

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4908750号  
(P4908750)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月20日(2012.1.20)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/60 (2006.01) HO 1 L 21/60 3 1 1 S  
 HO 1 L 25/065 (2006.01) HO 1 L 25/08 B  
 HO 1 L 25/07 (2006.01)  
 HO 1 L 25/18 (2006.01)

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-341029 (P2004-341029)	(73) 特許権者	000116024 ローム株式会社 京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
(22) 出願日	平成16年11月25日(2004.11.25)	(74) 代理人	100087701 弁理士 稲岡 耕作
(65) 公開番号	特開2006-156492 (P2006-156492A)	(74) 代理人	100101328 弁理士 川崎 実夫
(43) 公開日	平成18年6月15日(2006.6.15)	(74) 代理人	100136652 弁理士 河津 康一
審査請求日	平成19年11月12日(2007.11.12)	(72) 発明者	谷田 一真 京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム株式会社内
前置審査		(72) 発明者	宮田 修 京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属からなる接続電極が突出して形成された接続面を有する固体装置と、  
 金属からなる突起電極が突出して形成された機能面を有し、この機能面を上記固体装置の上記接続面に対向させて、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して接合された半導体チップと、

上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、

上記接続電極の高さと上記突起電極の高さとの和が上記所定間隔の2分の1以上であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

接続面と、この接続面から突出した接続電極とを有する固体装置と、  
 機能面と、この機能面から突出した突起電極とを有し、上記機能面を上記固体装置の上記接続面に対向させて、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して接合された半導体チップと、

上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上

記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、

上記接続電極の高さと上記突起電極の高さとの和が上記所定間隔の2分の1以上であることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】

接続面と、この接続面から突出した接続電極を有する固体装置と、  
機能面と、この機能面から突出した突起電極を有し、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して、上記突起電極を上記接続電極に向かい合わせて接合した半導体チップと、

上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、

上記接続電極の高さと上記突起電極の高さとの和が上記所定間隔の2分の1以上であることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】

接続面と、この接続面から突出した接続電極を有する固体装置と、  
機能面と、この機能面から突出した突起電極を有し、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して、上記突起電極を上記接続電極に接合した半導体チップと、

上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、

上記接続電極の高さと上記突起電極の高さとの和が上記所定間隔の2分の1以上であることを特徴とする半導体装置。

【請求項5】

上記接続電極は、上記半導体チップに対向する上面と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面とを有し、

上記突起電極は、上記固体装置に対向する上面と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面とを有し、

上記接続電極の上面および側面ならびに上記突起電極の上面および側面のほぼ全域が、上記接続部材に覆われていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項6】

上記接続電極は、上記半導体チップに対向する上面と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面とを有し、

上記突起電極は、上記固体装置に対向する上面と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面とを有し、

上記反応層は、上記接続電極の側面および上記突起電極の側面を覆っていることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項7】

上記反応層は、上記接続電極と上記突起電極との間を埋めるように配置されていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項8】

上記接続電極と上記突起電極とが同じ材料からなることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項9】

10

20

30

40

50

上記固体装置は、上記半導体チップとは別の半導体チップであることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 10】

上記接続電極および上記突起電極は、上記接続電極と上記突起電極との接続部分の位置が、上記半導体チップ側または上記固体装置側に片寄るように、それぞれの高さが異ならせて形成されていることを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置。

【請求項 11】

上記接続電極が、金、銅、もしくはニッケル、またはこれらの合金からなることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 12】

上記突起電極が、金、銅、もしくはニッケル、またはこれらの合金からなることを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 13】

上記低融点金属が、錫、鉛、もしくはインジウム、またはこれらの合金からなることを特徴とする請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 14】

上記低融点金属の電気抵抗率が、上記接続電極および上記突起電極を構成する金属の電気抵抗率より高いことを特徴とする請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 15】

上記低融点金属が、上記接続電極および上記突起電極を構成する金属より柔らかいことを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 16】

上記機能面と上記接続面との間が、封止樹脂で封止されていることを特徴とする請求項 1 ないし 15 のいずれかに記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、フリップチップ接続された半導体チップを有する半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の小型化および高密度実装のために、半導体チップの機能素子が形成された機能面を固体装置に対向させて、半導体チップを固体装置に接続するフリップチップ接続構造が注目されている。

図 7 は、フリップチップ接続構造を有する従来の半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。この半導体装置 51 は、接続面 52 a を有する配線基板 52 と、機能素子が形成された機能面 53 a を有し、この機能面 53 a を接続面 52 a に対向させて接続された半導体チップ 53 とを含んでいる。

【0003】

配線基板 52 の接続面 52 a には、銅 (Cu) からなる接続パッド 58 が形成されている。

半導体チップ 53 の機能面 53 a には、機能素子に接続された電極パッド 54 が形成されている。機能面 53 a は、表面保護膜 55 で覆われており、この表面保護膜 55 には、電極パッド 54 を露出させる開口 55 a が形成されている。そして、開口 55 a 上には、電極パッド 54 の開口 55 a からの露出面を覆うように、拡散防止膜 56 が形成されている。この拡散防止膜 56 の厚さは、図 7 に示すように、表面保護膜 55 の厚さより薄く、拡散防止膜 56 は、電極パッド 54 や表面保護膜 55 の表面から実質的に突出していない。

