

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7043225号

(P7043225)

(45)発行日 令和4年3月29日(2022.3.29)

(24)登録日 令和4年3月18日(2022.3.18)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 23/48 (2006.01)

H 0 1 L 23/48

P

H 0 1 L 21/60 (2006.01)

H 0 1 L 21/60

3 2 1 E

H 0 1 L 23/50 (2006.01)

H 0 1 L 23/50

K

請求項の数 2 (全23頁)

(21)出願番号 特願2017-215465(P2017-215465)
(22)出願日 平成29年11月8日(2017.11.8)
(65)公開番号 特開2019-87657(P2019-87657A)
(43)公開日 令和1年6月6日(2019.6.6)
審査請求日 令和2年11月9日(2020.11.9)

(73)特許権者 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(73)特許権者 317011920
東芝デバイス&ストレージ株式会社
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74)代理人 100108062
弁理士 日向寺 雅彦
(74)代理人 100168332
弁理士 小崎 純一
(74)代理人 100146592
弁理士 市川 浩
(74)代理人 100157901
弁理士 白井 達哲
(72)発明者 倉谷 英敏

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】

半導体チップと、

第1部分及び第2部分を含む第1導電部材であって、前記第2部分は前記半導体チップと電氣的に接続され、前記半導体チップから前記第2部分に向かう方向は第1方向に沿い、前記第2部分から前記第1部分に向かう方向は、前記第1方向と交差する第2方向に沿う、前記第1導電部材と、

第3部分を含む第2導電部材と、

前記第1部分と前記第3部分との間に設けられた導電性の第1接続部材と、

前記第1部分、前記第3部分及び前記第1接続部材の周りに設けられた第1部分領域を含む樹脂部と、

を備え、

前記第1部分は、前記第1接続部材に対向する第1面を有し、

前記第1面は、凹部及び凸部を含み、

前記凹部は、前記第1導電部材の前記第1部分側の端に設けられ、前記凸部は、前記凹部の前記第2部分側にあり、

前記凹部は、第1底部を有し、

前記第1底部の少なくとも一部は前記第1方向に対して垂直であり、

前記第1接続部材は、前記凹部、前記凸部、前記第1部分の前記第2部分の側の側面、及び、前記第1部分の前記第2部分とは反対側の側面と接する、半導体装置。

【請求項 2】

半導体チップと、

第 1 部分及び第 2 部分を含む第 1 導電部材であって、前記第 2 部分は前記半導体チップと電氣的に接続され、前記半導体チップから前記第 2 部分に向かう方向は第 1 方向に沿い、前記第 2 部分から前記第 1 部分に向かう方向は、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿う、前記第 1 導電部材と、

第 3 部分及び第 4 部分を含む第 2 導電部材と、

前記第 1 部分と前記第 3 部分との間に設けられた導電性の第 1 接続部材と、

前記第 1 部分、前記第 3 部分及び前記第 1 接続部材の周りに設けられた第 1 部分領域を含む樹脂部と、

を備え、

前記第 4 部分の少なくとも一部は、前記樹脂部に覆われず、

前記第 3 部分から前記第 4 部分に向かう方向は、前記第 1 方向と交差する第 3 方向に沿い、前記第 3 部分は、前記第 1 接続部材に対向する第 2 面を有し、

前記第 2 面は、凹部及び凸部を含み、

前記凹部は、前記第 2 導電部材の前記第 3 部分側の端に設けられ、

前記凸部は、前記凹部の前記第 4 部分側あり、

前記凹部は、第 2 底部を有し、

前記第 2 底部の少なくとも一部は前記第 1 方向に対して垂直であり、

前記第 1 接続部材は、前記凹部、前記凸部、前記第 1 部分の前記第 2 部分の側の側面、

及び、前記第 1 部分の前記第 2 部分とは反対側の側面と接する、半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体チップを樹脂で封止した半導体装置がある。半導体装置において、特性の変動の抑制が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2002 - 314018 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態は、特性の変動を抑制できる半導体装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、半導体装置は、半導体チップ、第 1 導電部材、第 2 導電部材、第 1 接続部材、及び樹脂部を含む。前記第 1 導電部材は、第 1 部分及び第 2 部分を含む。前記第 2 部分は前記半導体チップと電氣的に接続される。前記半導体チップから前記第 2 部分に向かう方向は第 1 方向に沿う。前記第 2 部分から前記第 1 部分に向かう方向は、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿う。前記第 2 導電部材は、第 3 部分を含む。前記第 1 接続部材は、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間に設けられ、導電性である。前記樹脂部は、前記第 1 部分、前記第 3 部分及び前記第 1 接続部材の周りに設けられた第 1 部分領域を含む。前記第 1 部分は、前記第 1 接続部材に対向する第 1 面を有する。前記第 1 面は、凹部及び凸部を含む。前記凹部は、第 1 底部、第 1 距離、及び、第 2 距離の少なくともいずれかを有する。前記第 1 底部の少なくとも一部は前記第 1 方向に対して垂直である。前記第 1 距離は、前記凹部と前記第 2 部分との間の距離であり、前記第 1 距離は、前記凸

10

20

30

40

50

部と前記第２部分との間の距離よりも長い。前記第２距離は、前記凹部と前記第３部分との間の前記第１方向に沿った距離であり、前記第２距離は、前記第２部分から前記第１部分への向きにおいて増大する。

【図面の簡単な説明】

【０００６】

【図１】図１（ａ）～図１（ｃ）は、第１実施形態に係る半導体装置を例示する模式図である。

【図２】第１実施形態に係る半導体装置を例示する模式図である。

【図３】半導体装置に関する実験結果を例示するグラフ図である。

【図４】図４（ａ）及び図４（ｂ）は、半導体装置を例示する断面顕微鏡写真像である。

10

【図５】第１実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図６】図６（ａ）～図６（ｄ）は、第１実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図７】図７は、第１実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図８】図８（ａ）～図８（ｄ）は、第１実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図９】図９（ａ）～図９（ｃ）は、第２実施形態に係る半導体装置の一部の製造方法を例示する模式的断面図である。

【図１０】図１０（ａ）～図１０（ｅ）は、第２実施形態に係る半導体装置の製造方法を例示する模式的断面図である。

20

【図１１】第３実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図１２】第３実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図１３】第３実施形態に係る別の半導体装置を例示する断面顕微鏡写真像である。

【図１４】半導体装置の評価結果を示す表である。

【図１５】半導体装置の評価結果を示す表である。

【発明を実施するための形態】

【０００７】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚さと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同じとは限らない。同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

30

本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【０００８】

（第１実施形態）

図１（ａ）～図１（ｃ）は、第１実施形態に係る半導体装置を例示する模式図である。

図２は、第１実施形態に係る半導体装置を例示する模式図である。

図１（ｃ）は、斜視図である。図１（ｂ）は、図１（ｃ）のＡ１－Ａ２線断面図である。

図１（ａ）及び図２は、図１（ｂ）に示す一部ＰＡを拡大した断面図である。図１（ｃ）のＢ１－Ｂ２線断面における構成の例については、後述する。

40

【０００９】

図１（ｂ）及び図１（ｃ）に示すように、実施形態に係る半導体装置１１０は、半導体チップ１０、第１導電部材２１、第２導電部材２２、第３導電部材２３、第１接続部材４１、第２接続部材４２、第３接続部材４３、及び、樹脂部３０を含む。図１（ｃ）に示すように、第４導電部材２４及び第５導電部材２５がさらに設けられても良い。

【００１０】

１つの例において、半導体チップ１０は、トランジスタである。図１（ａ）に示すように、半導体チップ１０は、第１電極１１（例えば、ソース電極）、第２電極１２（例えば、ドレイン電極）、及び、半導体層１０ｓを含む。この例では、半導体層１０ｓは、第１電極１１と第２電極１２との間に設けられる。

50

【 0 0 1 1 】

図 1 (c) に示すように、半導体チップ 1 0 は、第 3 電極 1 3 (例えば、ゲート電極) をさらに含んでも良い。第 4 導電部材 2 4 は、例えば、第 3 電極 1 3 と電氣的に接続される。第 5 導電部材 2 5 は、第 4 導電部材 2 4 と電氣的に接続される。第 4 導電部材 2 4 及び第 5 導電部材 2 5 の例については、後述する。

【 0 0 1 2 】

図 1 (b) に示すように、第 1 導電部材 2 1 は、第 1 部分 p 1 及び第 2 部分 p 2 を含む。この例では、第 1 導電部材 2 1 は、第 1 中間部分 m p 1 をさらに含む。

【 0 0 1 3 】

第 2 部分 p 2 は、半導体チップ 1 0 と電氣的に接続される。この例では、第 2 部分 p 2 は、第 1 電極 1 1 (例えば、ソース電極) と電氣的に接続される (図 1 (a) 参照) 。

10

【 0 0 1 4 】

半導体チップ 1 0 から第 2 部分 p 2 に向かう方向は、第 1 方向 (Z 軸方向) に沿う。例えば、第 2 部分 p 2 は、半導体チップ 1 0 の上方に位置する。

【 0 0 1 5 】

Z 軸方向に対して垂直な 1 つの方向を X 軸方向とする。Z 軸方向及び X 軸方向に対して垂直な方向を Y 軸方向とする。

【 0 0 1 6 】

第 2 部分 p 2 から第 1 部分 p 1 に向かう方向は、第 2 方向に沿う。第 2 方向は、第 1 方向 (Z 軸方向) と交差する。この例では、第 2 方向は、X 軸方向である。例えば、第 1 導電部材 2 1 の少なくとも一部は、X 軸方向に沿って延びる。

20

【 0 0 1 7 】

第 1 中間部分 m p 1 は、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 2 部分 p 2 と第 1 部分 p 1 との間に位置する。第 2 方向における第 1 中間部分 m p 1 の位置は、第 2 方向における第 2 部分 p 2 の位置と、第 2 方向における第 1 部分 p 1 の位置と、の間にある。この例では、第 1 中間部分 m p 1 は、第 2 部分 p 2 及び第 1 部分 p 1 よりも上方に位置している。

