

(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2020-136331

(P2020-136331A)

(43) 公開日 令和2年8月31日(2020.8.31)

|                                       |                       |             |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                          | F I                   | テーマコード (参考) |
| H O 1 L 25/04 (2014.01)               | H O 1 L 25/04 Z       | 5 F O 4 4   |
| H O 1 L 25/18 (2006.01)               | H O 1 L 23/12 F       | 5 F O 4 7   |
| H O 1 L 23/12 (2006.01)               | H O 1 L 21/52 D       |             |
| H O 1 L 21/52 (2006.01)               | H O 1 L 21/60 3 O 1 F |             |
| H O 1 L 21/60 (2006.01)               | H O 1 L 21/60 3 2 1 E |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 22 頁) 最終頁に続く |                       |             |

(21) 出願番号 特願2019-24174 (P2019-24174)  
 (22) 出願日 平成31年2月14日 (2019.2.14)

(71) 出願人 500403365  
 株式会社日産アーク  
 神奈川県横須賀市夏島町 1 番地  
 (74) 代理人 100083806  
 弁理士 三好 秀和  
 (74) 代理人 100101247  
 弁理士 高橋 俊一  
 (74) 代理人 100095500  
 弁理士 伊藤 正和  
 (74) 代理人 100098327  
 弁理士 高松 俊雄  
 (72) 発明者 谷本 智  
 神奈川県横須賀市夏島町 1 番地 株式会社  
 日産アーク内

最終頁に続く

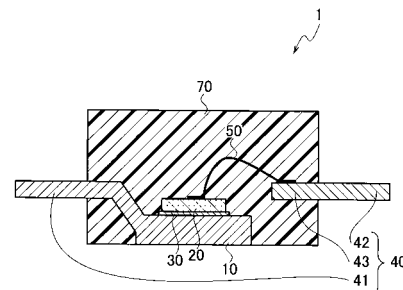
(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】パワーサイクルによる劣化に対する耐性が向上された半導体装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】半導体装置は、支持基体 10 と、支持基体 10 の上面に支持された半導体ダイ 20 と、支持基体 10 と半導体ダイ 20 の間に配置されて支持基体 10 の上面の金属部分と半導体ダイ 20 の下面の金属部分に接合する、延性を有する金属材料のダイアタッチ 30 と、支持基体 10 と電氣的に絶縁して配置されたリード端子 40 と、半導体ダイ 20 の上面に配置された上面電極の金属部分とリード端子 40 を電氣的に接続する、少なくとも上面電極と接続する箇所が金属部分であるインターコネクト配線 50 とを構成部材として備える。構成部材の相互が接合されたそれぞれの接合箇所における金属部分が、材料本来の延性と同等の延性を有する延性領域である。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

支持基体と、  
前記支持基体の上面に支持された半導体ダイと、  
前記支持基体と前記半導体ダイの間に配置されて前記支持基体の上面の金属部分と前記半導体ダイの下面の金属部分に接合する、延性を有する金属材料のダイアタッチと、  
前記支持基体と電氣的に絶縁して配置されたリード端子と、  
前記半導体ダイの上面に配置された上面電極の金属部分と前記リード端子を電氣的に接続する、少なくとも前記上面電極と接続する箇所が金属部分であるインターコネクト配線と

10

を構成部材として備え、

前記構成部材の相互が接合されたそれぞれの接合箇所における金属部分が、材料本来の延性と同等の延性を有する延性領域であることを特徴とする半導体装置。

## 【請求項 2】

前記延性領域が、前記ダイアタッチと前記支持基体の接合箇所における金属部分、前記ダイアタッチと前記半導体ダイの接合箇所における金属部分、前記半導体ダイと前記インターコネクト配線の接合箇所における金属部分を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

## 【請求項 3】

前記インターコネクト配線が、前記半導体ダイの前記上面電極の金属部分と接合するインターコネクトダイアタッチを有し、

20

前記インターコネクトダイアタッチが延性を有し、

前記インターコネクト配線の前記インターコネクトダイアタッチに連結する金属部分が前記延性領域である

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

## 【請求項 4】

前記半導体ダイの前記上面電極の材料が Cu または Al であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

## 【請求項 5】

前記支持基体が、Cu 板、Al 板、Cu または Al を主材料とする合金板、若しくはこれら材料の間に他の金属材料を挟持したクラッド材板のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

30

## 【請求項 6】

前記ダイアタッチ及び前記インターコネクトダイアタッチが、耐熱温度が 200 以上の耐熱接合材であって、高温鉛はんだ、Pb フリーはんだ、焼結ナノ Cu 粉末、焼結ナノ Ag 粉末、共晶 Zn - Al はんだ、共晶 Au - Ge はんだ、及び、共晶 Au - Sn はんだから選択されることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置。

## 【請求項 7】

前記インターコネクト配線が、Cu または Al を基材とするボンディングワイヤ、若しくは Cu または Al を外皮とする金属線からなるグラッドボンディングワイヤから選択されることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

40

## 【請求項 8】

前記インターコネクト配線が、Cu を主材料とするクリップ、または Cu 板と Cu 板の間に他の金属材料を挟持したクラッドクリップのいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

## 【請求項 9】

前記半導体ダイの前記上面電極の材料と、前記インターコネクト配線の前記上面電極と接合する部分の材料が同一であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

## 【請求項 10】

50

支持基体の上面の金属部分と半導体ダイの下面の金属部分を、金属材料のダイアタッチを介して接合するダイアタッチ形成工程と、

前記半導体ダイの上面に配置された上面電極の金属部分とリード端子を、少なくとも前記上面電極と接続する箇所が金属部分であるインターコネクト配線によって接合するインターコネクト形成工程と、

前記ダイアタッチと前記支持基体の接合箇所における金属部分、前記ダイアタッチと前記半導体ダイの接合箇所における金属部分、及び、前記半導体ダイと前記インターコネクト配線の接合箇所における金属部分の延性を回復させ、且つ、前記ダイアタッチの延性を増進させる延性促進アニール工程と

を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

10

【請求項 1 1】

前記ダイアタッチ形成工程及び前記インターコネクト形成工程が終了した後に、前記延性促進アニール工程を実施することを特徴とする請求項 1 0 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 2】

前記延性促進アニール工程を、150 以上の熱処理温度で行うことを特徴とする請求項 1 0 又は 1 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 3】

前記延性促進アニール工程の熱処理温度が、製造する半導体装置に設定された許容最大保存温度を超えない温度であることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

20

【請求項 1 4】

前記延性促進アニール工程において、前記熱処理温度での熱処理時間が 2 時間乃至 2 5 時間であることを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 5】

前記熱処理温度で実施する熱処理の時間を変化させたパワーサイクル試験を行ってパワーサイクル耐性を実験的に求め、前記熱処理の時間と前記パワーサイクル耐性との関係を用いて、前記パワーサイクル耐性が最大である前記熱処理の時間を前記熱処理時間に設定することを特徴とする請求項 1 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ダイを支持基体に搭載した半導体装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置は、電力を負荷に送出するときに発熱して温度が上昇し、電力の送出を停止すると温度が下降する温度サイクル（以下において「パワーサイクル」という。）を繰り返す。ここで、ディスクリート半導体装置のみならず、複数の半導体ダイやその他の部材が複合実装された半導体モジュールも半導体装置に含まれるものとする。半導体装置は熱膨張率やヤング率が異なる部材を接合して形成されているため、パワーサイクルの繰り返しによって、結合されている構成部材が不自然な機械的変形（歪み）を起こし、構造力学的弱点部において疲労が徐々に進む。ここで、「構造力学的弱点部」とは、半導体ダイを支持基体にダイアタッチした部分（ダイアタッチ部）やボンディングワイヤなどにより接合された部分（インターコネクト接合部）などである。

40

【0003】

構造力学的弱点部において亀裂が起こるなどして劣化が進行して、最終的には半導体装置が故障に至る。このため、半導体装置では、製品寿命を延ばすためにパワーサイクルの繰り返しに起因する劣化に対する耐性（パワーサイクル耐性）を向上させることが、永続的な取り組みが必要な課題になっている。特に電力の制御に用いられるパワー半導体装置などでは、この課題は重要である。

