭化珪素のエネルギーバンドギャップは $2.20 \sim 3.02 \text{ eV}$ であり、窒化ガリウムのエネルギーバンドギャップは 3.39 eV であり、ダイヤモンドのエネルギーバンドギャップは 5.47 eV である。

【0017】

主に図3および図4を参照して、セラミックス回路基板10は、セラミックス基板11と、金属回路板12と、金属放熱板13とを含んでいる。セラミックス基板11は互いに対向する一方面11aと他方面11bとを有している。セラミックス基板11の一方面11aと他方面11bとの間の厚みはたとえば 0.25 mm 以上 0.635 mm 以下である。具体的には、セラミックス基板11の厚みは、たとえば 0.25 mm 、 0.32 mm 、 0.635 mm にすることができる。また、セラミックス基板11の外形はたとえば長さ 80 mm および幅 55 mm である。

10

【0018】

セラミックス基板11は、たとえば窒化珪素材料、窒化アルミニウム材料、酸化アルミニウム材料で形成される。セラミックス基板11は窒化珪素材料で形成されていることが好ましい。つまり、セラミックス基板11は窒化珪素を含んでいることが好ましい。

【0019】

金属回路板12はセラミックス基板11の一方面11aに接合されている。金属回路板12は半導体素子4に電氣的に接続されている。金属回路板12ははんだ5を介して半導体素子4に接合されている。金属回路板12は回路パターンを有している。

【0020】

金属回路板12の厚みはセラミックス基板11の厚みにあわせて変更することができる。たとえばセラミックス基板11の厚みが 0.25 mm の場合には金属回路板12の厚みは 0.6 mm 以上 0.8 mm 以下にすることができる。また、たとえばセラミックス基板11の厚みが 0.32 mm の場合には金属回路板12の厚みは 0.8 mm 以上 1.0 mm 以下にすることができる。また、たとえばセラミックス基板11の厚みが 0.635 mm の場合には金属回路板12の厚みは 1.0 mm 以上 2.0 mm 以下にすることができる。また、金属回路板12の外形はたとえば長さ 74 mm および幅 49 mm である。この金属回路板12の外形は、回路パターンを除いた金属回路板12の外縁のなす形状である。

20

【0021】

金属回路板12は、たとえば銅、アルミニウム、銀およびこれらの合金で形成される。金属回路板12は銅で形成されていることが好ましい。つまり、金属回路板12は銅を含んでいることが好ましい。

30

【0022】

金属放熱板13はセラミックス基板11の他方面11bに接合されている。金属放熱板13は、たとえばベタ金属板で形成されている。この場合、金属放熱板13はパターンを有していない。

【0023】

金属放熱板13の厚みはセラミックス基板11の厚みにあわせて変更することができる。たとえばセラミックス基板11の厚みが 0.25 mm の場合には金属放熱板13の厚みは 0.5 mm 以上 0.7 mm 以下にすることができる。また、たとえばセラミックス基板11の厚みが 0.32 mm の場合には金属放熱板13の厚みは 0.6 mm 以上 0.9 mm 以下にすることができる。また、たとえばセラミックス基板11の厚みが 0.635 mm の場合には金属放熱板13の厚みは 1.0 mm 以上 2.0 mm 以下にすることができる。また、金属放熱板13の外形はたとえば幅 78.4 mm および長さ 53.4 mm である。この金属放熱板13の外形は金属放熱板13の外縁のなす形状である。

40

【0024】

金属放熱板13は、たとえば銅、アルミニウム、銀およびこれらの合金で形成される。金属放熱板13は銅で形成されていることが好ましい。つまり、金属放熱板13は銅を含んでいることが好ましい。

【0025】

50

金属回路板 1 2 の厚さは、金属放熱板 1 3 の厚さよりも大きい。金属放熱板 1 3 のセラミックス基板 1 1 と反対側の面の表面積は、金属回路板 1 2 のセラミックス基板 1 1 と反対側の面の表面積よりも大きい。

【 0 0 2 6 】

金属放熱板 1 3 の体積に対する金属回路板 1 2 の体積の比率は、70%以上130%以下であることが好ましい。また、金属回路板 1 2 の体積は、金属放熱板 1 3 の体積よりも大きいことが好ましい。また、金属放熱板 1 3 の厚さに対する金属回路板 1 2 の厚さの比率は、6/5以上4/3以下であることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

