

(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2011-97042
(P2011-97042A)

(43) 公開日 平成23年5月12日(2011.5.12)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 L 21/60 (2006.01) H O 1 L 21/60 3 O 1 G 5 F O 4 4

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-220356 (P2010-220356)	(71) 出願人	000010087 T O T O株式会社
(22) 出願日	平成22年9月30日 (2010. 9. 30)		福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号
(31) 優先権主張番号	特願2009-228080 (P2009-228080)	(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(32) 優先日	平成21年9月30日 (2009. 9. 30)	(72) 発明者	和田 匡央 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 T O T O株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	櫻井 衛 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 T O T O株式会社内
		(72) 発明者	吉井 雄一 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 T O T O株式会社内

最終頁に続く

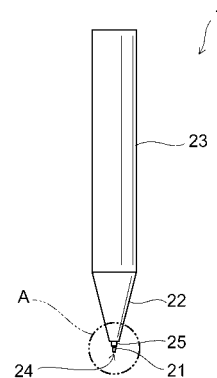
(54) 【発明の名称】 ボンディングキャピラリー

(57) 【要約】

【課題】本発明の実施態様は、金線に最適化された既存のボンディング装置で銅線のワイヤーボンディングを行う場合であっても過度な超音波パワーの伝達によるアルミニウム電極や半導体素子の損傷が生じることがないようにしたボンディングキャピラリーを提供することにある。

【解決手段】ボンディング装置に機械的に固定される第一円筒部と、前記第一円筒部のボンディングを行う側に設けられた円錐部と、前記円錐部の前記ボンディングを行う側に設けられたボトルネック部と、を有し、前記円錐部と前記ボトルネック部との間には、前記円錐部の前記ボンディングを行う側の端部の直径寸法よりは小さく、前記ボトルネック部の前記ボンディングを行う側とは反対側の端部の直径寸法よりは大きい直径寸法を有した減衰部を設けたことを特徴とするボンディングキャピラリーが提供される。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ボンディング装置に機械的に固定される第一円筒部と、
前記第一円筒部のボンディングを行う側に設けられた円錐部と、
前記円錐部の前記ボンディングを行う側に設けられたボトルネック部と、を有し、
前記円錐部と前記ボトルネック部との間には、前記円錐部の前記ボンディングを行う側の端部の直径寸法よりは小さく、前記ボトルネック部の前記ボンディングを行う側とは反対側の端部の直径寸法よりは大きい直径寸法を有した減衰部を設けたことを特徴とするボンディングキャピラリー。

【請求項 2】

前記減衰部は、前記ボトルネック部の剛性よりは高く、前記第一円筒部の剛性よりは低い剛性を有したことを特徴とする請求項 1 記載のボンディングキャピラリー。

【請求項 3】

前記減衰部の直径寸法は、0.3 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のボンディングキャピラリー。

【請求項 4】

前記減衰部の長さは、0.1 mm 以上、0.5 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のボンディングキャピラリー。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明の態様は、一般に、半導体素子に形成された電極とリードフレームの間の電気的な導通を得るために金属細線で結線を行う際に用いるボンディングキャピラリーに係り、特に金属細線の材質が銅または銅合金である場合に好適なボンディングキャピラリーに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来の金属細線に金を用いるワイヤーボンディングでは、ボンディングサイクルを短縮する狙いからボンディングキャピラリーが金属細線をアルミニウム電極やリードフレームに押しつけるための荷重を増すとともにボンディングキャピラリーに印加する超音波のパワーを強くして高速で接合を行っても強固な接合強度が得られるようにしようとする傾向がある（例えば、非特許文献 1 参照）。

このような場合、接合時の応力でアルミニウム電極や半導体素子そのものに機械的な損傷を与えてしまう恐れがあった。

近年は金属細線の材質として金よりも低コストである銅を用いる試みが広がっており、銅は金に対して硬いため、高速で接合しようとするボンディング荷重や超音波のパワーを増すと、一層アルミニウム電極や半導体素子への機械的な損傷を与え易くなるという問題がある。

【0003】

また、金線を用いた場合で、ボンド荷重（ボンディング荷重）や超音波のパワーを調整してボンディングキャピラリー先端の無負荷時の振幅を一定の範囲に制限することで、アルミニウム電極や半導体素子への損傷を抑制できるとしているものもある（例えば、特許文献 1 参照）。

この場合も銅線を用いると、銅線先端の一定のつぶれ形状を得るために特許文献 1 でいう制限範囲を超えてボンド荷重を強くせざるを得ず、アルミニウム電極や半導体素子への機械的な損傷を抑えるためには超音波のパワーをボンド荷重に合わせて大幅に下げやることがあった。

しかし、市場ではすでに金線に最適化されたボンディング装置が多数導入済みであり、銅線のワイヤーボンディングにも金線に最適化された既設のボンディング装置を用いるのが通常であって、金線に用いられていた従来のボンディングキャピラリーと銅線の組み合

10

20

30

40

50

わせでは一定のつぶれ形状を得るために強く設定したボンド荷重のもとでは、超音波発振器の電力調整だけで最適な超音波のパワーを安定発振範囲で設定することが困難で、結果として必要以上の超音波パワーがアルミニウム電極や半導体素子へ伝達して機械的な損傷を与えるという問題がある。

【0004】

また、金線用のボンディングキャピラリーにおいて、集積化チップのワイヤーとの干渉を防ぐために十分なボトルネック高さを確保したボンディングキャピラリーが提案されている（特許文献2参照）。

この特許文献2に開示がされたボンディングキャピラリーにおいては、ボトルネック高さを過度に高くするとせん断破壊してしまうため、2段ハイボトルネック型にしてワイヤ接触を回避するための高さを確保するようにしている。そして、更に第2ボトルネック部とストレート部に段差を設けて超音波伝達の倍加効果を狙うことで、従来に比べ低いボンド荷重および低い超音波パワーであってもボンディングキャピラリー先端部での振幅を増加させることができるので、接合部分の引張強度およびせん断強度を増大させることができる。

