

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5692081号
(P5692081)

(45) 発行日 平成27年4月1日 (2015. 4. 1)

(24) 登録日 平成27年2月13日 (2015. 2. 13)

(51) Int. Cl.

HO 1 L 21/60 (2006.01)

F I

HO 1 L 21/60 3 O 1 D

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-535450 (P2011-535450)	(73) 特許権者	000226057
(86) (22) 出願日	平成22年10月7日 (2010. 10. 7)		日亜化学工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/067642		徳島県阿南市上中町岡491番地100
(87) 国際公開番号	W02011/043417	(74) 代理人	100100158
(87) 国際公開日	平成23年4月14日 (2011. 4. 14)		弁理士 鮫島 睦
審査請求日	平成25年10月4日 (2013. 10. 4)	(74) 代理人	100068526
(31) 優先権主張番号	特願2009-235305 (P2009-235305)		弁理士 田村 恭生
(32) 優先日	平成21年10月9日 (2009. 10. 9)	(74) 代理人	100138863
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 言上 恵一
		(74) 代理人	100145403
			弁理士 山尾 憲人
		(72) 発明者	瀬野 良太
			徳島県阿南市上中町岡491番地100
			日亜化学工業株式会社内

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) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一端が電極上の第1ボンディング点にボンディングされ、他端が前記電極外の第2ボンディング点にボンディングされている第1のワイヤと、

一端が前記電極上の前記第1のワイヤの上にボンディングされ、他端が前記電極外の第3ボンディング点にボンディングされている第2のワイヤと、
を含み、

前記第3ボンディング点は、前記第1ボンディング点及び前記第2ボンディング点の2点を通る直線上とは異なる位置に配置されており、

前記第2のワイヤの前記一端のボンディング部が、前記第1のワイヤの上面と、前記第3ボンディング点と反対側の側面のそれぞれの少なくとも一部を覆い、

前記第1のワイヤは、前記一端が前記電極上にボンディングされたボール部であり、該ボール部から前記第2ボンディング点と異なる方向に延伸した後前記ボール部上に折り返す折り返し部を有し、

前記折り返し部は、前記ボール部上から前記第2ボンディング点と逆方向に延伸する折り返し下部と、該折り返し下部上に配置され、前記ボール部の上に折り返す折り返し上部と、を有し、

前記第2のワイヤは、前記一端が前記折り返し部の上にボンディングされ、前記折り返し下部の前記第3ボンディング点と反対側の側面の少なくとも一部を覆うことを特徴とする半導体装置。

10

20

【請求項 2】

前記第 2 のワイヤの一端が、前記ボール部の少なくとも一部を覆う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】

前記第 2 のワイヤは、前記折り返し部の上に略水平に配置されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

一端をボンディングして電極上の第 1 ボンディング点にボール部を形成し、他端を前記電極外の第 2 ボンディング点にボンディングする第 1 のワイヤのボンディング工程であって、前記第 1 のワイヤを前記ボール部から前記第 2 ボンディング点と異なる方向に延伸させた後、前記ボール部上で前記異なる方向に延伸する前記第 1 のワイヤにボンディングして折り返し部を形成することを含み、前記折り返し部は、前記ボール部の上から前記第 2 ボンディング点と反対方向に延伸する折り返し下部と、該折り返し下部の上に接合した、前記反対方向から前記ボール部の上に延伸する折り返し上部とを設けることにより形成する、第 1 のワイヤのボンディング工程と、

一端を前記折り返し部の上にボンディングし、他端を前記電極外であって前記第 1 ボンディング点及び前記第 2 ボンディング点の 2 点を通る直線上とは異なる位置に配置されている第 3 ボンディング点にボンディングする第 2 のワイヤのボンディング工程であって、前記折り返し部の中心よりも前記第 3 ボンディング点の反対側で前記第 2 のワイヤを変形し前記折り返し部と接合させることを含み、前記第 2 のワイヤの前記変形により、前記第 2 のワイヤの先端が、前記折り返し下部の前記第 3 ボンディング点と反対側の側面の少なくとも一部を覆う、第 2 のワイヤのボンディング工程と、
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記第 2 のワイヤを前記変形により、前記ボール部の少なくとも一部分と接合させることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記第 2 のワイヤは、前記折り返し部の上に略水平に接合することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、より詳細には、その内部または他の半導体素子との間がワイヤボンディングされた半導体素子を備える半導体装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード等の半導体素子を用いた従来の半導体装置では、複数の半導体素子を 1 つのパッケージ内に搭載したものがあり、このような複数の半導体素子間をワイヤボンディングにて接続する方法が提案されている（例えば、特許文献 1）。この方法によれば、複数の半導体発光素子間をワイヤ接続（ワイヤボンディング）する場合、まず第 1 のワイヤとしてパッケージの電極パターンの端子上から半導体発光素子の上部電極上にウェッジボンディングする。次に、そのウェッジボンディング部の上に、第 2 のワイヤを重ねてボールボンディングする。これにより、半導体発光素子の上部電極上に、ボールボンディングで形成されたボールが接続されることとなり、この部分におけるワイヤの薄膜化を防止して、ワイヤボンディングの接合の強化を実現している。

【0003】

また、ボールボンディングによって形成された第 1 のワイヤのボールネックをキャピラリ先端で押し潰し、その上で折り返した第 1 のワイヤ側面を押し潰したボールネックに押し付け、さらにその上に第 2 のワイヤをボンディングする方法が提案されている（例えば

、特許文献2)。この方法によれば、第2のワイヤをボンディングする際に、ボールネックに押し付けたワイヤが変形することによってボンディングの衝撃が緩和される。これにより、半導体の受けるダメージを低減している。また、第2のワイヤをボンディングする際に、キャピラリの押圧力によって第1のワイヤをキャピラリの中心孔に入り込む凸部に変形させ、キャピラリの中心孔に入り込んだ凸部とキャピラリのインナチャンファ部との間に第2のワイヤを挟みこんで圧縮している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-353267号公報