本実施の形態では、ケース 1 はセラミックス基板 1 1 を支持している。ケース 1 は、張出部 1 a を含んでいる。張出部 1 a はセラミックス基板 1 1 の一方面 1 1 a の真上に張り出している。張出部 1 a は一方面 1 1 a に載っている。張出部 1 a は、たとえば一方面 1 1 a に接着剤で固定されている。金属放熱板 1 3 の少なくとも一部は、一方面 1 1 a と他方面 1 1 b とが対向する方向から見て張出部 1 a と重なるように配置されている。つまり、金属放熱板 1 3 と張出部 1 a との間にセラミックス基板 1 1 が挟まれている。金属放熱板 1 3 によりセラミックス基板 1 1 を介して張出部 1 a が支持されている。張出部 1 a は半導体素子 1 を挟んでケース 1 の両側に設けられていてもよい。金属放熱板 1 3 はケースの両側で張出部 1 a を支持していてもよい。

10

【 0 0 2 8 】

再び主に図 2 および図 3 を参照して、配線 6 は金属回路板 1 2 と半導体素子 4 とに接続されている。また、配線 6 は半導体素子 4 と電極端子 3 とに接続されている。また、配線 6 は電極端子 3 と金属回路板 1 2 とに接続されている。このため、配線 6 によって、半導体素子 4、電極端子 3、金属回路板 1 2 が互いに電氣的に接続されている。配線 6 はたとえばアルミニウムで形成されている。

20

【 0 0 2 9 】

ケース 1、蓋 2、セラミックス回路基板 1 0 で取り囲まれた内部空間に半導体素子 4、はんだ 5、配線 6 および封止樹脂 7 が収容されている。内部空間内において半導体素子 4、はんだ 5 および配線 6 が封止樹脂 7 で覆われている。封止樹脂 7 はたとえばシリコンゲルである。

【 0 0 3 0 】

次に、本実施の形態の半導体装置の作用効果について説明する。

本実施の形態の半導体装置によれば、回路パターンが形成される金属回路板 1 2 の厚さが金属放熱板 1 3 の厚さよりも大きい。そして、金属放熱板 1 3 のセラミックス基板 1 1 の反対側の面の表面積は、金属回路板 1 2 のセラミックス基板 1 1 と反対側の面の表面積よりも大きい。このため、金属回路板 1 2 の体積と金属放熱板 1 3 の体積とのバランスをとることができる。つまり、回路パターンが形成される金属回路板 1 2 の体積を補償することによって、金属放熱板 1 3 の体積と金属放熱板 1 3 の体積とを近づけることができる。これにより、セラミックス基板 1 1 に発生する熱応力によるセラミックス基板 1 1 の反りを抑制することができる。したがって、セラミックス基板 1 1 が破損することを抑制できる。

30

40

【 0 0 3 1 】

また、本実施の形態では、金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の各々の厚みを 0.6 mm 以上にすることができる。従来の金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の各々の厚みは 0.3 mm 程度であるため、これらに比べて本実施の形態では金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の各々の放熱性を向上することができる。

【 0 0 3 2 】

また、本実施の形態の半導体装置によれば、金属放熱板 1 3 の体積に対する金属回路板 1 2 の体積の比率は、70%以上130%以下である。これにより、セラミックス基板 1 1 の反りを抑制することができる。

【 0 0 3 3 】

50

また、本実施の形態の半導体装置によれば、金属回路板 1 2 の体積は、金属放熱板 1 3 の体積よりも大きい。これにより、金属放熱板 1 3 のセラミックス基板 1 1 の反対側の面の表面積が金属回路板 1 2 のセラミックス基板 1 1 と反対側の面の表面積よりも大きくても、セラミックス基板 1 1 が金属放熱板 1 3 側に反ることを抑制することができる。

【 0 0 3 4 】

また、本実施の形態の半導体装置によれば、金属放熱板 1 3 の厚さに対する金属回路板 1 2 の厚さの比率は、 $6 / 5$ 以上 $4 / 3$ 以下である。これにより、セラミックス基板 1 1 の反りを抑制することができる。