【 0 0 1 8 】

第 2 導電部材 2 2 は、第 3 部分 p 3 及び第 4 部分 p 4 を含む。第 3 部分 p 3 から第 4 部分 p 4 に向かう方向は、第 3 方向に沿う。第 3 方向は、第 1 方向 (Z 軸方向) と交差する。この例では、第 3 方向は、X 軸方向であり、第 2 方向に沿う。

30

【 0 0 1 9 】

図 1 (a) に示すように、第 1 接続部材 4 1 は、第 1 部分 p 1 と第 3 部分 p 3 との間に設けられる。第 1 接続部材 4 1 は、導電性である。第 1 接続部材 4 1 は、例えば、はんだを含む。

【 0 0 2 0 】

半導体チップ 1 0 の第 1 電極 1 1 (例えば、ソース電極) は、第 1 導電部材 2 1 及び第 1 接続部材 4 1 を介して、第 2 導電部材 2 2 に電氣的に接続される。第 2 導電部材 2 2 の第 4 部分 p 4 は、外部と接続される外部端子となる。

【 0 0 2 1 】

このように、第 1 導電部材 2 1 は、半導体チップ 1 0 と、第 2 導電部材 2 2 (外部端子) と、を電氣的に接続する。第 1 導電部材 2 1 は、例えば、コネクタである。一方、第 2 導電部材 2 2 の第 3 部分 p 3 は、ポストとして機能する。

40

【 0 0 2 2 】

樹脂部 3 0 は、例えば、これらの部材を覆う。樹脂部 3 0 は、例えば、封止樹脂である。例えば、図 1 (a) に示すように、樹脂部 3 0 は、第 1 部分領域 r 1 を含む。第 1 部分領域 r 1 は、第 1 部分 p 1、第 3 部分 p 3 及び第 1 接続部材 4 1 の周りに設けられる。

【 0 0 2 3 】

図 1 (b) 及び図 1 (c) に示すように、樹脂部 3 0 は、第 2 導電部材 2 2 の第 4 部分 p 4 を覆わない。第 4 部分 p 4 は、樹脂部 3 0 から露出する。これにより、第 4 部分 p 4 は、外部と電氣的に接続されることが可能である。

50

【 0 0 2 4 】

一方、図 1 (b) に示すように、第 1 導電部材 2 1 は、樹脂部 3 0 に覆われる。第 1 導電部材 2 1 の上方にも、樹脂部 3 0 が設けられる。例えば、Z 軸方向において、樹脂部 3 0 の一部と、半導体チップ 1 0 との間に、第 2 部分 p 2 が位置する。

【 0 0 2 5 】

図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すように、第 2 接続部材 4 2 は、半導体チップ 1 0 と第 2 部分 p 2 との間に位置する。第 2 接続部材 4 2 は、導電性である。第 2 接続部材 4 2 は、例えば、はんだを含む。第 2 接続部材 4 2 は、半導体チップ 1 0 と第 2 部分 p 2 とを電氣的に接続する。例えば、第 2 接続部材 4 2 は、第 1 電極 1 1 と第 2 部分 p 2 とを電氣的に接続する。

10

【 0 0 2 6 】

樹脂部 3 0 は、第 2 部分領域 r 2 をさらに含む。第 2 部分領域 r 2 は、第 2 部分 p 2 及び第 2 接続部材 4 2 の周りに設けられる。

【 0 0 2 7 】

図 1 (a) に示すように、第 2 導電部材 2 2 は、第 3 部分 p 3 と第 4 部分 p 4 に加えて、第 2 中間部分 m p 2 をさらに含む。第 3 方向 (この例では、第 2 方向に沿い、例えば、X 軸方向) において、第 2 中間部分 m p 2 は、第 3 部分 p 3 と第 4 部分 p 4 との間に位置する。この例では、第 3 部分 p 3 は、第 4 部分 p 4 よりも上方に位置する。例えば、第 1 方向 (Z 軸方向) における第 2 中間部分 m p 2 の位置は、第 1 方向における第 1 接続部材 4 1 の位置と、第 1 方向における第 4 部分 p 4 の位置と、の間にある。例えば、Z 軸方向において、樹脂部 3 0 の一部と、第 1 接続部材 4 1 との間に、第 3 部分 p 3 が位置する。

20

【 0 0 2 8 】

図 1 (b) に示すように、第 3 導電部材 2 3 は、第 5 部分 p 5 及び第 6 部分 p 6 を含む。第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 5 部分 p 5 は、半導体チップ 1 0 と重なる。図 1 (a) に示すように、第 3 接続部材 4 3 は、第 5 部分 p 5 と半導体チップ 1 0 との間に設けられる。この例では、第 3 接続部材 4 3 は、第 5 部分 p 5 と第 2 電極 1 2 (例えばドレイン電極) との間に設けられる。第 3 接続部材 4 3 は、導電性である。第 3 接続部材 4 3 は、例えば、はんだを含む。第 3 接続部材 4 3 は、第 5 部分 p 5 と、半導体チップ 1 0 (例えば第 2 電極 1 2) と、を電氣的に接続する。

【 0 0 2 9 】

第 3 導電部材 2 3 は、例えば、ベッドである。第 3 導電部材 2 3 は、半導体チップ 1 0 で生じる熱の放熱経路として機能しても良い。

30

【 0 0 3 0 】

樹脂部 3 0 は、第 3 部分領域 r 3 をさらに含む。第 3 部分領域 r 3 は、第 3 接続部材 4 3 の周りに設けられる。

【 0 0 3 1 】

第 3 導電部材 2 3 の第 6 部分 p 6 の少なくとも一部は、樹脂部 3 0 に覆われない。第 6 部分 p 6 の少なくとも一部は、樹脂部 3 0 から露出する。第 6 部分 p 6 は、外部と接続される外部端子の別の 1 つとなる。

【 0 0 3 2 】

このように、第 1 導電部材 2 1 は、第 1 電極 1 1 (例えば、ソース電極) と電氣的に接続される。第 2 導電部材 2 2 は、第 1 導電部材 2 1 を介して、第 1 電極 1 1 と電氣的に接続される。第 3 導電部材 2 3 は、第 2 電極 1 2 (例えば、ドレイン電極) と電氣的に接続される。既に説明したように、第 4 導電部材 2 4 は、第 3 電極 1 3 (例えば、ゲート電極) と電氣的に接続される。

40

【 0 0 3 3 】

既に説明したように、この例では、第 1 中間部分 m p 1 は、第 2 部分 p 2 及び第 1 部分 p 1 よりも上方に位置している。第 1 方向 (Z 軸方向) における第 1 部分 p 1 の位置は、第 1 方向における第 1 接続部材 4 1 の位置と、第 1 方向における第 1 中間部分 m p 1 の位置と、の間にある。第 1 方向における第 2 部分 p 2 の位置は、第 1 方向における第 2 接続部

50

材 4 2 の位置と、第 1 方向における第 1 中間部分 m p 1 の位置と、の間にある。

【 0 0 3 4 】

第 1 ～ 第 5 導電部材 2 1 ～ 2 5 には、例えば、C u などの金属が用いられる。第 1 ～ 第 3 接続部材 4 1 ～ 4 3 には、例えば、はんだなどが用いられる。樹脂部 3 0 には、例えば、エポキシ樹脂などが設けられる。後述するように、樹脂部 3 0 は、フィラーを含んでも良い。

【 0 0 3 5 】

半導体装置 1 1 0 は、例えば、S O P (small outline package) 型の半導体装置である。

【 0 0 3 6 】

図 1 (a) に示すように、実施形態においては、第 1 導電部材 2 1 の第 1 部分 p 1 の表面に凹凸形状が設けられている。図 1 (a) に示すように、第 1 部分 p 1 は、第 1 接続部材 4 1 に対向する第 1 面 2 1 f を有している。第 1 面 2 1 f は、凹部 (第 1 凹部 2 1 d) 及び凸部 (第 1 凸部 2 1 p) を含む。

10

【 0 0 3 7 】

第 3 部分 p 3 の上方に、第 1 部分 p 1 がある。第 1 凹部 2 1 d の高さ方向の位置は、第 1 凸部 2 1 p の高さ方向の位置よりも高い。第 1 凹部 2 1 d は、Z 軸方向において、第 1 凸部 2 1 p を基準にして、後退している。

【 0 0 3 8 】

この例では、第 1 凹部 2 1 d は、第 1 部分 p 1 の端 (第 1 導電部材 2 1 の端) に位置している。第 1 凹部 2 1 d は、第 1 底部 2 1 d f を有する。この例では、第 1 底部 2 1 d f の少なくとも一部は、第 1 方向 (Z 軸方向) に対して垂直である。

20

【 0 0 3 9 】

図 2 に示すように、例えば、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 1 凹部 2 1 d と第 2 部分 p 2 との間に、第 1 凸部 2 1 p が位置する。例えば、第 1 凹部 2 1 d と第 2 部分 p 2 との間の距離を第 1 距離 L_{x1} とする。第 1 凸部 2 1 p と第 2 部分 p 2 との間の距離を L_{xp1} とする。第 1 距離 L_{x1} は、距離 L_{xp1} よりも長い。

【 0 0 4 0 】

図 2 に示すように、第 1 凹部 2 1 d が設けられることにより、第 1 部分 p 1 と第 3 部分 p 3 との間の距離は、第 1 凹部 2 1 d において部分的に増大する。例えば、第 1 凹部 2 1 d と第 3 部分 p 3 との間の第 1 方向 (Z 軸方向) に沿った距離を第 2 距離 L_{z2} とする。第 1 凸部 2 1 p と第 3 部分 p 3 との間の第 1 方向 (Z 軸方向) に沿った距離を距離 L_{zp2} とする。第 2 距離 L_{z2} は、距離 L_{zp2} よりも長い。

30

【 0 0 4 1 】

第 1 凹部 2 1 d は、深さ d_{z1} を有する。深さ d_{z1} は、第 1 凸部 2 1 p の表面の Z 軸方向における位置と、第 1 凹部 2 1 d の表面の Z 軸方向における位置と、の間の Z 軸方向に沿う長さに対応する。第 3 部分 p 3 の表面が平坦である場合、第 1 凹部 2 1 d の深さは、例えば、第 2 距離 L_{z2} と距離 L_{zp2} との差に対応する。