しかしながらこの特許文献2に開示された技術の場合、ボンディングキャピラリー先端部の振幅増加によって接合部分のせん断強度が増加するとしても、それに応じてボンディングキャピラリー先端部からアルミニウム電極や半導体素子に作用する局所的な垂直方向応力も増加し、結果的にアルミニウム電極や半導体素子に機械的損傷を与える可能性も増加してしまうという問題がある。特に、銅線を用いたワイヤーボンディングにおいては、銅が金よりも硬いこと及びボンド荷重条件が異なることからこの傾向は顕著なものとなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許番号3086158号公報（第1頁、第1図）

【特許文献2】特開2007-150225号公報（第4図）

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】日本機械学会論文集62巻595号、論文番号95-1149、1996年3月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の実施態様は、上記問題を解決するためになされたものであり、金線に最適化された既存のボンディング装置で銅線のワイヤーボンディングを行う場合であっても過度な超音波パワーの伝達によるアルミニウム電極や半導体素子の損傷が生じることがないようにしたボンディングキャピラリーを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

第1の発明は、ボンディング装置に機械的に固定される第一円筒部と、前記第一円筒部のボンディングを行う側に設けられた円錐部と、前記円錐部の前記ボンディングを行う側に設けられたボトルネック部と、を有し、前記円錐部と前記ボトルネック部との間には、前記円錐部の前記ボンディングを行う側の端部の直径寸法よりは小さく、前記ボトルネック部の前記ボンディングを行う側とは反対側の端部の直径寸法よりは大きい直径寸法を有した減衰部を設けたことを特徴とするボンディングキャピラリーである。

このボンディングキャピラリーには減衰部が設けられているのを、ボトルネック部の過度な傾斜を抑制することができる。そのため、アルミニウム電極や半導体素子への機械的な損傷のないボンディングが可能となる。

この場合、金線に最適化された既存のボンディング装置で銅線のワイヤーボンディング

を行う場合であっても、過度な超音波パワーの伝達によるアルミニウム電極や半導体素子の損傷を抑制することができる。

【0009】

また、第2の発明は、第1の発明において、前記減衰部は、前記ボトルネック部の剛性よりは高く、前記第一円筒部の剛性よりは低い剛性を有したことを特徴とするボンディングキャピラリーである。

このボンディングキャピラリーによれば、ボンディングキャピラリーの先端側において過度な変形が発生することをより抑制することができる。すなわち、ボトルネック部の過度な傾斜をより抑制することができる。

【0010】

また、第3の発明は、第1または第2の発明において、前記減衰部の直径寸法は、0.3mm以下であることを特徴とするボンディングキャピラリーである。

このボンディングキャピラリーによれば、アルミニウム電極や半導体素子への過度で局所的な垂直方向応力の発生をより抑制することができる。また、この様な直径寸法を有する減衰部とすることで、ボトルネック部の過度な傾斜をより抑制することができる。

【0011】

また、第4の発明は、第1～第3のいずれか1つの発明において、前記減衰部の長さは、0.1mm以上、0.5mm以下であることを特徴とするボンディングキャピラリーである。

このボンディングキャピラリーによれば、アルミニウム電極や半導体素子への過度で局所的な垂直方向応力の発生をより抑制することができる。また、この様な長さ寸法を有する減衰部とすることで、ボトルネック部の過度な傾斜をより抑制することができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明の実施態様によれば、銅線のワイヤーボンディングにおいて、接合強度を確保した状態で、アルミニウム電極や半導体素子への機械的な損傷の発生を抑制できるボンディングキャピラリーを実現できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施例におけるボンディングキャピラリーを示す模式図である。

【図2】本発明の一実施例におけるボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

【図3】ボンディングキャピラリーの振動挙動を例示するための解析図である。(a)は比較例1に係るボンディングキャピラリーの場合、(b)は本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーの場合である。

【図4】接合部分に発生する局所的な垂直方向応力について例示をするための解析図である。

【図5】アルミスブラッシュと半導体素子の損傷とを例示する写真である。(a)は、接合部分の走査型電子顕微鏡写真である。(b)はアルミニウム電極の下層に設けられた半導体素子の表面の走査型電子顕微鏡写真である。

【図6】接合部分に発生する垂直方向応力を例示するためのグラフ図である。

【図7】比較例1に係るボンディングキャピラリーを示す模式図である。

【図8】比較例1に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

【図9】比較例2に係るボンディングキャピラリーを示す模式図である。

【図10】比較例2に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

【図11】実施例1に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

【図12】実施例7に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】実施例 4 に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

【図 1 4】アルミブラッシュ量を例示するためのグラフ図である。

【図 1 5】アルミブラッシュ量の測定データを例示するための図である。

【図 1 6】ポールせん断強度を例示するためのグラフ図である。

【図 1 7】ポールせん断強度の測定データを例示するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明者らは、ボンディングキャピラリーの先端部分の構成によってワイヤーボンディングプロセス中におけるボンディングキャピラリーの振幅挙動が異なるものとなるという知見を得た。

さらに、応力解析および実機評価を行うことで、アルミニウム電極や半導体素子への機械的な損傷を抑制するのに適したボンディングキャピラリーの先端部分の構成に関する知見を得た。

【0015】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について例示をする。尚、各図面中、同様の構成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。

【0016】

図 1 は、本発明の一実施形態に係るボンディングキャピラリーを示す模式図である。

【0017】

本発明の一実施形態に係るボンディングキャピラリー 1 は、ボンディング装置に機械的に固定するための直径を有する第一円筒部 2 3 と、減衰部 2 5 につながる円錐部 2 2 と、近接する配線済みの金属細線を避けて狙う位置にボンディングを行うためのボトルネック部 2 1 と、ボトルネック部 2 1 の先端面に先端部 2 4 を備える。