【 0 0 3 5 】

また、本実施の形態の半導体装置によれば、セラミックス基板 1 1 は窒化珪素を含んでいる。これにより、セラミックス基板 1 1 を割れにくくすることができる。

10

【 0 0 3 6 】

また、本実施の形態の半導体装置によれば、金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の各々は銅を含んでいる。銅の熱伝導率は鉄の熱伝導率 (80 W / m K) よりも高いため、金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の放熱性を向上することができる。また、銅は銀よりも安いため金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 のコストを抑えることができる。また、銅は加工性が良いため、金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の生産性を向上することができる。

【 0 0 3 7 】

また、本実施の形態の半導体装置によれば、半導体素子 4 は、エネルギーバンドギャップが 2 e V 以上の材料を含んでできる。本実施の形態の半導体装置では金属回路板 1 2 の厚みを厚くすることによりインダクタンスが小さくなる。このため、高速スイッチングの際に半導体素子 4 の動作時に発生するサージ電圧を低減化することができる。

20

【 0 0 3 8 】

また、本実施の形態の半導体装置によれば、金属放熱板 1 3 の少なくとも一部は、セラミックス基板 1 1 の一方面 1 1 a と他方面 1 1 b とが対向する方向から見て張出部 1 a と重なるように配置されている。これにより、金属放熱板 1 3 により張出部 1 a を支持することができる。これにより、セラミックス基板 1 1 へのケース 1 による応力を低減することができる。また、セラミックス基板 1 1 へのケース 1 の取り付けが容易となる。

【 0 0 3 9 】

30

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 の半導体装置について説明する。以下、特に説明しない限り、実施の形態と同一の構成には同一の符号を付し、説明を繰り返さない。このことは、以下の実施の形態 3 および 4 でも同様である。

【 0 0 4 0 】

図 5 および図 6 を参照して、実施の形態 2 の半導体装置は、金属放熱板 1 3 は凹部 H P を有している点で実施の形態 1 の半導体装置と主に異なっている。金属放熱板 1 3 は、第 1 の面 1 3 a と、第 2 の面 1 3 b とを有している。第 1 の面 1 3 a はセラミックス基板 1 1 に接合されている。第 2 の面 1 3 b は第 1 の面 1 3 a と対向している。金属放熱板 1 3 は、第 2 の面 1 3 b に形成された凹部 H P を有している。

40

【 0 0 4 1 】

本実施の形態では、凹部 H P は溝である。また、凹部 H P は金属放熱板 1 3 の第 1 の面 1 3 a と第 2 の面 1 3 b とを貫通している。なお、凹部 H P は金属放熱板 1 3 の第 1 の面 1 3 a と第 2 の面 1 3 b とを貫通していなくてもよく、凹部 H P によって金属放熱板 1 3 の体積が少なくなっていればよい。これにより、金属放熱板 1 3 の熱膨張を抑制することができる。

【 0 0 4 2 】

また、本実施の形態では、凹部 H P は金属放熱板 1 3 の外縁に沿って形成されている。なお、凹部 H P は、金属放熱板 1 3 の外縁に沿って形成されていなくてもよく、金属放熱板 1 3 の第 2 の面 1 3 b のいずれかの部分に形成されていけばよい。

50

【 0 0 4 3 】

また、本実施の形態では、凹部 H P は金属放熱板 1 3 の外縁の全周に渡って形成されている。なお、凹部 H P は、金属放熱板 1 3 の外縁の全周に渡って形成されていなくてもよく、金属放熱板 1 3 の外縁の一部に沿って形成されていればよい。

【 0 0 4 4 】

また、本実施の形態では、凹部 H P は平面視において直線状に形成されている。なお、凹部 H P は平面視において直線状に形成されていなくてもよく、平面視において曲線状に形成されていてもよい。また、凹部 H P は、孔であってもよい。

【 0 0 4 5 】

本実施の形態の半導体装置によれば、金属放熱板 1 3 は、第 2 の面 1 3 b に形成された凹部 H P を有している。このため、凹部 H P によって金属放熱板 1 3 の熱膨張が抑制される。これにより、セラミックス基板 1 1 の反りを抑制できる。

10

【 0 0 4 6 】

(実施の形態 3)

本発明の実施の形態 3 の半導体装置について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 7 を参照して、実施の形態 3 の半導体装置の金属回路板および金属放熱板の各々は、銅材と、アルミニウム材とを含んでいる点で実施の形態 1 の半導体装置と主に異なっている。本実施の形態の半導体装置の金属回路板および金属放熱板の各々はいわゆるクラッド材である。