【 0 0 4 2 】

第 3 部分 p 3 と第 1 凹部 2 1 d との間に位置する第 1 接続部材 4 1 の厚さ (第 2 距離 L_{z2} に対応する) は、第 3 部分 p 3 と第 1 凸部 2 1 p との間に位置する第 1 接続部材 4 1 の厚さ (距離 L_{zp2} に対応する) よりも厚くなる。

40

【 0 0 4 3 】

以下に説明するように、このような第 1 凹部 2 1 d (及び第 1 凸部 2 1 p) により、特性の変動が抑制できる。

【 0 0 4 4 】

例えば、参考例において、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f には、上記のような凹凸が設けられていない。このような参考例においては、半導体装置の熱サイクル試験 (T C T thermal cycle test) において、オン抵抗が上昇する場合がある。特に、広い温度範囲で使用される半導体装置においては、T C T 評価の条件が強化される。例えば、- 6 5 と 1 5 0 との間の範囲を 1 0 0 0 サイクル変化させる試験を行うと、参考例においては、オン抵

50

抗が上昇し易いことが分かった。T C T 評価後の試料を解析したところ、オン抵抗が上昇した試料では、はんだ（第 1 接続部材 4 1）にクラックが生じていることが分かった。クラックが生じると、コネクタ（第 1 導電部材 2 1）と、外部端子（第 2 導電部材 2 2）と、の間の抵抗が高くなる。これにより、オン抵抗が高くなると、考えられる。

【 0 0 4 5 】

評価した試料をさらに解析すると、はんだが薄い部分にクラックが生じやすいことが分かった。

【 0 0 4 6 】

参考例においては、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f に上記のような凹凸が設けられていないため、はんだの厚さは、製造条件によって変動しやすい。例えば、はんだが薄い試料（はんだが薄い部分）において、クラックが生じやすい。後述するように、凹凸が設けられない場合には、実用的に、はんだの厚さの最小値を十分に厚くすることが困難である。

【 0 0 4 7 】

これに対して、実施形態においては、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f に、凹凸形状（第 1 凹部 2 1 d 及び第 1 凸部 2 1 p）が設けられる。これにより、第 1 凹部 2 1 d と第 3 部分 p 3 との間に位置する第 1 接続部材 4 1 を厚くできる。一方、第 1 凸部 2 1 p と第 3 部分 p 3 との間に位置する第 1 接続部材 4 1 の厚さは、上記の参考例と同じ程度に制御できる。このため、第 1 凹部 2 1 d の深さ d z 1 に対応した厚さを、第 1 接続部材 4 1 に、安定して付与できる。

【 0 0 4 8 】

後述するように、第 1 凹部 2 1 d 及び第 1 凸部 2 1 p は、第 1 導電部材 2 1 となる金属材料（金属板など）を、型を用いて変形させて形成することができる。第 1 凹部 2 1 d の深さ d z 1 は、型に応じるため、比較的均一である。従って、第 1 凹部 2 1 d の深さ d z 1 に対応した、第 1 接続部材 4 1 の厚さは、均一になる。

【 0 0 4 9 】

実施形態によれば、特性（例えばオン抵抗）の変動を抑制できる半導体装置を提供できる。

【 0 0 5 0 】

図 2 に示すように、第 1 部分 p 1 よりも第 1 中間部分 m p 1 が上方に位置する場合において、第 1 部分 p 1 の第 1 中間部分 m p 1 側の端部が、曲線的に曲がる場合がある。このような曲線的な曲がりの部分を凹部と見なすことができる。この場合、曲線的な曲がりの部分において、はんだにはクラックが生じにくい。上記の参考例において、曲線的な曲がりの部分が設けられたとしても、他の部分には凹部が設けられない。このような参考例においては、曲線的な曲がりの部分ではクラックが生じ難い。しかしながら、他の部分では、凹部が設けられないため、既に説明したように、他の部分においてクラックが生じ易い。

【 0 0 5 1 】

実施形態においては、曲線的に曲がる部分とは別に、上記の第 1 凹部 2 1 d が設けられる。第 1 凹部 2 1 d により、第 1 接続部材 4 1 が、所望の厚さに制御できる。これにより、クラックが効果的に抑制でき、オン抵抗の上昇が抑制できる。

【 0 0 5 2 】

以下、いくつかの実験結果について説明する。

【 0 0 5 3 】

まず、第 1 実験として、導電部材に上記のような凹凸が設けられない場合において、はんだの量を変えたときの結果について説明する。この第 1 実験では、第 1 導電部材 2 1 及び第 2 導電部材 2 2 のそれぞれが対向する面は、平坦（凹凸は、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下）である。この場合、はんだの量を多くしても、第 1 導電部材 2 1 及び第 2 導電部材 2 2 のそれぞれの平坦面の間のはんだの厚さは、大きくは変化しない。これは、はんだの量を多くした場合、第 1 導電部材 2 1 及び第 2 導電部材 2 2 のそれぞれの側面（傾斜した面）部分のはんだの量が増えるだけであるからである。このため、第 1 導電部材 2 1 及び第 2 導電部材 2 2 のそれぞれが対向する面が平坦である場合には、これらの平坦面の間のはんだの厚さは、約 $5\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下であり、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上にはならない。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

なお、はんだの量を過度に多くすると、はんだが、意図した接続部分を超えて存在してしまい、所望の構造が得られない。半導体装置を小型化することが困難になる。

【 0 0 5 5 】

従って、第 1 凹部 2 1 d を意図して設けることで、はんだの厚さを $10\ \mu\text{m}$ 以上にできる。

【 0 0 5 6 】

第 2 実験においては、はんだ材料中に、金属粒 (Ni ボール) が混ぜられる。金属粒の径 (平均の径) は、 $20\ \mu\text{m}$ 、 $30\ \mu\text{m}$ または $50\ \mu\text{m}$ である。第 2 実験においても、第 1 導電部材 2 1 及び第 2 導電部材 2 2 のそれぞれが対向する面は、平坦 (凹凸は、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下) である。上記のような 3 種類の径の金属粒を含むはんだを用いて実験したところ、いずれの場合も、金属粒を含まないはんだをもちいた場合よりも、オン抵抗の変動が小さい。径が $20\ \mu\text{m}$ のときのオン抵抗の変動よりも、径が $30\ \mu\text{m}$ のときのオン抵抗の変動が小さい。径が $30\ \mu\text{m}$ のときのオン抵抗の変動よりも、径が $50\ \mu\text{m}$ のときのオン抵抗の変動が小さい。

10

【 0 0 5 7 】

このように、はんだが厚いと、オン抵抗の変動がより抑制できると考えられる。

【 0 0 5 8 】

図 3 は、半導体装置に関する実験結果を例示するグラフ図である。

図 3 は、上記の第 1 実験及び第 2 実験の結果を合わせて示している。図 3 の横軸は、はんだの厚さ t_c (μm) である。縦軸は、オン抵抗の変動 R_{on} (相対値) である。オン抵抗の変動 R_{on} は、熱サイクル試験の前のオン抵抗 R_1 と、熱サイクル試験の後のオン抵抗 R_2 と、の差のオン抵抗 R_1 に対する比 ($(R_2 - R_1) / R_1$) である。

20

【 0 0 5 9 】

図 3 において、はんだの厚さ t_c が、 $10\ \mu\text{m}$ のデータは、第 1 実験の結果において、量が適正なときのデータに対応する。はんだの厚さ t_c が、 $20\ \mu\text{m}$ 、 $30\ \mu\text{m}$ 及び $50\ \mu\text{m}$ のデータは、第 2 実験において、金属粒の径を変更したときのデータに対応する。

【 0 0 6 0 】

図 3 に示すように、はんだの厚さ t_c が $10\ \mu\text{m}$ を超えると、オン抵抗の変動 R_{on} が小さくできる。はんだの厚さ t_c が $10\ \mu\text{m}$ を超えると、オン抵抗の変動 R_{on} は、基準値 R_{on1} 未満になる。

30

【 0 0 6 1 】

従って、第 1 凹部 2 1 d の深さ d_{z1} は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上を超えることが好ましい。第 1 接続部材 4 1 の少なくとも一部の厚さは、 $10\ \mu\text{m}$ を超えるようになり、クラックが抑制できる。オン抵抗の上昇が抑制できる。深さ d_{z1} は、 $20\ \mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましい。第 1 接続部材 4 1 の少なくとも一部の厚さは、 $20\ \mu\text{m}$ 以上となり、オン抵抗の上昇がさらに抑制できる。

【 0 0 6 2 】

図 4 (a) 及び図 4 (b) は、半導体装置を例示する断面顕微鏡写真像である。

図 4 (a) は、実施形態に係る半導体装置 1 1 0 に対応する。半導体装置 1 1 0 においては、第 1 部分 p 1 に凹凸形状 (第 1 凹部 2 1 d 及び第 1 凸部 2 1 p) が設けられる。図 4 (b) は、参考例の半導体装置 1 0 9 に対応する。半導体装置 1 0 9 においては、第 1 導電部材 2 1 の第 1 部分 p 1 に上記の凹凸形状が設けられない。

40

【 0 0 6 3 】

図 4 (b) に示すように、参考例の半導体装置 1 0 9 においては、第 1 部分 p 1 と第 3 部分 p 3 の間の第 1 接続部材 4 1 は薄い。第 1 接続部材 4 1 の厚さは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 未満である。これに対して、図 4 (a) に示すように、半導体装置 1 1 0 においては、第 1 部分 p 1 と第 3 部分 p 3 の間の第 1 接続部材 4 1 の一部は、厚い。この例では、第 1 接続部材 4 1 の一部の厚さは、例えば、 $50\ \mu\text{m}$ 以上 $60\ \mu\text{m}$ 以下である。これは、半導体装置 1 1 0 においては、凹凸形状 (第 1 凹部 2 1 d 及び第 1 凸部 2 1 p) が設けられているからである。半導体装置 1 0 9 においては、TCT 評価において、クラックが生じ易く