【0004】

配線基板 52 の接続パッド 58 と半導体チップ 53 の拡散防止膜 56 との間には、錫 (Sn) - 鉛 (Pb) 半田材料からなるボール状の接続部材 57 が介在されている。この接

10

20

30

40

50

続部材 57 の介在によって、半導体チップ 53 が配線基板 52 と所定間隔を保った状態で支持されるとともに、配線基板 52 と半導体チップ 53 との電氣的接続が達成される。

そのため、接続部材 57 は、通常、配線基板 52 と半導体チップ 53 との対向方向において、接続パッド 58 および拡散防止膜 56 よりもはるかに大きな厚みを有する。

【非特許文献 1】J. D. Wu et al., "Electromigration Reliability of SnAgXCuX Flip Chip Interconnects", 54th Electron. Components and Technol. Conf., 2004, p.961

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、20 において、錫の電気抵抗率は  $1.2 \cdot 8 \times 10^{-8} \cdot \text{cm}$  であり、鉛の電気抵抗率は  $2.0 \cdot 6 \times 10^{-8} \cdot \text{cm}$  である。したがって、錫 - 鉛半田からなる接続部材 57 の電気抵抗率は、接続パッド 58 を構成する銅の電気抵抗率である  $1.673 \times 10^{-8} \cdot \text{cm}$  の十倍程度となる。

このため、図 7 に示す半導体装置 51 のように、接続パッド 58 と電極パッド 54 との間に、これらよりもはるかに大きな厚みを有する接続部材 57 が介在されている構成では、配線基板 52 と半導体チップ 53 との間の電気抵抗が大きなものとなる。このような大きな電気抵抗を有する半導体装置 51 は、動作速度が遅いため、高速デバイスへの適用が不向きである。とくに、配線基板 52 や半導体チップ 53 に微細パターンの配線（接続パッド 58 や電極パッド 54 を含む。）が形成されている場合、接続部材 57 の電気抵抗は無視できないものとなる。

【0006】

そこで、この発明の目的は、固体装置と半導体チップとの間の電気抵抗を低減できる半導体装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するための請求項 1 記載の発明は、金属からなる接続電極（10, 43）が突出して形成された接続面（2a, 33a）を有する固体装置（2, 33）と、金属からなる突起電極（13, 46）が突出して形成された機能面（3a, 34a）を有し、この機能面を上記固体装置の上記接続面に対向させて、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔（D3, D6, D9）を保持して接合された半導体チップ（3, 34）と、上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材（22）であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層（22a）と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層（22b）とを有する接続部材とを備え、上記接続電極の高さ（D1, D4, D7）と上記突起電極の高さ（D2, D5, D8）との和が上記所定間隔の 2 分の 1 以上であることを特徴とする半導体装置（21）である。

請求項 2 記載の発明は、接続面と、この接続面から突出した接続電極とを有する固体装置と、機能面と、この機能面から突出した突起電極とを有し、上記機能面を上記固体装置の上記接続面に対向させて、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して接合された半導体チップと、上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、上記接続電極の高さと上記突起電極の高さとの和が上記所定間隔の 2 分の 1 以上であることを特徴とする半導体装置である。

請求項 3 記載の発明は、接続面と、この接続面から突出した接続電極を有する固体装置と、機能面と、この機能面から突出した突起電極を有し、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して、上記突起電極を上記接続電極に向かい合わせて接合した半導体チップと、上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記

10

20

30

40

50

固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、上記接続電極の高さと上記突起電極の高さととの和が上記所定間隔の2分の1以上であることを特徴とする半導体装置である。

請求項4記載の発明は、接続面と、この接続面から突出した接続電極を有する固体装置と、機能面と、この機能面から突出した突起電極を有し、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して、上記突起電極を上記接続電極に接合した半導体チップと、上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記固体装置の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材であって、上記接続電極または上記突起電極を構成する金属と上記低融点金属との合金からなる反応層と、上記反応層の側方を覆い上記低融点金属からなる未反応層とを有する接続部材とを備え、上記接続電極の高さと上記突起電極の高さととの和が上記所定間隔の2分の1以上であることを特徴とする半導体装置である。

BGA型半導体装置は、金属からなる接続電極が突出して形成された接続面を有する固体装置としての基板と、金属からなる突起電極が突出して形成された機能面を有し、この機能面を上記基板の上記接続面に対向させて、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して接合された半導体チップと、上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記基板の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材とを備えていてもよく、この場合、上記機能面と上記接続面との対向方向において、上記接続電極の高さと上記突起電極の高さととの和が上記所定間隔の2分の1以上であり、かつ、上記接続電極が上記突起電極よりも高くてもよく、この場合、上記接続電極は、上記半導体チップに対向する上面(10a, 43a)と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面(10b, 43b)とを有していてもよく、この場合、上記突起電極は、上記固体装置に対向する上面(13a, 46a)と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面(13b, 46b)とを有していてもよく、この場合、上記接続電極の上面および側面ならびに上記突起電極の上面および側面のほぼ全域が、上記接続部材に覆われていてもよい。