10

【特許文献2】特開2009-76783号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の方法において、半導体素子の電極に直接ウェッジボンディングを行うと、前記電極の膜厚が薄いことに起因して、安定した接合を得ることができないという課題があった。電極の膜厚が薄い場合、ボンディングの際にかかる負荷によって半導体が破損してしまうおそれがあるためである。さらに、この半導体素子を形成する半導体層の片面側に正負両方の電極を有するタイプの半導体素子の場合、一方の電極面の高さが発光素子表面の高さよりも低いため、前記一方の電極面に上記ウェッジボンディングをすると、キャピラリの先端部にて半導体素子の段差表面を傷つけるという不具合が発生する。また、特許文献1に記載の方法においては、ウェッジボンディング部の上から重ねてボールボンディングしている。そのため、ワイヤのウェッジボンディング部と半導体素子の表面との間隔が狭く、ウェッジボンディング部と半導体素子との間において、周辺部材等の放熱効率が低下してしまうという問題がある。

20

特許文献2に記載の方法においては、キャピラリの中心はワイヤの材料が供給される部分であるため、第2のワイヤをボンディングする際にキャピラリの中心によって押し付けることができない。このため第2のワイヤは、ボールネックの周辺部の上に接合された状態となるため、良好な接合状態を確保することができなくなるおそれがある。また、前記凸部周辺の第1のワイヤは、キャピラリのフェイス部とボール部との間で圧縮され、薄く押し潰された状態となるため、この箇所においてワイヤが断線しやすくなるという問題がある。

30

そこで、本発明は、複数のワイヤがボンディングされた半導体素子を備える半導体装置であって、ワイヤの接合強度が高く、十分な接合信頼性を実現することができる半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、一端が電極上にボンディングされ、他端が前記電極外の第2ボンディング点にボンディングされている第1のワイヤと、一端が電極上の第1のワイヤの上にボンディングされ、他端が当該電極外の第3ボンディング点にボンディングされている第2のワイヤと、を含み、第2のワイヤの一端のボンディング部が、第1のワイヤの上面及び側面の少なくとも一部を覆う半導体装置に関する。かかる構成によれば、半導体素子の電極位置にかかわらず、ワイヤ数及び長さを低減するとともに、ワイヤの十分な接合面積を確保することができるため、ワイヤの接合強度を高めることができる。

40

【0007】

また、第1のワイヤは、一端が前記電極上にボンディングされたボール部であり、当該ボール部から第2ボンディング点と異なる方向に延伸した後、前記ボール部上に折り返し折り返し部を有し、第2のワイヤは、一端が前記折り返し部の上にボンディングされ、折り返し部の第2ボンディング点と反対側の側面の少なくとも一部を覆うことが好ましい。

かかる構成によればワイヤの接合強度をさらに高めることができる。

50

【0008】

また、折り返し部は、ボール部の上からワイヤの延伸方向とは逆方向に引き出される下部と、下部から伸びるワイヤがボール部の上に折り返されてなる上部と、を有し、第2のワイヤの先端が、少なくとも第2のワイヤの延伸方向とは反対側の折り返し部の下部を覆うことが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤの接合強度を高めることができる。

第2のワイヤの先端は、少なくともボール部を覆うことが好ましい。また、第2のワイヤの先端は、少なくともボール部を覆うことが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤの接合強度を高めることができる。

第2のワイヤは、第2のワイヤの延伸方向側の折り返し部の上において略水平に設けられていることが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤにかかる応力を低減することができるため、ワイヤの断線等を防止することができる。

10

【0009】

また、本発明は、電極上に第1のワイヤをボンディングしてボール部を形成し、ボール部の上に折り返し部を形成し、折り返し部から所定方向に延伸させる第1の工程と、第2のワイヤを折り返し部の上にボンディングする第2の工程と、を有し、第2の工程において、少なくとも折り返し部の中心（図4（c）における破線）よりも第2のワイヤが伸びる方向とは反対側において第2のワイヤに外力を加えて押し潰し、折り返し部に接合させる半導体装置の製造方法に関する。かかる構成によれば、ワイヤの十分な接合面積を確保することができるため、ワイヤの十分な接合信頼性を実現することができる。

折り返し部は、ボール部の上からワイヤの延伸方向とは逆方向に引き出される下部と、該下部から伸びるワイヤが前記ボール部の上に折り返されてなる上部と、を有し、前記第2のワイヤの押し潰した部分を、少なくとも前記第2のワイヤの延伸方向とは反対側の前記折り返し部の下部に接合させることが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤの十分な接合面積を確保することができるため、ワイヤの接合強度を高めることができる。

20

また、折り返し部は、ボール部の上からワイヤの延伸方向とは逆方向に引き出される下部と、下部から伸びるワイヤがボール部の上に折り返されてなる上部と、を有し、第2のワイヤの先端が、少なくとも第2のワイヤの延伸方向とは反対側の折り返し部の下部に接合させることが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤの接合強度を高めることができる。

第2のワイヤの押し潰した部分を少なくともボール部に接合させることが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤの接合強度を高めることができる。

30

第2のワイヤは、第2のワイヤの延伸方向側の折り返し部の上において略水平に設けられていることが好ましい。かかる構成によれば、ワイヤにかかる応力を低減することができるため、ワイヤの断線等を防止することができる。

【0010】

また、本発明は、電極の上に、第1のワイヤをボールボンディングする第1工程と、第1のワイヤのボール部の上に第2のワイヤをボンディングする第2の工程と、を有し、第2の工程において、第2のワイヤは、第1のワイヤのボール部の中心点（図4（c）の破線）上を覆うようにボンディングされる半導体素子の製造方法に関する。かかる構成によれば、ワイヤの十分な接合強度を確保することができる。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、複数のワイヤがボンディングされた半導体素子を備える半導体装置であって、半導体素子の電極位置にかかわらず、ワイヤ数及び長さを低減するとともに、ワイヤの接合強度が高く、十分な接合信頼性を実現することができる半導体装置及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態に係る半導体装置を示す概略平面図である。

【図2】本発明の実施形態に係る半導体装置のワイヤ接合を示す概略斜視図である。

50

【図 3】図 1 の y 軸方向から見たワイヤ接合を説明するための概略工程図である。

【図 4】図 1 の x 軸方向から見たワイヤ接合を説明するための概略工程図である。

【図 5】本発明の実施形態に係る半導体装置のワイヤ接合を説明するための概略側面図である。

【図 6】本発明の実施形態に係る半導体装置の変形例を示す概略平面図である。

【図 7】比較例の半導体装置のワイヤ接合を説明するための概略斜視図である。

【図 8】ワイヤの強度試験を説明するための平面図である。

【図 9】折り返し部の詳細を示す断面図である。

【図 10】第 1 のワイヤの折り返し部の上にボンディングされた第 2 のワイヤの詳細を示す断面図である。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、図面を参照して本発明を実施するための形態（以下「実施形態」という）について詳細に説明する。ただし、本発明は、この実施形態に限定されない。