50

## 【 0 0 0 4 】

上記の課題に対して、硬質樹脂（例えばエポキシ樹脂）で半導体装置を封止して硬質樹脂内部の構成部材を拘束し、構成部材の熱変形を抑え込む方法（以下、「樹脂拘束技術」という。）が用いられている（特許文献 1、2 参照。）。樹脂拘束技術では、構成部材の熱変形を抑制することにより、半導体装置のパワーサイクル耐性の向上を図っている。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 6 - 1 7 9 5 3 8 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 4 - 1 8 7 0 8 8 号 公 報

10

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、半導体装置の更なるパワーサイクル耐性の向上が望まれている。また、硬質樹脂以外の材料によって封止された、上記の樹脂拘束技術を適用することができない半導体装置についても、パワーサイクル耐性の向上が望まれている。例えば、シリコンゲルや有機油で封止されたケース型半導体モジュールや不活性ガスで封止されたハーメチック半導体装置などでは、樹脂拘束技術を適用できない。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、パワーサイクルによる劣化に対する耐性が向上された半導体装置及びその製造方法を提供することである。

20

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 8 】

本発明の実施形態に係る半導体装置及びその製造方法は、半導体装置の構成部材の相互が接合されたそれぞれの接合箇所の金属部分が、金属部分の材料本来の延性と同等の延性を有することを要旨とする。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明によれば、パワーサイクルによる劣化に対する耐性が向上された半導体装置及びその製造方法を提供することができる。

30

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の構成を示す模式的な断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 1 ）。

【 図 4 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 2 ）。

【 図 5 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 3 ）。

40

【 図 6 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 4 ）。

【 図 7 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 5 ）。

【 図 8 】 熱処理時間とパワーサイクル耐性の関係を示すグラフである。

【 図 9 】 本発明の第 1 の実施形態の第 1 変形例に係る半導体装置の構成を示す模式的な断面図である。

【 図 1 0 】 本発明の第 1 の実施形態の第 2 変形例に係る半導体装置の製造方法を説明するためのフローチャートである。

50

【図 1 1】本発明の第 1 の実施形態の第 3 変形例に係る半導体装置の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 2】本発明の第 1 の実施形態の第 4 変形例に係る半導体装置の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 3】本発明の第 1 の実施形態の第 5 変形例に係る半導体装置の構成を示す模式的な断面図である。

【図 1 4】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の構成を示す模式的な断面図である。

【図 1 5】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 6】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 1）。

【図 1 7】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 2）。

【図 1 8】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 3）。

【図 1 9】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 4）。

【図 2 0】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための模式的な断面図である（その 5）。

【図 2 1】本発明のその他の実施形態に係る半導体装置の構成を示す模式的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、図面を参照して実施形態及びその変形例を説明する。ただし、以下の図面では、理解を容易にするために、厚さと平面寸法との関係や各層の厚さの比率などは誇張して描いている。また原則として同一部材には同一符号を付して再度の説明は省略する。

【0012】

（第 1 の実施形態）

第 1 の実施形態に係る半導体装置は、硬質樹脂で構成部材が封止されている。図 1 を参照して、第 1 の実施形態に係る半導体装置の構成を説明する。

【0013】

図 1 に示す第 1 の実施形態に係る半導体装置 1 は、支持基体 10 と、支持基体 10 の上面に支持された半導体ダイ 20 と、支持基体 10 と半導体ダイ 20 の間に配置されて、支持基体 10 に半導体ダイ 20 を固定するダイアタッチ 30 を備える。ダイアタッチ 30 は、延性を有する金属材料であり、支持基体 10 の上面の金属部分と半導体ダイ 20 の下面の金属部分に接合している。ここで、「延性を有する」とは、材料本来の延性と同等の延性を有するか、少なくとも材料本来の延性の 80% 以上の延性を有することをいう。

【0014】

更に、半導体装置 1 は、支持基体 10 と電氣的に絶縁して配置されたリード端子 40 と、リード端子 40 の金属部分と半導体ダイ 20 の上面に配置された上面電極（図示略）の金属部分を電氣的に接続するインターコネクト配線 50 を備える。インターコネクト配線 50 は、少なくとも半導体ダイ 20 の上面電極と接続する箇所、及びリード端子 40 と接続する箇所が金属部分である。

【0015】

図 1 に示したリード端子 40 は、一方の端部が支持基体 10 と接続する第 1 リード端子 41、インターコネクト配線 50 が接合されたリードパッド 43、一方の端部がリードパッド 43 に接続する第 2 リード端子 42 を有する。リードパッド 43 の、少なくともインターコネクト配線 50 と接合する箇所が金属部分である。

【0016】

10

20

30

40

50

更に、半導体装置 1 は、第 1 リード端子 4 1 及び第 2 リード端子 4 2 の他方の端部と、支持基体 1 0 の下面とを除いて、半導体装置 1 の構成部材を封止する硬質樹脂 7 0 を備える。以下において、第 1 リード端子 4 1 と第 2 リード端子 4 2 の、硬質樹脂 7 0 の外側に露出している部分を「アウターリード」、硬質樹脂 7 0 に封止されている部分を「インナーリード」という。

#### 【0017】

上記のように、ダイアタッチ 3 0 と支持基体 1 0 及び半導体ダイ 2 0 それぞれとの接合箇所、インターコネク配線 5 0 と半導体ダイ 2 0 及びリード端子 4 0 それぞれとの接合箇所において、構成部材が金属部分である。半導体装置 1 では、構成部材の相互が接合されたそれぞれの接合箇所の金属部分が、金属部分の材料本来の延性と同等の一定の延性を有する領域（以下、「延性領域」という。）である。つまり、半導体装置 1 のダイアタッチ部やインターコネク配線部などの接合箇所は延性領域である。このため、半導体装置が熱膨張率やヤング率などが異なる構成部材を接合して構成されていても、パワーサイクルの繰り返しによる接合箇所の劣化が抑制される。即ち、パワーサイクルの繰り返しによっても接合箇所が劣化しない程度に、接合箇所の金属部分の延性が確保されている。

10

#### 【0018】

半導体装置 1 では、後述する製造方法に含まれる延性促進アニール工程によって、支持基体 1 0、半導体ダイ 2 0 及びインターコネク配線 5 0 の上記の接合箇所の金属部分の延性が、材料本来の延性と同等まで回復する。少なくとも、金属部分の延性が材料本来の延性の 9 0 % 以上、少なくとも 8 0 % 以上に回復するように、延性促進アニール工程が実施される。また、延性促進アニール工程によって、ダイアタッチ 3 0 の延性が増進される。

20

#### 【0019】

支持基体 1 0 に搭載される半導体ダイ 2 0 の個数は、1 個でも複数でもよい。半導体ダイ 2 0 は、例えば、PN ダイオード、ショットキーダイオードなどの 2 端子整流素子であってもよいし、3 端子スイッチング素子であってもよい。3 端子スイッチング素子は、例えば、MOSFET（金属 - 酸化物 - 半導体電界効果トランジスタ）や IGBT（絶縁ゲート双極トランジスタ）、BJT（双極接合トランジスタ）、JFET（接合ゲートトランジスタ）、MESFET（金属 - 半導体電界効果トランジスタ）、HEMT（高電子移動度トランジスタ）などである。また、半導体ダイ 2 0 の主材料は、シリコン（Si）や炭化珪素（SiC）、窒化ガリウム（GaN）など、どのような材料であってもよい。

30

#### 【0020】

なお、実施形態の説明では、半導体ダイ 2 0 の主面のうち、支持基体 1 0 に対向する主面を「下面」、この下面の反対側の主面を「上面」としている。半導体ダイ 2 0 の上面に配置される上面電極（例えば、ソース、エミッタ、アノード、ゲート、ベースなど）は、金属材料を用いた電極である。上面電極の材料は、例えば、アルミニウム（Al）や銅（Cu）などである。上面電極とインターコネク配線 5 0 との接続がはんだで行われる場合は、Al の上面電極の表面にニッケル（Ni）めっきを施してもよい。

#### 【0021】

一方、半導体ダイ 2 0 の下面に配置される下面電極は、ダイアタッチ 3 0 の形成に適したチタン（Ti）/Ni/金（Au）や Ti/Ni/銀（Ag）などの金属積層膜でメタライズされていてもよい。

