

(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2005-294792

(P2005-294792A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 23/36

F I
H01L 23/36

テーマコード(参考)
5F036

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-212394 (P2004-212394)
 (22) 出願日 平成16年7月21日(2004.7.21)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-63718 (P2004-63718)
 (32) 優先日 平成16年3月8日(2004.3.8)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000005234
 富士電機ホールディングス株式会社
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 (74) 代理人 100088339
 弁理士 篠部 正治
 (72) 発明者 新野 文達
 神奈川県横須賀市長坂二丁目2番1号 富士電機アドバンステクノロジー株式会社内
 (72) 発明者 岡本 浩一
 神奈川県横須賀市長坂二丁目2番1号 富士電機アドバンステクノロジー株式会社内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BB08 BC05

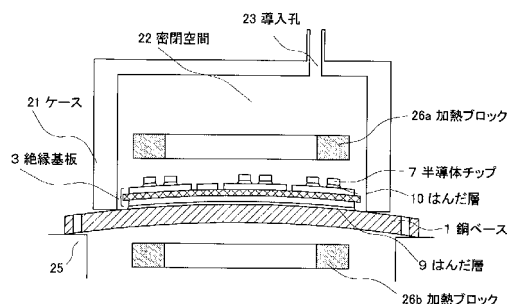
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】銅ベース1と絶縁基板3をはんだ接合した際、銅ベース1と絶縁基板3との線膨張率差に起因して発生する銅ベース3の反りを矯正する。

【解決手段】銅ベース1の裏面の外周辺を支持し、絶縁基板3の半導体チップ搭載面を気密に覆って密閉空間を形成し、銅ベース1と絶縁基板3を加熱してはんだをクリープ変形し易い温度まで昇温させ、密閉空間内の圧力を上昇させて銅ベース1と絶縁基板3に密閉空間内から密閉空間外へ向かう方向の押圧力を付勢し、この押圧力によって銅ベース1と絶縁基板3所望の形状に矯正する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体チップをマウントした絶縁基板を放熱ベース上に載置してはんだ接合した半導体装置の組立体を、前記放熱ベース裏面の外周辺にて支持するとともに、開口部を有するケースを前記放熱ベースの外周辺に押し当てて前記半導体チップ搭載面を気密に覆う密閉空間を形成し、前記組立体に熱を加えて前記はんだをクリープ変形し易い温度まで昇温させ、前記密閉空間内の圧力を上昇させて前記組立体に密閉空間内から密閉空間外へ向かう方向の押圧力を付勢し、該押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま常温まで冷却することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

半導体チップをマウントした絶縁基板を放熱ベース上に載置してはんだ接合した半導体装置の組立体を、前記放熱ベース裏面の外周辺に当接する個所に低弾性のシール部材を設けた裏面支持部にて気密に支持し、開口部を有するケースを前記裏面支持部の外周辺に押し当てて前記半導体チップ搭載面を気密に覆う密閉空間を形成し、前記組立体に熱を加えて前記はんだをクリープ変形し易い温度まで昇温させ、前記密閉空間内の圧力を上昇させて前記組立体に密閉空間内から密閉空間外へ向かう方向の押圧力を付勢し、該押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま常温まで冷却することを特徴とする半導体装置の製造方法。

10

【請求項 3】

半導体チップをマウントした絶縁基板を放熱ベース上に載置してはんだ接合した半導体装置の組立体を、前記放熱ベース裏面の外周辺にて支持するとともに、開口部を有するケースを前記放熱ベースの外周辺に当接させて前記絶縁基板を覆い、前記組立体の前記半導体チップの搭載面側から熱を加えて前記はんだをクリープ変形し易い温度まで昇温させ、前記ケースを押下することにより前記放熱ベースをプレス変形するとともに、前記ケースとの間で密閉空間を形成し、該密閉空間内の圧力を上昇させて前記組立体に密閉空間内から密閉空間外へ向かう方向の押圧力を付勢し、該押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま常温まで冷却することを特徴とする半導体装置の製造方法。

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法において、前記組立体への加熱は、前記組立体の両面に温度差を設けながら行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

30

【請求項 5】

請求項 4 に記載の半導体装置の製造方法において、前記温度差を、前記放熱ベースの裏面に冷却ブロックを弾性的に当接させることで与えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

請求項 3 ないし請求項 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法において、前記押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま、前記放熱ベースの裏面を急速に冷却することを特徴とする半導体装置の製造方法。

40

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法において、前記組立体への加熱は、赤外線照射によるものであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の半導体装置の製造方法において、前記赤外線を部分的に遮光する遮光板により、前記半導体チップへ前記赤外線が直接照射されるのを遮ることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

請求項 3 乃至請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法において、

50

前記ケースの開口部の各辺を、各辺の中央部を頂点として放熱ベース側に凸状の弧状とし、これに対向する前記組立体の支持体の各辺の中央部を底として凹状の弧状とし、

前記プレスにより、前記放熱ベースの外周領域を前記半導体チップの非マウント面側に凸状に変形させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

請求項 1 ないし請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記ケースを、断熱性を有する耐熱材料にて構成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

請求項 1 ないし請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記ケースに設けられた気体導入孔より気体を導入して前記密閉空間内の圧力を上昇させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

10

【請求項 12】

請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記ケースの開口部の端部に低弾性のシール部材を設けたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記低弾性のシール部材は、前記ケースの開口端部に形成された切り欠き部に嵌合して設けられていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

20

【請求項 14】

請求項 12 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記低弾性のシール部材を前記ケースの開口端部より側壁内に形成された溝に嵌入し、該溝の底部にケース内部と連通する複数個の貫通穴を設けて、前記ケース内部の圧力を前記溝内に嵌入されたシール部材に伝達させ、前記ケースの押圧力と密閉空間内の圧力によって、前記シール部材の接触気密性を高めたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 15】

請求項 1 乃至請求項 14 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記放熱ベースの前記絶縁基板接合側の表面の、前記絶縁基板の外周領域に対応する個所と絶縁基板の中央近傍に対応する個所に、それぞれ 50 ~ 200 μm の突起を形成したことを特徴とする半導体装置の製造方法。

30

【請求項 16】

請求項 1 乃至請求項 14 に記載の半導体装置の製造方法において、

前記絶縁基板と前記放熱ベースを接合するはんだ内部に、該はんだの融点より 50 K 以上融点が高く、はんだ濡れ性が良く、熱伝導率の高い材料からなり、50 ~ 200 μm の粒径を有する粒子を混入したことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、パワー半導体モジュール等の半導体装置の製造方法に関し、線膨張率の異なる絶縁基板と放熱ベースとをはんだ接合した際に発生する反りの矯正方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

