

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-248700

(P2012-248700A)

(43) 公開日 平成24年12月13日(2012.12.13)

(51) Int.Cl.

H01L 23/373 (2006.01)

F1

H01L 23/36

M

テーマコード (参考)

5F136

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2011-119575 (P2011-119575)
 (22) 出願日 平成23年5月27日 (2011.5.27)

(71) 出願人 000100768
 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
 愛知県安城市藤井町高根10番地
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 青木 一雄
 愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
 (72) 発明者 安形 廣通
 愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
 Fターム(参考) 5F136 BA04 BC03 BC05 DA27 DA41
 FA02 FA03 FA51 FA52

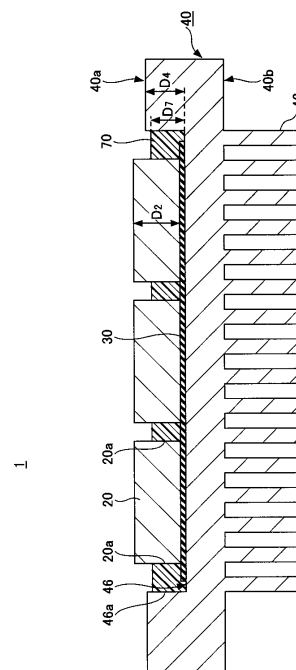
(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 異種材料で構成された基板とヒートシンクの間の接合部の信頼性向上。

【解決手段】 本発明による半導体装置1, 2, 3は、放熱面40bを有し、放熱面とは逆側に放熱面に略平行な接合面40aを備え、該接合面に凹部46を備えたヒートシンク40, 40'と、ヒートシンクに接合され、ヒートシンクの接合側とは逆側に半導体素子10が配置された基板20, 20'であって、ヒートシンクよりも熱膨張係数が小さく、接合面に平行な方向でヒートシンクの凹部46に対して離間する態様で、ヒートシンクの凹部46内に配置される基板20, 20'と、凹部46内に絶縁樹脂を充填して形成され、接合面に平行な方向で基板の側面20aとヒートシンクの凹部46内の側面46aとの間に形成される絶縁樹脂部70と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放熱面を有し、前記放熱面とは逆側に前記放熱面に略平行な接合面を備え、該接合面に凹部を備えたヒートシンクと、

前記ヒートシンクに接合され、前記ヒートシンクの接合側とは逆側に半導体素子が配置された基板であって、前記ヒートシンクよりも熱膨張係数が小さく、前記接合面に平行な方向で前記ヒートシンクの凹部内の側面に対して離間する態様で、前記ヒートシンクの凹部内に配置される基板と、

前記凹部内に絶縁樹脂を充填して形成され、前記接合面に平行な方向で前記基板の側面と前記ヒートシンクの凹部内の側面との間に形成される絶縁樹脂部と、を備えることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項 2】

前記接合面に垂直方向の前記絶縁樹脂部の厚さは、前記接合面に垂直方向の前記基板の厚さの半分よりも大きい、請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】

前記接合面に平行な方向の前記基板の側面、及び、前記ヒートシンクの接合面、のうちの少なくともいずれか一方に、前記絶縁樹脂部が入り込むアンカー部を備える、請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記絶縁樹脂部は、前記接合面に対して垂直に視たときに前記基板を四方から囲む態様で設けられる、請求項 1 ～ 3 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板とヒートシンクが接合される半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、この種の半導体装置は知られている（例えば、特許文献 1 参照）。特許文献 1 には、銅、アルミニウム等からなるヒートスプレッド(基板)上に半導体チップが配置され、ヒートスプレッドとヒートシンクとが熱伝導シートを介して接合されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2005-268514 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、基板とヒートシンクが熱膨張係数の異なる異種材料で構成される場合、これらの異種材料間の熱膨張係数差に起因して、基板とヒートシンクの間の接合部の信頼性が損なわれる虞がある。例えば、基板を銅で構成し、ヒートシンクをアルミで構成した場合、アルミの熱膨張係数が銅の熱膨張係数よりも有意に大きいことに起因して、基板とヒートシンクの間の接合部に熱応力が生じることで、当該接合部に剥離が生じ、信頼性が損なわれる虞がある。