【0018】

すなわち、図 1 に示すように、本実施形態に係るボンディングキャピラリー 1 は、第一円筒部 2 3、円錐部 2 2、減衰部 2 5、ボトルネック部 2 1 を備えている。

また、ボンディングキャピラリー 1 の内部には、金属細線を挿通させるための孔が軸方向に貫通するようにして設けられている。

第一円筒部 2 3 は、ボンディング装置に機械的に固定される。そのため、第一円筒部 2 3 は、ボンディング装置に機械的に固定することができるような直径寸法を有している。

円錐部 2 2 は、第一円筒部 2 3 のボンディングを行う側（ボンディングキャピラリー 1 の先端側）に設けられている。また、円錐部 2 2 は、先端部 2 4 側になるに従い直径寸法が小さくなる（断面積が小さくなる）ような円錐台形状を呈し、第一円筒部 2 3 とつながる側の端部の直径寸法が第一円筒部 2 3 の直径寸法と略同一となっている。

減衰部 2 5 は、円錐部 2 2 とボトルネック部 2 1 との間に設けられている。また、減衰部 2 5 は、円錐部 2 2 のボンディングを行う側の端部の直径寸法よりは小さく、ボトルネック部 2 1 のボンディングを行う側とは反対側の端部の直径寸法よりは大きい直径寸法を有している。すなわち、減衰部 2 5 の直径寸法は、円錐部 2 2 の先端部 2 4 側の直径寸法よりは小さく、ボトルネック部 2 1 の先端部 2 4 側とは反対側の端部の直径寸法よりは大きくなっている。減衰部 2 5 は、ボトルネック部 2 1 の剛性よりは高く、第一円筒部 2 3 の剛性よりは低い剛性を有しているものとすることができる。

ボトルネック部 2 1 は、円錐部 2 2 のボンディングを行う側に設けられている。また、ボトルネック部 2 1 は、既に配線されている隣の金属細線を避けて所定の接合位置にワイヤーボンディングを行うことができるような直径寸法を有している。なお、ボトルネック部 2 1 の先端面を先端部 2 4 としている。

【0019】

ボンディングキャピラリー 1 のボトルネック部 2 1 の外径を細くすることで、ボンド位置（接合位置）のピッチが例えば 50 μm 以下と小さい、高密度なワイヤーボンディングを行うことに対応することができる。

10

20

30

40

50

すなわち、ボトルネック部 2 1 の直径寸法を小さくすれば、接合位置の間隔が狭い場合（高密度なワイヤーボンディングを行う場合）であっても、既に配線されている隣の金属細線とボトルネック部 2 1 とが干渉することを抑制することができる。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、本発明の一実施形態に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

なお、図 2 は、図 1 における A 部を拡大したものである。

【 0 0 2 1 】

円錐部 2 2 とボトルネック部 2 1 との間に超音波振動によって発生するアルミニウム電極や半導体素子への過度で局所的な垂直方向応力を抑制させる効果のある一実施形態として、減衰部 2 5 が設けられている。

すなわち、減衰部 2 5 を設けることで、アルミニウム電極や半導体素子に過度で局所的な垂直方向応力が発生することを抑制することができる。なお、過度で局所的な垂直方向応力の発生に関する詳細は後述する。

【 0 0 2 2 】

減衰部 2 5 は、減衰部長さ 2 6 と、減衰部径 2 7 を有している。

すなわち、減衰部 2 5 の軸方向長さを減衰部長さ 2 6 とし、直径寸法を減衰部径 2 7 としている。

【 0 0 2 3 】

円錐部 2 2 の減衰部 2 5 とつながる下方部の直径寸法に比べて、減衰部径 2 7 は小さく形成されている。また、減衰部径 2 7 は、先端部 2 4 の直径寸法より大きく形成されている。

すなわち、前述したように、減衰部径 2 7（減衰部 2 5 の直径寸法）は、円錐部 2 2 の先端部 2 4 側の直径寸法よりは小さく、ボトルネック部 2 1 の先端部 2 4 側とは反対側の端部の直径寸法よりは大きくなっている。

【 0 0 2 4 】

このように、第一円筒部 2 3 より少なくとも細い減衰部 2 5 を設けることにより、ボンディングキャピラリー 1 に伝達された超音波振動によって発生するアルミニウム電極や半導体素子に対する垂直方向応力を抑制させる効果を得られる。超音波振動により、先端部 2 4 も振動するが、ボトルネック部 2 1 と円錐部 2 2 との間に減衰部 2 5 を設けておくことでボンディングキャピラリー 1 全体の振幅挙動を制御し、ボンディングキャピラリー 1 の先端（先端部 2 4）の垂直方向の挙動を抑制することができる。そのため、アルミニウム電極や半導体素子に対して垂直方向に作用する局所的な集中応力を減少させることができる。

【 0 0 2 5 】

また、アルミニウム電極や半導体素子に対して垂直方向の局所的な集中応力を減らすとともに、金属細線の端部に形成されているボールとアルミニウム電極との間の接触面全体でより均一な垂直方向の応力を発生させることができる。そのため、ワイヤーボンディングプロセス中におけるボールとアルミニウム電極との間全体で摩擦エネルギーの発生効率を改善することができる。そのため、ボンディングせん断強度を高く保つことができる。これらのことより、金属細線の先端とアルミニウム電極の接合強度を高く維持しつつ、アルミニウム電極や半導体素子が機械的な損傷により、はがれるといった不具合を解消できる。

【 0 0 2 6 】

減衰部 2 5 としては、減衰部径 2 7 を有するものを例示したが、外観が円柱形状に限定されず、円錐部 2 2 からボトルネック部 2 1 にかけて径が小さくなる円錐台形状も好適である。