図 11 は、パワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。

図 11 において、1 はパッケージの放熱ベースとしての銅ベース、2 は樹脂成形品の外囲ケース、3 は Al_2O_3 、 AlN などを材料とするセラミック板 4 の上下両面に銅パターン 5、6 を直接接合した Direct Bonding Copper 基板（以下絶縁基板という）、7 は絶縁基板 3 の銅パターン 5 にはんだマウント（搭載）した半導体チップ、8 は銅パターン 5 にはんだ接合して外部に引き出した外部導出端子（リードフレーム）である。銅パターン 5 上には半導体チップ 7 の他に図示しない抵抗素子などの電子素子

50

が搭載されることもある。半導体チップ7と銅パターン5との間を接続する導体の図示は省略する。

前記絶縁基板3は銅パターン6を銅ベース1の上面に重ね合わせてはんだ接合されている。なお、9, 10, 11はそれぞれ銅ベース/絶縁基板間、絶縁基板/半導体チップ間、絶縁基板/外部導出端子間の接合はんだ層を表している。

【0003】

上記構成のパワー半導体モジュールを使用する際には、図示のように銅ベース1を放熱フィン(ヒートシンク)12の取付面に重ね合わせて銅ベース1の両端に穿孔した取付穴1aに通したボルト13で放熱フィンに締結固定し、半導体チップ7の発生熱を絶縁基板3、銅ベース1を伝熱して放熱フィン12より大気側に放熱するようにしている。

10

次に、前記半導体モジュールの組立工程について説明する。絶縁基板3の銅パターン5上にはんだ箔を介して(クリームはんだを塗布して)半導体チップ7を載置して加熱炉に搬入し、はんだの融点以上の温度に加熱してはんだを溶融させてはんだ接合を行う。

続いて、銅ベース1と絶縁基板3の間にはんだ箔を挟むか、クリームはんだを塗布しておき、仮組立状態で加熱炉に搬入し、はんだの融点以上の温度に加熱してはんだ付けを行う。この銅ベース1と絶縁基板3とのはんだ接合の際、先に半導体チップ7と銅パターン5との間のはんだ層10が溶融してしまわぬよう、銅ベース1と絶縁基板3との接合に用いるはんだは、半導体チップ7と銅パターン5との接合に用いるはんだ10より融点の低いものを用いる。

【0004】

20

銅ベース1に絶縁基板3がはんだ接合された状態でこの組立体を加熱炉から取出し、常温(室温)まで戻す。

図12は銅ベース1と絶縁基板3をはんだ接合し、常温まで戻した状態を示す図である。図12に示すように、銅ベース1に反りが生じて銅ベース裏面中央部が凹状(半導体チップ7の搭載面の中央部が凸状)となる。この反りは銅ベース1と絶縁基板3との線膨張率差に起因する所謂バイメタル効果によって発生する。以下において、銅ベース1の絶縁基板との接合面(半導体チップの搭載面)側を表面、その反対面(半導体チップの非搭載面)側を裏面と称する。

すなわち、絶縁基板3の等価線膨張率は、セラミック単体の線膨張率(4.6E-6/K~7.1E-6/K)に近似した値であって、銅ベース1の線膨張率(16.5E-6/K)と比べて非常に小さい。このために、前記のように仮組立体をはんだの融点以上に加熱して、銅ベース1と絶縁基板3の間をはんだ接合した後に常温まで冷却すると、銅ベース1の熱収縮量が絶縁基板3に比べて大きくなるため、その銅ベース裏面中央部が凹状となるような反りが発生する。しかも、銅ベース1に反りが生じた状態で半導体モジュールを放熱フィン12に取り付けようとすると、図12で示すように銅ベース1の裏面と放熱フィン12とが密着しないで隙間が残り、このためモジュール/放熱フィン間の伝熱性が極端に低下して所望の放熱性能が発揮できなくなるといった問題が発生する。

30

【0005】

前記のような銅ベースの反りを回避するために、下記のような対策が従来知られている。

40

(1) 銅ベース1の反り発生量を見込んであらかじめ銅ベースを凸状に加工しておき、絶縁基板3との間をはんだ接合した際に発生する反り分を補償して常温に戻した状態で銅ベース1の裏面が略平坦を呈するようにする。

(2) 絶縁基板3とのはんだ接合により銅ベース1の裏面が凹状に反った状態で、この組立体を表面が銅ベースの反りと反対方向に凹状となる皿形のプレス金型の上に載せ、プレス金型に設けたヒータによりはんだが塑性変形可能な温度になるまで加熱昇温させるとともに、この昇温状態で銅ベース1に加圧力を加えてプレス金型の表面形状に押圧させて反りを矯正する方法(特許文献1)。

【0006】

なお、特許文献1のほかに、基板上に電子部品をはんだ接合する際に、はんだ内ボイド

50

を圧縮させるために、基板と電子部品を密封容器内に格納し密封容器内の圧力を上昇させることが例えば特開平 1 1 - 1 5 4 7 8 5 号公報に記載されているが、基板の反りを矯正することについては何ら示唆されていない。

【特許文献 1】特公平 7 - 1 1 0 4 9 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記した従来 of 矯正方法では下記のような問題点がある。

すなわち上記(1)の方法では、あらかじめ銅ベース 1 に反りを与えるため、銅ベース 1 の長さ寸法を大きくする必要がある。そして、発生する反り量は長さの二乗に比例して増加することから銅ベースの加工量が大きくなる。そのため、半導体装置の組立工程で銅ベース 1 の上に平坦な絶縁基板 3 を置くと、銅ベース 1 と絶縁基板 3 の間に隙間が生じてはんだ接合できないか、はんだ接合しても大きな未接合部が残り欠陥が発生してしまう。

10

また上記(2)の方法では、はんだ接合した基板 / 銅ベース組立体をプレス金型に載せた状態で、銅ベースを含めてはんだが塑性変形(クリープ変形)可能になる温度まで加熱するために、加熱後に常温まで戻す冷却過程で銅ベースが熱収縮する。そのため、皿形のプレス金型に合わせて銅ベースを加圧操作する際に、冷却過程で発生する反り量を見込んでそれ以上の逆反りを与える必要があり、銅ベースと絶縁基板の間を接合しているはんだが剥離してしまう恐れがある。