40

#### 【0022】

図 1 に示した支持基体 1 0 は、半導体ダイ 2 0 の下面電極と電氣的に接続する下部配線の機能と、半導体ダイ 2 0 で発生する熱を外部に放出する放熱板の機能を兼ね備えている。支持基体 1 0 には、Cu 板、Al 板、Cu または Al を主材料とする合金板、これら材料の間に他の金属材料を挟持したクラッド材板などを選択することができる。クラッド材板は、例えばモリブデン（Mo）やタングステン（W）を Cu 板や Al 板で挟持した構成が可能である。この構成により、Cu 板や Al 板の熱膨張による変形を抑制できる。

#### 【0023】

50

支持基体 10 の半導体ダイ 20 と対向する上面には、必要に応じて Ni や Au、Ag などめっきする。支持基体 10 の少なくともダイアタッチ 30 と接触する金属部分の表層には、延性促進アニール工程によって延性を回復させた再結晶化層が形成されている。延性促進アニール工程によって支持基体 10 の上面の表層に延性を発現させて再結晶化層とする方法は、後述する製造方法で説明する。

#### 【0024】

ダイアタッチ 30 は、1) 半導体ダイ 20 を支持基体 10 に固定する機能、2) 半導体ダイ 20 の下面電極（例えば、ドレイン、カソード、コレクタなど）を支持基体 10 と低い抵抗で電氣的に接触させる機能、3) 通電によって半導体ダイ 20 で発生した熱を支持基体 10 に放熱する機能を有する。更に、第 1 の実施形態に係る半導体装置においては、ダイアタッチ 30 は、4) パワーサイクルによるストレスをダイアタッチ 30 の延性によって吸収する機能、を備えている。ダイアタッチ 30 の延性は、延性促進アニール工程によって増進される。

#### 【0025】

ダイアタッチ 30 の材料は、少なくとも 200 以上の温度までダイアタッチ 30 が上昇しても変形したり上記の機能を喪失したりしない耐熱接合材が好適である。例えば、高温鉛はんだ（10 Sn - Pb など）や Pb フリーはんだ（Sn - 3 Ag - 0.7 Cu など）、焼結ナノ Cu 粉末、焼結ナノ Ag 粉末、共晶 Zn - Al はんだ、共晶 Au - Ge はんだ、共晶 Au - Sn はんだなどがダイアタッチ 30 の材料に選択される。延性促進アニール工程によって、ダイアタッチ 30 は、ダイアタッチ 30 の材料本来の延性を有するようになる。

#### 【0026】

リードパッド 43 は、Cu または Al の個片のほか、Cu または Al を主材料とする合金個片、これら材料の間に他の金属材料を挟持したクラッド材の個片などから適宜選択することができる。インターコネクト配線 50 と接合するリードパッド 43 の上面は、必要に応じて Ni や Au、Ag などめっきを施してもよい。

#### 【0027】

インターコネクト配線 50 は、例えば Cu または Al を基材とするボンディングワイヤ（またはボンディングリボン）である。若しくは、インターコネクト配線 50 は、Cu または Al を外皮とする金属線からなるグラッドボンディングワイヤでもよい。超音波衝撃によってボンディングワイヤが半導体ダイ 20 の上面電極とリードパッド 43 それぞれに接合されて、半導体ダイ 20 の上面電極とリードパッド 43 が結線される。なお、半導体ダイ 20 の上面電極の材料と、半導体ダイ 20 の上面電極と接合するインターコネクト配線 50 の部分の材料が同一であることが好ましい。

#### 【0028】

このとき、超音波衝撃によって、半導体ダイ 20 の上面電極及びリードパッド 43 とインターコネクト配線 50 との接合箇所が硬化する。しかし、製造方法において後述するように、実施形態に係る半導体装置では、硬化した接合箇所の延性が意図的に回復される。

#### 【0029】

第 1 リード端子 41 及び第 2 リード端子 42 には、Cu または Al の個片のほか、これらの材料を主材料とする合金個片、これらの材料の間に他の金属材料を挟持したクラッド材の個片を選択できる。なお、リードパッド 43 を独立して配置する必要がない場合は、図 1 に示すようにリードパッド 43 と第 2 リード端子 42 を一体化した構成としてもよい。

#### 【0030】

硬質樹脂 70 は、例えば熱硬化性のエポキシ樹脂またはイミド樹脂などを主原料として、この主原料にシリカやアルミナなどの無機フィラーを加えた封止剤を、モールド成型あるいはポッティング / 硬化成型して形成する。硬質樹脂 70 のガラス転移温度は、少なくとも 175 以上、望ましくは 200 以上であることが好ましい。これは、延性促進アニール工程によって硬質樹脂 70 がガラス転移しないようにするためである。

## 【 0 0 3 1 】

以下に、図 2 に示すフローチャート、図 3 ~ 図 7 に示す断面図を参照して、第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明する。なお、以下の説明や参照する図面において、構成部材の符号の後に記号「B」を付しているのは、それぞれの構成部材の物性（ここでは延性）が半導体装置 1 の完成した状態の物性に至っていないことを明示するためである。即ち、パワーサイクルの繰り返しによっても接合箇所が劣化しない程度に接合箇所の金属部分の延性が確保されていない構成部材、つまり延性が不十分な構成部材について、符号の後に記号「B」を付している。更に、以下の説明では、区別しやすくするために、接合箇所の延性が回復していない構成部材や接合箇所の延性が増進されていない構成部材の名称に「硬性」を付加している。

10

## 【 0 0 3 2 】

はじめに、図 2 に示すステップ S 1 の準備工程を実施する。この準備工程では、図 3 に示すような硬性支持基体 10B、第 1 リード端子 41、硬性リードパッド 43B 及び第 2 リード端子 42 が一体成型されているリードフレーム 100 を用意する。後述のトリム工程まで、第 1 リード端子 41 と第 2 リード端子 42 は、アウターリードの外周に接続したタイバー（不図示）を介してリードフレーム 100 として一体化されている。

## 【 0 0 3 3 】

リードフレーム 100 は、圧延、切削、打抜き、プラストなどの加工を組み合わせで製造される。このため、硬性支持基体 10B 及び硬性リードパッド 43B の上面は加工損傷による硬化がおきている。即ち、リードフレーム 100 の材料本来の延性よりも、硬性支持基体 10B 及び硬性リードパッド 43B の上面の延性が低下している。以下において、材料本来の物性よりも延性が低い層を「硬質層」という。

20

## 【 0 0 3 4 】

次に、図 2 に示すステップ S 2 のダイアタッチ形成工程を実施する。即ち、リードフレーム 100 の表面を十分に洗浄して、硬性支持基体 10B の所定の位置に所定の量の硬性ダイアタッチ 30B の材料（はんだや焼結金属粉）を載置する。硬性ダイアタッチ 30B の材料の形態がペースト状であるときは、印刷または射出の手段で材料を硬性支持基体 10B に載置した後、必要に応じて乾燥する。

## 【 0 0 3 5 】

続いて、硬性ダイアタッチ 30B の上に半導体ダイ 20 を載せ、所定の温度まで加熱する。これにより、図 4 に示すように、半導体ダイ 20 が硬性支持基体 10B に固定される。このとき、必要であれば半導体ダイ 20 に上方から荷重を掛けてもよい。硬性ダイアタッチ 30B がはんだ（例えば 10Sn - Pb）の場合には、ボイドの発生を抑制するために真空リフロー法でダイアタッチ形成工程を実施するのが好ましい。

30

## 【 0 0 3 6 】

このダイアタッチ形成工程においては、短時間に加熱処理と降温処理が行われる。このため、硬性ダイアタッチ 30B の材料の結晶粒は一般に細かく、且つ、粒内には転位を多数含んだものとなる。つまり、硬性ダイアタッチ 30B は、材料本来の延性が低下した状態（硬く脆い状態）になっている。このように、硬性ダイアタッチ 30B の全体が、材料本来の物性よりも延性が低い硬質層である。