半導体装置は、金属からなる接続電極が突出して形成された接続面を有する固体装置としての基板と、金属からなる突起電極が突出して形成された機能面を有し、上記機能面と上記接続面との間に所定間隔を保持して、上記基板に接合された半導体チップと、上記接続電極および上記突起電極より固相線温度が低い低融点金属を含み、上記基板の上記接続電極と上記半導体チップの上記突起電極とを接続する接続部材とを備えていてもよく、この場合、上記接続電極の突出する高さとして上記突起電極の突出する高さとの和が上記所定間隔の2分の1以上であり、かつ、上記接続電極が上記突起電極よりも高くてもよく、この場合、上記接続電極は、上記半導体チップに対向する上面と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面とを有していてもよく、この場合、上記突起電極は、上記固体装置に対向する上面と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面とを有していてもよく、この場合、上記接続電極の上面および側面ならびに上記突起電極の上面および側面のほぼ全域が、上記接続部材に覆われていてもよい。

上記BGA型半導体装置または上記半導体装置において、上記接続部材は、上記低融点金属とは異なる金属と上記低融点金属との合金からなる反応層を有してもよい。

【0008】

なお、括弧内の数字は、後述の実施形態における対応構成要素等を表す。以下、この項において同じ。

接続電極や突起電極は、たとえば、請求項1\_1および1\_2に記載のように、金(Au)、銅(Cu)、もしくはニッケル(Ni)、またはこれらの合金からなるものとしてできる。一方、接続部材を構成する金属材料、すなわち、接続電極および突起電極より固相線温度が低い低融点金属としては、たとえば、請求項1\_3に記載のように、錫、鉛、もしくはインジウム、またはこれらの合金が挙げられるが、これらの金属材料の電気抵抗率

10

20

30

40

50

は、いずれも、金、銅およびニッケルの電気抵抗率より高い。すなわち、請求項 1\_4 記載のように、上記低融点金属の電気抵抗率は、上記接続電極および上記突起電極を構成する金属の電気抵抗率より高いものとすることができる。

【0009】

しかし、この発明によれば、機能面と接続面との対向方向において、接続電極の高さと突起電極の高さととの和が、機能面と接続面との所定間隔の2分の1以上とされることによって、電気抵抗率が高い材料からなる接続部材の長さ（厚さ）を短くすることができる。そのため、固体装置と半導体チップとの間の電気抵抗を低減することができる。その結果、この半導体装置を高速デバイスに好適なものとするすることができる。

【0010】

上記接続部材は、上記低融点金属と上記接続電極または上記突起電極を構成する金属との合金（反応物）を含んでいてもよい。

接続部材を構成する金属材料の固相線温度は、たとえば、60 ないし 370 であることが好ましい。

固体装置の接続面と半導体チップの機能面との間は、請求項 1\_6 記載のように、樹脂材料で封止されていることが好ましい。この樹脂材料により、機能面や、接続部材と接続電極および突起電極との接続部を保護することができるとともに、接続面や機能面に沿う面内方向の剪断応力を低減できる。

【0011】

この半導体装置は、固体装置の接続電極と半導体チップの突起電極との間に、低融点金属を介在させた状態で、固体装置および半導体チップを、低融点金属の固相線温度以上（好ましくは、液相線温度以上）の温度に、所定時間加熱することにより得られる。低融点金属がその固相線温度（液相線温度）以上の温度に加熱されることにより、低融点金属の融液が生じ、この融液が固化することにより接続部材が得られる。

【0012】

ここで、接続電極の高さは、たとえば、5  $\mu\text{m}$  ~ 100  $\mu\text{m}$  と、従来の半導体装置（図 7 参照）の接続パッドの高さ（たとえば、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 5  $\mu\text{m}$ ）より大きくされていてもよく、突起電極の高さは、たとえば、5  $\mu\text{m}$  ~ 100  $\mu\text{m}$  と、従来の半導体装置の拡散防止膜の高さ（たとえば、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 5  $\mu\text{m}$ ）より大きくされていてもよい。また、表面積が、たとえば、0.0001  $\text{mm}^2$  ~ 0.25  $\text{mm}^2$  である接続電極や突起電極に対して、低融点金属の体積が、たとえば、接続電極と突起電極とが対抗する領域において、 $1 \times 10^{-7} \text{mm}^3$  ~ 0.08  $\text{mm}^3$ （従来の半導体装置の接続部材の体積の1000分の1ないし4分の1程度）にされていてもよい。これにより、機能面と接続面との対向方向において、接続電極の高さと突起電極の高さととの和が、機能面と接続面との所定間隔の2分の1以上になるようにすることができる。

【0013】

請求項 5 記載の発明は、上記接続電極は、上記半導体チップに対向する上面（10 a, 43 a）と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面（10 b, 43 b）とを有し、上記突起電極は、上記固体装置に対向する上面（13 a, 46 a）と、上記固体装置と上記半導体チップとの対向方向にほぼ沿った側面（13 b, 46 b）とを有し、上記接続電極の上面および側面ならびに上記突起電極の上面および側面のほぼ全域が、上記接続部材に覆われていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の半導体装置である。