すなわち、減衰部 2 5 の外観の形状として、直径寸法が減衰部径 2 7 である円柱形状を例示したがこれに限定されるわけではない。例えば、円錐部 2 2 側からボトルネック部 2 1 側になるに従い直径寸法が小さくなる（断面積が小さくなる）円錐台形状とすることも

10

20

30

40

50

できる。

【0027】

その他、減衰部25の外観形状として、楕円形状、多角柱形状または多角錐台形状が好適である。

【0028】

ここで、減衰部25についてさらに説明する。

本発明者らの得た知見によれば、ボンディングキャピラリーの先端部分の構成によってワイヤーボンディングプロセス中におけるボンディングキャピラリーの振幅挙動が異なるものとなる。

図3は、ボンディングキャピラリーの振動挙動を例示するための解析図である。なお、図3(a)は後述する比較例1に係るボンディングキャピラリーの場合(図7、図8を参照)、図3(b)は本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーの場合である。すなわち、図3(a)は特許文献2に開示されたボンディングキャピラリーと同様に減衰部25を設けていないボンディングキャピラリーの場合、図3(b)は後述する実施例3に係るボンディングキャピラリーの場合である。

また、CAE(Computer Aided Engineering)解析によりボンディングキャピラリーの振幅挙動を解析するものとした。なお、加振方向はボンディングキャピラリーの軸方向に垂直な方向とし、振幅を1 μ m、周波数を120kHzとした。

【0029】

図3(a)から分かるように、比較例1に係るボンディングキャピラリーの場合にはボンディングキャピラリーの先端側において変形が大きくなる。すなわち、ボトルネック部が過度に傾斜している。

これに対し、図3(b)から分かるように、本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーの場合にはボンディングキャピラリーの先端側における変形を抑制することができる。すなわち、ボトルネック部の傾斜を抑制することができる。

【0030】

ここで、ボンディングキャピラリーの先端部は、金属細線の端部に形成されているボールを介して1st側の電極に押し付けられる。または、ボンディングキャピラリーの先端部は、金属細線を介して2nd側の電極に押し付けられる。

そのため、ボンディングキャピラリーの先端側における変形が大きくなると、電極や電極の下層に設けられている半導体素子に機械的な損傷を与えるおそれがある。特に、1st側の電極がアルミニウム電極の場合には、ボンディングキャピラリーの先端側における変形の影響が顕著となる。さらに、金属細線が銅線の場合には金線の場合と比べて硬度が高くなるため、ボンディングキャピラリーの先端側における変形の影響がさらに顕著となる。

【0031】

この場合、ボンディングキャピラリーの先端側における変形が大きくなると、アルミニウム電極や半導体素子に作用する局所的な垂直方向応力が過大なものとなるおそれがある。

図4は、接合部分に発生する局所的な垂直方向応力について例示をするための解析図である。

なお、図4は、金属細線の端部に形成されているボールを介して接合する場合に発生する局所的な垂直方向応力をCAE解析により解析したものである。

図4に示すように、ボンディングキャピラリーの先端側における変形が大きくなり、ボトルネック部21が大きく傾くと接合部分の周縁(ボールの周縁)に局所的に大きな垂直方向応力が発生する。この場合、図4中の右側においては圧縮応力が発生し、図4中の左側においては引張り応力が発生する。また、ボンディングキャピラリーは図4中の左右方向に可振されるので、圧縮応力と引張り応力とが交互に発生することになる。

【0032】

この様な局所的に大きな垂直方向応力が発生すると、アルミニウム電極にいわゆるアル

10

20

30

40

50

ミスプラッシュが発生したり、半導体素子に損傷が発生したりするおそれがある。

図5は、アルミスプラッシュと半導体素子の損傷とを例示する写真である。

なお、図5(a)は、接合部分の走査型電子顕微鏡(SEM; Scanning Electron Microscope)写真である。図5(b)はアルミニウム電極の下層に設けられた半導体素子の表面の走査型電子顕微鏡写真である。

図5(a)に示すようなアルミスプラッシュが発生すると、隣接する電極と短絡するおそれがある。また、アルミニウム電極は、その下層に設けられた半導体素子を保護する機能をも有しているため半導体素子の保護作用が低減するおそれもある。

また、接合部分の周縁(ボールの周縁)に局所的に大きな垂直方向応力が発生すると、図5(b)に示すような損傷が半導体素子の表面に発生するおそれもある。

10

【0033】

そのため、本発明の実施形態においては、円錐部22とボトルネック部21との間に減衰部25を設けることで、過度で局所的な垂直方向応力が発生することを抑制するようにしている。

図6は、接合部分に発生する垂直方向応力を例示するためのグラフ図である。

なお、図6の縦軸は垂直方向応力を表し、横軸は接合部分における位置を表している。この場合、横軸の0(ゼロ)は接合部分の中心位置(押し付けられたボール部分の中心位置)である。

また、図6中のBは後述する比較例1に係るボンディングキャピラリーの場合、図6中のCは本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーの場合である。すなわち、図6中のBは特許文献2に開示されたボンディングキャピラリーと同様に減衰部25を設けていないボンディングキャピラリーの場合、図6中のCは後述する実施例3に係るボンディングキャピラリーの場合である。

20

図6から分かるように、本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーによれば、接合部分の周縁(ボールの周縁)に発生する垂直方向応力を大幅に低減させることができる。また、接合部分の全域において発生する垂直方向応力をも低減させることができる。

【0034】

次に、本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーの実施例について説明する。

(実施例)