40

【0005】

これに対して、基板とヒートシンクの間の接合に使用する樹脂接着剤や樹脂シートの改良や、接着層の厚みの調整、接合表面の改質などにより接合信頼性を向上させることも可能である。しかしながら、このようなアプローチの対策では、接合部での熱抵抗が増加して熱伝導性が悪化することやサイズ(厚み)が大きくなる等の弊害が生じうる。

【0006】

そこで、本発明は、異種材料で構成された基板とヒートシンクの間の接合部の信頼性が

50

向上された半導体装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明の一局面によれば、放熱面を有し、前記放熱面とは逆側に前記放熱面に略平行な接合面を備え、該接合面に凹部を備えたヒートシンクと、

前記ヒートシンクに接合され、前記ヒートシンクの接合側とは逆側に半導体素子が配置された基板であって、前記ヒートシンクよりも熱膨張係数が小さく、前記接合面に平行な方向で前記ヒートシンクの凹部内の側面に対して離間する態様で、前記ヒートシンクの凹部に配置される基板と、

前記凹部内に絶縁樹脂を充填して形成され、前記接合面に平行な方向で前記基板の側面と前記ヒートシンクの凹部内の側面との間に形成される絶縁樹脂部と、を備えることを特徴とする半導体装置が提供される。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、異種材料で構成された基板とヒートシンクの間の接合部の信頼性が向上された半導体装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施例（実施例1）による半導体装置1の要部を示す斜視図である。

【図2】図1に示す半導体装置1のラインA-Aに沿った断面図である。

【図3】ヒートシンク40の単品状態を示す斜視図である。

【図4】熱膨張時のヒートシンク40とヒートスプレッダ20との間の接合部の応力分散原理の説明図である。

【図5】本発明の他の一実施例（実施例2）による半導体装置2の断面図である。

【図6】本発明の他の一実施例（実施例3）による半導体装置3の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態の説明を行う。

【0011】

図1は、本発明の一実施例（実施例1）による半導体装置1の要部を示す斜視図である。図2は、図1に示す半導体装置1のラインA-Aに沿った断面図である。図3は、ヒートシンク40の単品状態を示す斜視図である。尚、半導体装置1の上下方向は、半導体装置1の搭載状態に応じて上下方向が異なるが、以下では、便宜上、半導体装置1のヒートスプレッダ20に対してチップ10が存在する側を上方とする。半導体装置1は、例えば、ハイブリッド車又は電気自動車で使用されるモータ駆動用のインバータを構成するものであってよい。

【0012】

半導体装置1は、図1及び図2に示すように、チップ10と、ヒートスプレッダ20と、絶縁層30と、ヒートシンク40と、絶縁樹脂部70とを含む。

【0013】

チップ10は、パワー半導体素子を含み、本例ではIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を含む。尚、チップ10が含むパワー半導体素子の種類や数は、任意である。チップ10は、IGBTに代えて、MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor）のような他のスイッチング素子を含んでもよい。チップ10は、ヒートスプレッダ20上に半田50により接合される。図示の例では、チップ10は、1つのヒートスプレッダ20上に、IGBTとFWD（Free Wheeling Diode）が1組設けられる。尚、IGBTは、上面にエミッタ電極を備え、下面にコレクタ電極を備え、FWDは、上面にアノード電極を備え、下面にカソード電極を備える。チップ10の各電極は、バスバ等の外部端子（図示せず）に接続されてよい。

【0014】

ヒートスプレッタ 20 は、チップ 10 で発生する熱を吸収し拡散する部材である。ヒートスプレッタ 20 は、例えば銅、アルミなどの熱拡散性の優れた金属から形成される。本例では、一例として、ヒートスプレッタ 20 は、銅により形成される。銅としては、伝導率が銅材の中で最も高い無酸素銅(C1020)が好適である。銅は、典型的には、 $17 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数を有する。図示の例では、ヒートスプレッタ 20 は、6つ設けられている。この場合、6つのヒートスプレッタ 20 上の各チップ 10 は、モータ駆動用のインバータのU相、V相、W相の各上アーム及び各下アームを構成するものであってよい。このように、1つの半導体装置 1 のモジュール内に任意の数のヒートスプレッタ 20 を含んでもよい。