【0014】

図 1 は、本発明の実施形態に係る半導体装置 10 を示す概略平面図である。図 2 は、本発明の実施形態に係る半導体装置 10 のワイヤ接合を示す概略斜視図である。図 5 は、本発明の実施形態に係る半導体装置 10 のワイヤ接合を説明するための概略側面図である。

【0015】

本実施形態に係る半導体装置 10 は、少なくとも、半導体素子 11 とワイヤとを含んで構成されている。通常、ワイヤは、半導体素子 11 間又は金属部材 12 と半導体素子 11 との間を接続している。ワイヤは、少なくとも第 1 のワイヤ 14 と第 2 のワイヤ 15 とを有している。

20

第 1 のワイヤ 14 は、半導体素子 11 の電極 16 上にボールボンディングされて形成されるボール部 141 と、ボール部 141 の上に形成される折り返し部 142 と、を有しており、さらにその折り返し部 142 から所定の方に延伸されてなる。第 2 のワイヤ 15 は、第 1 のワイヤの折り返し部の上にボンディングされる。第 2 のワイヤの先端は、第 2 のワイヤの延伸方向とは反対側の折り返し部を覆っている（第 1 のワイヤ 14 の折り返し部の 142 の側面であって、第 2 のワイヤ 15 の延伸方向と反対側の側面の少なくとも一部が第 2 のワイヤ 15 の先端部により覆われている）。これにより、ワイヤの十分な接合状態を確保することができる。

30

第 2 のワイヤの先端は、少なくともボール部（ボール部 141 の少なくとも一部）を覆うことが好ましい。これにより、ワイヤの接合強度を高めることができる。

本実施形態の半導体装置は、半導体素子、ワイヤ及び金属部材等が、一体的に、樹脂によって成形又は封止されていることが好ましい。成形樹脂は、半導体素子等に対して、絶縁性を確保することができるものであれば、どのような材料によって形成されていてもよい。また、封止樹脂は、半導体素子等に対して、絶縁性を確保することができ、透光性を有するものであれば、どのような材料によって形成されていてもよい。成形又は封止樹脂の大きさ及び形状は、特に限定されるものではない。

【0016】

40

以下、各構成部材について詳述する。

【0017】

（半導体素子）

本発明で用いられる半導体素子は、半導体が積層されてなる素子であって、電極上にワイヤがボンディングされるものであれば特に限定されない。

本発明に用いられる半導体素子は、半導体層の対向する面（例えば上面と下面）に正および負の電極がそれぞれ形成されたものであってもよく、半導体層の同一面側に正および負の電極がともに形成されていてもよい。後者の場合の一对の電極は、一般的には高低差を有しているが、パンプ等の高さを調整することによって同じ高さ（半導体層からほぼ同じ距離）となるように配置してもよい。高低差を有している場合、直接電極にウェッジボ

50

ンディングすることは、ワイヤと電極との接合面積が、ボールボンディングによって接合する場合のボール部と電極との接合面積よりも小さいため、接合状態が悪く、ダイスへのキャピラリ接触による損傷が発生することから、本発明の効果がより顕著に現れる。また、この場合の正および負の電極は、必ずしも1つずつ形成されていなくてもよく、それぞれ2つ以上形成されていてもよい。

【0018】

電極16は、その材料、膜厚、構造において、特に限定されないが、後述するワイヤの種類によって、金、銅、鉛、アルミニウム又はこれらの合金を含む単層構造、積層構造のいずれでもよい。電極の膜厚は特に限定されないが、なかでも、最終層（最も表面側）がAuを配置され、その膜厚が100nm程度以上であることが好ましい。この電極の最終層、つまり最表面の層には、ワイヤがボンディングされる。

10

【0019】

半導体装置において、半導体素子は、1つの半導体装置において1つのみ搭載されていてもよいし、複数個搭載されていてもよい。半導体素子が複数個搭載されている場合には、それらが並列、直列又はそれらの組み合わせなど、接続形態は特に限定されない。

【0020】

（金属部材）

金属部材は、半導体素子と電氣的に接続するための電極及び半導体素子を搭載する基板としての役割を果たすものであり、実質的に板状であればよく、波形板状、凹凸を有する板状であってもよい。その膜厚は均一であってもよいし、部分的に厚膜又は薄膜であってもよい。材料は特に限定されず、熱伝導率の比較的大きな材料（例えば、200W/(m・K)程度以上）、比較的大きい機械的強度を有するもの、あるいは打ち抜きプレス加工又はエッチング加工等が容易な材料で形成することが好ましい。このような材料で形成することにより、半導体素子で発生する熱を効率的に逃がすことができる。具体的には、銅、アルミニウム、金、銀、タングステン、鉄、ニッケル等の金属又は鉄-ニッケル合金、磷青銅等の合金等が挙げられる。また、金属部材の表面には、搭載される半導体素子からの光を効率よく取り出すために反射メッキが施されていることが好ましい。

20

【0021】

金属部材は、通常、1つの半導体装置において2本以上備えられている。また、半導体素子の数+1本以上であってもよい。

30

金属部材は、半導体素子を搭載し、半導体素子と接続される領域の他に、外部と接続するリード端子として延長（延在）する領域を有していてもよい。リード端子は、本発明の半導体装置の実装タイプ（例えば、発光面がリード端子の実装面に垂直であるタイプサイドビュータイプ、発光面がリード端子の実装面に平行であるタイプトップビュータイプ等）、使用態様に応じて、適宜屈曲、変形させることができる。

【0022】

半導体装置において、第1のワイヤの延伸方向と第2のワイヤの延伸方向がなす角度が45度～135度の範囲となるように、半導体素子及び金属部材を配置させることが好ましい。これにより、第2のワイヤが、第1のワイヤの折り返し部の上面及び側面、すなわち、異なる2つの面に亘ってより確実に接合されるため、接合強度を顕著に高めることができる。

