明細書

ツールチップおよびそのツールチップを備えたボンディングツールならびにそのボンディングツールの制御方法

技術分野

この発明は、ツールチップおよびそのツールチップを備えたボンディングツールならびにそのボンディングツールの制御方法に関し、より特定的には、半導体チップの電極をリード線または外部端子と接合させる工程において用いられるツールチップおよびそのツールチップを備えたボンディングツールならびにそのボンディングツールの制御方法の構造の改良に関するものである。

背景技術

従来、半導体チップの実装においては、半導体チップに形成された電極と外部端子またはリード線とを接続する工程が必要である。この工程において、半導体チップの電極と外部端子などとは、金、錫などのろう材、異方性導電膜または導電性の接着剤などの樹脂を介在して接続される。

このとき、半導体チップを外部端子などの所定の位置に位置決めし、押しつけ、さらに金、錫などのろう材または異方性導電膜を、直接的に加熱または半導体チップを介在して間接的に加熱するために、ツールチップが用いられる。

ツールチップには、半導体チップの接合仕様に応じて、必要とする温度に常時加熱するコンスタントヒート方式と、必要なときだけ瞬間的に加熱するパルスヒート方式との２種類がある。

いずれの加熱方式においても、半導体チップの実装の高密度化に伴い、ツールチップの先端の押圧面に高い精度が要求されている。この要求から、加熱時の押圧面の温度分布が均一であり、また押圧面の平坦度が良好で、さらに長時間にわたってその温度分布の均一および平坦度を維持することができることから、ダイヤモンド膜をツールチップの先端の押圧面に貼りつける技術が用いられている。

しかしながら、パルスヒート方式の場合、先端の押圧面に貼りつけられたダイヤモンド膜の温度上昇は、工具基材からの熱伝達によるため、ダイヤモンド膜を

貼りつけないニクロム、モリブデン、インコネルおよびステンレスなどの金属単体からなるツールチップに比べ、熱応答性が悪いという問題がある。

すなわち、電流パルスに応答して、ツールチップの先端の押圧面を所定の温度にまで加熱および冷却するために、金属単体からなるツールチップに比べ、ダイヤモンド膜を用いたツールチップは長い時間を必要とする。このため、1回の半導体チップのボンディングに要する時間を短縮することが困難である。

この点に関し、特開平5－304191号公報や、特開平5－226421号公報において、ツールチップの先端の押圧面に、気相合成法により合成されたダイヤモンド膜に導電性を付与し、ダイヤモンド膜自身を発熱させる方法が提案され、熱応答性に関しての問題が解決されている。

また、米国特許第5，488，350においても、気相合成法により合成された導電性ダイヤモンド膜を発熱体として用いることが提案されている。

しかしながら、上記特開平5－304191号公報に開示された技術によれば、ダイヤモンド膜が、熱膨張率の異なる金属製の工具基体にろう付けされる構造が用いられている。したがって、昇温時に熱膨張の差によりダイヤモンド膜に歪みが生じ、ツールチップの先端の押圧面の平坦性が確保されにくいという問題がある。

また、上記特開平5－226421号公報に開示された技術によれば、ツールチップ自体の使用材料がダイヤモンドとなるため、ツールチップのコストが高くなるとともに、その取扱時に破損しやすいという問題がある。

さらに、米国特許5，488，350に開示された技術によれば、発熱体の温度分布を均一にするため、導電性ダイヤモンド膜をヒータ線のようにパターン状に形成、すなわち選択的に導電性ダイヤモンド膜を成長させている。したがって、基板や絶縁性ダイヤモンドの上にスパッタリング法などを用いて、SiO_2などを導電性ダイヤモンド膜のパターンとは逆パターン形状に形成し、これをマスクとして導電性ダイヤモンド膜を形成している。しかし、SiO_2の膜厚を高精度に制御し形成する必要がある。また、導電性ダイヤモンド膜を形成した後SiO_2を溶解除去するなどの工程を必要となり、ツールチップ製造コストが高くなるという問題がある。