【0015】

絶縁層 30 は、樹脂接着剤や樹脂シートから構成されてよい。絶縁層 30 は、例えばアルミナをフィラーとした樹脂で形成されてもよい。絶縁層 30 は、図 2 に示すように、ヒートスプレッタ 20 とヒートシンク 40 の間に設けられ、ヒートスプレッタ 20 とヒートシンク 40 に接合する。絶縁層 30 は、ヒートスプレッタ 20 とヒートシンク 40 との間の電氣的な絶縁性を確保しつつ、ヒートスプレッタ 20 からヒートシンク 40 への高い熱伝導性を確保する。

【0016】

ヒートシンク 40 は、熱伝導性の良い材料から形成され、例えば、アルミなどの金属により形成される。本例では、ヒートシンク 40 は、アルミにより形成される。アルミは、典型的には、 $24 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数を有する。

【0017】

ヒートシンク 40 は、図 2 に示すように、上面側が接合面 40 a を画成し、上面側がヒートスプレッタ 20 に接合される。ヒートシンク 40 は、図 2 に示すように、下面側が放熱面 40 b を画成し、下面側にフィン 42 を備える。尚、接合面 40 a と放熱面 40 b は、後述の凹部 46 やフィン 42 が存在するが、略平行である。フィン 42 の数や配列態様は任意である。フィン 42 は、図示のようなストレートフィンであってもよいし、その他、ピンフィンの千鳥配置等で実現されてもよい。半導体装置 1 の実装状態では、フィン 42 は、冷却水や冷却油や空気のような冷却媒体と接触する。このようにして、半導体装置 1 の駆動時に生じるチップ 10 からの熱は、ヒートスプレッタ 20、絶縁層 30 を介して、ヒートシンク 40 のフィン 42 から冷却媒体へと伝達され、半導体装置 1 の冷却が実現される。

【0018】

ヒートシンク 40 は、図 2 及び図 3 に示すように、接合面 40 a に凹部 46 を備える。凹部 46 は、例えばプレスや鋳造により形成されてもよい。凹部 46 は、ヒートスプレッタ 20 を内部に収容することができるように、上面視で、ヒートスプレッタ 20 の外形よりも大きい外形を有する。図示の例では、凹部 46 は、6つのヒートスプレッタ 20 の全体としての外形よりも大きい外形を有する。尚、凹部 46 は、ヒートシンク 40 上に配置されるヒートスプレッタ 20 毎に個別に形成されてもよい。6つのヒートスプレッタ 20 は、図 2 に示すように、互いに離間して凹部 46 内に配列される。また、ヒートスプレッタ 20 は、接合面 40 a に平行な方向でヒートシンク 40 の凹部 46 内の側面 46 a に対して離間する。具体的には、図 2 に示すように、ヒートスプレッタ 20 の側面 20 a は、ヒートシンク 40 の凹部 46 内の側面 46 a に対して所定距離離間される。凹部 46 は、典型的には、図示の例のように一定の深さ D_4 を有しているが、深さが変化してもよい。例えば、凹部 46 内におけるヒートスプレッタ 20 の位置決め用の段差が凹部 46 の底面に形成されてもよい。また、凹部 46 の底面は、平滑な表面であってもよいし、微小な凹凸（粗面化）が形成されてもよい。

【0019】

絶縁樹脂部 70 は、図 1 及び図 2 に示すように、ヒートシンク 40 の凹部 46 内に形成される。具体的には、ヒートシンク 40 の凹部 46 は、上述のように絶縁層 30 を介して接合されたヒートスプレッタ 20 を内部に含む状態で、樹脂が充填される。樹脂は、好ま

10

20

30

40

50

しくは、ヒートシンク40の凹部46内にみに充填され、上面視でヒートシンク40の凹部46の外形よりも外側に広がらないように充填される。これにより、凹部46内に充填される樹脂により凹部46内に絶縁樹脂部70が形成される。このように、本実施例によれば、ヒートシンク40の凹部46内に樹脂を充填して絶縁樹脂部70を形成するので、樹脂の流動が凹部46内に規制され、凹部46以外のヒートシンク40の上面への樹脂の望ましくない流動（広がり）を防止することができ、作業性が良好となる。絶縁樹脂部70は、図2に示すように、接合面40aに平行な方向で、凹部46内の側面46aとヒートスプレッド20の側面20aとの間や、各隣接するヒートスプレッド20の側面20a間に形成される。これにより、凹部46内の側面46aとヒートスプレッド20の側面20aとが絶縁樹脂部70を介して接合される。尚、絶縁樹脂部70を構成する樹脂は、任意の樹脂材料であってよく、例えばエポキシ樹脂が使用されてもよい。