【0008】

20

この対策のため、絶縁基板上に加圧点をセットすることも考えられるが、絶縁基板上にはチップが接合されており直接加圧するための面積が確保困難なこと、絶縁基板を直接加圧するとクリープ変形し易くなったはんだが搾り出されて絶縁基板周囲にはみ出してくる危険性があること、など別の問題が発生する。

さらに、従来はパワー半導体モジュールに使用するはんだは Sn-Pb 系が主流であったが、最近になり環境問題から Pb を含まないはんだ、例えば Sn-Ag 系のはんだが用いられる傾向にある。しかも Sn-Ag 系のはんだは Sn-Pb 系と比べて融点温度が高く、このために前記従来 of 反り矯正方法では作業に長い時間がかかってスループット性が低下する。

この発明は、前記のような従来 of 半導体装置の製造方法における問題点を解決して、絶縁基板直下の反りを矯正することを課題とするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決するために、半導体チップをマウントした絶縁基板を放熱ベース上に載置してはんだ接合した半導体装置の組立体を、前記放熱ベース裏面の外周辺にて支持するとともに、開口部を有するケースを前記放熱ベースの外周辺に押し当てて前記半導体チップ搭載面を気密に覆う密閉空間を形成し、前記組立体に熱を加えて前記はんだをクリープ変形し易い温度まで昇温させ、前記密閉空間内の圧力を上昇させて前記組立体に密閉空間内から密閉空間外へ向かう方向の押圧力を付勢し、該押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま常温まで冷却する。

40

このようにすることにより、絶縁基板表面を均等に加圧でき、絶縁基板を直接加圧したときの集中荷重に起因する、半導体チップへの悪影響を与えることがない。また、大型の銅ベース、絶縁基板を用いる場合であっても、面状の均一な加圧により反りの矯正が可能である。

【0010】

あるいは、半導体チップをマウントした絶縁基板を放熱ベース上に載置してはんだ接合した半導体装置の組立体を、前記放熱ベース裏面の外周辺に当接する個所に低弾性のシール部材を設けた裏面支持部にて気密に支持し、開口部を有するケースを前記裏面支持部の外周辺に押し当てて前記半導体チップ搭載面を気密に覆う密閉空間を形成してもよい。

また、半導体チップをマウントした絶縁基板を放熱ベース上に載置してはんだ接合した

50

半導体装置の組立体を、前記放熱ベース裏面の外周辺にて支持するとともに、開口部を有するケースを前記放熱ベースの外周辺に当接させて前記絶縁基板を覆い、前記組立体の前記半導体チップの搭載面側から熱を加えて前記はんだをクリープ変形し易い温度まで昇温させ、前記ケースを押下することにより前記放熱ベースをプレス変形するとともに、前記ケースとの間で密閉空間を形成し、該密閉空間内の圧力を上昇させて前記組立体に密閉空間内から密閉空間外へ向かう方向の押圧力を付勢し、該押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま常温まで冷却する。

【0011】

このとき、前記組立体への加熱は、前記組立体の両面に温度差を設けながら行えばよく、前記温度差を、前記放熱ベースの裏面に冷却ブロックを弾性的に当接させることで与えてもよい。また、前記押圧力によって前記組立体を所望の形状に矯正し、前記押圧力を付勢したまま、前記放熱ベースの裏面を急速に冷却するとよい。あるいは、前記ケースの開口部の各辺を、各辺の中央部を頂点として放熱ベース側に凸状の弧状とし、これに対向する前記組立体の支持体の各辺の中央部を底として凹状の弧状とし、前記プレスにより、前記放熱ベースの外周領域を前記半導体チップの非マウント面側に凸状に変形させるものとする。

10

さらに、前記組立体への加熱は、赤外線照射により行い、前記赤外線を部分的に遮光する遮光板により、前記半導体チップへ前記赤外線が直接照射されるのを遮るようにするとよい。このとき、前記ケースを、断熱性を有する耐熱材料にて構成する。

【0012】

また、前記ケースに設けられた気体導入孔より気体を導入して前記密閉空間内の圧力を上昇させるものとし、前記ケースの開口部の端部に低弾性のシール部材を設けるものとする。前記低弾性のシール部材は、前記ケースの開口端部に形成された切り欠き部に嵌合して設けるとよい。

20

あるいは、前記低弾性のシール部材を前記ケースの開口端部より側壁内に形成された溝に嵌入し、該溝の底部にケース内部と連通する複数個の貫通穴を設けて、前記ケース内部の圧力を前記溝内に嵌入されたシール部材に伝達させ、前記ケースの押圧力と密閉空間内の圧力によって、前記放熱ベースと前記シール部材間の接触気密性を高めるものとする。

そして、前記放熱ベースの前記絶縁基板接合側の表面の、前記絶縁基板の外周領域に対応する個所と絶縁基板の中央近傍に対応する個所に、それぞれ50～200 μ mの突起を形成するか、前記絶縁基板と前記放熱ベースを接合するはんだ内部に、該はんだの融点より50K以上融点が高く、はんだ濡れ性が良く、熱伝導率の高い材料からなり、50～200 μ mの粒径を有する粒子を混入する。

30

【発明の効果】

【0013】

前記のようにこの発明は、チップを含む絶縁基板全表面を均等に加圧することができ、絶縁基板が接合された放熱ベースの反りを矯正することができる。

放熱ベースの反りが矯正されるため、放熱ベースと放熱フィンとの熱的な接続が良好となってパワー半導体モジュールの放熱性能を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0014】

以下にこの発明を、図に示す実施例に基づいて説明する。

(実施例1)

図1はこの発明の第1の実施例を示すものである。この図1の実施例において、21は堅牢な箱状のケースであり、銅ベース1を覆うように載置して密閉空間22を形成する。23は後述する加熱ガスの導入孔である。銅ベース1と絶縁基板3とが接合された組立体は、裏面支持部25に載置され、ケース21の端部24が銅ベース1に気密に接している。26a, 26bは密閉空間22, 銅ベース1を加熱する加熱ブロックである。

図11, 9と同一の構成には同じ符号を付して説明を省略する。

図12に示したように、銅ベース1上にAl₂O₃やAlNなどのセラミックを材料と

50

する絶縁基板 3 をはんだ接合すると、銅ベース 1 と絶縁基板 3 の線膨張率が異なるため、これに起因して反りが発生する。

【0015】

そこで、図 1 に示すように、裏面支持部 2 5 上に銅ベース 1 を載せ、銅ベース 1 の表面にケース 2 1 を気密に載せて密閉空間 2 2 を構成する。そして加熱ブロック 2 6 によって銅ベース 1 と絶縁基板 3 を加熱する。