40

## 【 0 0 3 7 】

次に、図 2 に示すステップ S 3 のインターコネクト形成工程を実施する。即ち、半導体ダイ 20 の上面電極と硬性リードパッド 43B の間をインターコネクト配線 50 により電氣的に接続する。ここでは、インターコネクト配線 50 の材料が A l または C u の太線ボンディングワイヤである例で説明し、半導体ダイ 20 の上面電極と硬性リードパッド 43B との結線は周知の超音波ウエッジボンダを用いて行う。このボンディングワイヤには、半導体ダイ 20 の上面電極が A l 電極である場合は A l ワイヤを用いるのが好ましく、上面電極が C u 電極である場合は C u ワイヤを用いるのが好ましい。これにより、半導体ダイ 20 の上面電極とインターコネクト配線 50 を良好に接合することができる。例えば、ファーストボンドを半導体ダイ 20 の上面電極とし、セカンドボンドを硬性リードパッド

50

4 3 Bとして、半導体ダイ20の上面電極と硬性リードパッド4 3 Bを結線する。

【0038】

図5は、上記のインターコネクト形成工程が終了したときの状態を示している。超音波ウエッジボンドは、ウエッジでワイヤを接合箇所押し当て、超音波振動でワイヤを摺動させながら接合する方法である。このため、接合箇所付近に加工硬化が強く起き易く、接合箇所を挟んで、半導体ダイ20の上面電極や硬性リードパッド4 3 Bの上面にも、インターコネクト配線50の接合面にも、硬く脆い硬質層が形成される。このため、図5では、半導体ダイ20について硬性半導体ダイ20Bとして図示し、インターコネクト配線50について硬性インターコネクト配線50Bとして図示している。

【0039】

次に、図2に示すステップS4の樹脂封止工程を実施する。即ち、図5に示すように構成した構造体を、専用の金型に入れる。そして、金型に熱硬化性の硬質樹脂70を注入し、所定の条件でトランスファモールディングを行う。これにより、図6に示すように、第1リード端子41及び第2リード端子42のアウトリードと支持基体10の下面を除いて、半導体装置1の構成部材が硬質樹脂70により封止される。

【0040】

次に、図2に示すステップS5のトリム/フォーム/外装処理工程を実施する。即ち、レーザカッターなどを用いて、アウトリードをリードフレーム100のタイバーから切り離し、図7に示す硬性半導体装置1Bとして個片化(トリム)とする。この後、必要に応じて、アウトリードを折り曲げ加工(フォーム)したり、硬質樹脂70から露出しているアウトリードや硬性支持基体10Bの下面をめっきしたり(外装処理)する。リードフレーム100から切り離された第1リード端子41及び第2リード端子42は、完成後の形状になっている。

【0041】

樹脂拘束技術を用いて製造されたディスクリート半導体装置は、硬質層を有する図7に示した半導体装置(以下、「硬性半導体装置1B」という。)に相当する構成を有する。このため、以下の説明において、図7に示した硬性半導体装置1Bを、第1の実施形態に係る半導体装置1と対比させる比較例に使用する。

【0042】

上記のトリム/フォーム/外装処理工程が終了した後、図2に示すステップS6の延性促進アニール工程を実施する。例えば、硬性半導体装置1Bをオープンに収納し、少なくとも150以上の熱処理温度 $T_{ANL}$ で、2時間以上の熱処理時間 $t_{ANL}$ をかけて延性促進アニール工程の熱処理を行う。

【0043】

延性促進アニール工程での熱処理によって、接合箇所の金属部分それぞれに形成された硬質層が再結晶化される。即ち、硬性支持基体10B、硬性半導体ダイ20Bの上面電極、硬性リードパッド43B及び硬性インターコネクト配線50Bのそれぞれの硬質層が、延性を回復させた再結晶化層に変化する。また、硬性ダイアタッチ30Bの延性が増進される。このように、延性促進アニール工程によって、半導体装置1の接合箇所の金属部分が、金属部分の材料本来の延性と同等の延性を有する延性領域となる。少なくとも、金属部分の延性を材料本来の延性の90%以上、少なくとも80%以上に回復或いは増進させることが好ましい。

【0044】

なお、延性促進アニール工程の熱処理の後、熱処理温度 $T_{ANL}$ から1時間以上の時間をかけて徐々に冷却することが好ましい。これは、急速に冷却した場合に、金属部分の再結晶化が不十分になる可能性があるためである。以上により、第1の実施形態に係る半導体装置1が完成する。なお、延性促進アニール工程での熱処理は、オープンの代わりにホットプレートや赤外線輻射などの手段を用いて実施してもよい。

【0045】

延性促進アニール工程の熱処理における熱処理時間 $t_{ANL}$ は、熱処理温度 $T_{ANL}$ を

10

20

30

40

50

上げることによって短縮することができる。許容最大保存温度  $T_{STR}$  を規定している半導体装置であれば、工程時間を短縮する観点、及び、品質保全の観点から、許容最大保存温度  $T_{STR}$  に近い熱処理時間  $t_{ANL}$  で延性促進アニール工程を実施するのが好ましい。  $T_{STR} = 175$  の硬性半導体装置 1 B を用いて本発明者らが実験を行ったところによると、  $T_{ANL} = 175$  で熱処理を実施したときに硬質層の再結晶化に要する熱処理時間  $t_{ANL}$  は 2 時間 ~ 25 時間程度であった。

【0046】

なお、ガラス転移温度が高い高耐熱の骨格構造を有する樹脂を基材にした硬質樹脂 70 を採用するなどして許容最大保存温度  $T_{STR}$  を上げることができれば（例えば 200）、熱処理時間  $t_{ANL}$  を大幅に短縮することができる。

10

【0047】

〔第1の実施形態による作用と効果〕

以下に、第1の実施形態に係る半導体装置及びその製造方法によって得られる作用及び効果を、樹脂拘束技術と対比させて説明する。ここで樹脂拘束技術を用いた比較例は、図7に示した硬性半導体装置 1 B とする。広く用いられているディスクリート半導体装置の構成は、実質的に硬性半導体装置 1 B の構成と同等である。

【0048】

一般的に、半導体装置は、図1や図7に示すように、ダイアタッチ部やインターコネクト接合部などの接合箇所において、熱膨張率やヤング率が異なる部材を結合して構成されている。このため、負荷電流の通電/停止によるパワーサイクルが起こると、接合箇所ですら束縛された構成部材それぞれが、熱膨張率差によって生じた熱応力によって、不自然且つ強制的な機械的伸縮を起こす。こうしたパワーサイクルに起因する機械的伸縮が何万回、何十万回と繰り返されると、接合箇所付近の構成部材の一方または両方に硬化が起こり、疲労が徐々に蓄積して、やがて亀裂が発生する。この亀裂が接合面に平行に進展して、最終局面においては半導体ダイのリフトオフによるダイアタッチ断線、ボンディングワイヤのリフトオフや破断あるいは焼損による断線などの致命的な事象に至る。これが広く認識されているパワーサイクルによる劣化（以下、「パワーサイクル劣化」）のメカニズムである。

20

【0049】

樹脂拘束技術を用いた硬性半導体装置 1 B は、完成した状態で、硬性ダイアタッチ 30 B が、リフロー時間の不足や急冷によって硬化が進んだ状態、即ち、延性が低下した状態である。また、硬性ダイアタッチ 30 B の下方の硬性支持基体 10 B の上面、硬性半導体ダイ 20 B の上面電極の表面、硬性リードパッド 43 B の表面は、接合前や接合中の加工損傷によって、硬化が進んだ状態である。これは、上記のパワーサイクル劣化のメカニズムに照らして、「樹脂拘束技術を用いた硬性半導体装置 1 B の接合箇所は、完成した時点で実効的にパワーサイクル劣化が進行している状態である。」と解釈することが可能である。

30

【0050】

本発明者らは上記の知見に基づき、樹脂拘束技術を用いた硬性半導体装置 1 B の硬化が進んだ接合箇所を熱処理（アニール）によって軟化させ、材料本来に近いレベルまで延性を向上させることにより、パワーサイクル耐性が向上することを見出した。本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、以下の実験結果を得た。この実験結果を参照して、実施形態に係る半導体装置及び製造方法の効果を説明する。