50

、オン抵抗が増大し易い。半導体装置 110 においては、TCT 評価において、クラックが抑制され、オン抵抗の増大が抑制される。

【0064】

以下、図 1(c) の B1 - B2 線断面の構成の例について説明する。

図 5 は、第 1 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

図 5 は、図 1(c) の B1 - B2 線断面の一部を拡大して示す。

【0065】

図 5 に示すように、半導体装置 110 において、第 4 導電部材 24、第 5 導電部材 25、第 4 接続部材 44 及び第 5 接続部材 45 が設けられる。半導体チップ 10 は、第 3 電極 13 (例えば、ゲート電極) をさらに含む。第 4 導電部材 24 は、半導体チップ 10 (この例では第 3 電極 13 (例えばゲート電極)) と電気的に接続される。

10

【0066】

例えば、第 4 導電部材 24 は、第 7 部分 p7、第 8 部分 p8 及び第 3 中間部分 mp3 を含む。第 3 中間部分 mp3 は、第 7 部分 p7 と第 8 部分 p8 との間に位置する。第 3 中間部分 mp3 は、第 7 部分 p7 及び第 8 部分 p8 よりも上方に位置する。

【0067】

第 8 部分 p8 と、半導体チップ 10 (第 3 電極 13) と、の間に、導電性の第 5 接続部材 45 が設けられる。

【0068】

一方、第 5 導電部材 25 は、第 9 部分 p9、第 10 部分 p10 及び第 4 中間部分 mp4 を含む。第 4 中間部分 mp4 は、第 9 部分 p9 と第 10 部分 p10 との間に位置する。Z 軸方向における第 4 中間部分 mp4 の位置は、Z 軸方向における第 9 部分 p9 の位置と、Z 軸方向における第 10 部分 p10 の位置と、の間にある。

20

【0069】

第 4 接続部材 44 は、第 4 導電部材 24 の一部 (第 7 部分 p7) と、第 5 導電部材 25 の一部 (第 9 部分 p9) と、の間に位置する。

【0070】

樹脂部 30 は、第 4 部分領域 r4 を含む。第 4 部分領域 r4 は、第 4 導電部材 24 の上記の一部、第 5 導電部材 25 の上記の一部、及び、第 4 接続部材 44 の周りに設けられる。

【0071】

第 10 部分 p10 は、樹脂部 30 に覆われない。第 10 部分 p10 は、外部と接続される、別の外部端子となる。一方、第 4 導電部材 24 は、樹脂部 30 に覆われる。この例では、Z 軸方向において、樹脂部 30 の一部と第 4 接続部材 44 との間に第 9 部分 p9 が位置する。

30

【0072】

第 7 部分 p7 は、第 9 部分 p9 に対向する面 24f を有する。面 24f は、第 7 部分凹部 24d 及び第 7 部分凸部 24p を有する。

【0073】

第 7 部分凹部 24d は、第 7 部分底部 24df、第 7 部分 p7 の第 1 距離、第 7 部分 p7 の第 2 距離の少なくともいずれかを有する。第 7 部分底部 24df の少なくとも一部は、第 1 方向 (Z 軸方向) に対して垂直である。第 7 部分 p7 の第 1 距離は、第 7 部分凹部 24d と第 8 部分 p8 との間の距離である。第 7 部分 p7 の第 1 距離は、第 7 部分凸部 24p と第 8 部分 p8 との間の距離よりも長い。第 7 部分 p7 の第 2 距離は、第 7 部分凹部 24d と第 9 部分 p9 との間の第 1 方向 (Z 軸方向) に沿った距離である。第 7 部分 p7 の第 2 距離は、第 8 部分 p8 から第 7 部分 p7 への向きにおいて増大しても良い。

40

【0074】

第 7 部分 p7 にこのような凹凸形状を設けることで、クラックが抑制される。例えば、特性の変動を抑制できる。

【0075】

第 7 部分凹部 24d の深さは、第 1 凹部 21d の深さ dz1 と同様として良い。

50

【 0 0 7 6 】

以下、第 1 部分 p 1 の凹凸形状に関するいくつかの例について説明する。第 1 部分 p 1 の凹凸形状に関する以下の説明は、第 7 部分 p 7 に設けられる凹凸形状にも適用できる。

【 0 0 7 7 】

図 6 (a) ~ 図 6 (d) は、第 1 実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

図 6 (a) に示すように、半導体装置 1 1 1 においては、第 1 部分 p 1 の裏面 (第 1 面 2 1 f と反対側の面) に凹凸形状が設けられている。第 1 部分 p 1 の裏面の凹凸形状は、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f の凹凸形状に沿っている。半導体装置 1 1 1 におけるこれ以外の構成は、半導体装置 1 1 0 の構成と同様である。

10

【 0 0 7 8 】

第 1 部分 p 1 の裏面は実質的に平坦でも良く (半導体装置 1 1 0) 、凹凸形状を有しても良い (半導体装置 1 1 1) 。

【 0 0 7 9 】

図 6 (b) に示すように、半導体装置 1 1 2 においては、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f に第 1 凹部 2 1 d 及び第 1 凸部 2 1 p が設けられている。半導体装置 1 1 2 においては、第 1 距離 $L \times 1$ (第 1 凹部 2 1 d と第 2 部分 p 2 との間の距離) は、距離 $L \times p 1$ (第 1 凸部 2 1 p と第 2 部分 p 2 との間の距離) よりも短い。第 1 凹部 2 1 d は、第 1 底部 2 1 d f を有する。第 1 底部 2 1 d f の少なくとも一部は、第 1 方向 (Z 軸方向) に対して垂直である。半導体装置 1 1 2 におけるこれ以外の構成は、半導体装置 1 1 0 の構成と同様である。

20

【 0 0 8 0 】

半導体装置 1 1 2 においては、第 1 部分 p 1 と第 1 中間部分 m p 1 との間の曲線的な曲がりとは別に、第 1 凹部 2 1 d が設けられる。第 1 凹部 2 1 d の第 1 底部 2 1 d f の少なくとも一部は、X - Y 平面に沿う。このような第 1 凹部 2 1 d を設けた場合も、第 1 底部 2 1 d f に対応する部分において、第 1 接続部材 4 1 を安定して厚くできる。これにより、クラックが抑制できる領域を拡大できる。

【 0 0 8 1 】

図 6 (c) に示すように、半導体装置 1 1 3 においても、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f に第 1 凹部 2 1 d 及び第 1 凸部 2 1 p が設けられている。半導体装置 1 1 3 においては、第 1 凹部 2 1 d の第 1 底部 2 1 d f が傾斜している。既に説明したように、第 1 凹部 2 1 d と第 3 部分 p 3 との間の第 1 方向 (Z 軸方向) に沿った距離を第 2 距離 $L \times 2$ とする。第 2 距離 $L \times 2$ は、第 2 部分 p 2 から第 1 部分 p 1 への向きにおいて増大する。半導体装置 1 1 3 におけるこれ以外の構成は、半導体装置 1 1 0 の構成と同様である。

30

【 0 0 8 2 】

半導体装置 1 1 3 においては、上記の第 1 凹部 2 1 d が設けられる。第 1 接続部材 4 1 は、このような第 1 凹部 2 1 d の中に充填される。第 1 凹部 2 1 d に対応する部分において、第 1 接続部材 4 1 を安定して厚くできる。これにより、クラックが抑制できる領域を拡大できる。

【 0 0 8 3 】

図 6 (d) に示すように、半導体装置 1 1 4 においては、第 1 部分 p 1 の第 1 面 2 1 f に、第 1 凹部 2 1 d と、複数の凸部と、が設けられている。第 1 凸部 2 1 p は、複数の凸部の 1 つに対応する。第 1 凹部 2 1 d は、複数の凸部の間に位置する。半導体装置 1 1 4 におけるこれ以外の構成は、半導体装置 1 1 0 の構成と同様である。半導体装置 1 1 4 においても、第 1 凹部 2 1 d に対応する部分において、第 1 接続部材 4 1 を安定して厚くできる。これにより、クラックが抑制できる領域を拡大できる。

40

【 0 0 8 4 】

半導体装置 1 1 4 において、凹部 (第 1 凹部 2 1 d) は、第 1 部分 p 1 の両端部から内側に離れて設けられている。両端部は、第 1 端部 p a 1 及び第 2 端部 p b 1 である。第 2 端部 p b 1 から第 1 端部 p a 1 に向かう方向は、第 2 方向 (例えば、X 軸方向) に沿う。第

50

2 端部 p b 1 は、第 1 部分 p 1 と第 1 中間部分 m p 1 との境界部分（遷移部分）である。

【0085】

半導体装置 1 1 1 ~ 1 1 4 においても、特性の変動（例えば、オン抵抗の上昇）を抑制できる。

【0086】

このように、実施形態において、凹部（第 1 凹部 2 1 d）は、以下のような第 1 底部 2 1 d f、以下のような第 1 距離 L x 1、及び、以下のような第 2 距離 L z 2 の少なくともいずれかを有しても良い。第 1 底部 2 1 d f の少なくとも一部は、第 1 方向（Z 軸方向）に対して垂直である。第 1 距離 L x 1 は、第 1 凹部 2 1 d と第 2 部分 p 2 との間の距離である。第 1 距離 L x 1 は、第 1 凸部 2 1 p と第 2 部分 p 2 との間の距離 L x p 1 よりも長い。第 2 距離 L z 2 は、第 1 凹部 2 1 d と第 3 部分 p 3 との間の第 1 方向（Z 軸方向）に沿った距離である。第 2 距離 L z 2 は、第 2 部分 p 2 から第 1 部分 p 1 への向きにおいて増大する。

10

【0087】

上記の例では、凹凸形状は、第 1 部分 p 1 に設けられる。以下に説明するように、実施形態において、凹凸形状が第 3 部分 p 3 に設けられても良い。

【0088】

図 7 は、第 1 実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

図 7 は、図 1（c）の A 1 - A 2 線に対応する断面の拡大図である。

【0089】

20

図 7 に示すように、半導体装置 1 2 0 においては、第 2 導電部材 2 2 の第 3 部分 p 3 の表面に凹凸形状が設けられている。一方、この例では、第 1 導電部材 2 1 の第 1 部分 p 1 の表面（第 1 面 2 1 f）には、凹凸形状が設けられていない。半導体装置 1 2 0 において、第 1 面 2 1 f に凹凸形状がさらに設けられても良い。