【0014】

この発明によれば、この半導体装置の信頼性を向上することができるとともに、接続電極と突起電極との間の接続強度を向上させることができる。

また、接続電極や突起電極が上面および側面を有する場合、この半導体装置の製造工程において、接続電極や突起電極の上面および側面が低融点金属の融液に覆われた状態とすることにより、当該融液の表面張力を効果的に利用して、固体装置に対して半導体チップを対向方向と直交する方向にセルフアライメントすることができる。

10

20

30

40

50

## 【0015】

請求項7記載の発明は、上記反応層は、上記接続電極と上記突起電極との間を埋めるように配置されていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の半導体装置である。

請求項15記載の発明は、上記低融点金属が、上記接続電極および上記突起電極を構成する金属より柔らかいことを特徴とする請求項1ないし14のいずれかに記載の半導体装置である。

錫、鉛、インジウムまたはこれらの合金は、金、銅またはニッケルより柔らかい。したがって、接続電極と突起電極との間に、接続部材のうち低融点金属のみからなる部分が存在していると、その部分は、接続電極や突起電極より柔らかいため、その部分に応力が集中して接続部材が破断しやすい。

10

## 【0016】

一方、この発明によれば、接続電極と突起電極との間は、接続電極または突起電極を構成する金属と低融点金属との合金からなる反応層で埋められている。このような合金は低融点金属より硬く、接続電極および突起電極と、これらの間に存在する接続部材（反応層）との硬さの差は小さい。したがって、接続電極と突起電極との間に応力が集中することを回避して、接続部材が破断し難くすることができる。

## 【0017】

上記接続電極が上面および側面を有する場合や、上記突起電極が上面および側面を有する場合は、上記接続電極および上記突起電極の上面に加え、請求項6記載のように、上記接続電極および上記突起電極の側面も、上記反応層で覆われていてもよい。

20

上記の製造方法において、固体装置および半導体チップを加熱する温度および時間を制御することにより、低融点金属の融液が固化した後、接続電極と突起電極との間が反応層で埋められた状態とすることができる。

## 【0018】

上記接続電極と上記突起電極とは、請求項8記載のように、同じ材料からなることが好ましい。この場合、接続部材に関して、接続電極側と突起電極側との材料構成が対称となり、接続信頼性を高くすることができる。

固体装置は配線基板であってもよく、この場合、接続電極は、配線基板上の配線に接続された接続パッドであってもよい。

30

## 【0019】

また、請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体装置において、上記固体装置は、請求項9記載のように、上記半導体チップとは別の半導体チップ（33）であってもよい。すなわち、この半導体装置は、チップオンチップ構造を有していてもよい。この場合、接続面は、機能素子が形成された機能面であってもよく、接続電極は突起電極であってもよい。

請求項10記載の発明は、上記接続電極および上記突起電極は、上記接続電極と上記突起電極との接続部分の位置が、上記半導体チップ側または上記固体装置側に片寄るように、それぞれの高さが異ならせて形成されていることを特徴とする請求項9記載の半導体装置である。

40

## 【0020】

この半導体装置において、半導体チップの機能面と固体装置の接続面（他の半導体チップの機能面）との間には、アンダーフィル層が設けられていてもよい。このような半導体装置に温度サイクルが与えられると、接続電極、突起電極および接続部材（以下、これらを総称して、「導電部材」という。）の熱膨張係数とアンダーフィル層の熱膨張係数との差により、導電部材に応力が加わる。この応力は、機能面および接続面に垂直な方向に関して、対向する機能面と接続面との中間部で最大となる。

## 【0021】

一方、突起電極と接続電極（他の半導体チップの突起電極）との接続部分（接続部材）は、導電部材に加わる応力が最大となる位置（対向する機能面と接続面との中間部）から

50

、固体装置側または半導体チップ側に片寄った（オフセットされた）位置にある。したがって、このようなアンダーフィル層が設けられていても、温度サイクルによる突起電極と接続電極との接続部の破壊は起こり難い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下では、この発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。

この半導体装置1は、接続面2aを有する配線基板2と、機能素子が形成された機能面3aを有し、この機能面3aを接続面2aに対向させて接続（フリップチップ接続）された半導体チップ3とを含んでいる。配線基板2と半導体チップ3とは、導電部材5によって、所定間隔を保つように互いに機械的に接続されている。また、配線基板2と半導体チップ3とは、導電部材5を介して電氣的に接続されている。

10

【0023】

配線基板2と半導体チップ3との隙間には、樹脂材料からなるアンダーフィル層7が設けられている。アンダーフィル層7により、機能面3aや導電部材5が保護されているとともに、接続面2aや機能面3aに沿う面内方向の剪断応力を低減できる。

配線基板2において接続面2aと反対側の外部接続面2bには、金属ボール4が設けられている。金属ボール4は、配線基板2の内部および/または表面で再配線されて、接続面2a側の導電部材5に電氣的に接続されている。この半導体装置1は、金属ボール4を介して、実装基板に接続できる。

20

【0024】

図2は、半導体装置1の導電部材5付近を拡大して示す図解的な断面図である。

配線基板2の接続面2aには、接続パッド10が形成されている。接続パッド10は、たとえば、金（Au）、銅（Cu）、ニッケル（Ni）またはこれらの合金からなり、図示しない配線により、金属ボール4（図1参照）に接続されている。