20

【 0 0 4 8 】

金属回路板 1 2 および金属放熱板 1 3 の各々は、銅材 C P と、アルミニウム材 A P とを含んでいる。アルミニウム材 A P は銅材 C P を被覆している。つまり、銅材 C P とアルミニウム材 A P とは積層されている。アルミニウム材 A P の厚みはたとえば 0 . 1 mm 以上 0 . 5 mm 以下である。セラミックス基板 1 1 は、金属回路板 1 2 のアルミニウム材 A P および金属放熱板 1 3 のアルミニウム材 A P の双方に接合されている。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態の半導体装置によれば、セラミックス基板 1 1 は、アルミニウム材 A P に接合されている。アルミニウムは軟らかいため、銅に接合されている場合よりも接合部分の応力を緩和することができる。

30

【 0 0 5 0 】

(実施の形態 4)

本発明の実施の形態 4 の半導体装置について説明する。

【 0 0 5 1 】

図 8 を参照して、実施の形態 4 の半導体装置は、ヒートシンク 2 0 をさらに備えている点で実施の形態 1 の半導体装置と主に異なっている。ヒートシンク 2 0 は放熱フィンを備えている。ヒートシンクの材料はたとえばアルミニウムである。ヒートシンク 2 0 は金属放熱板 1 3 の全面を覆っている。ヒートシンク 2 0 は金属放熱板 1 3 にグリース 2 1 を介して取り付けられている。金属放熱板 1 3 とヒートシンク 2 0 との間にグリース 2 1 が塗布されている。グリース 2 1 の熱伝導率は、2 W / m K 以上である。

40

【 0 0 5 2 】

次に、本実施の形態の半導体装置の作用効果について比較例の半導体装置と対比して説明する。図 9 を参照して、比較例の半導体装置はベース板 3 0 を有している点で本実施の形態の半導体装置と主に異なっている。なお、図 9 では見やすくするためにヒートシンクは図示されていない。

【 0 0 5 3 】

比較例の半導体装置では、図 9 中破線で示すように半導体素子 4 の使用時の熱がセラミックス回路基板 1 0 およびベース板 3 0 に広がる。比較例の半導体装置はベース板 3 0 を有しているため、半導体素子 4 で発生した熱が半導体素子 4 からヒートシンクに向かってベース板 3 0 にも広がる。したがって、半導体素子 4 とヒートシンクとの距離が大きくな

50

るため、半導体素子 4 で発生した熱がヒートシンクに到達するまでに広範囲に広がる。

【 0 0 5 4 】

これに対して、本実施の形態の半導体装置では、ベース板 3 0 を有していないため、図 8 中破線で示すように、半導体素子 4 で発生した熱が半導体素子 4 からヒートシンク 2 0 に向かって広がる範囲が比較例よりも小さくなる。このため、グリース 2 1 が半導体素子 4 で発生した熱の放熱に与える影響が大きくなる。本実施の形態の半導体装置では、グリース 2 1 の熱伝導率は、 2 W / m K 以上であるため、グリース 2 1 の放熱性が高い。このため、半導体素子 4 で発生した熱の放熱性を高くすることができる。

【実施例】

【 0 0 5 5 】

以下、本発明の実施例について説明する。

まず、本発明の実施例および従来の半導体装置の熱抵抗をシミュレーションにより測定した。図 1 0 を参照して、従来の半導体装置を例に半導体装置の熱抵抗を説明する。従来の半導体装置はベース板 3 0 を備えている。図 1 0 に示す点 T_j 、 T_c 、 T_f 、 T_a の各点間の熱抵抗と、点 T_j と点 T_a との間の熱抵抗を測定した。点 T_j は半導体チップの上面に位置している。点 T_c はベース板 3 0 とグリース 2 1 との接点に位置している。点 T_f はグリース 2 1 とヒートシンク 2 0 との接点に位置している。点 T_a はヒートシンクの下面に位置している。また、本発明の実施例はベース板を備えていない。本発明の実施例では、点 T_f は金属放熱板 1 3 とグリース 2 1 との接点に位置している。