【0090】

以下、第 3 部分 p 3 に設けられる凹凸形状の例について説明する。第 3 部分 p 3 は、第 2 面 2 2 f を有する。第 2 面 2 2 f は、第 1 接続部材 4 1 に対向する。第 2 面 2 2 f は、凹部（第 2 凹部 2 2 d）及び凸部（第 2 凸部 2 2 p）を含む。

【0091】

第 2 凹部 2 2 d は、第 2 底部 2 2 d f を有する。この例では、第 2 底部 2 2 d f の少なくとも一部は、第 1 方向（Z 軸方向）に対して垂直である。

30

【0092】

第 2 凹部 2 2 d は、第 3 距離 L x 3 を有する。第 3 距離 L x 3 は、第 2 凹部 2 2 d と第 4 部分 p 4 との間の距離である。第 3 距離 L x 3 は、第 2 凸部 2 2 p と第 4 部分 p 4 との間の距離 L x p 3 よりも長い。

【0093】

第 2 凹部 2 2 d は、第 4 距離 L z 4 を有する。第 4 距離 L z 4 は、第 2 凹部 2 2 d と第 1 部分 p 1 との間の第 1 方向（Z 軸方向）に沿った距離である。第 2 凸部 2 2 p は、距離 L z p 4 を有する。距離 L z p 4 は、第 2 凸部 2 2 p と第 1 部分 p 1 との間の第 1 方向（Z 軸方向）に沿った距離である。第 4 距離 L z 4 は、距離 L z p 4 よりも長い。

40

【0094】

第 2 凹部 2 2 d の深さ d z 2 は、Z 軸方向における第 2 凹部 2 2 d の位置と、Z 軸方向における第 2 凸部 2 2 p の位置と、の間の Z 軸方向に沿う距離である。第 2 凹部 2 2 d の深さ d z 2 は、第 4 距離 L z 4 と距離 L z p 4 との差に対応する。

【0095】

このような凹凸形状（第 2 凹部 2 2 d 及び第 2 凸部 2 2 p）を設けることで、第 1 部分 p 1 と第 3 部分 p 3 との間において、第 1 接続部材 4 1 の厚さを安定して増大できる。これにより、クラックが抑制される。例えば、特性の変動（例えば、オン抵抗の上昇）を抑制できる。

【0096】

50

第2凹部22dの深さ d_z2 は、 $10\mu\text{m}$ を超えることが好ましい。深さ d_z2 は、 $20\mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましい。

【0097】

上記のように、半導体装置120においては、第3部分p3の第2面22fに凹凸形状が設けられる。一方、既に説明したように、半導体装置110においては、第1部分p1の第1面21fに凹凸形状が設けられる。後述するように、製造工程において、第3部分p3の上に第1接続部材41となる材料（例えば、はんだペーストなど）を置き、その上に、第1部分p1を置く方法が考えられる。この場合、第3部分p3の上面が平坦であると、その材料を安定して置くことができる。このような場合には、第1部分p1の下面に凹凸形状が設けられることが好ましい。一方、第1接続部材41となる材料が、例えば、シート状であり、シート状の材料が導電部材に転写される方法も考えられる。このような場合には、第3部分p3の上面に凹凸形状が設けられても、シート状の材料を安定して置くことができる。

10

【0098】

以下、第3部分p3の凹凸形状に関するいくつかの例について説明する。第3部分p3の凹凸形状に関する以下の説明は、第9部分p9の凹凸形状にも適用できる。

【0099】

図8(a)～図8(d)は、第1実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

図8(a)に示すように、半導体装置121においては、第3部分p2の裏面（第2面22fと反対側の面）に凹凸形状が設けられている。裏面の凹凸形状は、第2面22fの凹凸形状に沿っている。半導体装置121におけるこれ以外の構成は、半導体装置120の構成と同様である。

20

【0100】

第3部分p3の裏面は実質的に平坦でも良く（半導体装置120）、凹凸形状を有しても良い（半導体装置121）。

【0101】

図8(b)に示すように、半導体装置122においては、第3部分p3の第2面22fに第2凹部22d及び第2凸部22pが設けられている。半導体装置122においては、第3距離 L_{x3} （第2凹部22dと第4部分p4との間の距離）は、距離 L_{xp3} （第2凸部22pと第4部分p4との間の距離）よりも短い。第2凹部22dは、第2底部22dfを有する。第2底部22dfの少なくとも一部は、第1方向（Z軸方向）に対して垂直である。半導体装置122におけるこれ以外の構成は、半導体装置120の構成と同様である。

30

【0102】

半導体装置122においては、第3部分p3と第2中間部分mp2との間の曲線的な曲がりとは別に、第2凹部22dが設けられる。第2凹部22dの第2底部22dfの少なくとも一部は、X-Y平面に沿う。このような第2凹部22dを設けた場合も、第2底部22dfに対応する部分において、第1接続部材41を安定して厚くできる。これにより、クラックが抑制できる領域を拡大できる。

40

【0103】

図8(c)に示すように、半導体装置123においても、第3部分p3の第2面22fに第2凹部22d及び第2凸部22pが設けられている。既に説明したように、第2凹部22dと第1部分p1との間の第1方向（Z軸方向）に沿った距離を第4距離 L_z4 とする。第4距離 L_z4 は、第4部分p4から第3部分p3への向きにおいて増大する。半導体装置123におけるこれ以外の構成は、半導体装置120の構成と同様である。

【0104】

半導体装置123においては、上記の第2凹部22dが設けられる。第1接続部材41は、このような第2凹部22dの中に充填される。第2凹部22dに対応する部分において、第1接続部材41を安定して厚くできる。これにより、クラックが抑制できる領域を拡

50

大できる。

【 0 1 0 5 】

図 8 (d) に示すように、半導体装置 1 2 4 においては、第 3 部分 p 3 の第 2 面 2 2 f に、第 2 凹部 2 2 d と、複数の凸部が設けられている。第 2 凸部 2 2 p は、複数の凸部の 1 つに対応する。第 2 凹部 2 2 d は、複数の凸部の間に位置する。半導体装置 1 2 4 におけるこれ以外の構成は、半導体装置 1 2 0 の構成と同様である。半導体装置 1 2 4 においても、第 2 凹部 2 2 d に対応する部分において、第 1 接続部材 4 1 を安定して厚くできる。これにより、クラックが抑制できる領域を拡大できる。

【 0 1 0 6 】

半導体装置 1 2 4 において、凹部 (第 2 凹部 2 2 d) は、第 3 部分 p 3 の両端部から内側に離れて設けられている。両端部は、第 3 端部 p a 3 及び第 4 端部 p b 3 である。第 4 端部 p b 3 から第 3 端部 p a 3 に向かう方向は、第 3 方向 (例えば、X 軸方向) に沿う。第 4 端部 p b 3 は、第 3 部分 p 3 と第 2 中間部分 m p 2 との境界部分 (遷移部分) である。

【 0 1 0 7 】

半導体装置 1 2 1 ~ 1 2 4 においても、特性の変動 (例えば、オン抵抗の上昇) を抑制できる。

【 0 1 0 8 】

このように、実施形態において、凹部 (第 2 凹部 2 2 d) は、以下のような第 2 底部 2 2 d f、以下のような第 3 距離 L x 3、及び、以下のような第 4 距離 L z 4 の少なくともいずれかを有しても良い。第 2 底部 2 2 d f の少なくとも一部は、第 1 方向 (Z 軸方向) に対して垂直である。第 3 距離 L x 3 は、第 2 凹部 2 2 d と第 4 部分 p 4 との間の距離である。第 3 距離 L x 3 は、第 2 凸部 2 2 p と第 4 部分 p 4 との間の距離よりも長い。第 4 距離 L z 4 は、第 2 凹部 2 2 d と第 1 部分 p 1 との間の第 1 方向に沿った距離である。第 4 距離 L z 4 は、第 4 部分 p 4 から第 3 部分 p 3 への向きにおいて増大する。

【 0 1 0 9 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態は、製造方法に係る。以下、第 1 導電部材 2 1 の製造方法、及び、半導体装置の製造方法の例について説明する。

【 0 1 1 0 】

図 9 (a) ~ 図 9 (c) は、第 2 実施形態に係る半導体装置の一部の製造方法を例示する模式的断面図である。

これらの図は、第 1 導電部材 2 1 (半導体装置 1 1 0 の一部の部品) の製造方法を例示している。

【 0 1 1 1 】

図 9 (a) に示すように、導電板 2 1 A を準備する。導電板 2 1 A は、例えば、Cu 板である。

【 0 1 1 2 】

図 9 (b) に示すように、導電板 2 1 A を、第 1 型 M 1 及び第 2 型 M 2 の間に入れた状態で、これらの型に圧力を加えて、導電板 2 1 A を変形させる。例えば、第 1 型 M 1 の第 2 型 M 2 に対向する面は、凹領域 M p 1、凹領域 M p 2 及び凸領域 M p 3 を有する。第 2 型 M 2 の第 1 型 M 1 に対向する面は、凸領域 M q 1、凸領域 M q 2 及び凹領域 M q 3 を有する。導電板 2 1 A の 1 つの領域 (凹領域 M p 1 と凸領域 M q 1 との間の領域) から、第 1 部分 p 1 が形成される。導電板 2 1 A の別の 1 つの領域 (凹領域 M p 2 と凸領域 M q 2 との間の領域) から、第 2 部分 p 2 が形成される。導電板 2 1 A の別の 1 つの領域 (凸領域 M p 3 と凹領域 M q 3 との間の領域) から、第 1 中間部分 m p 1 が形成される。

【 0 1 1 3 】

凹領域 M p 1 に、凹部 M p d 及び凸部 M p p が設けられている。凹部 M p d に対応する部分により、導電板 2 1 A に凸部が形成される。凸部 M p p に対応する部分により、導電板 2 1 A に凹部が形成される。導電板 2 1 A の凸部が、第 1 凸部 2 1 p となる。導電板 2 1 A の凹部が、第 1 凹部 2 1 d となる。導電板 2 1 A をこれらの型から外す。

10

20

30

40

50

【0114】

図9(c)に示すように、導電板21Aの1つの領域(凹領域Mp1と凸領域Mq1との間の領域)の一部を切断して除去する。これにより、第1部分p1が形成される。これにより、図1(a)に例示した第1導電部材21が得られる。