表1は、本発明の実施形態に係るボンディングキャピラリーの実施例と比較例との比較をまとめたものである。

30

【表 1】

	減衰部長さ (mm)	減衰部径 (減衰部の直径寸法) (mm)	先端部の直径寸法 (mm)	ボトルネック部の長さ (mm)	垂直方向応力解析値 (%) ※比較例1を100%とした場合	ボンディング超音波パワー (mA)	ボンディング変数	ボンディング重 (gf)	ボンディング強度 (gf)	ボンディング強度標準偏差 (gf)	アルミシユ幅 (mm)	アルミシユ幅標準偏差 (mm)	半導体素子表面の損傷	判定
実施例1	0.100	0.168	0.075	0.150	71.7%	110	18	18.91	1.67	3.870	0.61	○	OK	
実施例2	0.100	0.140	0.075	0.150	—	110	18	—	—	—	—	○	OK	
実施例3	0.200	0.180	0.075	0.150	72.0%	90	18	18.00	1.42	3.333	0.61	○	OK	
実施例4	0.200	0.168	0.075	0.150	—	110	18	—	—	—	—	○	OK	
実施例5	0.500	0.220	0.075	0.150	—	110	18	—	—	—	—	○	OK	
実施例6	0.500	0.180	0.075	0.150	61.4%	110	18	—	—	—	—	○	OK	
実施例7	0.100	0.252	0.075	0.150	71.8%	90	18	18.89	1.61	3.790	0.75	○	OK	
実施例8	0.500	0.300	0.075	0.150	65.6%	110	18	—	—	—	—	○	OK	
比較例1	—	—	0.075	0.150	100.0%	110	18	18.91	1.87	4.240	1.01	×	NG	
比較例2	—	—	0.063	0.300	153.0%	—	—	—	—	—	—	×	NG	

10

20

30

40

(比較例 1)

比較例 1 は、特許文献 2 に開示されたボンディングキャピラリーと同様に減衰部 2 5 を備えていないボンディングキャピラリーの場合である。

図 7 は、比較例 1 に係るボンディングキャピラリーを示す模式図である。

図 8 は、比較例 1 に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

なお、図 8 は、図 7 における D 部を拡大したものである。

図 7 に示すように、比較例 1 に係るボンディングキャピラリーは、第一円筒部 1 3、円錐部 1 2、ボトルネック部 1 1 を備えている。また、ボトルネック部 1 1 の先端面が先端部 1 4 となっている。すなわち、比較例 1 に係るボンディングキャピラリーには減衰部が設けられていない。

10

【0036】

図 7、図 8 に示す従来のボンディングキャピラリーの形状において、先端部 1 4 の直径寸法を 0.075 mm、ボトルネック部 1 1 の長さを 0.150 mm としたボトルネックを有するボンディングキャピラリーにおいて、ボールせん断強度は 18.91 gf と十分であるものの、半導体素子表面に損傷の発生が確認された。また、垂直方向に発生する応力の最大値の解析を実施し、この時の応力最大値を 1 とする。なお、1 s t 側の接合強度をボールせん断強度と称している。すなわち、表 1 に示すように、比較例 1 に係るボンディングキャピラリーの場合には、良好なボールせん断強度を得ることができるものの、半導体素子表面に損傷が発生した。また、アルミスブラッシュも大きくなった。

20

半導体素子表面の損傷の発生やアルミスブラッシュの増大は、アルミニウム電極や半導体素子に作用する局所的な垂直方向応力が過大なものとなったからである。

そのため、実施例と比較するために、比較例 1 において垂直方向に発生する応力の最大値を CAE 解析により解析し、この解析値を「100%」(基準値)とすることにした。

【0037】

(比較例 2)

比較例 2 は、特許文献 2 に開示されたボンディングキャピラリーと同等のボンディングキャピラリーの場合である。すなわち、比較例 2 も減衰部 2 5 を備えていないボンディングキャピラリーの場合である。

図 9 は、比較例 2 に係るボンディングキャピラリーを示す模式図である。

30

図 10 は、比較例 2 に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

なお、図 10 は、図 9 における E 部を拡大したものである。

図 9 に示すように、比較例 2 に係るボンディングキャピラリーは、第一円筒部 1 3、円錐部 1 2 a、ボトルネック部 1 1 を備えている。また、ボトルネック部 1 1 の先端面が先端部 1 4 となっている。すなわち、比較例 2 に係るボンディングキャピラリーには減衰部が設けられていない。なお、第一円筒部 1 3 と円錐部 1 2 a との間には段差部 1 0 3 ' が設けられている。

表 1 に示すように、比較例 2 に係るボンディングキャピラリーについて応力解析をすると、垂直方向応力の解析値は比較例 1 の 153% となりかえって垂直方向応力が増大することが判明した。したがって、半導体素子表面に損傷が発生させる可能性が高い。

40

【0038】

(実施例 1)

図 11 に示す本発明の一実施形状において、先端部 2 4 の直径寸法を 0.075 mm、ボトルネック部 2 1 の長さを 0.150 mm とし、図 2 に示す減衰部長さ 2 6 を 0.100 mm、減衰部径 2 7 を 0.168 mm とした時の垂直方向の応力最大値は 71.7% であり、アルミニウム電極や半導体素子への機械的な損傷につながる垂直方向応力を低減できていることがわかる。またボンディング評価においてボールせん断強度は 18.91 gf あり、アルミスブラッシュ量は比較例 1 よりも小さくすることができ、半導体素子表面における損傷の発生も確認されなかった。さらに、アルミスブラッシュ量、ボールせん断強

50

度とともに数値バラツキが小さくなり、従来と比べて安定したワイヤーボンディングが可能となっている。

【0039】

すなわち、図11は実施例1に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

実施例1は、図1、図2に示したボンディングキャピラリー1の減衰部長さ26、減衰部径27、先端部24の直径寸法、ボトルネック部21の長さを表1の実施例1に示すものとした場合である。

図11に示すもの場合には、減衰部25aの外観は円錐台形状を呈している。この様に減衰部25aの外観が円錐台形状を呈している場合には、減衰部径はボトルネック部21側の端面の直径寸法（最小直径寸法）とすることにする。なお、減衰部25aの場合は、中心軸と稜線とがなす角度を10°（両角では20°）としている。