40

【0023】

（ワイヤ）

ワイヤは、半導体素子の表面に形成された電極と金属部材との間、半導体素子間、半導体素子内の電極間などを電氣的に接続する（ボンディングする）ために用いられる導電部材である。

【0024】

本発明においては、2つのポイント間のワイヤにおいて、始点として接合するポイントを第1ボンディング点、終点として次に接続するポイントを第2ボンディング点と称することがある。

50

第1ボンディング点は、半導体素子の電極上に、ワイヤが溶融して形成されたボールがボンディングされている。このようにボールボンディングされたワイヤの接続部分を、ボール部と称することがある。ボールは、球状であるものや、また一部が欠けているもの、楕円球状であればよい。

さらにボール部は、これらの形状に一旦成形した後、例えば上部に第2のワイヤを接続する際の押圧力により変形した形態も含む。

また、第2ボンディング点においては、ワイヤは、ボールを介することなく接続されている。この第2ボンディング点におけるワイヤの接続部分を、ウェッジボンド部144と称することがある。なお、第2ボンディング点（又はウェッジボンド部）は、金属部材に接触するように金属部材の直上に配置されることが好ましい。また、第2ボンディング点10が、半導体素子の電極上に配置される場合には、少なくともボール部を介して配置されていることが好ましく、半導体素子の電極と接触するように、直接、ウェッジボンド部が接続されていないことが好ましい。

【0025】

ボンディング点とは、通常、半導体素子の電極表面又は半導体装置を構成する金属部材表面の一部領域を指すが、複数のワイヤが形成される場合（例えば、ボンディングされたワイヤの上に別のワイヤがボンディングされる場合）は、ボンディングされた領域、例えば、ワイヤ上又はボール部上をも包含する。

【0026】

本発明において、ワイヤは、少なくとも第1のワイヤと第2のワイヤとを有している。第1のワイヤは、第1ボンディング点と、第2ボンディング点とを接続するワイヤを意味する。また、第2のワイヤは、第1ボンディング点及び第2ボンディング点の2点を通る直線上とは異なる位置に配置された第3ボンディング点と、第1のワイヤのボール部の上とを接続するワイヤを意味する。このような第1および第2のワイヤに対応するものが、1つの半導体装置において複数形成されていてもよい。

【0027】

第1のワイヤ14は、上述したように、半導体素子の電極の上にボールボンディングされたボール部141を有しており、さらに、ボール部の上に折り返し部142を有している。

図9は、折り返し部142の詳細を示す断面図である。図9では、折り返し部142の詳細を容易に理解できるように第2のワイヤ15の記載を省略してある。

ボール部141の径は、半導体装置やそれに搭載される電極の大きさによって適宜調節されるものであり、例えば50 μm ～100 μm 程度である。折り返し部142は、ボール部141の上からワイヤの延伸方向（ワイヤの終点となる点、つまり、第2のボンディング点がある方向）とは逆方向にワイヤが引き出され、さらにワイヤの終点となる点の方向に折り返されて、折り返されたワイヤがボール部141上に押し付けられることにより形成される。

ここで、折り返し部142の内、ボール部141の上からワイヤの延伸方向とは逆方向に引き出された部分を折り返し部の下部142aとし、折り返し部の下部142aから伸びるワイヤがボール部141の上に折り返された部分を折り返し部の上部142bとする。すなわち、折り返し部の下部142bの上に折り返し部の上部142が折り返し部の下部142bと接触（接合）して配置されている。

折り返し部の上部142bは、上面に平坦部を備えていることが好ましい。図9に示す実施形態では、楕円Aおよび楕円Bで示す2つの平坦部を有している。平坦部はボール部141が形成されている電極16の表面に対して30°以下の角度を有している。例えば楕円Aで示す平坦部は5°程度の角度を有しており、楕円Bで示す角度は20～30°程度の角度を有している。なお平坦部の傾斜の向き（図9において右上がり方向か、左上がり方向か）は何れの向きであってもよい。

折り返し部142は、ボール部141の上からワイヤの延伸方向とは逆方向（第2ボンディング点とは反対の方向）に突出していることが好ましい。すなわち、折り返し部14

10

20

30

40

50

2の水平方向の長さは、ボール部141の半径よりも長いことが好ましい。これにより、折り返し部142の上に接合される第2のワイヤの接合強度を高めることができる。折り返し部142は、ボール部141の中心点からワイヤの延伸方向とは逆方向に $30\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ 程度の長さを有していることが好ましい。

折り返し部142からはワイヤの終点となる点の方向に向かってワイヤが略水平に伸びている。ここで、略水平とは、ワイヤがボールボンディングされる面（例えば電極表面）に対して、略平行であることを意味する。この場合の略水平は、ワイヤがボールボンディングされる面に対して、ワイヤの軸の成す角度が 30° 以内の範囲を含むものとする。

また、ワイヤの折り返し部142から伸びるワイヤとボール部141の周縁部との間には、空隙31が設けられていることが好ましい。これにより、十分な接合状態を確保することができるとともに、放熱性が良好なものとなる。この空隙31の部分には、封止樹脂が存在していてもよい。

10

【0028】

第2のワイヤは、一方が第3ボンディング点にボンディングされ、他方が第1のワイヤの折り返し部142の上にボンディングされる。第3ボンディング点が、半導体素子の電極である場合には、第3ボンディング点にボールボンディングされたボール部を有していることが好ましい。

図10は、第1のワイヤの折り返し部142の上にボンディングされた第2のワイヤ15の詳細を示す断面図である。第1のワイヤは折り返し部142から図面に垂直な方向に延伸している。

20

このように、半導体素子の電極16の表面に、第1のワイヤのボール部141を介して、第2のワイヤ15が形成されることにより、最下層のボール部141が、金属部材又は電極16の表面（特に電極16の表面）に対して、下地として機能するために（金属部材又は電極表面と第2のワイヤとの間に介在するために）、ワイヤボンディングの際の接合不良及び半導体素子の損傷等を効果的に防止することができる。

第3ボンディング点は、第1ボンディング点及び第2ボンディング点の2点を通る直線上とは異なる位置に配置されている。つまり、第2のワイヤは第1のワイヤの延伸方向に対して交差している。