【0115】

図9(b)において、第2型M2の凸領域Mq1の表面形状を、第1型M1の凹領域Mp1の表面形状(凹凸形状)に沿わせても良い。例えば、凸領域Mq1に凸部及び凹部が設けられ、これらの凸部及び凹部が、凹領域Mp1の凹部Mpd及び凸部Mppにそれぞれ嵌め込まれるように、第1型M1及び第2型M2が重ね合わせられても良い。この場合、図6(a)に例示した第1導電部材21が得られる。2つの型の表面形状は、種々に変形して良い。種々の形状の第1凹部21d及び第1凸部21pが得られる。

10

【0116】

第1導電部材21を含む半導体装置の製造方法の例について説明する。

図10(a)~図10(e)は、第2実施形態に係る半導体装置の製造方法を例示する模式的断面図である。

図10(a)に示すように、リードフレーム28を準備する。リードフレーム28は、第2導電部材22となる部分、及び、第3導電部材23となる部分を含む。

【0117】

図10(b)に示すように、第3導電部材23の一部(第5部分p5)の上に、はんだペースト43bを塗布する。

20

【0118】

図10(c)に示すように、はんだペースト43bの上に、半導体チップ10を載せる。はんだペースト43bを溶融させ、第3導電部材23と半導体チップ10とを接合する。

【0119】

図10(d)に示すように、半導体チップ10の上に、はんだペースト42bを塗布し、第2導電部材22の一部(第3部分p3)の上に、はんだペースト41bを塗布する。

【0120】

図10(e)に示すように、はんだペースト42b及びはんだペースト41bの上に、第1導電部材21を載せる。はんだペースト42bの上に、第2部分p2が位置する。はんだペースト41bの上に、第1部分p1が位置する。はんだペースト42b及びはんだペースト41bを溶融させる。第1導電部材21の第2部分p2と、半導体チップ10と、が接合される。第1導電部材21の第1部分p1と、第2導電部材22の第3部分p3と、が接合される。

30

【0121】

この後、樹脂部30をモールド加工により形成する。さらに、リードフレーム28の不要な部分を切断する。これにより、半導体装置(例えば、半導体装置110など)が得られる。

【0122】

(第3実施形態)

図11は、第3実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

40

図11は、図1(a)に対応する部分の断面図である。

図11に示すように、本実施形態に係る半導体装置130においては、第1接続部材41は、粒41pを含む。粒41pは、例えば、金属ボールである。粒41pは、例えばNiを含むボールである。半導体装置130におけるこれ以外の構成は、例えば、第1実施形態に係る半導体装置(例えば半導体装置110など)と同様である。

【0123】

半導体装置130においては、第1接続部材41(例えば、はんだ)中の粒41pが、第1部分p1と第3部分p3との間に位置する。第1部分p1と第3部分p3との間の距離の最小値は、粒41pのサイズにより決まる。これにより、第1接続部材41の厚さが、適切な厚さ以上に設定し易くなる。これにより、例えば、クラックが抑制される。特性の

50

変動を抑制できる半導体装置を提供できる。

【0124】

実施形態において、粒41pのサイズ（例えば径）は、10μmを超え20μm以下であることが好ましい。サイズが10μmを超えることにより、第1部分p1と第3部分p3との間の距離の最小値を10μmよりも大きくできる。

【0125】

粒41pは、接合には寄与しない。粒41pのサイズは、適切なサイズ以下に制御される。これにより、適切な接合強度が維持できる。例えば、粒41pのサイズが過度に大きい場合、実効的な接続領域の面積が小さくなる。例えば、パッケージサイズを小型化するために、第1部分p1と第3部分p3とが互いに対向する部分（接合部分）を小さくする場合がある。このような場合においても、粒41pのサイズを20μm以下にすることで、実効的な接続領域の面積を実用的な範囲に維持できる。

10

【0126】

はんだペースト41bなどをノズルから塗出して塗布する方法がある。粒41pのサイズが過度に大きいと、ノズルが詰まり、安定した製造が困難になる場合がある。粒41pのサイズが20μm以下であると、ノズルの詰まりが抑制できる。安定した製造が可能になる。

【0127】

粒41pの濃度は、適切な濃度以下に制御される。これにより、適切な接合強度が維持できる。

20

【0128】

半導体装置130においては、粒41pにより、第1部分p1と第3部分p3との間の距離の最小値が制御される。さらに、第1部分p1に凹凸形状が設けられるため、第1部分p1と第3部分p3との間の距離が、凹部の深さに基づいて制御される。これにより、第1接続部材41の厚さは、より安定して、厚く制御できる。特性の変動をより安定して抑制できる。

【0129】

図12は、第3実施形態に係る別の半導体装置を例示する模式的断面図である。

図12は、図1(a)に対応する部分の断面図である。

図12に示すように、本実施形態に係る半導体装置131においても、第1接続部材41は、粒41pを含む。半導体装置131においては、第1部分p1に凹凸形状が設けられていない。半導体装置131におけるこれ以外の構成は、半導体装置130と同様である。

30

【0130】

半導体装置131においては、粒41pにより、第1部分p1と第3部分p3との間の距離の最小値が制御される。半導体装置131においても、特性の変動を抑制できる。

【0131】

図13は、第3実施形態に係る別の半導体装置を例示する断面顕微鏡写真像である。

図13は、半導体装置131に対応する。図13に示すように、粒41pにより、第1部分p1及び第3部分p3の間の距離が制御される。この例では、第1部分p1と第3部分p3との間の距離は、約20μm～約30μmである。

40

【0132】

実施形態において、第1接続部材41の「0.02%耐力」（例えばJIS Z 2241：2011参照）は、10.5MPa以上であることが好ましい。

【0133】

例えば、第1接続部材41として、Pb、Ag及びSnを含むはんだが用いられる場合がある。このとき、Agの濃度が1wt%で、Snの濃度が3wt%である第1はんだ材料においては、「0.02%耐力」は、10.5MPaである。一方、Agの濃度が2wt%で、Snの濃度が8wt%である第2はんだ材料においては、「0.02%耐力」は、12.5MPaである。第2はんだ材料を用いた場合において、TCCT評価後のクラック及びオン抵抗の変化は、第1はんだ材料を用いた場合に比べて、明確に良好である。

50

【 0 1 3 4 】

以下、樹脂部 3 0 の材料に関する実験結果の例について説明する。

【 0 1 3 5 】

第 1 実験においては、樹脂部 3 0 として用いられる材料が変更される。樹脂部 3 0 は、エポキシ樹脂と、フィラーと、を含む。フィラーはシリカ球である。フィラーの濃度が変更される。

【 0 1 3 6 】

実験試料の半導体装置においては、第 1 部分 p 1 及び第 3 部分 p 3 に凹凸形状は設けられていない。作製された半導体装置に関して種々の評価が行われる。以下では、以下の 4 つの評価結果について説明する。

【 0 1 3 7 】

第 1 評価においては、M S L (Moisture Sensitivity Level) 試験後の剥離が評価される。例えば、樹脂部と導電部材との間に剥離が観察される。第 2 評価においては、M S L 試験後の樹脂部 3 0 のクラックが評価される。上記の M S L 試験の条件は、8 5 、 8 5 R H %、4 8 時間において、3 回の I R リフロー (2 6 0 M a x) である。

【 0 1 3 8 】

第 3 評価においては、T C T 後のはんだ (第 1 接続部材 4 1) のクラックが顕微鏡により観察される。第 4 評価においては、T C T 後のオン抵抗の変動が評価される。

【 0 1 3 9 】

図 1 4 は、半導体装置の評価結果を示す表である。

図 1 4 には、第 1 ~ 第 7 試料 S P 0 1 ~ S P 0 7 の評価結果が示されている。

第 1 試料 S P 0 1 においては、エポキシ樹脂 M 0 4 が用いられ、フィラー濃度 C f は、8 8 . 0 w t % (重量 %) である。第 2 試料 S P 0 2 においては、エポキシ樹脂 M 0 2 が用いられ、フィラー濃度 C f は、8 7 . 5 w t % である。第 3 試料 S P 0 3 においては、エポキシ樹脂 M 0 1 が用いられ、フィラー濃度 C f は、8 5 . 0 w t % である。第 4 試料 S P 0 4 においては、エポキシ樹脂 M 0 3 が用いられ、フィラー濃度 C f は、8 4 . 0 w t % である。第 5 試料 S P 0 5 においては、エポキシ樹脂 M 0 5 が用いられ、フィラー濃度 C f は、8 4 . 0 w t % である。第 6 試料 S P 0 6 においては、エポキシ樹脂 M 0 6 が用いられ、フィラー濃度 C f は、8 0 . 0 w t % である。第 7 試料 S P 0 7 においては、エポキシ樹脂 M 0 7 が用いられ、フィラー濃度 C f は、7 7 . 0 w t % である。

【 0 1 4 0 】

図 1 4 には、樹脂材料 (エポキシ樹脂及びフィラー) についての、線膨張係数 ($\times 10^{-6} / K$) 及びガラス転移温度 T g () の評価結果が示されている。さらに、図 1 4 には、上記の第 1 評価 V 1 ~ 第 4 評価 V 4 の結果が示されている。結果は、E 1 ~ E 4 の 4 段階の評価値で示されている。評価値 E 1 は、「規準以下で悪い」ことを示す。評価値 E 2 は、「基準とほぼ同値度」であることを示す。評価値 E 3 は、「基準を超えており良好である」ことを示す。評価値 E 4 は、「基準を大きく超えており結果 3 よりも良い」ことを示す。

【 0 1 4 1 】

図 1 4 に示すように、第 1 評価 V 1 (M S L 試験における剥離) の結果は、全ての試料において、評価値 E 3 であり、良好である。第 2 評価 V 2 (M S L 試験における樹脂部 3 0 のクラック) の結果は、全ての試料において、評価値 E 3 であり、良好である。

【 0 1 4 2 】

第 3 評価 V 3 (T C T におけるクラック) の結果、及び、第 4 評価 V 4 (T C T におけるオン抵抗の変動) の結果は、第 1 ~ 第 3 試料 S P 0 1 ~ S P 0 3 において、評価値 E 1 であり、悪い。第 4 試料 S P 0 4 及び第 5 試料 S P 0 5 において、結果は、評価値 E 2 である。第 6 試料 S P 0 6 において、結果は、評価値 E 3 であり、良好である。第 7 試料 S P 0 7 において、結果は、評価値 E 4 であり、さらに良好である。