加熱ブロック 2 6 a は密閉空間 2 2 の内部に、加熱ブロック 2 6 b は銅ベース 1 の裏面近傍に設けられるが、双方を同時に用いてもよいし、いずれか一方を用いてもよい。

この加熱ブロックはブロックの周りに図示しないコイルを巻きまわし、図示しない高周波電源から前記コイルに高周波電流を供給してブロックを高周波加熱するように構成すると、加熱を管理しやすい。

加熱ブロックによる加熱で銅ベース 1 と絶縁基板 3 とを接合しているはんだ層 9 の温度が上昇し、絶縁基板 3 の外周領域のはんだ層 9 がクリープ変形し易い温度まで昇温したら、加熱ブロック 2 6 による加熱を停止もしくは密閉空間内温度の保温程度の加熱とする。続いて、導入孔 2 3 からあらかじめ加熱した窒素ガスを流入して密閉空間 2 2 の内部の圧力を上昇させる。

【0016】

この時、導入孔 2 3 から導入するガスをあらかじめ加熱しているのは、ガスの導入時点で加熱ブロック 2 6 a あるいは 2 6 b による加熱によってはんだ層 9 がクリープ変形しやすい状態になっており、温度の低いガスの導入により密閉空間内の温度が低下してはんだ層 9 が硬化してしまうのを防ぐためである。図示しないが、導入孔 2 3 の前段には高圧のガスを供給できるガス源と、該ガス源と導入孔 2 3 との間の導入ガス流路にガスを加熱するためのヒータとを備えている。ガス源としては高圧のポンペやシリンダー内のガスをピストンにて圧縮したものなどを用いることができる。

なお、導入するガスは、不活性のものであって、不燃、安価など取り扱いが容易なものであれば窒素に限るものではない。

密閉空間 2 2 の内部の圧力が上昇することにより、絶縁基板 3 の表面（半導体チップの搭載面）から密閉空間 2 2 の外側に向けて、即ち銅ベース 1 と絶縁基板の組立体を密閉空間 2 2 から押し出す方向に加圧力が作用する。密閉空間 2 2 の内部の圧力をさらに上昇させて、銅ベース 1 と絶縁基板の組立体を密閉空間 2 2 から押し出す方向に加圧力をさらに増大させて、この組立体が下側（半導体チップの非搭載面）に凸状となるまで変形させる。

【0017】

このように、銅ベース 1 と絶縁基板 3 とを接合した組立体を下側に凸状となるよう変形させる際に、銅ベース 1 と絶縁基板 3 とを接合しているはんだ層 9 が完全に溶融してしまうと、絶縁基板 3 のみ平坦に戻ってしまい、冷却時に隙間が発生してしまう。そのため、組立体を加熱する際には、組立体中央部は半溶融の状態に保つ必要がある。組立体の接合部の外周をより加熱しやすいように加熱ブロックの形状を口字型とすればよい。

密閉空間の内部の圧力の上昇による加圧力を銅ベース 1 と絶縁基板の組立体に効率よく伝達させるために、ケース 2 1 は堅牢な構造とする。また、加熱ブロック 2 6 a による密閉空間 2 2 内の昇温を効率よく行うため、ケース 2 1 の素材に熱伝導率の小さい断熱材を選択するか、断熱構造とすることが望ましい。断熱材としてはガラス繊維と珪素系インダールからなる耐熱積層板が好適である。

【0018】

ここで加熱ブロック 2 6 による加熱を停止し、銅ベース 1 と絶縁基板の組立体の温度を常温まで徐々に下げる。はんだ層 9 が硬化するまで加圧状態を維持し、組立体の半導体チップの搭載面に凸状であったものが矯正されて半導体チップの非搭載面（放熱フィンとの接合面）に凸状となる。

この結果、放熱フィンに組み付ける際、両者の良好な熱的接続が得られる。

なお、銅ベースの反りの矯正に必要な密閉空間内の圧力は、銅ベースの厚さや大きさに

10

20

30

40

50

よって異なる。3 mm厚で120 mm × 120 mm程度の銅ベースの場合、密閉空間の気圧を0.5 MPa程度に保つことで反りの矯正を行うことができ、3 mm厚で120 mm × 60 mm程度の銅ベースの場合では、密閉空間の気圧を1 MPa程度に保つことで反りの矯正を行うことができる。反りの矯正に必要な圧力は、銅ベース1の厚さや大きさに応じて適宜選択すればよい。

【0019】

また、密閉空間内部の圧力は上記のとおり1 MPa程度まで上昇するため、導入気体の漏洩を防止するためにも、ケース21を所定の力で銅ベース1への押し付ける必要がある。この値も銅ベースのサイズに影響されるが、矯正を行う加工面積と反りの矯正に必要な圧力の積にさらに20 Nを加えた程度の力で押圧すれば気密を維持することができる。

10

(実施例2)

図2は第2の実施例を示すものである。図2において、31はケース21の縁部に形成された切り欠き部であり、32は切り欠き部31に嵌合されたシール部材である。図2において切り欠き部31は断面を溝状に形成した例を示している。そのほか、図1と同一の構成には同じ符号を付して説明を省略する。

図1に示した第1の実施例では、ケース21の縁部24を銅ベース1に押し付けることによって密閉空間22を形成している。そして、密閉空間22内に窒素ガスを流入させて内部の圧力を上昇させることによって、銅ベース1と絶縁基板の組立体を変形させている。

【0020】

この変形によって上記の組立体は上(半導体チップ搭載面)に凸状から下へ凸状に変形するのであるが、変動量は、ケース21と銅ベース1との接触部分でも数百μmに達する。先述のとおり、ケース21は堅牢に構成されているため、接触部分の変動に十分追従できず、この変動に伴って、ケース21の縁部24と銅ベース1との接触部分からの窒素ガスが漏洩するという問題がある。

20

接触部分からのガスが漏洩すると、密閉空間内の圧力を所望値に保つことができず、銅ベース1を下に凸状に変形させ、この形状を保持させるに必要な加圧力を確保できなくなる。

そこで、図2に示すように、銅ベース1が大きな変形を起こしてもガスの漏洩を防止すべく、ケース21の縁部24に沿って1周する切り欠き部31を構成し、低弾性の物性を持つ材料で構成された1周する形状のシール部材32を切り欠き部31に嵌合させる。低弾性のシール部材32は例えばシリコンゴム等を成形したものをを用い、銅ベース1の変形に追従して変形し、シール部材32の一部が常に銅ベース1に接触する形状とする。