表1に示すように、実施例1によれば、垂直方向応力の解析値を比較例1の71.7%とすることができる。そして、比較例1の場合と比べてアルミスプラッシュ量を抑制することができる。この場合、半導体素子表面における損傷の発生も確認されなかった。

また、ポールせん断強度も18.91gfとすることができ、良好なポールせん断強度を得ることができる。

【0040】

（実施例7）

図12に示す本発明の一実施形状において、先端部24の径を0.075mm、ボトルネック部21の長さを0.150mmとし、図2に示す減衰部長さ26を0.100mm、減衰部径27を0.252mmとした時のアルミニウム電極における垂直方向の応力最大値は71.8%であった。またボンディング評価においてポールせん断は18.89gfあり、アルミスプラッシュ量は従来と比較例よりも小さくすることができ、アルミニウム電極損傷の発生も確認されなかった。本実施例においてもアルミスプラッシュ量、ポールせん断強度とともに数値バラツキが小さくなり、従来と比べて安定したワイヤーボンディングが可能となっている。

【0041】

すなわち、図12は実施例7に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

実施例7は、図1、図2に示したボンディングキャピラリー1の減衰部長さ26、減衰部径27、先端部24の直径寸法、ボトルネック部21の長さを表1の実施例7に示すものとした場合である。

図12に示すもの場合には、減衰部25bの外観は円錐台形状を呈している。そのため、表1に示した減衰部径はボトルネック部21側の端面の直径寸法（最小直径寸法）である。なお、減衰部25bの場合も、中心軸と稜線とがなす角度を10°（両角では20°）としている。

表1に示すように、実施例7によれば、垂直方向応力の解析値を比較例1の71.8%とすることができる。そして、比較例1の場合と比べてアルミスプラッシュ量を抑制することができる。この場合、半導体素子表面における損傷の発生も確認されなかった。

また、ポールせん断強度も18.89gfとすることができ、良好なポールせん断強度を得ることができる。

【0042】

また、表1に示すように、実施例3、実施例6、実施例8の場合も垂直方向応力の解析値を比較例1の場合と比べて小さくすることができる。また、実施例3の場合も比較例1の場合と比べてアルミスプラッシュ量を抑制することができる。また、実施例2～6、8の場合も半導体素子表面における損傷の発生が確認されなかった。そして、実施例3の場合もポールせん断強度を18.00gfとすることができ、良好なポールせん断強度を得ることができる。

この場合、実施例2、3、5～8の減衰部の外観は円錐台形状を呈している。そのため

、表 1 に示した減衰部径はボトルネック部 2 1 側の端面の直径寸法（最小直径寸法）である。なお、これらの減衰部の場合も、中心軸と稜線とがなす角度を 1 0 °（両角では 2 0 °）としている。

これに対して、実施例 4 の減衰部の外観は円柱形状を呈している。

図 1 3 は、実施例 4 に係るボンディングキャピラリーの先端形状を示す模式拡大図である。

この様に減衰部 2 5 c の外観が円柱形状を呈している場合には、表 1 に示した減衰部径は減衰部 2 5 c の直径寸法となる。

以上に説明したように、減衰部の直径寸法は、 0 . 3 mm 以下とすることが好ましい。

10

また、減衰部の長さは、 0 . 1 mm 以上、 0 . 5 mm 以下とすることが好ましい。

【 0 0 4 3 】

図 1 4 は、アルミブラッシュ量を例示するためのグラフ図である。

図 1 5 は、アルミブラッシュ量の測定データを例示するための図である。なお、図 1 4 は、図 1 5 に例示をしたデータに基づいたグラフ図である。また、「Ave」は平均値、「Max」は最大値、「Min」は最小値、「」偏差を表している。

図 1 6 は、ボールせん断強度を例示するためのグラフ図である。

図 1 7 は、ボールせん断強度の測定データを例示するための図である。なお、図 1 6 は、図 1 7 に例示をしたデータに基づいたグラフ図である。また、「Ave」は平均値、「Max」は最大値、「Min」は最小値、「」偏差を表している。

20

図 1 4、図 1 5 に示すように、実施例 1、実施例 7 によれば、比較例 1 の場合と比べてアルミブラッシュ量を少なくすることができるとともに、アルミブラッシュ量のバラツキ（偏差）を小さくすることができる。

また、図 1 6、図 1 7 に示すように、実施例 1、実施例 7 によれば、比較例 1 の場合と比べてボールせん断強度をほぼ同等とすることができるとともに、ボールせん断強度のバラツキ（偏差）を小さくすることができる。

すなわち、このことは比較例 1 の場合と比べて安定したワイヤーボンディングが可能となることを意味する。

【 0 0 4 4 】

ボンディングキャピラリーにおいては、使用中にボトルネック部 2 1 が折れないことが求められるので、本実施例では硬度が1900Hv以上、曲げ強度が1100Mpa以上の物性値を有するセラミックスが望ましく、例えば酸化アルミニウムを重量比で75%以上含むセラミックス材料が望ましい。

30

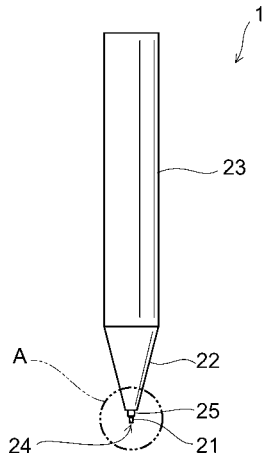
【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