発明の開示

この発明の目的は、このような問題点を解決するためになされたもので、ツールチップの先端の平坦面の平坦性を高精度に維持し、かつ、取扱および設備への着脱が容易であり、さらに発熱部の製造方法がより簡便なツールチップおよびそのツールチップを備えたボンディングツールならびにそのボンディングツールの制御方法を提供することにある。

この発明に基づいた1つの局面におけるツールチップは、圧着のための先端部に、気相合成された導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いるツールチップにおいて、ダイヤモンド多結晶体、Si、SiC、AlN、Si_3N_4および単結晶ダイヤモンドからなるグループから選択された少なくとも1つの材料を主成分とする基体と、上記基体上の、圧着に用いられる面、この面と反対の面またはこれらの面と交わる2面以上の側面に被覆され、比抵抗が$1\times10^{-4}\Omega cm$以上$1\times10^{3}\Omega cm$未満、膜厚が0.1μm以上500μm以下の範囲である導電性多結晶ダイヤモンド膜と、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜の上に、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜に電力を導入するために被覆された金属膜とを有している。

導電性多結晶ダイヤモンド膜において、膜厚が0.1μm以下の場合は、膜厚を均一な連続膜として形成することが困難である。また、局所的な発熱量は導電性多結晶ダイヤモンドの膜厚に依存するため、膜厚が0.1μm以下では、面内温度分布が急激に悪くなる。

一方、膜厚が500μm以上では、ツールチップの熱容量が大きくなるため、昇温に要する電力量が多くなる。その結果、ツールチップの昇温特性、冷却特性が劣ってしまう。また、導電性多結晶ダイヤモンド膜を形成するためのコストが高くなるとともに、導電性多結晶ダイヤモンド膜の応力のため、素材の反りが大きくなってしまう。さらに、導電性多結晶ダイヤモンド膜の表面の平坦性を出すための研磨時間が急激に長くなり、導電性多結晶ダイヤモンド膜の表面の加工費が高くなってしまう。

以上の理由から、導電性多結晶ダイヤモンドの膜厚を0.1μm以上500μm以下とすることによって、平坦性および昇温冷却特性に優れ、また成膜コストの低い導電性多結晶ダイヤモンド膜を得ることができる。

導電性多結晶ダイヤモンド膜の比抵抗については、導電性多結晶ダイヤモンド膜の比抵抗が大きいと金属膜との接触抵抗が大きくなり、通電時にスパークを発生しやすくなる。したがって、これを回避するためには、$1\times10^{3}\Omega cm$以下の比抵抗が必要である。また、不純物添加量が$1\times10^{-4}\Omega cm$以下になると導電性多結晶ダイヤモンド膜の劣化を招き、熱電導率、耐摩耗性などの特性を損なうことになる。

一方、ツールチップにおいて、速やかに所定の温度に上昇させるためには、１００Ｖ－２０Ａ容量の電源を用いて６００～１ＫＷ程度の電力をツールチップに印加することが必要である。したがって、上記導電性多結晶ダイヤモンドの膜厚に鑑みて、比抵抗は、$1\times10^{-4}\Omega cm$以上$1\times10^{1}\Omega cm$以下にあることが好ましい。

また、導電性多結晶ダイヤモンド膜を、たとえばホウ素の添加量が異なる２種以上の膜から構成し、上記基体側にホウ素の添加量が高い導電性多結晶ダイヤモンド膜を形成し、この膜の上にホウ素の添加量が低い導電性多結晶ダイヤモンド膜を形成した場合、上層のホウ素の添加量が低い導電性多結晶ダイヤモンド膜は研磨による数μmの膜厚変化で比抵抗値の変化が０．１Ω未満である必要がある。その結果、導電性多結晶ダイヤモンドの比抵抗は、$1\times10^{1}\Omega cm$以上$1\times10^{3}\Omega cm$未満であることが好ましい。

以上の理由から、導電性多結晶ダイヤモンド膜においては、$1\times10^{-4}\Omega cm$以上$1\times10^{3}\Omega cm$未満の比抵抗を有することが最も好ましい。