半導体チップ3の機能面3aには、機能素子に接続された電極パッド11が形成されている。電極パッド11は、たとえば、アルミニウム、銅、金、またはこれらの合金からなる。また、機能面3aは、表面保護膜12で覆われており、この表面保護膜12には、電極パッド11を露出させる開口12aが形成されている。表面保護膜12は、たとえば、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、ポリイミドからなる。

30

【0025】

開口12aからの電極パッド11の露出面上には、表面保護膜12の表面から突出する突起電極13が形成されている。突起電極13は、たとえば、金、銅、ニッケルまたはこれらの合金からなる。

接続パッド10は、半導体チップ3（突起電極13）に対向する上面10a、および配線基板2と半導体チップ3との対向方向にほぼ沿った側面10bを有している。同様に、突起電極13は、配線基板2（接続パッド10）に対向する上面13a、および配線基板2と半導体チップ3との対向方向にほぼ沿った側面13bを有している。突起電極13は、接続パッド10とほぼ同じ大きさおよび形状を有している。接続パッド10と突起電極13とは、接続面2aを垂直に見下ろす平面視において、ほぼ重なるように配置されている。

40

【0026】

接続パッド10と突起電極13とは、接続部材15により接続されている。接続部材15は、接続パッド10、突起電極13など、半導体装置1における他の部材より固相線温度が低い低融点金属としての錫（Sn）、鉛（Pb）、インジウム（In）またはこれらの合金を含んでいる。接続部材15は、接続パッド10や突起電極13との界面付近に、低融点金属と接続パッド10や突起電極13を構成する金属との合金からなる反応層（図示せず）を含んでいる。接続部材15は、反応層以外の部分は、実質的に低融点金属のみからなる。

50



## 【0027】

接続パッド10の上面10aおよび側面10b、ならびに突起電極13の上面13aおよび側面13bは、そのほぼ全域が接続部材15に覆われている。これにより、半導体装置1の信頼性が向上されているとともに、接続パッド10と突起電極13との間の接続強度が向上されている。

接続面2aからの接続パッド10の高さD1と、機能面3aからの突起電極13の高さD2との和は、接続面2aと機能面3aとの間隔D3の2分の1以上である(下記数式(1)参照)。

## 【0028】

$$D1 + D2 \geq (1/2) \cdot D3 \quad (1)$$

高さD1は、たとえば、 $1\mu\text{m} \sim 250\mu\text{m}$ とすることができ、高さD2は、たとえば、 $1\mu\text{m} \sim 250\mu\text{m}$ とすることができる。間隔D3は、たとえば、 $2\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ とすることができる。

低融点金属、すなわち、錫、鉛、インジウムまたはこれらの合金からなる接続部材15は、金、銅またはニッケルからなる接続パッド10や突起電極13より電気抵抗率が高い。しかし、上記数式(1)の関係により、接続面2aと機能面3aとの対向方向において、電気抵抗率が高い接続部材15の長さ(厚さ)は短い。したがって、この半導体装置1における配線基板2と半導体チップ3との間の電気抵抗は低い。このため、この半導体装置1は、高速デバイスへの適用に適している。

## 【0029】

接続パッド10と突起電極13とは、同じ材料(たとえば、銅)からなることが好ましい。この場合、接続部材15に関して、接続パッド10側と突起電極13側との材料構成が対称となり、接続信頼性を高くすることができる。

この半導体装置1は、配線基板2の接続パッド10と半導体チップ3の突起電極13との間に、低融点金属を介在させた状態で、配線基板2および半導体チップ3を、低融点金属の固相線温度以上(好ましくは、液相線温度以上)の温度に、所定時間加熱することにより得られる。低融点金属がその固相線温度(液相線温度)以上の温度に加熱されることにより、低融点金属の融液が生じ、この融液が固化することにより接続部材15が得られる。

## 【0030】

ここで、高さD1、D2や低融点金属の体積を適当に設定することにより、上記(1)式の関係の有する半導体装置1が得られる。

また、接続パッド10や突起電極13の上面10a、13aおよび側面10b、13bが低融点金属の融液に覆われた状態とすることにより、当該融液の表面張力を効果的に利用して、配線基板2に対する半導体チップ3のセルフアライメントを行うことができる。

## 【0031】

図3は、本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。図3において、図2に示す各部に対応する部分には、図2と同じ参照符号を付している。

この半導体装置21は、図2に示す半導体装置1の接続部材15の代わりに、接続部材22を備えている。接続部材22は、接続パッド10と突起電極13との間を埋め(満たし)、接続パッド10の側面10bと突起電極13の側面13bとを覆うように形成された反応層22aと、この反応層22aの側方を覆う未反応層22bとを含む。

## 【0032】

未反応層22bは、実質的に、接続パッド10、突起電極13など、半導体装置21における他の部材より固相線温度が低い低融点金属(錫、鉛、インジウムまたはこれらの合金)のみからなる。一方、反応層22aは、接続パッド10または突起電極13を構成する金属と低融点金属との合金からなる。