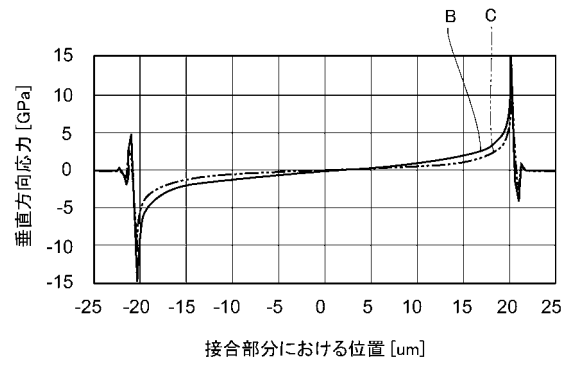
- 1 1 ボトルネック部
- 1 2 円錐部
- 1 2 a 円錐部
- 1 3 第一円筒部
- 1 4 先端部
- 2 1 ボトルネック部
- 2 2 円錐部
- 2 3 第一円筒部
- 2 4 先端部
- 2 5 減衰部
- 2 5 a ~ 2 5 c . . . 減衰部
- 2 6 減衰部長さ
- 2 7 減衰部径

40

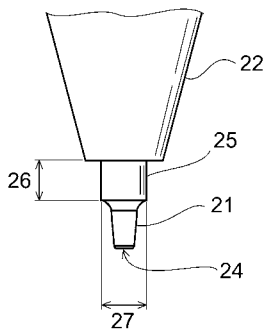
【 図 1 】



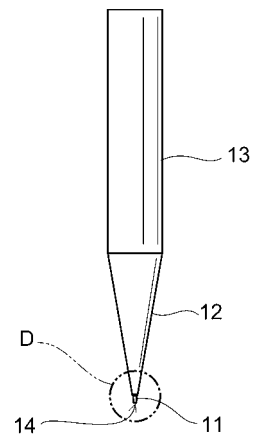
【 図 6 】



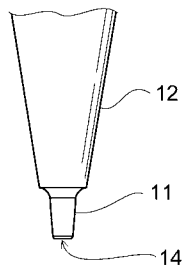
【 図 2 】



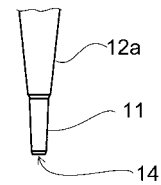
【 図 7 】



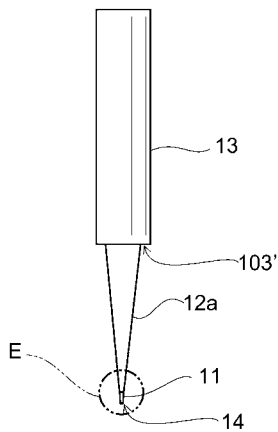
【 図 8 】



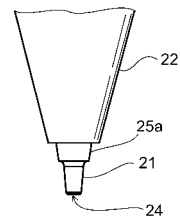
【 図 1 0 】



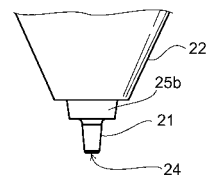
【 図 9 】



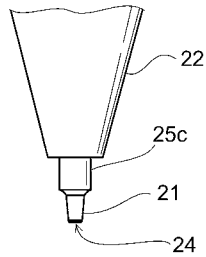
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



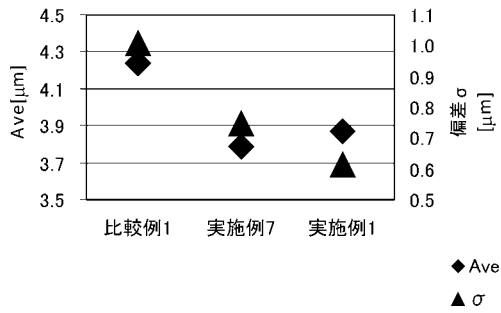
【 図 1 3 】



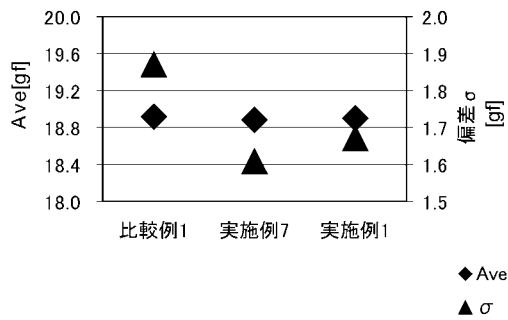
【 図 1 5 】

サンプルNo.	比較例1	実施例7	実施例1
1	5.72	3.40	4.18
2	6.50	3.09	4.18
3	4.49	4.64	4.02
4	3.71	2.94	3.87
5	3.87	3.71	3.71
6	3.87	2.17	4.33
7	5.42	3.87	4.49
8	4.49	4.80	5.57
9	4.80	4.02	4.03
10	5.88	2.48	4.18
11	2.94	4.18	3.56
12	3.56	3.56	3.72
13	3.09	4.02	4.02
14	3.25	4.64	3.40
15	2.63	4.18	3.87
16	4.64	3.40	2.78
17	4.03	5.11	2.94
18	4.49	4.33	4.02
19	3.56	3.25	3.71
20	3.87	4.02	2.78
Ave	4.24	3.79	3.87
Max	6.50	5.11	5.57
Min	2.63	2.17	2.78
σ	1.01	0.75	0.61