【 0 1 4 3 】

図 1 4 の結果から、樹脂部 3 0 の線膨張係数 は、大きいことが好ましい。線膨張係数

10

20

30

40

50

は、例えば、 $1.3 \times 10^{-6} / K$ 以上 $1.7 \times 10^{-6} / K$ 以下であることが好ましい。図 14 に示すように、第 3 評価 V3 (TCT におけるクラック)、及び、第 4 評価 V4 (TCT におけるオン抵抗の変動) において、良好な結果が得られる。

【0144】

例えば、Cu の線膨張係数は、約 $1.7 \times 10^{-6} / K$ である。樹脂部 30 の線膨張係数は、導電部材 (例えば Cu) の線膨張係数に近いことが好ましいと考えられる。一般的な半導体装置において、樹脂部 (封止材) の線膨張係数は、シリコンの線膨張係数 (約 $6 \times 10^{-6} / K$) の近くなるように設計されることが多い。実施形態においては、コネクタとポストとの接合部分に応力が特に集中すると考えられる。このような構造の場合においては、樹脂部 30 の線膨張係数は、半導体 (シリコン) の線膨張係数ではなく、導電部材 (例えば Cu) の線膨張係数に近いことが、好ましいと考えられる。これにより、例えば、コネクタとポストとの接合部分 (第 1 接続部材 41) におけるクラックが抑制され易くなる。特性の変動が抑制される。

10

【0145】

実施形態において、樹脂部 30 は、複数のフィラーを含む。複数のフィラーの樹脂部 30 における濃度は、76 重量%以上 84 重量%以下であることが好ましい。図 14 に示すように、第 3 評価 V3 (TCT におけるクラック)、及び、第 4 評価 V4 (TCT におけるオン抵抗の変動) において、良好な結果が得られる。

【0146】

フィラーは、例えば、Si を含む酸化物 (例えばシリカ)、Mg を含む酸化物、及び、Al を含む酸化物よりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む。

20

【0147】

図 15 は、半導体装置の評価結果を示す表である。

図 15 は、第 2 実験の結果を示す。第 2 実験においては、樹脂部 30 のエポキシ樹脂の材料が変更される。エポキシ樹脂の材料の変更により、ガラス転移温度 Tg が変更される。第 2 実験において、フィラー濃度 Cf は、80.0 wt % で一定である。第 2 実験においても、半導体装置において、第 1 部分 p1 及び第 3 部分 p3 に凹凸形状は設けられていない。

【0148】

図 15 に示すように、第 8 試料 SP08 においては、エポキシ樹脂 M06 が用いられ、ガラス転移温度 Tg は、120 である。第 9 試料 SP09 においては、エポキシ樹脂 M08 が用いられ、ガラス転移温度 Tg は、150 である。第 10 試料 SP10 においては、エポキシ樹脂 M09 が用いられ、ガラス転移温度 Tg は、170 である。

30

【0149】

図 15 に示すように、ガラス転移温度 Tg が高いと、TCT 評価において良好な結果が得られる。TCT 評価における最高温度は、150 である。ガラス転移温度 Tg が TCT 評価における最高温度以上であることで、良好な結果が得られると考えられる。

【0150】

実施形態において、樹脂部 30 のガラス転移温度 Tg は、150 以上であることが好ましい。クラックがより抑制できる。特性の変動をより効果的に抑制できる。

40

【0151】

例えば、パワー半導体装置において、半導体チップと外部端子との接合構造として、ワイヤボンディングではなく、銅などの板状のコネクタを用いた構造が提案されている。これにより、例えば、低い抵抗が得られる。このような半導体装置において、厳しい信頼性基準を満たすことが要求される。TCT (温度サイクル試験) において、はんだにクラックが発生しオン抵抗が上昇することがある。

【0152】

実施形態によれば、特性の変動を抑制できる半導体装置を提供することができる。

【0153】

本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけではなく

50

、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

【 0 1 5 4 】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、半導体装置に含まれる半導体チップ、導電部材、接続部材及び絶縁部などの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

【 0 1 5 5 】

また、各具体例のいずれか 2 つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

10

【 0 1 5 6 】

その他、本発明の実施の形態として上述した半導体装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての半導体装置も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

【 0 1 5 7 】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

【 0 1 5 8 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 5 9 】

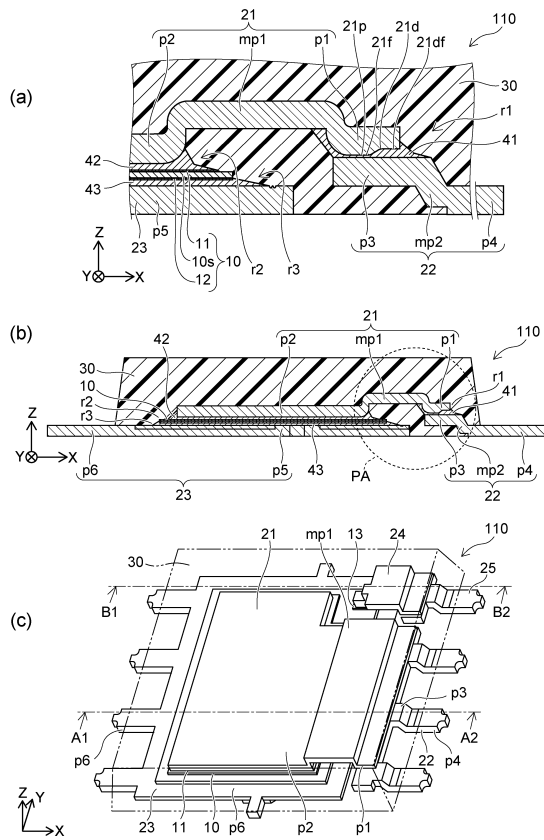
1 0 ...半導体チップ、 1 0 s ...半導体層、 1 1 ~ 1 3 ...第 1 ~ 第 3 電極、 2 1 ...第 1 導電部材、 2 1 d ...第 1 凹部、 2 1 d f ...第 1 底部、 2 1 f ...第 1 面、 2 1 p ...第 1 凸部、 2 2 ...第 2 導電部材、 2 2 d ...第 2 凹部、 2 2 d f ...第 2 底部、 2 2 f ...第 2 面、 2 2 p ...第 2 凸部、 2 3 ...第 3 導電部材、 2 4 ...第 4 導電部材、 2 4 d ...第 7 部分凹部、 2 4 d f ...第 7 部分底部、 2 4 f ...面、 2 4 p ...第 7 部分凸部、 2 5 ...第 5 導電部材、 2 8 ...リードフレーム、 3 0 ...樹脂部、 4 1 ~ 4 5 ...第 1 ~ 第 5 接続部材、 4 1 b、4 2 b、4 3 b ...はんだペースト、 4 1 p ...粒、 1 0 9 1 1 0 ~ 1 1 4、1 2 0 ~ 1 2 4、1 3 0、1 3 1 ...半導体装置、 R o n ...変動、 R o n 1 ...基準値、 E 1 ~ E 4 ...評価値、 L x 1 ...第 1 距離、 L x 3 ...第 3 距離、 L x p 1、L x p 3 ...距離、 L z 2 ...第 2 距離、 L z 4 ...第 4 距離、 L z p 2、L z p 4 ...距離、 M 0 1 ~ M 0 9 ...エポキシ樹脂、 M 1、M 2 ...第 1、第 2 型、 M p 1、M p 2 ...凹領域、 M p 3 ...凸領域、 M p d ...凹部、 M p p ...凸部、 M q 1、M q 2 ...凸領域、 M q 3 ...凹領域、 P A ...一部、 V 1 ~ V 4 ...第 1 ~ 第 4 評価、 S P 0 1 ~ S P 1 0 ...第 1 ~ 第 1 0 試料、 d z 1、d z 2 ...深さ、 m p 1 ~ m p 4 ...第 1 ~ 第 4 中間部分、 p 1 ~ p 1 0 ...第 1 ~ 第 1 0 部分、 p a 1、p b 1、p a 3、p b 4 ...第 1 ~ 第 4 端部、 r 1 ~ r 4 ...第 1 ~ 第 4 部分領域、 t c ...厚さ