図2を参照して、錫、鉛、インジウムまたはこれらの合金である低融点金属は、金、銅およびニッケルより柔らかい。したがって、半導体装置1のように、接続パッド10と突

10

20

30

40

50

起電極 13 との間に、接続部材 15 のうち実質的に低融点金属のみからなる部分が存在していると、その部分は接続パッド 10 や突起電極 13 より柔らかいため、その部分に応力が集中して破断しやすい。

【0033】

これに対して、図 3 に示す半導体装置 21 では、接続パッド 10 と突起電極 13 との間は、反応層 22a で埋められている。接続パッド 10 または突起電極 13 を構成する金属と低融点金属との合金（共晶であってもよく、固溶体であってもよく、金属間化合物であってもよく、これらのうちの 2 つ以上であってもよい。）からなる反応層 22a は低融点金属より硬く、接続パッド 10 および突起電極 13 と、これらの間に存在する反応層 22a との硬さの差は小さい。したがって、接続パッド 10 と突起電極 13 との間に応力集中することが回避されるから、接続部材 22 は破断し難い。

10

【0034】

この半導体装置 21 は、図 1 および図 2 に示す半導体装置 1 と同様の製造方法により製造できる。この製造方法において、配線基板 2 および半導体チップ 3 を加熱する温度および時間を制御することにより、低融点金属の融液が固化した後、接続パッド 10 と突起電極 13 との間が反応層 22a で埋められた状態とすることができる。

図 4 は、本発明の第 3 の実施形態に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。

【0035】

この半導体装置 31 は、いわゆるマルチチップモジュールであり、配線基板 32、その上に積層された第 1 半導体チップ 33、および第 1 半導体チップ 33 の上に積層された第 2 半導体チップ 34 を備えている。第 1 および第 2 半導体チップ 33、34 は、それぞれ、機能素子がそれぞれ形成された機能面 33a、34a を有している。第 1 半導体チップ 33 は、機能面 33a が配線基板 32 とは反対側に向けられた、いわゆるフェースアップの状態、配線基板 32 の上に接合されている。

20

【0036】

第 2 半導体チップ 34 は、機能面 34a を第 1 半導体チップ 33 の機能面 33a に対向させたフェースダウン姿勢で、第 1 半導体チップ 33 に接続されている。すなわち、この半導体装置 31 は、チップオンチップ構造を有する。第 1 半導体チップ 33 と第 2 半導体チップ 34 とは、導電部材 38 によって、所定間隔を保つように互いに機械的に接続されている。また、第 1 半導体チップ 33 と第 2 半導体チップ 34 とは、導電部材 38 を介して電氣的に接続されている。第 1 半導体チップ 33 と第 2 半導体チップ 34 との隙間には、アンダーフィル層 36 が設けられている。

30

【0037】

機能面 33a、34a に垂直な方向から見て、第 1 半導体チップ 33 は、第 2 半導体チップ 34 より大きく、第 1 半導体チップ 33 において第 2 半導体チップ 34 が接続された面（機能面 33a）の周縁部には、第 2 半導体チップ 34 が対向していない領域が存在している。この領域には、機能面 33a の機能素子に接続された電極パッド 33b が形成されている。

【0038】

配線基板 32 に垂直な方向から見て、配線基板 32 は、第 1 半導体チップ 33 より大きく、配線基板 32 において第 1 半導体チップ 33 が接合された面の周縁部には、第 1 半導体チップ 33 が対向していない領域が存在している。この領域には、図示しない電極パッドが設けられており、この電極パッドと電極パッド 33b とは、ボンディングワイヤ 37 を介して接続されている。

40

【0039】

第 1 および第 2 半導体チップ 33、34、ならびにボンディングワイヤ 37 は、モールド樹脂 39 で封止されている。

配線基板 32 において第 1 半導体チップ 33 が接合された面とは反対側の面には、外部接続部材としての半田ボール 35 が設けられている。配線基板 32 のボンディングワイヤ

50

37が接続された電極パッドは、配線基板32の表面や内部で再配線されて、半田ボール35に接続されている。

【0040】

この半導体装置31は、半田ボール35を実装基板に形成された電極パッドに接続することにより、実装基板に実装することができる。

図5は、半導体装置31の導電部材38付近を拡大して示す図解的な断面図である。

第1半導体チップ33の機能面33aには、機能素子に接続された電極パッド41が形成されている。また、機能面33aは、表面保護膜42で覆われており、この表面保護膜42には、電極パッド41を露出させる開口42aが形成されている。開口42aからの電極パッド41の露出面上には、表面保護膜42の表面から突出する突起電極43が形成

10

【0041】

同様に、第2半導体チップ34の機能面34aには、機能素子に接続された電極パッド44が形成されている。また、機能面34aは、表面保護膜45で覆われており、この表面保護膜45には、電極パッド44を露出させる開口45aが形成されている。開口45aからの電極パッド44の露出面上には、表面保護膜45の表面から突出する突起電極46が形成されている。

【0042】

電極パッド41, 44は、図2に示す半導体装置1の電極パッド11と同様の材料からなる。表面保護膜42, 45は、図2に示す半導体装置1の表面保護膜12と同様の材料