40

【0051】

図1に示した第1の実施形態に係る半導体装置 1 及び図7に示した硬性半導体装置 1 B の構成をそれぞれ有する複数の半導体装置サンプルを用意し、パワーサイクル試験を行った。硬性半導体ダイ 20 B 及び半導体ダイ 20 には、SiC-MOSFETダイを用いた。実装に用いたパッケージは、公知のトランスファモールド樹脂封止 TO-247 規格パッケージである。半導体装置 1 と硬性半導体装置 1 B の製造方法の違いは、上記の延性促進アニール工程を実施したか否かである。

50

## 【 0 0 5 2 】

半導体装置サンプルは、許容最大保存温度  $T_{S T R}$  が 1 7 5 を満たすように設計されたものを使用した。このため、延性促進アニール工程の熱処理温度  $T_{A N L}$  を 1 7 5 とした。

## 【 0 0 5 3 】

パワーサイクル試験は、以下の条件で行った：

ヒートシンク温度 = 2 0 、  
1 サイクル通電時間 = 1 秒、  
1 サイクル遮断時間 = 1 1 秒  
( 1 サイクル = 1 2 秒 )

10

パワーサイクル試験において半導体装置サンプルに流すストレス電流の電流値  $I_p$  は、半導体装置サンプルの最大定格電流とした。パワーサイクル試験では、試験の初期段階 ( 5 0 0 サイクル以内 ) において  $S i C - M O S F E T$  ダイのジャンクション温度  $T_j$  の上昇が  $\Delta T_j = 1 3 0$  になるように、ストレス電流の電流値  $I_p$  を調節する。そして、半導体装置サンプルが故障するまで電流値  $I_p$  を不変 ( 一定 ) とした。

## 【 0 0 5 4 】

パワーサイクル試験での製品寿命の判定条件は、ストレス電流を流すドレイン - ソース電圧  $V_{p s}$  が、ジャンクション温度  $T_j$  の上昇を調節した後の値に対して 5 % 上昇した場合と定義した。  $S i C - M O S F E T$  ダイのジャンクション温度  $T_j$  の測定には、  $M O S F E T$  のボディーダイオードの温度特性を利用した。

20

## 【 0 0 5 5 】

図 8 に、パワーサイクル試験での製品寿命に至るサイクル数をパワーサイクル耐性として、半導体装置サンプルの熱処理時間  $t_{A N L}$  とパワーサイクル耐性との関係を示した。図 8 では、半導体装置 1 について、パラメータとして延性促進アニール工程の熱処理時間  $t_{A N L}$  を 2 5 時間から 2 0 0 時間まで変化させている。図 8 に示したグラフにおいて、熱処理時間  $t_{A N L}$  がゼロ時間のパワーサイクル耐性が、硬性半導体装置 1 B のパワーサイクル耐性に相当する。なお、各時間の半導体装置サンプルの個数は少なくとも 3 個であり、各時間の半導体装置サンプルの寿命の中央値が図 8 にプロットされている。

## 【 0 0 5 6 】

図 8 に示すように、半導体装置 1 は、熱処理時間  $t_{A N L}$  が 2 5 時間の延性促進アニール工程において、硬性半導体装置 1 B に対して約 3 倍にもなる大幅な寿命延長を達成している。即ち、第 1 の実施形態によれば、パワーサイクル耐性を大きく向上させる効果を奏する。

30

## 【 0 0 5 7 】

また、図 8 に示すように、延性促進アニール工程の熱処理時間  $t_{A N L}$  が 2 5 時間以上の領域では、パワーサイクル耐性は低下するが、その低下の程度は、少なくとも 2 0 0 時間までは極めて緩慢である。即ち、延性促進アニール工程は、熱処理時間  $t_{A N L}$  のプロセスマージンを大きく取れる、という大量製造上好ましい性質を備える。

## 【 0 0 5 8 】

延性促進アニール工程による効果を奏する最短の熱処理時間  $t_{A N L}$  を確認するために、半導体装置サンプルの個数を 1 個に減らし、  $t_{A N L} < 2 5$  時間としたときのパワーサイクル耐性を評価した。その結果、延性促進アニール工程の効果の発現までに約 2 時間の潜伏期間があり、熱処理時間  $t_{A N L}$  がこの潜伏期間を超えるとパワーサイクル耐性が急速に伸び、  $t_{A N L} = 5$  時間 ~ 1 0 時間でほぼ  $t_{A N L} = 2 5$  時間の寿命に達することが判明した。

40

## 【 0 0 5 9 】

従って、第 1 の実施形態に係る半導体装置 1 は、延性促進アニール工程の熱処理時間  $t_{A N L}$  を少なくとも 2 時間以上、望ましくは 1 0 時間以上実施して製造されることが好ましい。このように、熱処理の時間を変化させたパワーサイクル試験を行ってパワーサイクル耐性を実験的に求め、熱処理の時間とパワーサイクル耐性との関係を用いて、パワーサ

50

イクル耐性が最大である熱処理の時間を熱処理時間  $t_{ANL}$  に設定してもよい。

【0060】

以上に説明したように、第1の実施形態に係る半導体装置1及びその製造方法によれば、半導体装置1の構成部材の相互が接合されたそれぞれの接合箇所の金属部分が、金属部分の材料本来の延性と同等の延性を有する。これにより、パワーサイクルによる劣化に対する耐性が向上された半導体装置及びその製造方法を提供することができる。

【0061】

< 第1変形例 >

図1の半導体装置1の支持基体10は金属板単体であったが、図9に示した変形例の半導体装置1のように、支持基体10が、金属板11の下にセラミックなどの絶縁板12を配設した複合基体であってもよい。図9に示した構成は、支持基体10が絶縁板12を備えた点以外、図1と同様であるため、図1の半導体装置1と図9に示した変形例の半導体装置1が同等の効果を奏することは明らかである。製造方法も上記に説明した第1の実施形態に係る製造方法と同様である。

10

【0062】

< 第2変形例 >

第1の実施形態の半導体装置1の製造方法における延性促進アニール工程は、上記のように硬質層を軟化させて、ダイアタッチ30、支持基体10の上面及びインターコネクタ接合部などに材料本来の延性を持たせるために実施される。このため、図10に示すように、ステップS3のインターコネクタ形成工程までを実施した後に、延性促進アニール工程（ステップS14）を実施してもよい。そして、延性促進アニール工程の後に、ステップS15の樹脂封止工程とステップS16のトリム/フォーム/外装処理工程を実施する。他は、図2を参照して説明した製造方法と同様である。図10に示した製造方法によっても、ダイアタッチ形成工程とインターコネクタ形成工程の後に延性促進アニール工程を実施することにより、半導体装置1を製造することができる。

20

【0063】

< 第3変形例 >

第2変形例と同様の理由で、図11に示すように、インターコネクタ形成工程までを実施した後に、ステップS24の樹脂封止工程とステップS26のトリム/フォーム/外装処理工程の間に、ステップS25として延性促進アニール工程を実施してもよい。他は、図2を参照して説明した製造方法と同様である。このように、図11に示した製造方法によっても、半導体装置1を製造することができる。或いは、トリム/フォーム/外装処理工程の各工程の間に延性促進アニール工程を実施してもよい。

30

【0064】

< 第4変形例 >

図2に示した製造方法では、第1の実施形態に係る半導体装置1は、トリム/フォーム/外装処理工程の後に延性促進アニール工程を実施して完成する。延性促進アニール工程は、大掛かりな装置を必要とせず、比較的簡単に実施できる工程である。したがって、半導体装置メーカでは、図7に示した硬性半導体装置1Bを半完成品として製造・出荷するようにしてもよい。そして、この半完成品を各種のアプリケーションに使う利用者（ユニットメーカなど）が、半完成品について延性促進アニール工程を実施してもよい。

40

【0065】

即ち、図12に示すように、図2に示したステップS1～ステップS5により製造した硬性半導体装置1Bを、半完成品として出荷する（ステップS31）。例えば、半導体装置メーカが、硬性半導体装置1Bを半完成品として出荷する。そして、利用者が硬性半導体装置1Bを半完成品として受領する（ステップS32）。その後、利用者が半完成品について延性促進アニール工程（ステップS33）を実施する。