このように上記膜厚および比抵抗を有する導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いることにより、この導電性多結晶ダイヤモンド膜自体が抵抗発熱することになる。また、この導電性多結晶ダイヤモンド膜は、熱電導率に優れ、圧着に用いられる面は均一な温度分布が得られる。さらに、半導体チップと接触する導電性多結晶ダイヤモンド膜の部分だけの発熱となるため、熱容量が小さくまた熱応答性が速くなる。

また、必要な部分だけの加熱ですむため、周囲に熱による影響を及ぼしにくい。さらに、従来のツールチップのように基体へのろう付け構造となっていないため、昇温時に導電性多結晶ダイヤモンド膜の反りが発生することもない。

また、上記局面において、好ましくは、上記圧着に用いられる上記面から上記面の反対側の面にまで少なくとも１個以上の吸着用貫通孔が設けられている。

このように、圧着に用いられる面に吸着用貫通孔を設けることにより、半導体チップの搬送が容易となる。さらに、ツールチップの先端の押圧面、すなわち圧着に用いられる面とその反対側の面とは互いに平行になるように設けられるため、外部設備への取付時に、平行度の調整を容易に行なうことが可能となる。

また、上記局面において、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜は、不純物の添加により形成された膜であり、この不純物にはホウ素が用いられている。また一方、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜は、欠陥の導入により形成された膜であり、この欠陥は、ｓｐ２構造を有している。

このような導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いることによって、上述した導電性多結晶ダイヤモンド膜を実現させることが可能となる。

また、上記局面において好ましくは、上記導電性ダイヤモンド膜の面粗さが０．１μｍ以上１０μｍ以下となるように設けられている。このように、面粗さを０．１μｍ以上１０μｍ以下とすることで、本発明のツールチップにおいては、ツールチップの裏面の導体膜電極と外部に設けられる給電ホルダの金属電極とを真空吸着により接触させ、通電させている。このため、ツールチップと金属電極との接触面積を増加し接触状態を向上させることで、微小なスパークの発生も抑制することができる。また、ツールチップから給電部材への熱伝達が改善され冷却が速くなる。

また、上記局面において、好ましくは、押圧面の最表層に、比抵抗が$10^5\Omega$ｃｍ以上、膜厚が１μｍ以上１０００μｍ以下である多結晶ダイヤモンド膜をさらに有している。これにより、実装する半導体チップへの導電、半導体チップの絶縁破壊を未然に防止することが可能となる。

また、上記局面において、好ましくは、上記基体の圧着のために用いられる上記面と、この面の反対の面とは、互いに平行であり、かつ、その平行度が、上記圧着のために用いられる上記面を基準として、０．１ｎｍ以内となるように設けられている。これにより、容易、かつ、高精度に半導体チップの実装を行なうことが可能となる。

また、上記局面において好ましくは、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜に、１００ｐｐｍ以上５００００ｐｐｍ以下のホウ素が添加されている。ここで、ホウ素添加量が５００００ｐｐｍ以上になると、ダイヤモンドの特性である熱電導率が劣化する。さらに、添加量を均一に制御し合成することが困難となる。発熱量はホウ素の添加量に依存するためホウ素添加量が不均一であるとツールチップ面内の温度分布が悪くなる。また、ホウ素添加量が１００ｐｐｍ以下では、必要な比抵抗値が得られない。

以上の理由から、１００ｐｐｍ以上５００００ｐｐｍ以下のホウ素を添加することにより、上述した最も好ましい状態における導電性多結晶ダイヤモンド膜を得ることが可能となる。

また、上記局面において、好ましくは、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜がｓｐ２構造を有する欠陥を導入して形成されており、ラマンスペクトルのｓｐ２およびｓｐ３ピークの最大値の比（ｓｐ２／ｓｐ３）が０．５以上１０以下となるように設けられている。