【 0 0 5 6 】

図 1 1 および図 1 2 を参照して、 $R_{th}(j - a)$ は点 T_j と点 T_a との間の熱抵抗である。 $R_{th}(j - c)$ は点 T_j と点 T_c との間の熱抵抗である。 $R_{th}(c - f)$ は点 T_c と点 T_f との間の熱抵抗である。 $R_{th}(f - a)$ は点 T_f と点 T_a との間の熱抵抗である。また、図 1 1 中の記号 t は金属回路板および金属放熱板の厚みである。金属回路板および金属放熱板の厚みが 0.6 mm 以上の場合の熱抵抗は、従来の半導体装置の熱抵抗よりも低い値になることがわかった。これにより、金属回路板および金属放熱板の厚みを 0.6 mm 以上にすることで、従来のようにベース板を備えていなくても従来と同様の熱抵抗を実現できることがわかった。

【 0 0 5 7 】

次に、本発明の実施例および従来の半導体装置の反りをシミュレーションにより測定した。図 1 3 を参照して、本発明の実施例のセラミックス回路基板 1 0 の反り量を測定した。なお、図 1 3 では見やすくするため、回路パターンは図示されていない。金属回路板 1 2 側に凸となる反りをマイナス反りと定義し、金属放熱板 1 3 側に凸となる反りをプラス反りと定義した。また、図 1 3 中に示す $x y z$ 軸を定義し、セラミックス回路基板 1 0 の四隅の 1 つは z を固定し、別の 1 つは y 、 z を固定し、さらに別の 1 つは x 、 y 、 z を固定した。この条件で、Type A および Type B の 2 タイプのセラミックス回路基板 1 0 について、反り量を測定した。

【 0 0 5 8 】

Type A は金属回路板 1 2 の回路パターンの面積が少ない形状である。Type A のセラミックス基板 1 1 の外形寸法は、長さが 79 mm であり、幅が 58.1 mm である。金属回路板 1 2 の外形寸法は、長さが 70 mm であり、幅が 49.1 mm である。金属放熱板 1 3 の外形寸法は、長さが 77.4 mm であり、幅が 56.5 mm である。Type B は Type A よりも金属回路板 1 2 の回路パターンの面積が多い形状である。Type B のセラミックス基板 1 1 の外形寸法は、長さが 79 mm であり、幅が 58.1 mm である。金属回路板 1 2 の外形寸法は、長さが 73 mm であり、幅が 52.1 mm である。金属放熱板 1 3 の外形寸法は、長さが 77 mm であり、幅が 56.1 mm である。また、Type A および Type B とともに金属放熱板 1 3 はベタ金属板である。

【 0 0 5 9 】

図 1 4、表 1 および表 2 を参照して、金属回路板 1 2 の体積 V_{m1} と金属放熱板 1 3 の体積 V_{m2} との比率とセラミックス回路基板 1 0 の反り量との関係を検討した。

【 0 0 6 0 】

表 1 に T y p e A の反り量などを示し、表 2 に T y p e B の反り量などを示す。表 1 および表 2 の表パターンは金属回路板 1 2 を示し、裏パターンは金属放熱板 1 3 を示す。体積比率は、金属放熱板 1 3 の体積 V_{m2} に対する金属回路板 1 2 の体積 V_{m1} を示す。

【 0 0 6 1 】

【表 1】

表パターン(回路側)		裏パターン(ベース側)		体積比率	反り量[mm]
厚み[mm]	体積[mm ³]	厚み[mm]	体積[mm ³]		
0.8	2653.93008	0.4	1747.86656	151.8%	-0.219
0.8	2653.93008	0.5	2184.8332	121.5%	-0.0888
0.8	2653.93008	0.6	2621.79984	101.2%	0.0566
0.8	2653.93008	0.7	3058.76648	86.8%	0.0919
0.8	2653.93008	0.8	3495.73312	75.9%	0.1147
0.8	2653.93008	1	4369.6664	60.7%	0.16

10

【 0 0 6 2 】

【表 2】

表パターン(回路側)		裏パターン(ベース側)		体積比率	反り量[mm]
厚み[mm]	体積[mm ³]	厚み[mm]	体積[mm ³]		
0.6	1987.9161	0.3	1136.86965	174.9%	-0.327
0.6	1987.9161	0.4	1515.8262	131.1%	-0.1069
0.6	1987.9161	0.5	1894.78275	104.9%	0.061
0.6	1987.9161	0.6	2273.7393	87.4%	0.161
0.6	1987.9161	0.8	3031.6524	65.6%	0.249