30

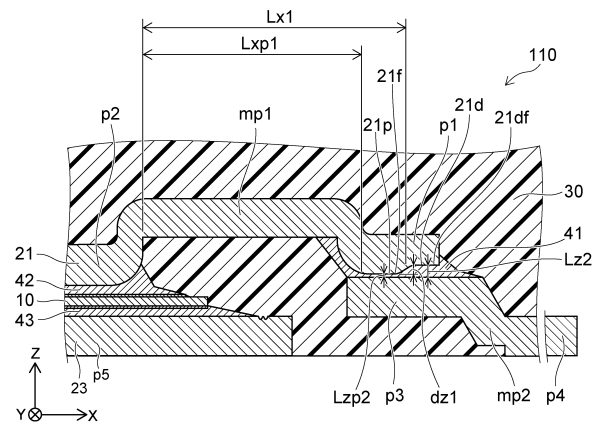
40

【図面】

【 図 1 】



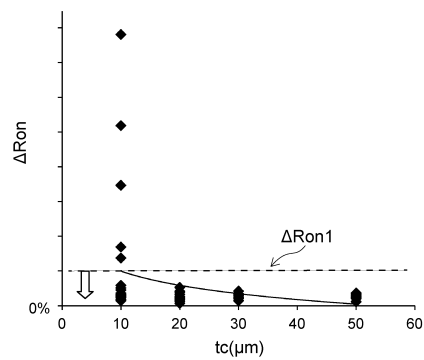
【 図 2 】



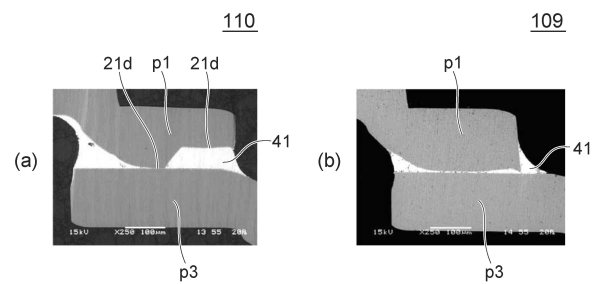
10

20

【圖 3】



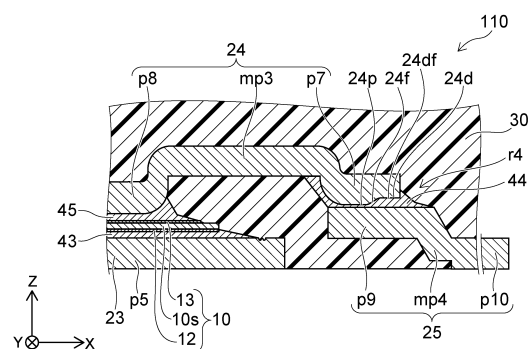
【圖 4】



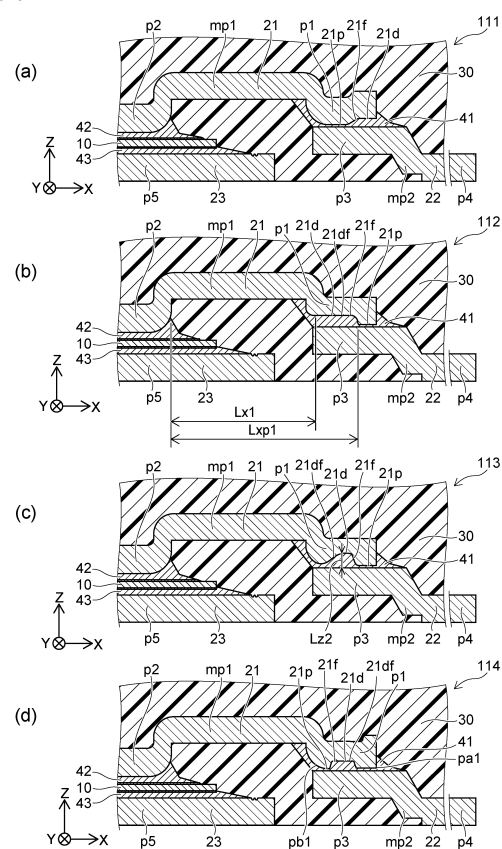
30

40

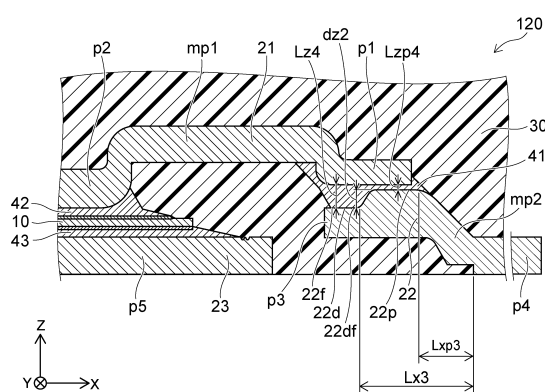
【 図 5 】



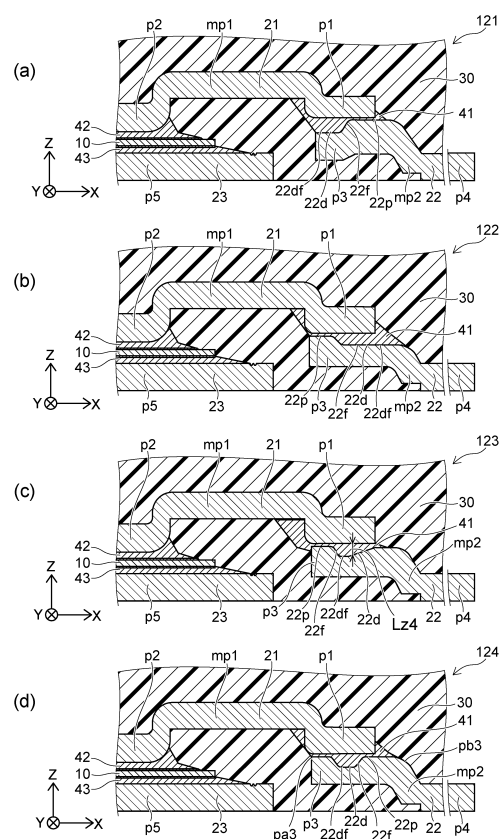
【 図 6 】



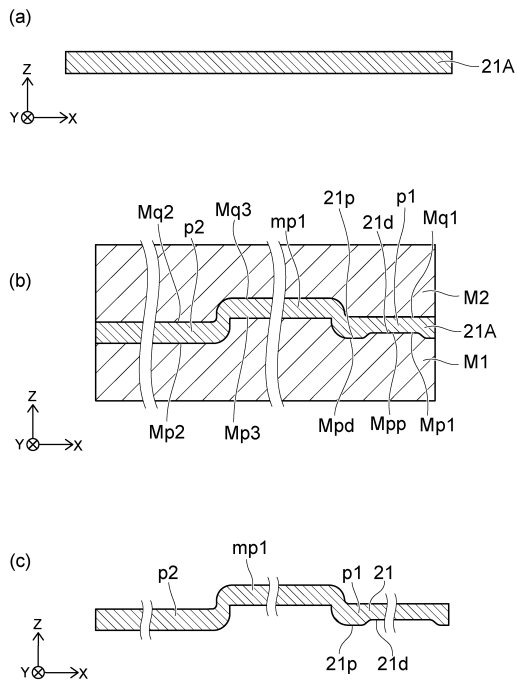
【圖 7】



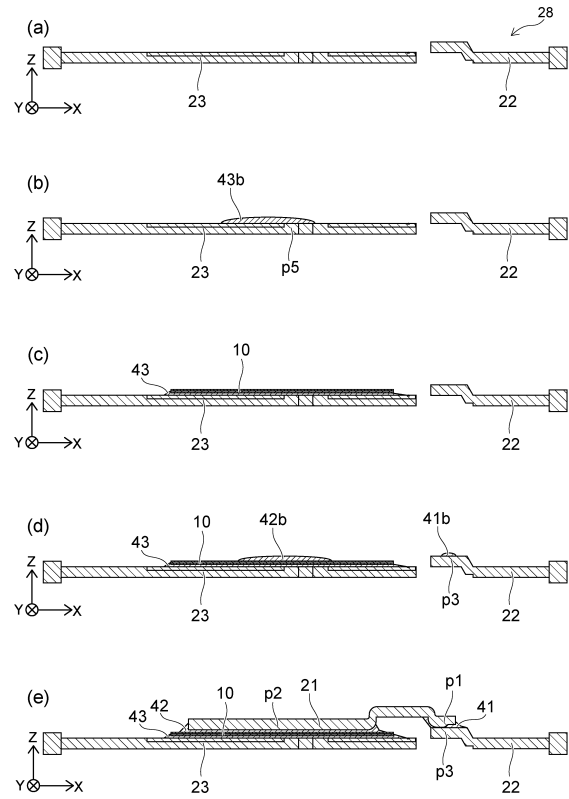
【圖 8】



【図 9】



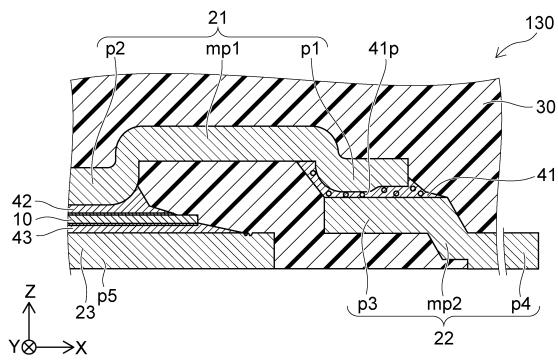
【図 10】



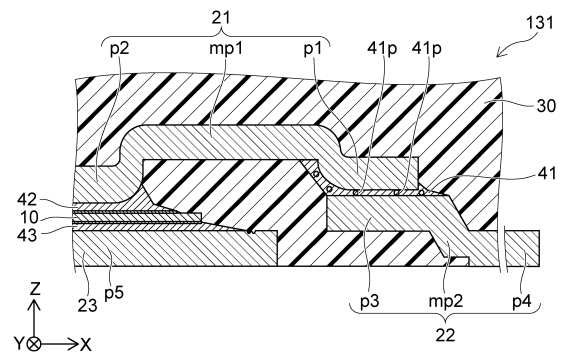
10

20

【図 11】



【図 12】

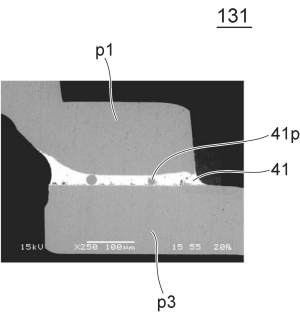


30

40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

		Cf(wt%)	$\alpha (\times 10^{-6}/k)$	Tg(℃)	MSL		TCT(1000cyc)	
					V-1	V-2	V-3	V-4
SP01	M04	88.0	9	120	E3	E3	E1	E1
SP02	M02	87.5	8	120	E3	E3	E1	E1
SP03	M01	85.0	10	120	E3	E3	E1	E1
SP04	M03	84.0	12	120	E3	E3	E2	E2
SP05	M05	84.0	12	120	E3	E3	E2	E2
SP06	M06	80.0	14	120	E3	E3	E3	E3
SP07	M07	77.0	17	120	E3	E3	E4	E4

10

【 図 1 5 】

		Cf(wt%)	$\alpha (\times 10^{-6}/k)$	Tg(℃)	MSL		TCT(1000cyc)	
					V1	V2	V3	V4
SP08	M06	80.0	14	120	E3	E3	E3	E3
SP09	M08	80.0	14	150	E3	E3	E4	E4
SP10	M09	80.0	14	170	E3	E3	E4	E4

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内
(72)発明者 服部 聡
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内
(72)発明者 田摩 京
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内
審査官 井上 和俊
(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 2 1 6 7 3 6 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 0 0 9 2 9 5 (U S , A 1)
特開 2 0 1 1 - 0 4 9 2 4 4 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 2 3 2 5 6 6 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 3 / 4 8
H 0 1 L 2 1 / 6 0
H 0 1 L 2 3 / 5 0