30

【0021】

密閉空間22の内部の圧力は銅ベース1のサイズに応じて調整されるが、1 MPa程度まで上昇する。シール部材32には、ケース21を銅ベース1に押し付ける圧力並びに、内部の圧力の上昇に伴ってシール部材をケースの外側へ押し出す方向に圧力が印加され、これらの圧力によって変形する。特に、ケースの外側へ押し出す方向の圧力に対して、過剰な変形を防ぎ気密を維持するために、ケース21の端部24に切り欠き部31を形成して、シール部材32と嵌合させている。

40

切り欠き部の構成は、シール部材32の一部が常に銅ベース1に接触する形状であれば種々変形が可能であり、図2に示すように断面を31aのように矩形の断面形状としてもよいし、31bのように半円形の断面としてもよい。このように構成すると、低弾性のシール部材32の横方向に広がろうとする変形を拘束することができる。また図3(a)に示すようにシール部材32の一部をケース21に食い込ませる形状としてもよいし、同図(b)に示すように、ケース21の内壁に段差を設けてもよい。

【0022】

このように、ケース21の端部24に低弾性のシール部材を設けたことにより、銅ベース1が上に凸状から下に凸状に変形しても、ケース21の銅ベース1への押圧により潰れていた低弾性のシール部材32が回復して厚くなり、密閉空間に隙間が発生することを防

50

止することができる。

また、剛性の高いケース 2 1 と銅ベース 1 は低弾性のシール部材 3 3 を介して接することになるため、銅ベース 1 の表面にケース 2 1 の接触痕が残ることもない。

ここで、銅ベース 1 が大型 (3 mm 厚で 1 2 0 mm × 1 2 0 mm) の場合、変形量が大きいいため、シール部材 3 2 の厚さ方向の変形 (潰れ) だけでは密閉空間内のガスの漏洩を防止することができない。

そこで、図 4 に示すように、ケース 2 1 の側壁に端部 2 4 から溝 3 3 を形成し、さらに溝 3 3 の底部 3 3 a で密閉空間 2 2 に連通する複数個の貫通穴 3 3 b を設ける。溝 3 3 には上記の例と同様に、一部が常に銅ベース 1 に接するようにシール部材 3 2 を嵌入する。密閉空間内の高い圧力は貫通穴 3 3 b を介して溝内に伝達され、その圧力はシール部材 3 2 を溝から押し出す方向に作用する。

10

【 0 0 2 3 】

ケース 2 1 は銅ベースに所定の圧力にて押圧されており、これに加えて、密閉空間 2 2 の内部の圧力と外部との圧力差でシール部材 3 2 を溝 3 3 の外側に押し出し方向に付勢して銅ベース 1 に押し付ける。シール部材 3 2 を銅ベース 1 に押し付ける圧力を増すことができるため、密閉空間 2 2 の気密性を高めることができる。

上記の実施例 2 において、密閉空間 2 2 を形成後の反りの矯正にかかるプロセスは実施例 1 と同様であるので説明を省略する。

(実施例 3)

図 5 は第 3 の実施例を示すものである。図 5 において、3 4 は銅ベースの支持部に設けたシール部材である。

20

裏面支持部 2 5 上にシール部材 3 4 を介して銅ベース 1 を載せる。銅ベース 1 の表面にケース 2 1 を気密に載せて密閉空間 2 2 を構成するのであるが、上記の実施例 1 , 2 と同様にケース 2 1 を銅ベース 1 と気密に載せてもよいが、ここでは図示のように、ケース 2 1 を裏面支持部 2 5 上に載せて密閉空間 2 2 を形成した。ケース 2 1 , 裏面支持部 2 5 とともに堅牢な構成とすることができ、ケース 2 1 と裏面支持部 2 5 接触部の気密構造も強固なものを採用することができる。また、ケース 2 1 が銅ベース 1 に接触しないので、銅ベース 1 に局所的な荷重がかかることがなく、銅ベース 1 の表面にケース 2 1 の接触痕が残ることもない。

【 0 0 2 4 】

30

密閉空間 2 2 に気体が導入されて内部の圧力が上昇すると、その圧力は銅ベース 1 と絶縁基板 3 とが接合された組立体の半導体チップ搭載面全面に印加され、この組立体を前記シール部材 3 4 に押し付ける方向に付勢する。密閉空間 2 2 の内部の圧力の上昇と共に組立体を押し付ける力も増加するため、密閉空間 2 2 の気密を保持することができる。

密閉空間 2 2 を形成後の反りの矯正にかかるプロセスは実施例 1 と同様であるので詳細な説明は省略する。

(実施例 4)

図 6 はこの発明の第 4 の実施例を示すものである。この図 6 の実施例において、3 5 は堅牢な箱状のケースであり、3 6 はケース 3 5 の天板である。ケース 3 5 , 天板 3 6 にて絶縁基板を覆うように銅ベース 1 に載置して密閉空間 2 2 を形成する。2 3 は後述する加熱ガスの導入孔である。銅ベース 1 と絶縁基板 3 とが接合された組立体は、裏面支持部 2 5 に載置される。

40

【 0 0 2 5 】

ケース 3 5 の開口部の端部には、実施例 2 , 3 と同様に、後の工程で密閉空間 2 2 内に導入されるガスの漏洩を防止すべく、ケース 3 5 の縁部に沿って 1 周する切り欠き部 3 1 を構成し、低弾性の物性を持つ材料で構成された 1 周する形状のシール部材 3 2 が切り欠き部 3 1 に嵌合している。切り欠き部とシール部材の形状について、図 2 に示す構成のほか図 3 , 4 の構成が適用できることは勿論である。

3 7 は絶縁基板 3 を密閉空間 2 2 の外部から加熱する加熱装置である。加熱装置には赤外線加熱装置が好適であり、このため、天板 3 6 には赤外線を透過する石英ガラスを選択

50

するとよい。図6においては、ケース35の天板36との接合部分にも切り欠き部31とシール部材32を配しており、図示しない固定手段にてケース35と天板36とを気密に固定している。あるいは、ケース35と天板36とを接着することによって気密に固定してもよい。なお、天板36に赤外線を照射することから、均一な照射の障害となる導入孔23は、ケース35の側面に設けている。