20

【 0 0 6 3 】

通常、グリースの厚みは 0 . 1 mm であるため、セラミックス回路基板の反り量が 0 . 1 mm を超えるとグリースの放熱性が確保できないという問題がある。つまり、マイナス反りの場合には金属放熱板がヒートシンクから離れるため、グリースにボイドが生じる。また、プラス反りの場合には金属放熱板がヒートシンクに近づくためグリースを押しつけ、反りが戻ったときにグリースにボイドが生じることがある。このように、セラミックス回路基板の反り量が 0 . 1 mm を超えるとグリースにボイドが生じるため放熱性を確保することが困難である。そのため、セラミック回路基板の反り量は 0 . 1 mm 以下にすることが好ましい。なお、プラス反りに関しては、金属放熱板がヒートシンクに近づくためグリースにボイドが生じないこともある。以上より、金属放熱板 1 3 の体積 V_{m2} に対する金属回路板 1 2 の体積 V_{m1} の比率は、70% 以上 130% 以下であることが好ましいことがわかった。

30

40

【 0 0 6 4 】

また、金属回路板の体積が金属放熱板の体積よりも大きい場合に反り量がゼロとなることがわかった。具体的には金属放熱板の体積 V_{m2} に対する金属回路板の体積 V_{m1} の比率が約 110% で反り量がゼロになることがわかった。以上より、金属回路板の体積は、金属放熱板の体積よりも大きいことが好ましいことがわかった。

【 0 0 6 5 】

また、金属放熱板の厚さに対する金属回路板の厚さの比率は、6 / 5 以上 4 / 3 以下であることが好ましいことがわかった。

【 0 0 6 6 】

50

次に、グリースを変更した場合における本発明の実施例および従来の半導体装置の熱抵抗をシミュレーションにより測定した。

【0067】

図15を参照して、従来のセラミックス基板が酸化アルミニウムであり、グリースの熱伝導率が0.9W/mKの半導体装置よりも、熱伝導率が0.9W/mKのグリースを使用した本発明の実施例の半導体装置の熱抵抗が小さくなることがわかった。また、従来のセラミックス基板が窒化アルミニウムであり、グリースの熱伝導率が0.9W/mKの半導体装置よりも、熱伝導率が2.0W/mKのグリースを使用した本発明の実施例の半導体装置の熱抵抗が小さくなることがわかった。さらに、本発明の実施例では、グリースの熱伝導率が2.0W/mKであるため、熱抵抗が大幅に小さくなることがわかった。

10

【0068】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることを意図される。

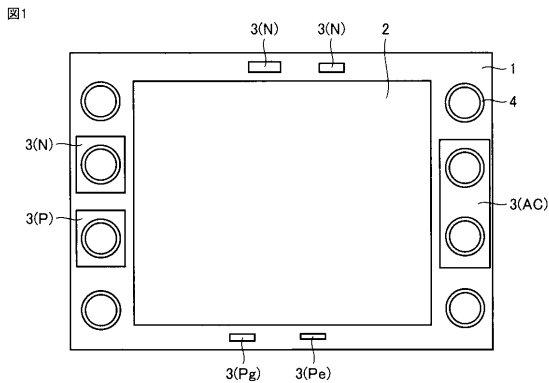
【符号の説明】

【0069】

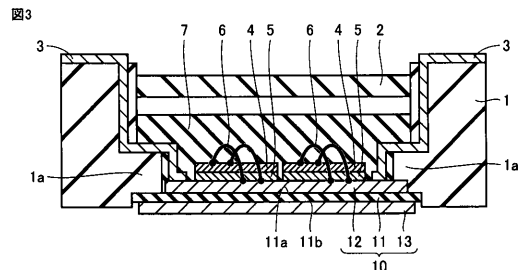
1 ケース、1a 張出部、2 蓋、3 電極端子、4 半導体素子、5 はんだ、6 配線、7 封止樹脂、10 セラミックス回路基板、11 セラミックス基板、11a 一方、11b 他方面、12 金属回路板、13 金属放熱板、13a 第1の面、13b 第2の面、20 ヒートシンク、21 グリース、30 ベース板、AP アルミニウム材、CP 銅材、HP 凹部。