20

からなる。突起電極43, 46は、図2に示す半導体装置1の突起電極13と同様の材料からなる。突起電極43は、第2半導体チップ34（突起電極46）に対向する上面43a、および第1半導体チップ33と第2半導体チップ34との対向方向にほぼ沿った側面43bを有している。同様に、突起電極46は、第1半導体チップ33（突起電極43）に対向する上面46a、および第1半導体チップ33と第2半導体チップ34との対向方向にほぼ沿った側面46bを有している。突起電極43と突起電極46とは、ほぼ同じ大きさおよび形状を有している。突起電極43と突起電極46とは、機能面33a, 34aを垂直に見下ろす平面視において、ほぼ重なるように配置されている。

【0043】

突起電極43と突起電極46とは、接続部材47により接続されている。接続部材47は、図2に示す半導体装置1の接続部材15と同様の材料からなる。

突起電極43の上面43aおよび側面43b、ならびに突起電極46の上面46aおよび側面46bは、そのほぼ全域が接続部材47に覆われている。これにより、半導体装置31の信頼性が向上されているとともに、突起電極43と突起電極46との接続強度が向上されている。

30

【0044】

機能面33aからの突起電極43の高さD4と、機能面34aからの突起電極46の高さD5との和は、機能面33aと機能面34aとの間隔D6の2分の1以上である（下記数式（2）参照）。

$$D4 + D5 \geq (1/2) \cdot D6 \quad (2)$$

すなわち、機能面33aと機能面34aとの対向方向において、電気抵抗率が高い接続部材47の長さ（厚さ）は短い。したがって、この半導体装置31における第1半導体チップ33と第2半導体チップ34との間の電気抵抗は低い。

40

【0045】

図6は、図4および図5に示す半導体装置31の変形例に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。図6において、図5に示す各部に対応する部分には、図5と同じ参照符号を付している。図6では、導電部材38付近を拡大して示している。

この半導体装置31Aにおいて、機能面33aからの突起電極43の高さD7と、機能面34aからの突起電極46の高さD8との和は、機能面33aと機能面34aとの間隔

50

D 9 の 2 分の 1 以上である ( 下記数式 ( 3 ) 参照 ) 。

【 0 0 4 6 】

$$D 7 + D 8 \quad ( 1 / 2 ) \cdot D 9 \quad ( 3 )$$

また、この半導体装置 3 1 A では、機能面 3 4 a からの突起電極 4 6 の高さ D 8 は、機能面 3 3 a からの突起電極 4 3 の高さ D 7 より大きくされている (  $D 7 < D 8$  ) 。

この半導体装置 3 1 A に温度サイクルが与えられると、導電部材 3 8 の熱膨張係数とアンダーフィル層 3 6 の熱膨張係数との差により、導電部材 3 8 に応力が加わる。この応力は、機能面 3 3 a , 3 4 a に垂直な方向に関して、対向する機能面 3 3 a と機能面 3 4 a との中間部 C ( 図 6 に一点鎖線で示す。 ) で最大となる。

【 0 0 4 7 】

一方、突起電極 4 3 と突起電極 4 6 との接続部分 ( 接続部材 4 7 で形成される突起電極 4 3 , 4 6 間界面 ) は、導電部材 3 8 に加わる応力が最大となる位置 ( 対向する機能面 3 3 a と機能面 3 4 a との中間部 C ) から、第 1 半導体チップ 3 3 側、または第 2 半導体チップ 3 4 側に片寄った ( オフセットされた ) 位置にある。したがって、このようなアンダーフィル層 3 6 が設けられていても、温度サイクルによる突起電極 4 3 と突起電極 4 6 との接続部の破壊は起こり難い。

【 0 0 4 8 】

本発明の実施形態の説明は以上の通りであるが、本発明は、別の形態でも実施できる。たとえば、図 5 に示す半導体装置 3 1 においても、突起電極 4 3 と突起電極 4 6 との間を埋めるように、突起電極 4 3 , 4 6 を構成する金属と低融点金属との合金からなる反応層が形成されていてもよい。

図 6 に示す半導体装置 3 1 A において、機能面 3 3 a からの突起電極 4 3 の高さ D 7 と、機能面 3 4 a からの突起電極 4 6 の高さ D 8 とは異なっていればよく、機能面 3 3 a からの突起電極 4 3 の高さ D 7 が、機能面 3 4 a からの突起電極 4 6 の高さ D 8 より大きくされていてもよい (  $D 7 > D 8$  ) 。

【 0 0 4 9 】

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の変更を施すことが可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 0 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。

【 図 2 】 図 1 に示す半導体装置の導電部材付近を拡大して示す図解的な断面図である。

【 図 3 】 本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。

【 図 4 】 本発明の第 3 の実施形態に係る半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。

【 図 5 】 図 4 に示す半導体装置の導電部材付近を拡大して示す図解的な断面図である。

【 図 6 】 図 4 に示す半導体装置の変形例に係る半導体装置の導電部材付近を拡大して示す図解的な断面図である。

【 図 7 】 フリップチップ接続構造を有する従来の半導体装置の構造を示す図解的な断面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 1 】