【0026】

このように、加熱装置37を密閉空間22の外側に設けると密閉空間22の容積を小さくすることができる。密閉空間の容積が小さいと、導入する気体の量を抑制できる。

38は、遮光板である。加熱装置37からの赤外線が絶縁基板上に実装された半導体チップ等の素子に直接照射されるのを防ぐために、素子の配置に沿って遮光パターン38'が設けられている。遮光板38は、ケース35を銅ベース1上に載置したとき、遮光パターン38'が半導体チップ等の素子にできるだけ近づくようにケース35への取り付け位置が調整されている。遮光板38は、遮光パターン38'の形成が容易で加熱装置からの熱(赤外線)をさえぎり、また自身の温度上昇にも変形や溶融しない材料で形成されている。例えばセラミック板などが好適である。遮光板38はケース35に着脱自在に固定されており、絶縁基板3上の半導体チップ7や銅パターン5の配置が変更となった場合でも、遮光板の取り替えが容易である。

10

【0027】

39は冷却ブロック、40は冷却ブロック39を銅ベース1の裏面に当接させるべく付勢するばね、41は冷却水を噴射するためのノズルである。冷却ブロック39は銅ベース1の裏面を冷却、あるいは絶縁基板側からの加熱を受けても銅ベース1の温度上昇を抑制するためのものであり、所定の熱容量を有する例えば銅材で形成されている。冷却ブロック39は、ばね40によって銅ベースの裏面に当接するのであるが、銅ベースの矯正による変形を妨げない程度の押圧力にて熱的に銅ベースに接続されている。図6の例では、圧縮コイルばねによって裏面支持部25の底面にて支持していたが、ワイヤフォーミングによるねじりコイルばねなどの他の形状のばねにて支持してもよいし、ゴムなどの弾性材料にて支持してもよい。また、裏面支持部25の側壁から支持してもよい。

20

また、冷却ブロック39は、銅ベース1の矯正に伴う裏面形状の変形に追従すべく、銅ベースの裏面面積に対して複数の領域に分割されている。

【0028】

ところで、図12に示したように、銅ベース1上に Al_2O_3 や AlN などのセラミックを材料とする絶縁基板3をはんだ接合すると、銅ベース1と絶縁基板3の線膨張率が異なるため、これに起因して反りが発生する。

30

このような反りの発生を抑制する方法に、接合時に、接合面の両側に温度差を設ける方法がある。銅ベースと絶縁基板との接合の場合、絶縁基板側から加熱を行うと共に、銅ベース側を冷却することによって、両者に140の温度差を与える。こうすると、銅ベースの熱膨張を抑制したまま接合が完了し、接合体を常温に戻したときに銅ベースの収縮量が少ないため、理論上反りは発生しない。

しかしながら、接合時に140の温度差を与えるのは困難である。

そこで、接合時に温度差を与える方法を、接合体の反りを矯正する際に適用して次の工程とした。

40

【0029】

(1) 図6に示すように、裏面支持部25上に銅ベース1を載せ、ケース35、天板36にて絶縁基板を覆うように銅ベース1に載置して密閉空間22を形成する。銅ベース1の裏面には弾性的に支持された冷却ブロック39を当接させる。

(2) 加熱装置37により絶縁基板3側と銅ベース1との接合個所を加熱する。加熱装置37は密閉空間22の外部に設けられているため、石英ガラス36を透過して、絶縁基板3側から加熱することになる。このとき遮光板38により半導体チップ等への直接の加熱はさえぎられている。

(3) 銅ベース1と絶縁基板3とを接合するはんだ層9がクリープ変形し易い温度まで

50

加熱した時点で、ケース 3 5 により銅ベース 1 をプレスする。ケース 3 5 によるプレスにより、銅ベース 1 のケース 3 5 との当接領域はケース 3 5 の形状に変形すると共に、密閉空間 2 2 の気密度が高くなる。

【 0 0 3 0 】

絶縁基板 3 のはんだ層 9 がクリープ変形し易い温度まで昇温したら、加熱装置 3 7 による加熱を停止もしくは密閉空間内温度の保温程度の加熱とする。加熱の停止もしくは保温程度の加熱は、はんだ層 9 がクリープ変形し易い温度を維持するために、密閉空間 2 2 内の熱容量に応じて適宜選択すればよい。

(4) 導入孔 2 3 からあらかじめ加熱した窒素ガスを流入して密閉空間 2 2 の内部の圧力を上昇させる。

この時、導入孔 2 3 から導入するガスをあらかじめ加熱しているのは、ガスの導入時点で、加熱によってはんだ層 9 がクリープ変形しやすい状態になっており、温度の低いガスの導入により密閉空間内の温度が低下してはんだ層 9 が硬化してしまうのを防ぐためである。図示しないが、導入孔 2 3 の前段には高圧のガスを供給できるガス源と、該ガス源と導入孔 2 3 との間の導入ガス流路にガスを加熱するためのヒータとを備えている。ガス源としては高圧のポンペやシリンダー内のガスをピストンにて圧縮したものなどを用いることができる。

【 0 0 3 1 】

なお、導入するガスは、不活性であって、不燃、安価など取り扱いが容易なものであれば窒素に限るものではない。

密閉空間 2 2 の内部の圧力が上昇することにより、絶縁基板 3 の表面（半導体チップの搭載面）から密閉空間 2 2 の外側に向けて、即ち銅ベース 1 と絶縁基板の組立体を密閉空間 2 2 から押し出す方向に加圧力が作用する。密閉空間 2 2 の内部の圧力をさらに上昇させて、銅ベース 1 と絶縁基板の組立体を密閉空間 2 2 から押し出す方向に加圧力をさらに増大させて、この組立体が下側（半導体チップの非搭載面）に凸状となるまで変形させる。密閉空間の内部の圧力の上昇による加圧力を銅ベース 1 と絶縁基板の組立体に効率よく伝達させるために、ケース 3 5 は堅牢な構造とし、加熱装置 3 7 による昇温を効率よく行うため、熱伝導率が小さく強度の高い断熱材を適用することが望ましい。断熱材としては、ガラス繊維と珪素系バインダーからなる耐熱積層板が好適である。

【 0 0 3 2 】

なお、銅ベースの反りの矯正に必要な密閉空間内の圧力は、銅ベースの厚さや大きさによって異なる。3 mm 厚で 1 2 0 mm × 1 2 0 mm 程度の銅ベースの場合、密閉空間の気圧を 0 . 5 M P a 程度に保つことで反りの矯正を行うことができ、3 mm 厚で 1 2 0 mm × 6 0 mm 程度の銅ベースの場合では、密閉空間の気圧を 1 M P a 程度に保つことで反りの矯正を行うことができる。反りの矯正に必要な圧力は、銅ベース 3 の厚さや大きさに応じて適宜選択すればよい。