20

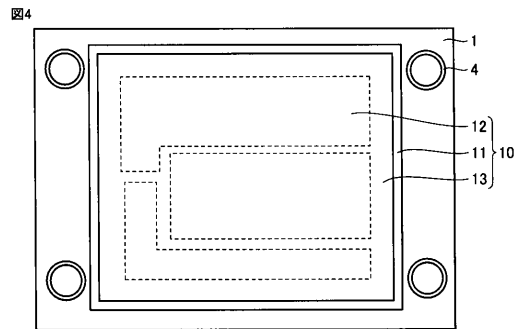
【図1】



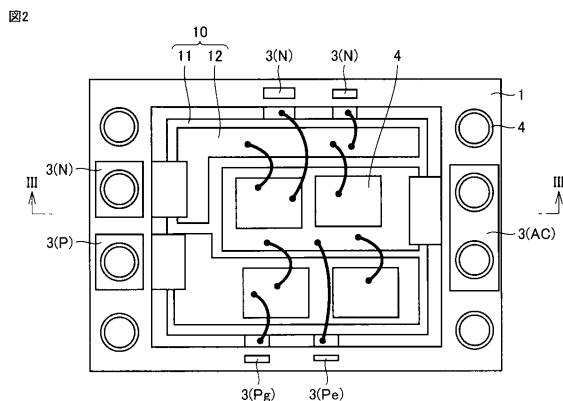
【図3】



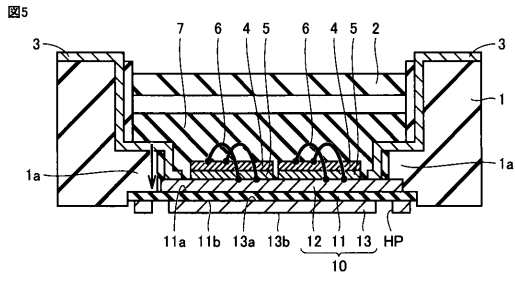
【図4】



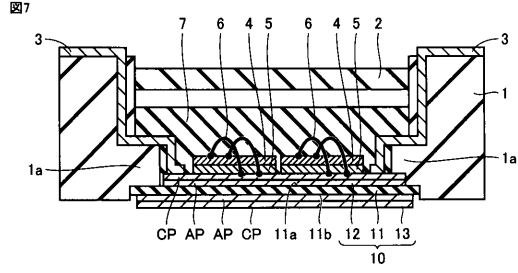
【図2】



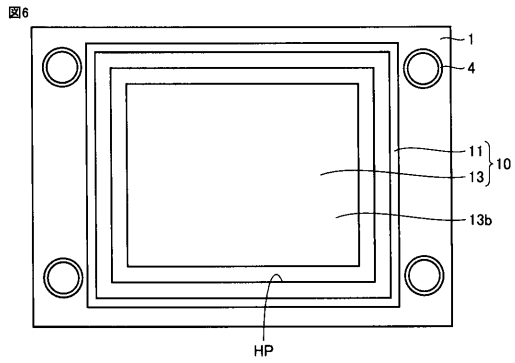
【図5】



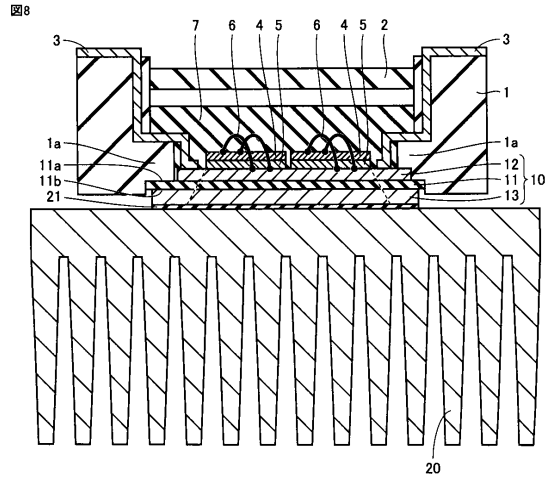
【図7】



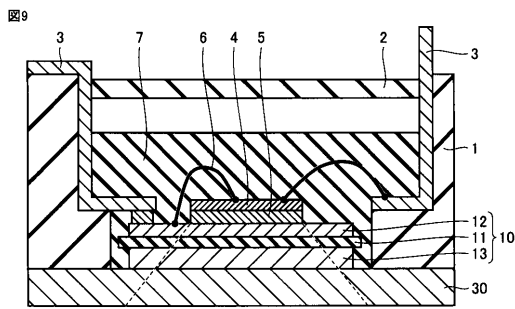
【図6】



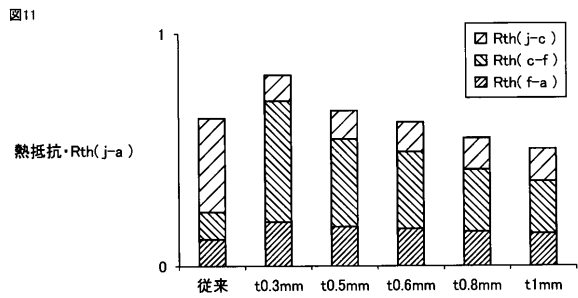
【図8】



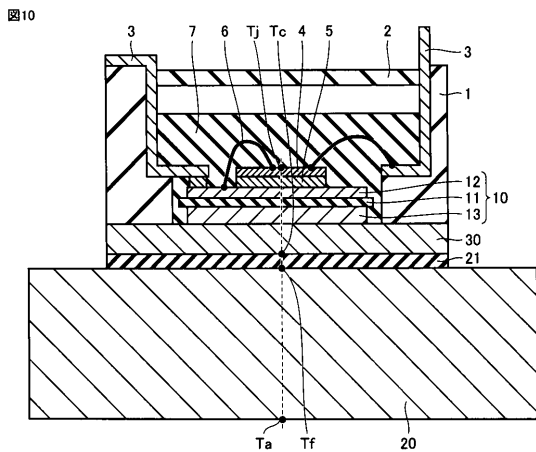
【図9】



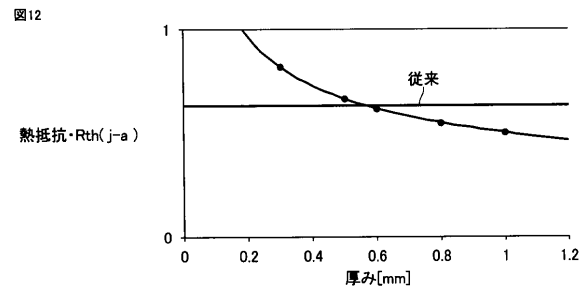
【図11】



【図10】

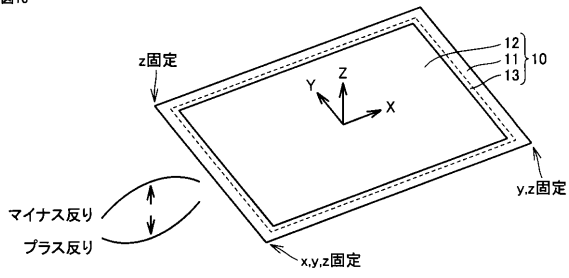


【図12】