1 , 2 1 , 3 1 , 3 1 A      半導体装置

2      配線基板

2 a      接続面

3      半導体チップ

3 a , 3 3 a , 3 4 a      機能面

1 0      接続パッド

1 0 a      接続パッドの上面

1 0 b      接続パッドの側面

1 3 , 4 3 , 4 6      突起電極

10

20

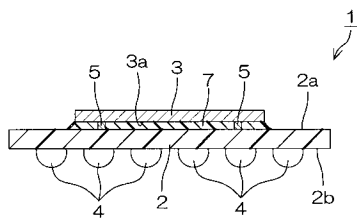
30

40

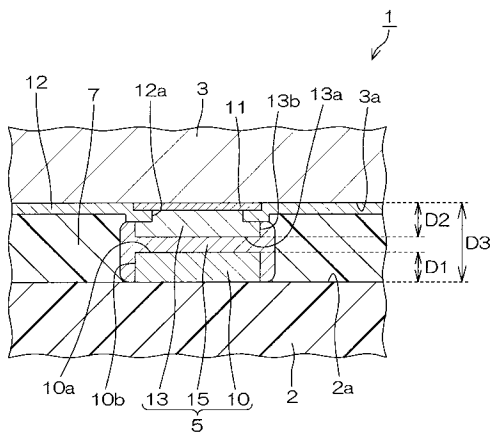
50

- 1 3 a , 4 3 a , 4 6 a 突起電極の上面
- 1 3 b , 4 3 b , 4 6 b 突起電極の側面
- 1 5 , 2 2 , 4 7 接続部材
- 2 2 a 反応層
- 3 3 第1半導体チップ
- 3 4 第2半導体チップ
- D 1 接続面からの接続パッドの高さ
- D 2 , D 4 , D 5 , D 7 , D 8 機能面からの突起電極の高さ
- D 3 接続面と機能面との間隔
- D 6 , D 9 機能面と機能面との間隔

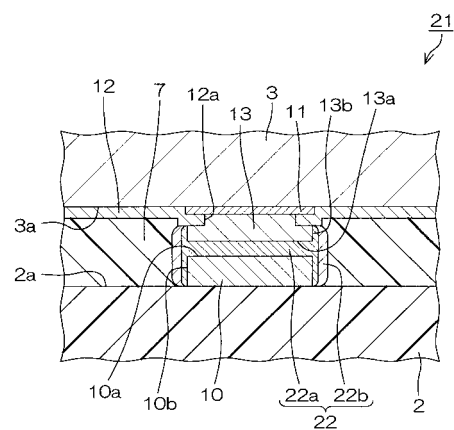
【図1】



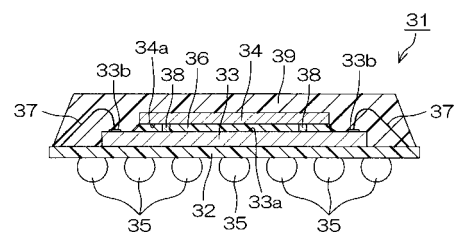
【図2】



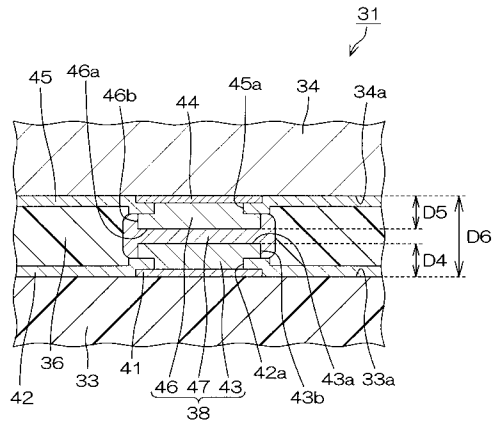
【図3】



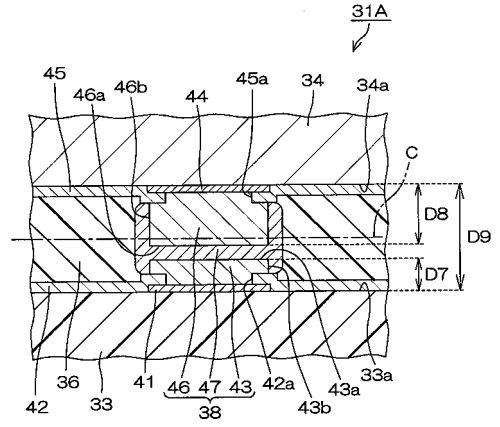
【図4】



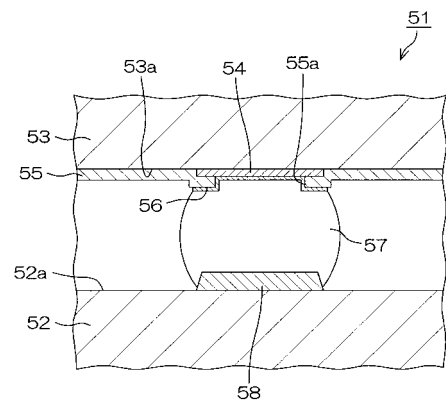
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

審査官 今井 淳一

- (56)参考文献 特開2002-289768(JP,A)  
特開昭59-218744(JP,A)  
特開2002-110726(JP,A)  
特開平09-097791(JP,A)  
特開平07-211722(JP,A)  
特開2001-274195(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/60  
H01L 23/12  
H01L 25/065  
H01L 25/07  
H01L 25/18