10

【0020】

絶縁樹脂部70の厚さ D_7 は、凹部46の深さ D_4 と同一又はそれ以下であってよい。また、絶縁樹脂部70の厚さ D_7 は、好ましくは、凹部46内の側面46aとヒートスプレッド20の側面20aとの間の絶縁樹脂部70を介した接合範囲を大きくするため、ヒートスプレッド20の厚さ D_2 の半分よりも大きく設定される。例えば、絶縁樹脂部70の厚さ D_7 は、ヒートスプレッド20の厚さ D_2 の半分と絶縁層30の厚さとを足した合計厚さよりも大きく設定される。尚、図示の例では、ヒートスプレッド20の上側の一部（厚み D_2 の半分以下の部分）が絶縁樹脂部70から露出しているが、絶縁樹脂部70の上面がヒートスプレッド20の上面と面一になるように、又は、絶縁樹脂部70ヒートスプレッド20の上面を覆うように、凹部46の深さ D_4 を更に深くすると共に絶縁樹脂部70の厚さ D_7 を更に厚くしてもよい。尚、凹部46以外のヒートシンク40の上面、絶縁樹脂部70の上面、チップ10、ヒートスプレッド20等は、絶縁樹脂部70を構成する樹脂以外の樹脂で更に被覆されてもよい。例えば、シリコンゲルのようなゲル材料が、半導体装置1全体を封止するように付与されてもよい。

20

【0021】

絶縁樹脂部70は、絶縁層30をヒートシンク40の上面に上方から押さえつけることで、ヒートシンク40とヒートスプレッド20との間の接合部の信頼性を高めると共に、以下で詳説するように、熱膨張又は熱収縮時のヒートシンク40とヒートスプレッド20との間の接合部の熱応力を低減する機能を有する。

30

【0022】

図4は、熱膨張時のヒートシンク40とヒートスプレッド20との間の接合部の応力分散原理の説明図である。尚、ここでは、熱膨張時の応力分散原理を説明するが、熱収縮時も同様である。

【0023】

ここでは、前提として、上述の如く、ヒートシンク40の熱膨張係数は、ヒートスプレッド20の熱膨張係数よりも大きいものとする。従って、同じ温度上昇したとき、その膨張係数の差に起因して、ヒートシンク40の方がヒートスプレッド20よりも大きく膨張しようとするので、ヒートシンク40とヒートスプレッド20との間の接合部に熱応力が生じる。しかしながら、本実施例では、凹部46内の側面46aとヒートスプレッド20の側面20aとが絶縁樹脂部70を介して接合されているので、図4に模式的に示すように、熱膨張時にヒートシンク40が方向Eに熱膨張すると、ヒートスプレッド20とヒートシンク40の間の膨張係数の差に起因して、ヒートスプレッド20には、絶縁樹脂部70を介して膨張方向に力Fがかかる。これにより、ヒートスプレッド20には、自身の熱膨張による膨張に加えて、力Fより膨張方向に変形する。換言すると、ヒートシンク40は、力Fの反作用としてヒートスプレッド20から絶縁樹脂部70を介して収縮方向に力を受け、熱膨張が抑制される。これにより、ヒートシンク40とヒートスプレッド20との間の熱膨張差が抑制され、ヒートシンク40とヒートスプレッド20との間の接合部の熱応力が緩和（分散）される。このようにして、本実施例によれば、ヒートスプレッド20とヒートシンク40の間の膨張係数の差に起因したヒートシンク40とヒートスプレッ

40

50

ダ２０との間の接合部の熱応力を低減し、ヒートシンク４０とヒートスプレッド２０との間の接合部の信頼性を高めることができる。

【００２４】

図５は、本発明の他の一実施例（実施例２）による半導体装置２の断面図である。図５は、図１のラインＡ－Ａに沿った断面図に対応する。本実施例による半導体装置２は、上述した実施例１による半導体装置１に対して、ヒートスプレッド２０'の側面の構成のみが異なる。本実施例２において、上述の実施例１と実質的に同一であってよい構成については、同一の参照符号を付して説明を省略する。