第2のワイヤ15は、第1のワイヤのボール部141の中心点を覆うように（ボール部141の中心点の上部に位置するように）第1のワイヤの折り返し部142に接合されている。さらに、第2のワイヤ15の先端は、折り返し部に沿って延伸され、第2のワイヤの延伸方向とは反対側の折り返し部を覆っている（折り返し部142の第3ボンディング点と反対側の側面（図10における折り返し部142の左側の側面）の少なくとも一部を覆っている）。この場合、図5に示すように、第2のワイヤ15の先端が、折り返し部142の下部142aの側面の少なくとも一部を覆うように接合されていることが好ましい。これにより、ワイヤの折り返し部近傍の接合強度を高めることができる。また、第2のワイヤの先端が、第1のワイヤのボール部（ボール部141の少なくとも一部）を覆うように接合されていてもよい。これにより、ワイヤの折り返し部近傍の接合強度をさらに高めることができる。

30

なお、このような第2のワイヤ15が第1のワイヤ14の側面（好ましくは第2のワイヤが延伸する方向と反対側の側面）の少なくとも一部を覆うことによる第1のワイヤと第2のワイヤの接合強度の強化は、折り返し部142が形成されていない第1のワイヤのボンディング部（電極16とのボンディング部）と第2のワイヤとの接合にも適用できる。すなわち、第2のワイヤの第1のワイヤとのボンディング部（接合部）において、第2のワイヤのボンディング部が第1のワイヤの上面のみならず第1のワイヤの側面（好ましくは第2のワイヤが延伸する方向と反対側の側面）の少なくとも一部を覆う実施形態は、折り返し部142の有無に関わらず本願発明に含まれる。

40

第2のワイヤ15は、第2のワイヤの延伸方向側の折り返し部との間に空隙32が設けられていることが好ましい。さらに、第2のワイヤは、第2のワイヤの延伸方向側の折り返し部の上において略水平、例えば図10に示すように電極16の表面に対して 30° 以

50

内、に設けられていることが好ましい。これにより、ワイヤにかかる応力を低減することができるため、ワイヤの断線等を防止することができる。

【0029】

ワイヤは、半導体素子の電極とのオーミック性が良好であるか、機械的接続性が良好であるか、電気伝導性及び熱伝導性が良好なものであることが好ましい。熱伝導率としては、 $0.01 \text{ cal} / (\text{S}) (\text{cm}^2) (\text{°C} / \text{cm})$ 程度以上が好ましく、さらに $0.5 \text{ cal} / (\text{S}) (\text{cm}^2) (\text{°C} / \text{cm})$ 程度以上がより好ましい。作業性などを考慮すると、ワイヤの直径は、 $10 \mu\text{m} \sim 45 \mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。このようなワイヤの材料としては、例えば、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金が挙げられる。なかでも、接合信頼性、接合後の応力緩和等の観点から、金が好ましい。

10

【0030】

(製造方法)

図3は、本発明の実施形態に係る半導体装置のワイヤ接合を説明するための概略工程図であって、図1のy軸方向から見た概略工程図である。図4は、本発明の実施形態に係る半導体装置のワイヤ接合を説明するための概略工程図であって、図1のx軸方向から見た概略工程図である。

本実施形態に係る半導体装置の製造方法は、第1のワイヤを半導体素子の電極上にボールボンディングする第1の工程(図3)と、第1のワイヤのボール部の上に第2のワイヤをボンディングする第2の工程(図4)と、を有する。

20

【0031】

本実施形態のワイヤ接続を実現するために用いられるワイヤボンディング法としては、特に限定されないが、通常、熱圧着ワイヤボンディング、超音波併用熱圧着ワイヤボンディング等を好適に利用することができる。

【0032】

以下、各工程について詳述する。

【0033】

(第1の工程)

第1ボンディング点である半導体素子の電極の上に、ワイヤの溶融により形成されたボールを圧着する。この圧着ボールから延長するワイヤをさらに前記圧着ボール上に圧着し、第2のボンディング点の方向に前記ワイヤを引き伸ばして、第2のボンディング点に接

30

【0034】

この第1の工程は、まず、ワイヤをキャピラリ等の治具に通し、スパーク等による高温を利用して、その先端を溶融させてワイヤによるボールを生成させる。温度は、特に限定されることなく、用いるワイヤの材料、太さ等によって調整することができる。例えば、 360 °C 程度以下の温度が挙げられる。ボールの大きさは特に限定されることなく、通常、ワイヤの2～20倍程度、さらに2～10倍程度の直径とすることができる。

【0035】

続いて、そのボールを金属部材又は電極表面に圧着してボール部を形成する。本発明では、上述したように、この圧着点が第1のボンディング点となる。この際の負荷は、例えば、金属部材又は電極表面でのボールの直径の広がりやを考慮して、適宜調整することができる。また、この際、超音波を印加しながら圧着してもよい。

40

次いで、第1のワイヤの延伸方向となる点(つまり、第2ボンディング点)とは逆方向に引き伸ばすために、キャピラリを逆方向に移動させる。この場合の逆方向は、第2ボンディング点がある方向に対して、 $150 \sim 210 \text{ °}$ 程度の範囲が含まれる。この際の引き伸ばし量、つまりキャピラリの移動長さは、 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度とすることが好ましい。

【0036】

その後、キャピラリを、任意に上昇させ、前記ボール部の直上に移動させ、さらに下降させることにより、前記ボール部上にキャピラリを圧着させる。これにより、ボール部か

50

ら延長する第1のワイヤが前記ボール部上に折り返されて圧着される。その結果、前記ボール部上に折り返し部が形成され、折り返し部の表面及びその近傍に位置するワイヤの表面をほぼ平坦とすることができる。この場合、超音波を印加しながら圧着してもよいが、印加せずに圧着することが好ましい。超音波の印加により、ワイヤが細く潰れることがあり、接合信頼性の低下を招くことがあるからである。また、圧着ボール上にワイヤの別の一部を圧着することにより、ワイヤの上方向への伸び（空間の占有）を低減し、例えば、圧着ボール底面からワイヤ径の1.0～5.0倍程度の高さ、別の観点から、圧着ボールの1倍から3倍程度以内の高さに止めることができる。