【0066】

< 第5変形例 >

図1に示した半導体装置1では、インターコネクタ配線50としてボンディングワイヤ

50

(またはボンディングリボン)を用いる例を説明した。図13に示すように、ボンディングワイヤ(またはボンディングリボン)の代わりに金属クリップ51をインターコネク配線50に用いてもよい。金属クリップ51には、例えばCuクリップやCuを主材料とする合金クリップ、Cu板とCu板の間に他の金属材料を挟持したクラッドクリップを使用できる。図13に示した第5変形例に係る半導体装置1の製造方法には、図2、図10、図11、図12を参照して説明した何れの製造方法を選択してもよい。

#### 【0067】

図13に示した半導体装置1では、金属クリップ51の他の構成部材との接合箇所にインターコネクダイアタッチが配置されている。即ち、金属クリップ51は、半導体ダイ20の上面電極の金属部分と接合する接合箇所に第1インターコネクダイアタッチ501を有し、リードパッド43と接合する接合箇所に第2インターコネクダイアタッチ502を有する。以下、第1インターコネクダイアタッチ501及び第2インターコネクダイアタッチ502を総称して、「インターコネクダイアタッチ」という。

10

#### 【0068】

インターコネクダイアタッチは、ダイアタッチ30と同様に、耐熱温度が200以上の耐熱接合材が好適に使用される。例えば、高温鉛はんだ、Pbフリーはんだ、焼結ナノCu粉末、焼結ナノAg粉末、共晶Zn-Alはんだ、共晶Au-Geはんだ、及び、共晶Au-Snはんだなどから、インターコネクダイアタッチの材料が選択される。

#### 【0069】

金属クリップ51は、金属板材を所望の形状に圧延、切削、切断、折り曲げ加工した個片であるから、出来上がり状態では、これら加工により硬化が進み延性が低下している。しかし、延性促進アニール工程によって金属クリップ51の硬化が解消されて、材料本来に近いレベルまで金属クリップ51の延性が回復する。

20

#### 【0070】

また、第1インターコネクダイアタッチ501と半導体ダイ20の上面電極の接合、及び第2インターコネクダイアタッチ502とリードパッド43の接合では、短時間に加熱処理と降温処理が行われる。このため、これらの接合工程の直後は、インターコネクダイアタッチの結晶粒は一般に細かく、且つ、粒内には転位を多数含んだものとなり、材料本来よりも延性が低下した状態、即ち硬く脆い状態になっている。しかし、延性促進アニール工程を実施することによって、インターコネクダイアタッチの再結晶化(結晶粒の増大と結晶粒の結晶性改善)が進み、延性が増進される。つまり、インターコネクダイアタッチは延性を有するようになる。また、延性促進アニール工程を実施した後は、インターコネク配線50のインターコネクダイアタッチに連結する金属部分も延性領域である。

30

#### 【0071】

上記のように、図13に示した半導体装置1では、硬化したダイアタッチ30及びインターコネクダイアタッチ、並びに、加工による硬化が起きた支持基体10や金属クリップ51を、延性促進アニール工程によって軟化させて延性を向上させている。このため、図8に示した結果と同様のパワーサイクル耐性を大幅に伸ばす効果が得られる。

#### 【0072】

40

#### (第2の実施形態)

第1の実施形態に係る半導体装置1は、硬質樹脂70によって構成部材を封止する構成である。しかし、本発明の実施形態は、ゲル、液体、ガスなどの軟質物質で封止された半導体装置にも適用可能であり、これらの半導体装置のパワーサイクル耐性を改善する効果を奏する。

#### 【0073】

第2の実施形態に係る半導体装置1の構成を図14に示す。伝熱性の高い金属からなるベースプレート14の上に、シリコングリースまたは接着剤などを介して支持基体10が載置されている。支持基体10は、金属板11と絶縁板12の積層構造である。金属板11の材質はCuまたはAl、あるいはこれらを多層化したクラッド材であることが好ま

50

しい。支持基体 10 とベースプレート 14 の接着は、はんだリフローを使って実行してもよい。この場合は、絶縁板 12 の下面がはんだ濡れ性を発現させるためにメタライズされている必要がある。

#### 【0074】

支持基体 10 の周囲を取り囲むように、例えばポリフェニレンサルファイド (PPS) 樹脂などの樹脂ケース 80 がベースプレート 14 の上に載置されている。樹脂ケース 80 の内壁には、段差構造が形成されている。樹脂ケース 80 とベースプレート 14 とは、例えば接着剤により、密着させている。樹脂ケース 80 の内壁の段差構造には L 字断面を有する第 1 リード端子 41 と第 2 リード端子 42 が固着されている。第 1 リード端子 41 と第 2 リード端子 42 の L 字下辺部を、それぞれ第 1 リードパッド 431、第 2 リードパッド 432 とする。

10

#### 【0075】

支持基体 10 の金属板 11 の所定の位置に、半導体ダイ 20 が配設されている。第 2 の実施形態に係る半導体装置 1 では、ダイアタッチ 30 が半導体ダイ 20 と金属板 11 を電氣的機械的に接合している。

#### 【0076】

第 1 インターコネクト配線 54 が支持基体 10 の金属板 11 と第 1 リードパッド 431 とを電氣的に結合し、第 2 インターコネクト配線 55 が半導体ダイ 20 の上面電極と第 2 リードパッド 432 を電氣的に結合している。第 1 インターコネクト配線 54 及び第 2 インターコネクト配線 55 は、例えば超音波ウエッジボンダで形成されるボンディングワイヤである。

20

#### 【0077】

支持基体 10、半導体ダイ 20、第 1 インターコネクト配線 54、第 2 インターコネクト配線 55、第 1 リードパッド 431、第 2 リードパッド 432 は、軟質封止材 71 によって、埋設・封止されている。軟質封止材 71 は、例えばシリコンゲルである。

#### 【0078】

第 2 の実施形態に係る半導体装置 1 のすべての構成部材は、軟質封止材 71 を除き、第 1 の実施形態で説明した延性促進アニール工程の温度に耐える耐熱性を有している。この耐熱性での耐熱温度は、少なくとも 150 以上、好ましくは 175 以上、より好ましくは 200 である。

30

#### 【0079】

更に、第 2 の実施形態に係る半導体装置 1 においては、半導体ダイ 20 の上面電極と、半導体ダイ 20 に近接する以下の金属部分が、加工硬化が緩和されて材料本来と同等の延性を備えている。ここで、半導体ダイ 20 に近接する金属部分とは、ダイアタッチ 30、支持基体 10 の金属板 11、第 1 インターコネクト配線 54 及び第 2 インターコネクト配線 55 である。これら金属部分及び半導体ダイ 20 の上面電極の延性が、延性促進アニール工程によって回復または増進されている。

#### 【0080】

以下に、第 2 の実施形態に係る半導体装置 1 の製造方法を、図 15 に示すフローチャート及び図 16 ~ 図 20 に示す断面図を参照して説明する。

40

#### 【0081】

はじめに、図 15 に示すステップ S41 の準備工程及びステップ S42 のダイアタッチ形成工程を実施する。即ち、十分洗浄した硬性支持基体 10B の硬性金属板 11B の所定位置に、半導体ダイ 20 の下面をはんだリフロー法あるいはナノ金属焼結法などで接合する。これにより、図 16 に示すように、硬性ダイアタッチ 30B が形成される。

#### 【0082】

続いて、ステップ S43 の基体接着工程を実施する。即ち、図 17 に示すように、半導体ダイ 20 を載置した硬性支持基体 10B の下面を、ベースプレート 14 の所定の位置に接合する。硬性支持基体 10B とベースプレート 14 の接合には、接着剤を用いてもよいし、はんだリフロー法を用いてもよい。はんだリフロー法で接合する場合は、硬性ダイア

50

タッチ 3 0 B の材料の融点よりも低い融点のはんだ材を用いる。

【 0 0 8 3 】

次に、ステップ S 4 4 の封止樹脂ケース接着工程を実施する。即ち、図 1 8 に示すように、第 1 リード端子 4 1 と第 2 リード端子 4 2 を取り付けした樹脂ケース 8 0 をベースプレート 1 4 の所定の位置に接着する。なお、樹脂ケース 8 0 とベースプレート 1 4 の接着は、硬性支持基体 1 0 B とベースプレート 1 4 の接着の前に行ってもよいし、同時に行ってもよい。