【００２５】

本実施例２では、ヒートスプレッド２０'の側面には、アンカー部２２が形成される。アンカー部２２は、図５に示すように、ヒートスプレッド２０'の側面に凹部として形成されてもよい。アンカー部２２は、ヒートスプレッド２０'の全周に亘って設けられてもよい。或いは、アンカー部２２は、ヒートスプレッド２０'の全周に対して離散的に設けられてもよい。例えば、アンカー部２２は、ヒートスプレッド２０'の対の対向する２辺の側面のみ設けられてもよい。アンカー部２２の断面形状は、図５に示す例では矩形であるが、楔形等を含む任意の断面形状を有してよい。

【００２６】

アンカー部２２には、図５に示すように、絶縁樹脂部７０が入り込む。即ち、絶縁樹脂部７０は、アンカー部２２内に充填された樹脂からなる部位を含む。

【００２７】

本実施例２によれば、上述した実施例１と同様の効果に加えて以下のような効果が奏される。即ち、ヒートスプレッド２０'のアンカー部２２が形成されるので、アンカー効果によりヒートスプレッド２０'と絶縁樹脂部７０との間の密着性を高めることができ、ひいてはヒートシンク４０とヒートスプレッド２０との間の接合部の信頼性を高めることができる。

【００２８】

図６は、本発明の他の一実施例（実施例３）による半導体装置３の断面図である。図６は、図１のラインＡ－Ａに沿った断面図に対応する。本実施例による半導体装置３は、上述した実施例２による半導体装置２に対して、ヒートシンク４０'の構成のみが異なる。本実施例３において、上述の実施例１又は実施例２と実質的に同一であってよい構成については、同一の参照符号を付して説明を省略する。

【００２９】

本実施例３では、ヒートシンク４０'の上面（接合面）には、図６に示すように、アンカー部４８が形成される。アンカー部４８は、上面視で、絶縁層３０よりも外周側に形成される。例えば、アンカー部４８は、図６に示すように、凹部４６の底面の外周縁に形成されてもよい。アンカー部４８は、凹部４６の底面の外周縁の全周に亘って形成されてもよいし、凹部４６の底面の外周縁の全周に対して離散的に形成されてもよい。同様に、アンカー部４８の断面形状は、図６に示す例では矩形であるが、楔形等を含む任意の断面形状を有してよい。

【００３０】

アンカー部４８には、図６に示すように、絶縁樹脂部７０が入り込む。即ち、絶縁樹脂部７０は、アンカー部４８内に充填された樹脂からなる部位を含む。

【００３１】

本実施例３によれば、上述した実施例２と同様の効果に加えて以下のような効果が奏される。即ち、ヒートシンク４０'のアンカー部４８が形成されるので、アンカー効果によりヒートシンク４０'と絶縁樹脂部７０との間の密着性を更に高めることができ、ひいてはヒートシンク４０とヒートスプレッド２０との間の接合部の信頼性を更に高めることができる。

【００３２】

以上、本発明の好ましい実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施例に制限

10

20

30

40

50

されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

【0033】

例えば、上述の実施例では、ヒートシンク40は、一部材で構成されていたが、2つ以上の部材で構成されてもよい。例えば、ヒートシンク40は、第1の金属板と、フィン42を備えた第2の金属板とを結合して構成されてもよい。この場合、第1の金属板に凹部46を形成し、凹部46内にヒートスプレッダ20を配置して同様の絶縁樹脂部70を形成すればよい。

【0034】

また、上述の実施例において、ヒートスプレッダ20とヒートシンク40の間の接合に使用する樹脂接着剤や樹脂シートの改良や、接着層の厚みの調整、接合表面の改質などによって、ヒートスプレッダ20とヒートシンク40の間の接合部の信頼性を向上させることも可能である。即ち、本発明は、これらのアプローチと相容れない関係ではなく、必要な効果を得るために組み合わせることは可能である。