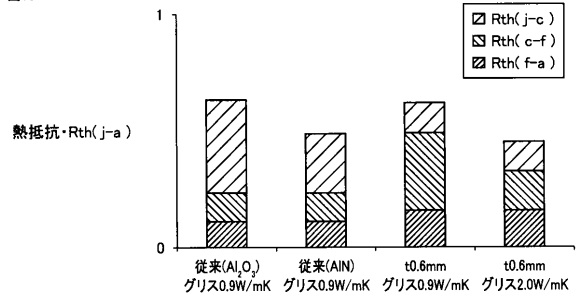
【 図 1 3 】

図13



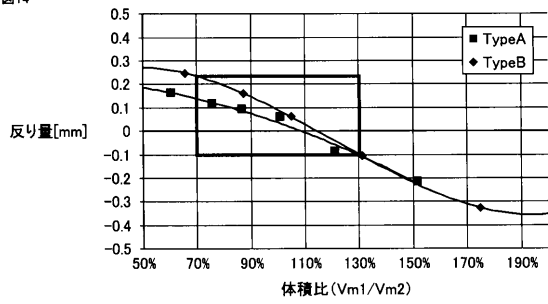
【 図 1 5 】

図15



【 図 1 4 】

図14



フロントページの続き

- (72)発明者 山下 哲生
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 稗田 智宏
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 田畑 光晴
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 豊島 洋介

- (56)参考文献 特開2012-169678(JP,A)
特開2003-017627(JP,A)
特開2003-078086(JP,A)
特開2003-168769(JP,A)
特開2006-344770(JP,A)
特開2012-023403(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L23/29
23/34 - 23/36
23/373 - 23/427
23/44
23/467 - 23/473