【 0 0 8 4 】

ベースプレート 1 4 に樹脂ケース 8 0 と硬性支持基体 1 0 B を取り付けした後、ステップ S 4 5 のインターコネクト形成工程を実施する。このインターコネクト形成工程では、硬性金属板 1 1 B と第 1 リードパッド 4 3 1 が電氣的に接続され、半導体ダイ 2 0 の上面電極と第 2 リードパッド 4 3 2 が電氣的に接続される。この接続には、例えばボンディングワイヤが使用される。このとき、半導体ダイ 2 0 の上面電極、第 1 リードパッド 4 3 1 と第 2 リードパッド 4 3 2 の上面、及びボンディングワイヤの接合面に硬質層が形成される。即ち、図 1 9 に示すように、硬性金属板 1 1 B と硬性第 1 リードパッド 4 3 1 B が硬性第 1 インターコネクト配線 5 4 B で結線され、硬性半導体ダイ 2 0 B の上面電極と硬性第 2 リードパッド 4 3 2 B が硬性第 2 インターコネクト配線 5 5 B で結線される。なお、インターコネクト形成工程では、上記のようにボンディングワイヤを用いてもよいし、ボンディングワイヤの代わりに金属クリップを用いてもよい。

【 0 0 8 5 】

インターコネクト形成工程の後、ステップ S 4 6 の延性促進アニール工程を実施する。延性促進アニール工程の熱処理条件は、例えば熱処理温度が 1 7 5 、熱処理時間が 1 0 時間である。熱処理温度が 1 7 5 より低い場合は、同等の延性促進の効果をを得るために熱処理時間を適宜延長する。一方、1 7 5 より高い熱処理が可能な場合は、熱処理時間を短縮することができる。この延性促進アニール工程により、図 2 0 に示すように、半導体ダイ 2 0 の上面電極、及び半導体ダイ 2 0 に近接する接合箇所の金属部分が延性領域に移行する。

【 0 0 8 6 】

延性促進アニール工程の後、ステップ S 4 7 の軟質樹脂封止工程を実施する。即ち、樹脂ケース 8 0 の内側に、例えばシリコングルを軟質封止材 7 1 としてポッティング、キュアする。以上により、図 1 4 に示す第 2 の実施形態に係る半導体装置 1 が完成する。

【 0 0 8 7 】

なお、軟質封止材 7 1 が延性促進アニール工程に耐える耐熱性を有するものであるときは、延性促進アニール工程を軟質樹脂封止工程の後に行うこともできる。

【 0 0 8 8 】

[ 第 2 の実施形態による作用と効果 ]

第 1 の実施形態による作用と効果で説明したように、本発明の実施形態に共通する作用は、延性促進アニール工程により、半導体ダイ 2 0 の上面電極、及び半導体ダイ 2 0 に近接する接合箇所の金属部分の硬化を解消して延性を高めることである。この作用によって、半導体装置 1 のパワーサイクル耐性の大幅な向上が達成されるという効果を奏する。

【 0 0 8 9 】

第 2 の実施形態においても、上記のように、延性促進アニール工程により、半導体ダイ 2 0 の上面電極、並びに、半導体ダイ 2 0 に近接するダイアタッチ 3 0 、支持基体 1 0 、第 1 インターコネクト配線 5 4 及び第 2 インターコネクト配線 5 5 は、加工硬化が緩和されて材料本来の延性と同等の延性を備えている。このため、構成部材が延性を欠如した状態でシリコングルにより封止した半導体装置と比べて、第 2 の実施形態に係る半導体装置 1 ではパワーサイクル耐性の向上が顕著である。

【 0 0 9 0 】

( その他の実施形態 )

上記のように、本発明の実施形態を記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面は

10

20

30

40

50

この発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が明らかとなるう。

【0091】

例えば、上記では半導体ダイ20に形成された半導体素子が上面電極と下面電極を有する場合を説明したが、半導体素子のすべての電極が半導体ダイ20の上面に配置された構成であってもよい。この場合、すべてのインターコネクト配線50は半導体ダイ20の上面の各電極と接続することになる。

【0092】

また、第2の実施形態では軟質封止材71としてシリコンゲルを使用した半導体装置1で説明したが、軟質封止材71は絶縁オイルのような液体であっても、6フッ化イオウ(SF<sub>6</sub>)のようなガスでもよい。ただし、軟質封止材71が液体やガスの場合には、例えば図21に示すように、軟質封止材71が外部に漏れないように密封構造にする。例えば図21に示す半導体装置1のように、ベースプレート14の上に配置された構成部材の周囲と上方が樹脂ケース80によって覆われる。

【0093】

上記の実施形態及び変形例は、発熱量の大きいパワー半導体装置のパワーサイクル耐性の向上に大きな効果を奏する。しかし、パワー半導体装置以外にも、実使用状態においてパワーサイクルによるストレスが発生する半導体装置に本発明の実施形態及び変形例は適用可能である。例えば、CPUなどのマイクロプロセッシング半導体装置や、高出力のLED素子やレーザダイオード、携帯電話や携帯通信基地局の高周波増幅器などのパワーサイ

【符号の説明】

【0094】

- 1 ... 半導体装置
- 10 ... 支持基体
- 11 ... 金属板
- 12 ... 絶縁板
- 20 ... 半導体ダイ
- 30 ... ダイアタッチ
- 40 ... リード端子
- 41 ... 第1リード端子
- 42 ... 第2リード端子
- 43 ... リードパッド
- 50 ... インターコネクト配線
- 51 ... 金属クリップ
- 54 ... 第1インターコネクト配線
- 55 ... 第2インターコネクト配線
- 70 ... 硬質樹脂
- 71 ... 軟質封止材
- 80 ... 樹脂ケース
- 501 ... 第1インターコネクトダイアタッチ
- 502 ... 第2インターコネクトダイアタッチ