また、密閉空間内部の圧力は上記のとおり 1 M P a 程度まで上昇するため、導入気体の漏洩を防止するためにも、ケース 2 1 を所定の力で銅ベース 1 への押し付ける必要がある。この値も銅ベースのサイズに影響されるが、矯正を行う加工面積と反りの矯正に必要な圧力の積にさらに 2 0 N を加えた程度の力で押圧すれば気密を維持することができる。

【 0 0 3 3 】

(5) 加熱装置による加熱を継続していた場合はここで加熱を停止する。密閉空間 2 2 内の加圧状態を維持したまま、銅ベース 1 の裏面に冷却水ノズルより冷却水を噴射して銅ベース 1 の裏面を急冷する。冷却水が銅ベースの裏面に接触しやすいように冷却ブロック 3 9 の銅ベース 1 との当接面に溝を形成しておいてもよい。図 6 の例では冷却ブロック 3 9 に冷却水ノズル 4 1 を設けているが、冷却水ノズルを裏面支持部 2 5 に設けてもよい。

銅ベース 1 の裏面を冷却水によって急速に冷却することにより、銅ベース 1 と絶縁基板 3 との接合面と、銅ベース 1 との温度差を約 8 0 とすることができるため、はんだ層 9 のクリープ変形により銅ベース 1 および絶縁基板 3 の熱歪みが開放された状態を維持することができる。そのため、室温に戻したときに再び反ることはなく、銅ベース 1 と絶縁基

10

20

30

40

50

板 3 との最初の接合時に生じた反りを矯正することができる。この結果、放熱フィンに組み付ける際、両者の良好な熱的接続を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

図 7 は第 4 の実施例の変形例であって、ケース 3 5 と裏面支持部 2 5 の要部を示す図である。銅ベース 1 と絶縁基板 3 との接合体など他の構成の図示を省略している。

ケース 3 5 は上記の (3) の工程においてプレス治具として、裏面支持部 2 5 は同じくプレス受け治具として機能する。図 7 の例では、ケース 3 5 は各辺の中央付近を頂点とする凸状の曲面加工が施され、裏面支持部 2 5 はこれを受けるように、各辺の中央付近を底とする凹状の曲面加工が施されている。

図 8 は図 7 の矢視正面図である。図 8 (a) は、前記 (3) のプレス工程前の状態を示すものであり、中央部がくぼんだ形状の曲面加工が施された裏面支持部 2 5 の辺部が、銅ベース 1 の周辺部に当接している。図 8 (b) は、(3) のプレス工程後の状態を示すものである。中央部が膨らんだ形状の曲面加工が施されたケース 3 5 の辺部は、(3) のプレス工程においてプレス加工体として、銅ベース 1 の周辺部を押圧する。

10

【 0 0 3 5 】

曲面の形状は銅ベースの大きさに応じて選択されるが、3 mm 厚で 1 2 0 mm × 1 2 0 mm 程度の銅ベースの場合、R 2 0 0 0 程度の曲面とするとよい。

このように、ケース 3 5 と裏面支持部 2 5 の辺部に曲面加工を施してプレス加工体とすることにより、銅ベース 1 の周辺部がケース 3 5 と裏面支持部 2 5 の曲面形状にしたがってわずかに下に凸状変形し、絶縁基板側は密閉空間となる。

20

プレス加工によって、銅ベース 1 を下に凸状に変形することができるため、放熱フィンに組み付ける際、両者の良好な熱的接続を得ることができる。

(実施例 5)

銅ベース 1 と絶縁基板 3 とが接合された組立体を上記の実施例 1 ~ 実施例 4 の方法で加圧した場合、組立体の中央部付近ではんだ 9 が完全に溶解せず、クリープ変形しやすい温度範囲に保たれていれば反り矯正は順調に達成される。このような反りの矯正工程において、銅ベース 1 と絶縁基板 3 との間隔を所望の範囲を保つため、図 9 に示すように銅ベース 1 の絶縁基板との接合面に突起 3 5 を形成すればよい。あるいは、図 1 0 に示すようにはんだ 9 にあらかじめ微粒子 3 6 を混入させておけばよい。

【 0 0 3 6 】

30

図 9 において、5 1 は銅ベース 1 にあらかじめ形成した突起であり、その高さは銅ベース 1 と絶縁基板 3 との間の所望のはんだ厚さに応じて選択され、5 0 ~ 2 0 0 μ m 程度が好適である。また、突起 5 1 は、接合される絶縁基板 3 の外周に対応する個所および中央部に対応する個所に設けるとよい。前記外周に対応する個所は、絶縁基板が方形の場合、絶縁基板 3 の角部近傍と各辺の中央部付近に設けておくと、絶縁基板 3 の傾きを防ぐことができる。

図 1 0 において、5 2 ははんだ 9 にあらかじめ混入された微粒子であり、その粒径は銅ベース 1 と絶縁基板 3 との間の所望のはんだ厚さに応じて選択され、5 0 ~ 2 0 0 μ m 程度が好適である。また、反りの矯正時にも機能させるため、銅ベース 1 と絶縁基板 3 とをはんだ接合する際に溶解してしまわないよう、該はんだの融点より 5 0 K 以上融点が高い材料を選択するとよい。また、ポイドの発生を防ぐため、はんだ濡れ性の良い材料が好適であり、接合後の熱伝導の妨げにならないように熱伝導率の高い材料を選択するとよい。

40

【 0 0 3 7 】

上記の各実施例において、放熱ベースとして銅ベースを例に説明したが、これに限るものではなく、絶縁基板と放熱ベースとの接合に際して反りの発生しうる放熱ベースの材料、例えば銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金などの金属材料の放熱ベースに有効である。

また、絶縁基板として Al_2O_3 や AlN などのセラミックを材料を例に説明したが、セラミック材料もこれに限るものではない。

【 図面の簡単な説明 】

50

【 0 0 3 8 】

【図 1】第 1 の実施例を示す図である。

【図 2】第 2 の実施例を示す図である。

【図 3】第 2 の実施例の変形例を示す図である。

【図 4】第 2 の実施例の変形例を示す図である。

【図 5】第 3 の実施例を示す図である。

【図 6】第 4 の実施例を示す図である。

【図 7】第 4 の実施例の変形例を示す図である。

【図 8】図 7 の矢視正面図である。

【図 9】第 5 の実施例を示す図である。

10

【図 10】第 5 の実施例の変形例を示す図である。

【図 11】本発明の製造方法を適用するパワー半導体モジュールの断面図である。

【図 12】銅ベースと絶縁基板との接合体の従来例を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 9 】

1 放熱ベースとしての銅ベース

2 樹脂成形品の外圍ケース

3 絶縁基板

4 セラミック板

5 , 6 銅パターン

20

7 半導体チップ

8 外部導出端子 (リードフレーム)