【 図 1 4 】



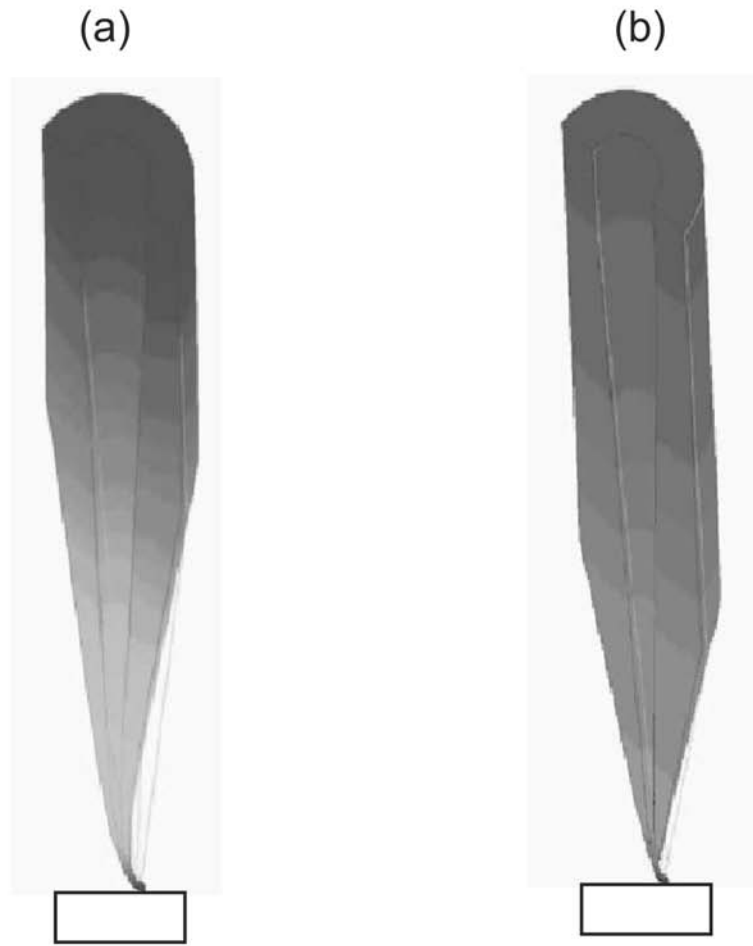
【 図 1 6 】



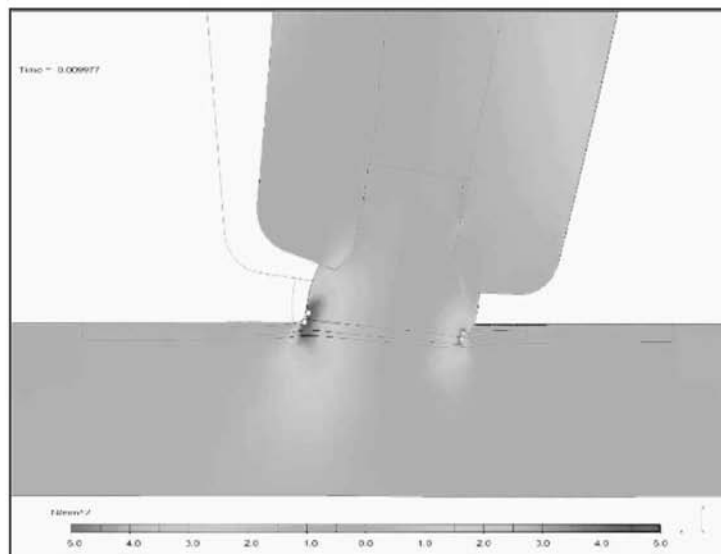
【 図 1 7 】

サンプルNo.	比較例1	実施例7	実施例1
1	19.66	19.56	17.00
2	18.67	16.60	17.61
3	15.96	19.31	18.06
4	17.57	16.68	17.31
5	17.28	17.14	16.90
6	21.47	21.41	22.58
7	20.70	20.59	21.36
8	19.18	20.36	20.84
9	20.82	20.07	18.30
10	20.13	20.04	18.75
11	15.61	18.23	17.36
12	17.60	17.89	18.21
13	16.48	18.49	17.01
14	19.67	17.54	18.51
15	16.11	16.15	18.92
16	20.63	18.81	19.72
17	22.07	18.22	20.92
18	19.18	18.61	20.54
19	19.87	22.26	17.47
20	19.54	19.82	20.77
Ave	18.91	18.89	18.91
Max	22.07	22.26	22.58
Min	15.61	16.15	16.90
σ	1.87	1.61	1.67

【 図 3 】

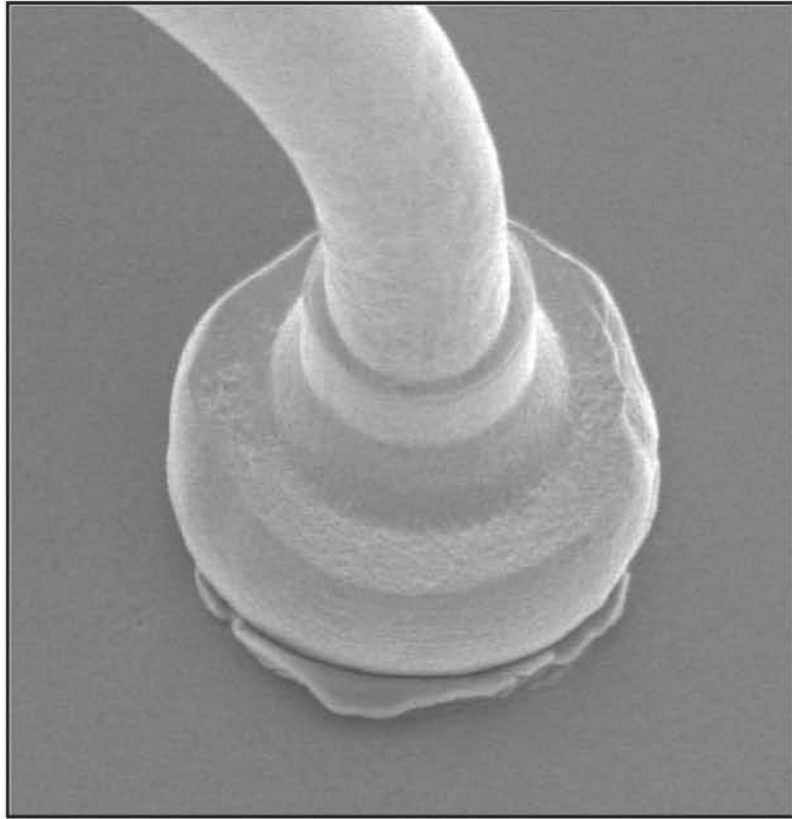


【 図 4 】



【 図 5 】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 内村 健志

福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内

Fターム(参考) 5F044 BB01