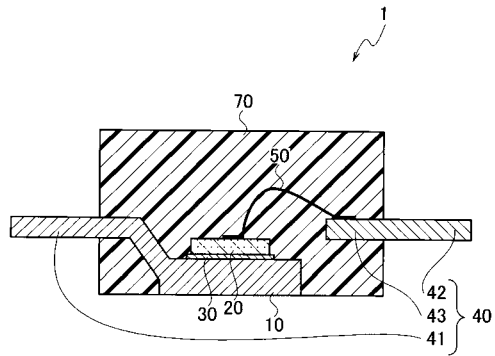
10

20

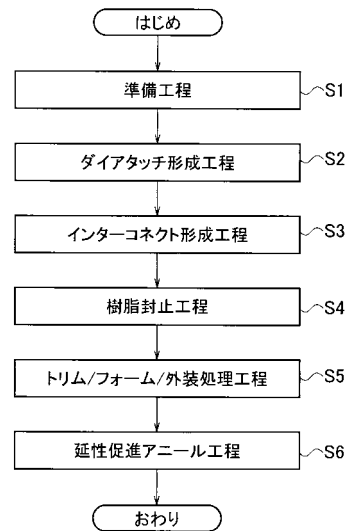
30

40

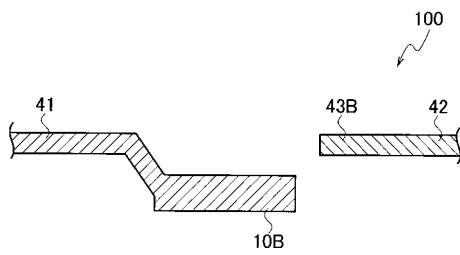
【図 1】



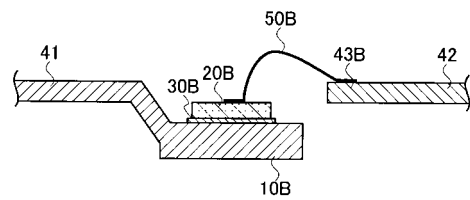
【図 2】



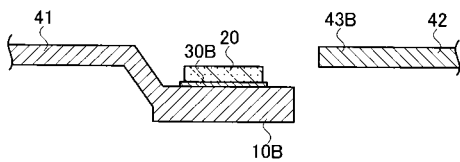
【図 3】



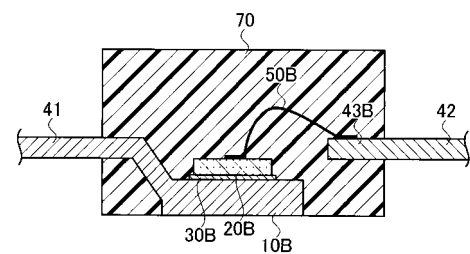
【図 5】



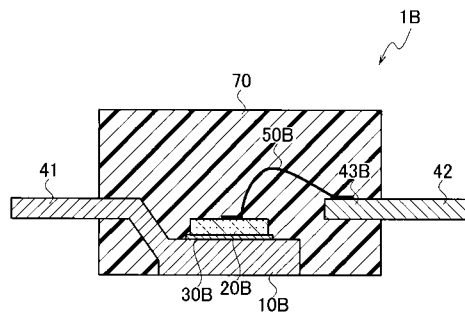
【図 4】



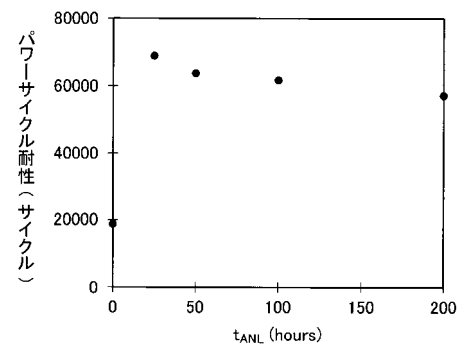
【図 6】



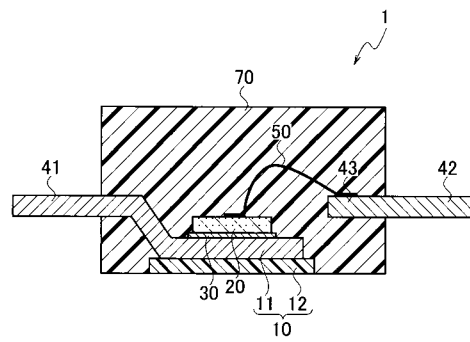
【図 7】



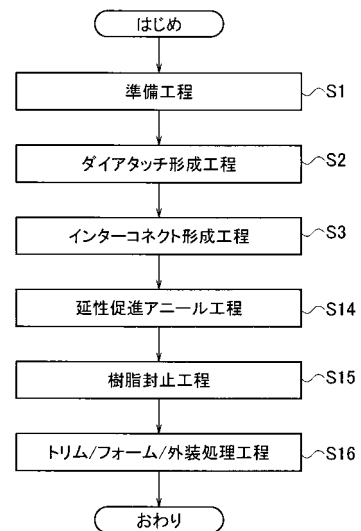
【図 8】



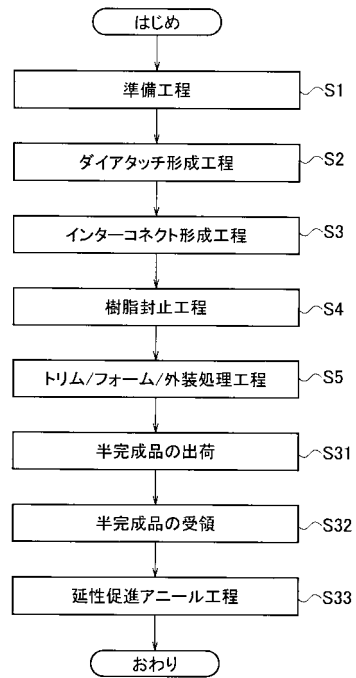
【図 9】



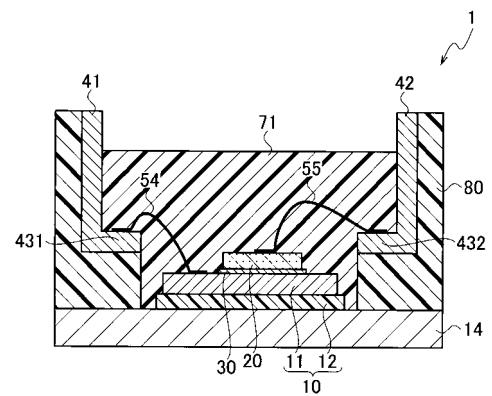
【図 10】



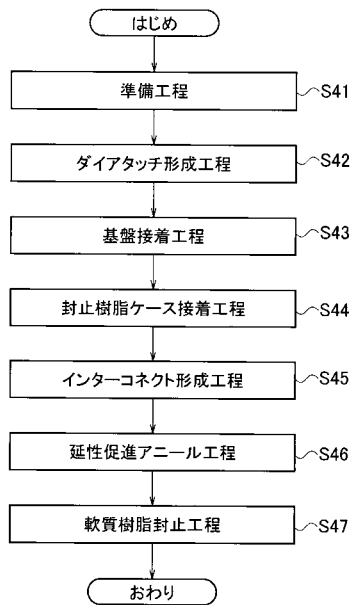
【 図 1 2 】



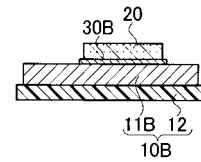
【 ㄨ 1 4 】



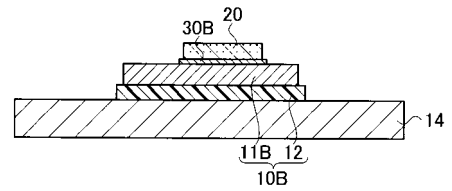
【図 15】



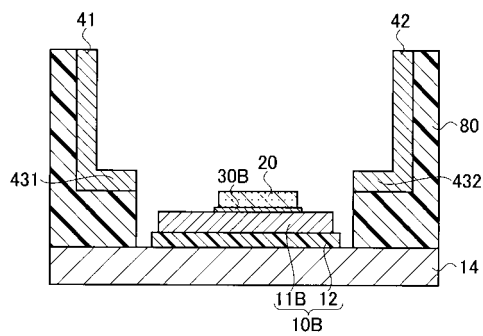
【図 16】



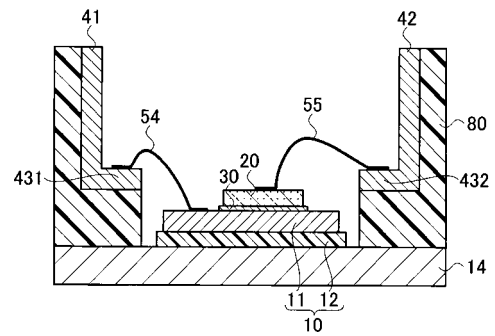
【図 17】



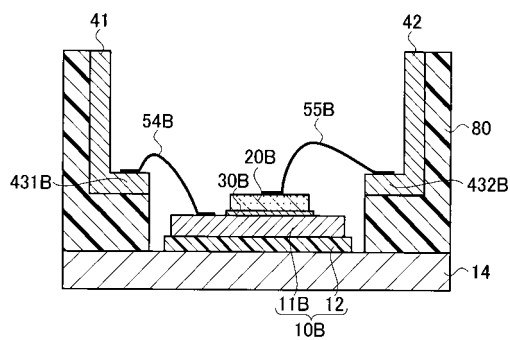
【図 18】



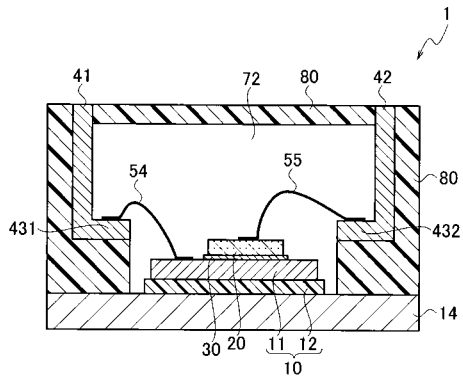
【図 20】



【図 19】



【図 2 1】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
H 0 1 L 25/07 (2006.01) H 0 1 L 25/04 C

(72)発明者 鈴木 達広  
神奈川県横須賀市夏島町 1 番地 株式会社日産アーク内  
F ターム(参考) 5F044 FF05 FF06  
5F047 BA05 BA06 BA14 BA15 BA16 BA19