9 , 10 , 11 はんだ層

12 放熱フィン

21 , 35 ケース

22 密閉空間

23 導入孔

24 端部

25 裏面支持部

26 加熱ブロック

30

31 切り欠き部

32 , 34 シール部材

33 溝

36 石英ガラス

37 加熱装置

38 遮光板

39 冷却ブロック

40 ばね

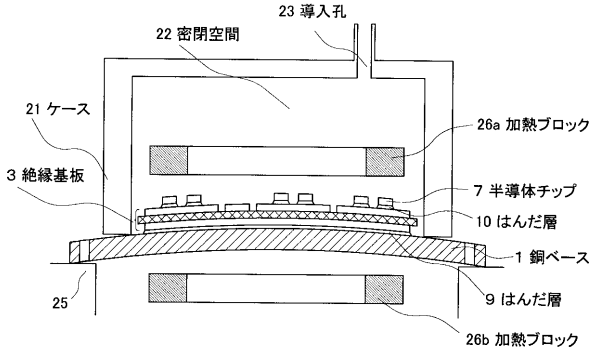
41 冷却ノズル

51 突起

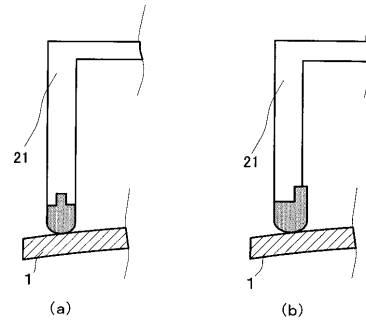
40

52 微粒子

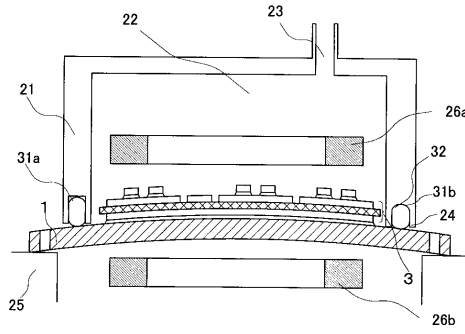
【 図 1 】



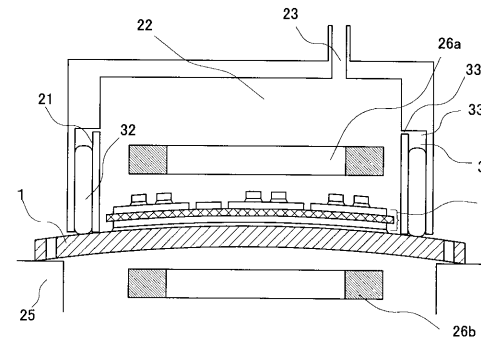
【 図 3 】



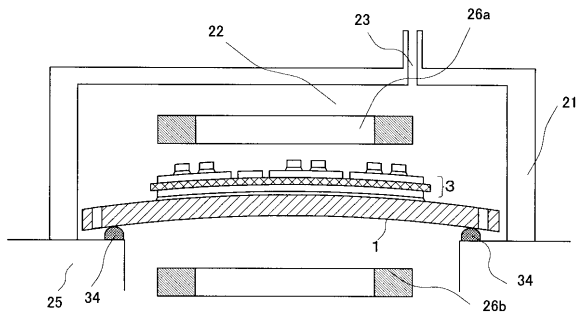
【 図 2 】



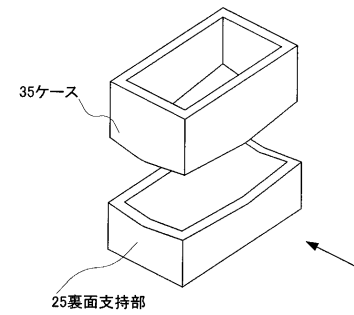
【 図 4 】



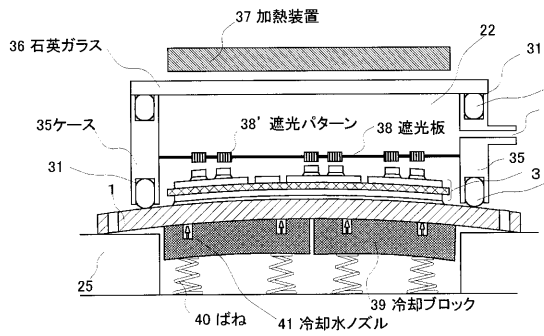
【 図 5 】



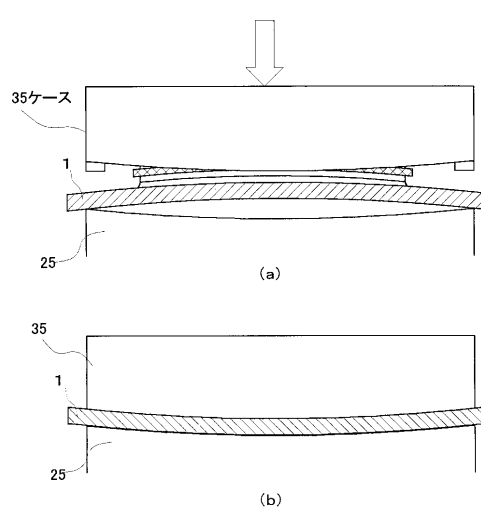
【 図 7 】



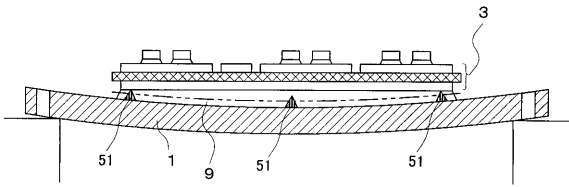
【 図 6 】



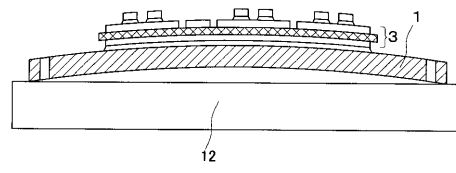
【 図 8 】



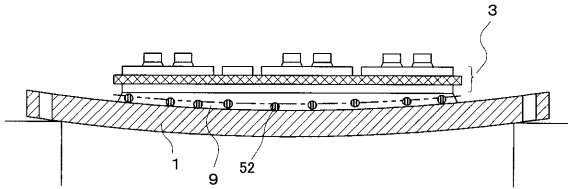
【図 9】



【図 12】



【図 10】



【図 11】