【0037】

続いて、ワイヤを、前記圧着ボールの直上から、前記第1ボンディング点とは別の位置にある第2ボンディング点へ引き伸ばし、第2ボンディング点に接合する。この場合の接合は、超音波を印加しながら又は印加せずに接合することができる。

【0038】

（第2の工程）

第1の工程の後、第1のワイヤの折り返し部142の上に第2のワイヤをボンディングする。この際、少なくとも第1のワイヤの折り返し部142の中心よりも第2のワイヤが伸びる方向とは反対側（図4の左方向）において、第2のワイヤに外力を加えて押し潰し、折り返し部に接合させる。

第2のワイヤは、第3ボンディング点上にボールボンディングした後、第1のボンディング点の方向に引き伸ばして第1ボンディング点にボンディングしてもよい。

【0039】

この第2の工程は、まず、第1の工程と同様に、キャピラリ等の治具に通したワイヤの先端を溶融させてボールを生成させる。

【0040】

続いて、そのボールを金属部材又は電極表面に圧着してボール部を形成する（図4（a））。本発明では、上述したように、この圧着点が第3のボンディング点となる。この際の負荷は、例えば、金属部材又は電極表面でのボールの直径の広がりや考慮して、適宜調整することができる。また、この際、超音波を印加しながら圧着してもよい。また、第1の工程と同様に、第2のワイヤのボール部の上に折り返し部を形成し、その折り返し部の表面及びその近傍に位置するワイヤの表面に平坦部を形成してもよい（図4（b））。

【0041】

次いで、キャピラリを第3のボンディング点上から、第1のワイヤの折り返し部の上に移動させる。この際、キャピラリの中心（図4（c）における一点鎖線）を、第1のワイヤのボール部の中心点（図4（c）における破線）の直上から、第2のワイヤの延伸方向（第3ボンディング点がある方向）とは逆方向にずらすことが好ましい。この場合の逆方向は、第1のワイヤのボール部の中心点から第3ボンディング点に対して、150～210°程度の範囲が含まれる。このようにキャピラリを第1のワイヤの折り返し部の上に移動させた状態において、第1のワイヤのボール部の中心点からキャピラリの中心までの水平方向の距離Lを、キャピラリのシフト量と称することがある。この場合、キャピラリのシフト量は、30～50μm程度とすることが好ましい。

続いて、キャピラリを下降させることにより、第1のワイヤの折り返し部142の上にキャピラリを圧着させて、第2のワイヤをボンディングする。このようにキャピラリの中心をずらした状態で圧着させることにより、第1のワイヤのボール部の中心点上に位置する折り返し部に対してキャピラリ50のフェイス部51を押し付けることができるため、折り返し部の周縁部に過剰な荷重が加わることを防止することができる。また、キャピラリ50を第1のワイヤの折り返し部142に圧着させると、キャピラリと第1のワイヤの折り返し部との間に挟まれた第2のワイヤが押し潰されて断面積が小さくなる。そして、第2のワイヤ15は断面積が小さくなった部分において切断される。上述したように、キャピラリの中心を第2のワイヤの延伸方向とは逆方向にずらした状態で圧着させるため、第2のワイヤは第1のワイヤの折り返し部の中心点（中心）上を覆うように接合され、第

10

20

30

40

50

2のワイヤの切断面156は、好ましくは第1のワイヤのボール部の中心よりも第2のワイヤの延伸方向とは反対側に形成される。

なお、切断面とは、ボンディングのため押しつぶされたワイヤ15とキャピラリ50内のワイヤ15とを分離するために切断する際に生ずる面を意味する。

また、押し潰された第2のワイヤの先端（または先端とその近傍）が、第2のワイヤの延伸方向とは反対側の第1のワイヤの折り返し部を覆った状態（折り返し部142の側面であって、第3のボンディング点と反対側の側面の少なくとも一部を覆った状態）で接合されるため、第2のワイヤの接合強度を高めることができる。このボンディングの際の荷重は、40～80gfが好ましい。これにより、良好な接合状態を確保することができる。また、キャピラリを圧着させる際に、キャピラリをさらに下降させることによって、第1のワイヤの折り返し部142に第2のワイヤの先端部分を押し付けてもよい。これにより、ワイヤの接合強度をさらに高めることができる。また、第2のワイヤの押し潰した部分を第2のワイヤの延伸方向とは反対側のボール部（ボール部141の側面であって、第3ボンディング点と反対側の側面）に接合させてもよい。

【0042】

なお、キャピラリの中心が第1のワイヤのボール部の中心点上に位置する状態、すなわち、キャピラリのシフト量が0の状態で行うと、キャピラリの中心はワイヤの材料が供給される部分であるため、キャピラリによってボール部の中心を押し付けることができない。また、ボール部の周縁部上にキャピラリの圧力が加わるため、例えば図7に示すように、ワイヤがボール部の周辺部上に押し付けられた状態となってしまうが、本願発明ではこのような状態を回避できる。

【0043】

本発明の半導体装置では、上述したボール部の生成から第2ボンディング点への接合までの一連方法を、互いに異なる任意の2ポイント間で2回以上適用するが、搭載される半導体素子の数、半導体素子の電極の態様、半導体素子の接続態様等に応じて、3回、4回、さらにそれ以上、上述した一連方法が行われたものであることが好ましい。また、別の観点から、1つの半導体素子に対して、第1ボンディング点及び／又は第2ボンディング点、合計3点以上設定されていることが好ましく、それぞれ2点以上ずつ設定されていることがより好ましい。この場合、一つのボンディング点におけるワイヤのボール部上に、他のボンディング点から延伸するワイヤが2つ以上接続されていてもよい。

本発明の半導体装置では、第1のワイヤの延伸方向と第2のワイヤの延伸方向がなす角度は、半導体装置の大きさ、半導体素子の電極や金属部材の位置に応じて、適宜変更することができる。また、図6に示すように、半導体装置内において、2本以上のワイヤが一直線上に接続されている箇所を一部に有していてもよい。

【0044】

以下に、本発明の半導体装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

実施例

図6は、本実施例に係る半導体装置を示す概略平面図である。図3及び図4は、本実施例に係る半導体装置のワイヤ接合を説明するための概略断面工程図である。

図6に示すように、この実施例の半導体装置10は、半導体素子11と、板状の金属部材12と、半導体素子11と金属部材12との間及び半導体素子11間をそれぞれ電氣的に接続するワイヤと、これらを一体的に樹脂封止する成形体19とを備えて構成されている。この半導体装置10には、金属部材12に電氣的に接続された保護素子13がさらに搭載されている。