【0035】

また、上述の実施例では、ヒートスプレッダ20の材料が銅であり、ヒートシンク40の材料がアルミであったが、本発明は、ヒートシンク40の熱膨張係数がヒートスプレッダ20（基板）の熱膨張係数よりも大きい限り、他の任意の材料で構成された組み合わせに対しても適用可能である。また、ヒートスプレッダ20は、溶射によりヒートシンク40の凹部46内に直接形成（接合）されてもよい。

【0036】

また、上述の実施例では、チップ10が配置される基板は、ヒートスプレッダ20、20'であったが、ヒートシンク40、40'の熱膨張係数が基板の熱膨張係数よりも大きい限り、本発明は、他の任意の基板にも適用可能である。例えば、チップ10が配置される基板は、高い熱伝導性を有するセラミック基板の両面にアルミ板を備えたDBA（Direct Brazed Aluminum）基板や、セラミック基板の両面に銅板を備えたDBC（Direct Brazed Copper）基板により構成されてもよい。この場合、チップ10が配置される基板は、ヒートシンク40、40'に半田により接合されてもよい。この場合も、DBAやDBCの熱膨張係数とヒートシンク40、40'の熱膨張係数の差に起因して熱応力が生じることで、接合部（半田）にクラック等が発生し、基板とヒートシンク40、40'の間の接合部の信頼性が損なわれる虞があるためである。

【0037】

また、上述の実施例1では、半導体装置1は、他の構成（例えば、走行モータ駆動用のDC/DC昇圧コンバータの素子の一部）を含んでよいし、また、半導体装置1は、チップ10と共に、他の素子（コンデンサ、リアクトル等）を含んでもよい。また、半導体装置1は、車両用のインバータに適用されるものであったが、半導体装置1は、他の用途（鉄道、エアコン、エレベータ、冷蔵庫等）で使用されるインバータに使用されてもよい。更に、半導体装置1は、インバータ以外の装置、例えば、コンピューター用のMPU（Microprocessor Unit）や、無線通信機の送信部の電力増幅回路に使用される高周波パワーモジュールに使用されてもよい。これらは、上述の実施例2、3においても同様である。

【符号の説明】

【0038】

- 1, 2, 3 半導体装置
- 10 チップ
- 20, 20' ヒートスプレッダ
- 20a ヒートスプレッダの側面
- 22 アンカー部
- 30 絶縁層
- 40, 40' ヒートシンク
- 40a 接合面

10

20

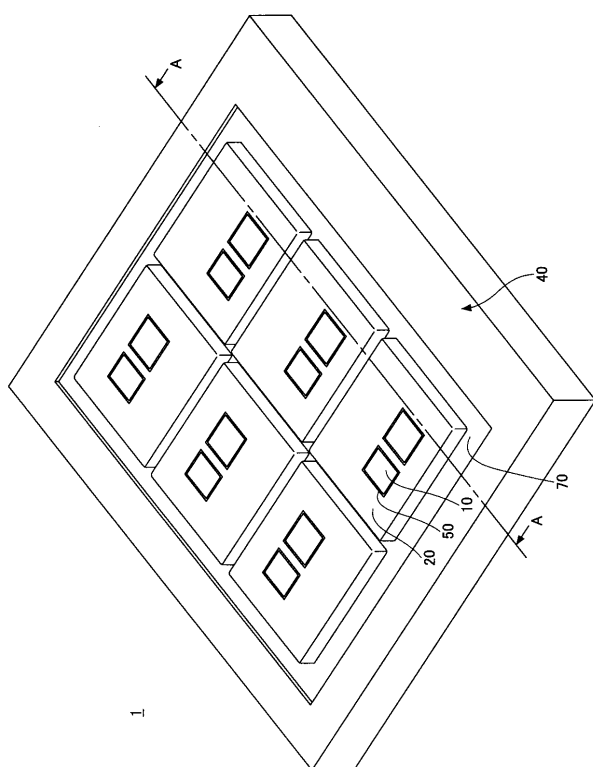
30

40

50

- | | |
|-------|--------|
| 4 0 b | 放熱面 |
| 4 2 | フィン |
| 4 6 | 凹部 |
| 4 6 a | 凹部内の側面 |
| 4 8 | アンカー部 |
| 5 0 | 半田 |
| 7 0 | 絶縁樹脂部 |

【図 1】



【图 2】