【0045】

金属部材12は、アルミニウム合金からなる板状体であり、半導体素子11を搭載する領域と、そこから一方向に延長する領域を備えている。

成形体19は、金属部材12の一部を挟持して一体的に、直方体に近い形状（縦3.5mm×横3.5mm×高さ0.85mm）で成形されている。成形体は、その中央付近に、略角丸四角形（縦2.9mm×横2.9mm）の窓部19aを有している。窓部19a

内では、金属部材 1 2 の一部が露出しており、露出した金属部材 1 2 上に半導体素子 1 1 が搭載されている。なお、窓部 1 9 a 内には、透光性を有する封止樹脂 1 8 が埋設されている。

【0046】

半導体素子 1 1 は、その表面に 2 つの電極が形成されており、各電極が、金属部材 1 2 又は他の電極と、ワイヤによってそれぞれ電氣的に接続されている。

ワイヤは、ワイヤボンディングにより、金属部材表面又は電極表面に接合されている。第 1 ボンディング部（第 1 ボンディング点）である半導体素子 1 1 の電極上において、ワイヤの溶融により形成されたボールが電極 1 6 表面に圧着されており（ボール部 1 4 1）、この圧着ボールから延長（延伸）するワイヤがさらに圧着ボール上に折り返されており（折り返し部 1 4 2）、第 2 ボンディング点である金属部材 1 2 の方向に延長（延伸）し、金属部材 1 2 の表面に接合されている（ウェッジボンド部）。つまり、第 1 ボンディング点 P₁ において、第 2 ボンディング点と反対側に、ワイヤによるループ形状が形成されており、その折り返し部の表面／頂上部分はワイヤの一部を含めて潰された状態であり、比較的平坦化された形状となっている。

【0047】

この第 1 のワイヤ 1 4 の接合は、まず、ワイヤをキャピラリに通し、スパークによる高温を利用して、その先端を溶融させてワイヤによるボールを生成させる。

続いて、そのボールを電極表面に圧着し、接合する（図 3（a））。この圧着点が第 1 ボンディング点となる。ワイヤは、直径が 25 μm のものを用い、ボール 1 4 1 の径は、70 μm とする。

次いで、図 3（a）の矢印に従って、圧着点からキャピラリ 50 を上昇させ、ワイヤを繰り出し、第 2 ボンディング点とは逆方向に引き伸ばすために、キャピラリを逆方向に移動させる（図 3（b））。

【0048】

その後、キャピラリ 50 を上昇させ（図 3（c））、ボール直上に移動させてワイヤを繰り出し、ボール上にキャピラリを圧着する（図 3（d））。これにより、圧着ボールから延長する（繋がる）ワイヤ（第 1 のワイヤ 1 4）の別の一部がボール上に折り返されて、この折り返し部の表面及びその近傍に位置するワイヤがほぼ平坦となる（図 3（e））。

続いて、図 3（e）の矢印に従って、キャピラリ（図示せず）を上昇させて、ワイヤを繰り出し、第 2 ボンディング点とは逆方向にキャピラリを水平移動させ、再度上昇させてワイヤを繰り出し、圧着ボールの直上を通り、第 2 ボンディング点へ水平移動及び下降しながらワイヤを引き伸ばし、第 2 ボンディング点に接合する。これにより、第 1 ボンディング点と第 2 ボンディング点とを架橋する第 1 のワイヤ 1 4 が形成される。

【0049】

この半導体装置では、電極 1 6 の第 1 ボンディング点 P₁ の上に、この電極 1 6 と別の電極 1 7（第 3 ボンディング点 P₃）との間を電氣的に接続する第 2 のワイヤ 1 5 が設けられている。第 2 のワイヤ 1 5 は、第 1 のワイヤ 1 4 の延伸方向と交差している。

この第 2 のワイヤ 1 5 の接合は、第 1 のワイヤ 1 4 を接合する工程と同様に、まず、キャピラリ等の治具にとおしたワイヤの先端を溶融させてボールを生成させる。

【0050】

続いて、そのボールを金属部材又は電極表面に圧着してボール部を形成する（図 4（a））。この圧着点が第 3 のボンディング点となる。第 1 のワイヤと同様に、第 2 のワイヤのボール部の上に折り返し部を形成し、その折り返し部の表面及びその近傍に位置するワイヤの表面に平坦部を形成してもよい（図 4（b））。

【0051】

次いで、キャピラリを第 3 のボンディング点上から、第 1 のワイヤの折り返し部の上に移動させる。この際、キャピラリの中心（図 4（c）における一点鎖線）を、第 1 のワイヤのボール部の中心点（図 4（c）における破線）の直上から、第 2 のワイヤの延伸方向

(第3ボンディング点がある方向)とは逆方向にずらした位置まで移動させる。

続いて、キャピラリを下降させることにより、第1のワイヤの折り返し部の上にキャピラリを圧着させて、第2のワイヤをボンディングする(図4(d))。キャピラリを第1のワイヤの折り返し部に圧着させると、キャピラリと第1のワイヤの折り返し部との間に挟まれた第2のワイヤが押し潰されて断面積が小さくなる。そして、第2のワイヤは断面積が小さくなった部分において切断される(図4(e))。

本実施例においては、第2のワイヤ15を第1のワイヤ14のボール部の上に接合する際に、キャピラリのシフト量を $40\text{ }\mu\text{m}$ として、 40 gf の荷重によりボンディングを行う。

【0052】

10

このように構成された半導体装置10では、第2のワイヤ15は、第1のワイヤ14の折り返し部142の上に接合され、さらに第2のワイヤ15の先端は、第2のワイヤの延伸方向とは反対側の折り返し部142を覆っている。

本実施例の半導体装置10においては、ワイヤの接合状態を良好なものとすることができる。

【0053】

比較例

図7は、比較例に係る半導体装置の一部を拡大した概略断面図である。

第2のワイヤ25を第1のワイヤ24の上にボンディングする際に、キャピラリの中心が第1のワイヤ24のボール部241の中心点上に位置する状態、すなわち、キャピラリのシフト量を0として、ボンディングを行うように変更した以外、実質的に実施例1と同様の製造方法で、同様の半導体装置を作製する。

20

その結果、第2のワイヤ25は、第2のワイヤの延伸方向側にある第1のワイヤの折り返し部の周縁部に接合された状態になる。

比較例の半導体装置は、実施例1の半導体装置と比較して、信頼性試験においてワイヤが断線しやすい傾向にある。

【0054】

実施例及び比較例と同様の半導体装置を各10個作製し、それぞれの第2のワイヤを引っ張って強度試験を行い、ワイヤが破断する時の荷重(gf)と破断した箇所を調べた。その結果を表1に示す。尚、表1において、A、Bの符号で示す部分は、図8において示したA、Bの部分で破断されたものを示している。各符号は、以下の通りである。

30

A：第2のワイヤの折り返し部近傍

B：第2のワイヤの先端近傍

また、図8において、Xの符号を付して示す部分は、強度試験に際してワイヤを引っ張った位置を示している。

【0055】

【表 1】

	実施例		比較例	
	強度(gf)	破断箇所	強度(gf)	破断箇所
1	9.258	A	6.247	B
2	8.268	A	8.102	B
3	9.027	A	5.356	B
4	9.416	A	8.621	A
5	9.378	A	7.613	B
6	9.358	A	8.684	B
7	8.596	A	7.219	B
8	9.035	A	8.644	B
9	9.116	A	7.326	B
10	8.997	A	6.798	B
平均値	9.044		7.461	

10

20

【0056】

実施例の強度試験の平均値は、約 9.04 gf であった。また、実施例の半導体装置は、10 個とも第 2 のワイヤの先端近傍（B）においては断線しておらず、第 2 のワイヤの折り返し部近傍（A）において断線していた。一方、比較例の強度試験の平均値は、約 7.46 gf であった。また、比較例の半導体装置は、10 個のうち 9 個が、第 2 のワイヤの先端近傍（B）において断線していた。

この結果から、実施例の半導体装置は、第 2 のワイヤの先端近傍（B）においては断線していないため、第 1 のワイヤと第 2 のワイヤの接合強度が高いことが確認できた。

また、実施例の半導体装置の方が、比較例の半導体装置よりもワイヤの接合強度が高いことを確認した。

30

【産業上の利用可能性】

【0057】

本発明の半導体装置は、半導体素子を搭載することにより、ファクシミリ、コピー機、ハンズキャナ等における画像読取装置に利用される照明装置のみならず、照明用光源、LED ディスプレイ、携帯電話機等のバックライト光源、信号機、照明式スイッチ、車載用ストップランプ、各種センサおよび各種インジケータ等の種々の照明装置に利用することができる。

また、半導体装置のみならず、IC、メモリ等の種々の半導体装置のワイヤボンディングにおいても広く利用することができる。

【符号の説明】

40

【0058】

10 半導体装置

11、21 半導体素子

12 金属部材

13 保護素子

14、24 第 1 のワイヤ

141、241 第 1 のワイヤのボール部

142、242 第 1 のワイヤの折り返し部

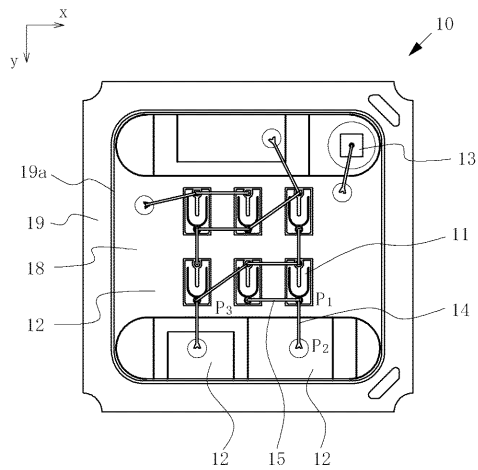
142a 折り返し部の下部

142b 折り返し部の上部

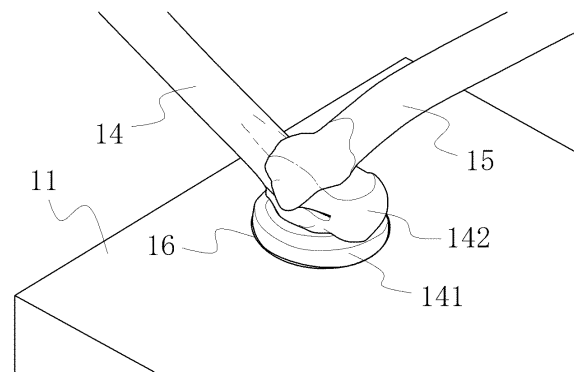
50

- 144 ウェッジボンド部
- 15、25 第2のワイヤ
- 151 第1のワイヤのボール部
- 152 第1のワイヤの折り返し部
- 16、17、26 電極
- 18 封止樹脂
- 19 成形体
- 19a 窓部
- 50 キャピラリ
- 51 フェイス部

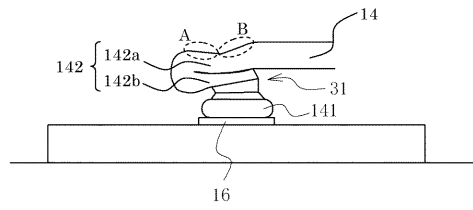
【図1】



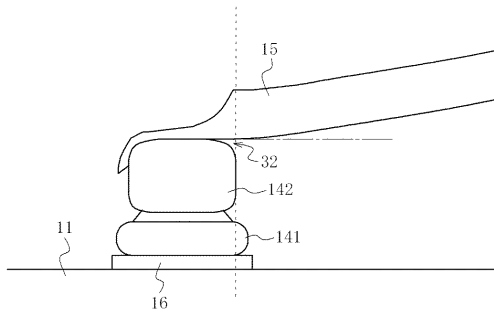
【図2】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 鈴木 和樹

- (56)参考文献 特開2009-076783 (JP, A)
特開2008-130863 (JP, A)
特開2003-243442 (JP, A)
特開平02-271592 (JP, A)
特開2004-221264 (JP, A)
米国特許出願公開第2002/0089070 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/60
H01L 33/62