ここで、導電性多結晶ダイヤモンド膜へのｓｐ２構造の欠陥の導入量が増加すれば、比抵抗値が小さくなる。導電性多結晶ダイヤモンド膜に導入されたｓｐ２構造の欠陥密度を定量的に知ることは困難であるが、ラマンスペクトルにより、ダイヤモンドのｓｐ３構造に起因する１３３３ｃｍ$^{-1}$のスペクトルのピーク強度と、ｓｐ２構造に起因する１５４０ｃｍ$^{-1}$付近のブロードなスペクトルのピーク強度の比から定性的にｓｐ２構造の欠陥密度を知ることが可能である。したがって、このピーク強度比が０．５未満であると欠陥密度が小さいためダイヤモンドの膜質が良好であるが好ましい比抵抗が得られず、１０を超えるとダイヤモンドの膜質が劣化し求める性能が得られない。

以上の理由により、ラマンスペクトルのｓｐ２およびｓｐ３ピークの最大値の比（ｓｐ２／ｓｐ３）が０．５以上１０以下とすることにより、より好ましい状態における導電性多結晶ダイヤモンド膜が得られる。

また、上記局面において好ましくは、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜は２層以上の膜を含み、上記最表面層は、Ａｕ、Ｐｔ、Ａｇ、Ｎｉ、ＴａおよびＣｒからなるグループから選択された少なくとも１つの金属材料、または、ＡｇＰｄ合

金、Ｐｔ－Ｉｒ合金、または、ＡｇとＧｄ、Ｉｎ、Ｓｎ、ＺｎおよびＣｕからなるグループから選択された少なくとも１種類以上の元素とを含む酸化物、または、ＡｇおよびＷを含む金属炭化物のいずれかである。

このように、上述した金属膜を最表面層に用いることで、高温での耐酸化性が強く、耐溶着性、耐摩耗性および絶縁回復性に優れた導電性多結晶ダイヤモンド膜を得ることができる。

また上記局面において、好ましくは、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜上の圧着のために用いられる面の有効エリア外周部に電力を供給するため、電力の供給をツールチップの外周部に４箇所以上の独立した金属層をさらに設けている。これにより、ツールチップの面内温度分布をより均一にすることが可能となる。

この発明に基づいたボンディングツールにおいては、圧着のための先端部に、気相合成された多結晶ダイヤモンドを用いてなるボンディングツールにおいて、ダイヤモンド多結晶体、Ｓｉ、ＳｉＣ、ＡｌＮ、Si_3N_4および単結晶ダイヤモンドからなるグループから選択された少なくとも１つの材料を主成分とする基体と、上記基体上の、圧着に用いられる面、この面と反対の面またはこれらの面と交わる２面以上の側面に被覆された気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜および上記気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜の上に、上記気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜に電力を供給するために被覆された金属膜を有するツールチップと、このツールチップに給電するための金属電極およびこの金属電極を支持するセラミックベースを有する給電ホルダとを備えている。

このように、ツールチップへ給電するための給電ホルダを備えることにより、ボンディングツールを装着するための外部装置に変更を加えることなく、本発明におけるボンディングツールを装着することが可能となる。

また、上記局面において好ましくは、上記給電ホルダは、上記ツールチップを吸着するための真空吸着溝と、この真空吸着溝に通ずる少なくとも１つの吸着用貫通孔と、前記ツールチップに電力を供給するための、少なくとも２箇所以上に設けられた導体膜とを有し、上記セラミックベースの上記ツールチップと接触する面の平坦度が３μｍ未満である絶縁性セラミックベースと、熱電導性が低く、かつ絶縁性を有するセラミックベースと、表面に酸化を防止するための金属膜を

被覆した金属ベースとを有している。この構成よりなる給電ホルダを用いることにより、確実に上記ツールチップを保持しつつ、上記ツールチップに対して安定した電力を供給することが可能となり、信頼性の高いボンディングツールを提供することが可能となる。

また、上記局面において好ましくは、上記セラミックベース上の導体膜が２層以上の膜を含み、最表面層が、Ａｕ、Ｐｔ、Ａｇ、Ｎｉ、ＴａおよびＣｒからなるグループから選択される少なくとも１つの金属、または、ＡｇＰｄ合金、Ｐｔ－Ｉｒ合金、または、ＡｇとＣｄ、Ｉｎ、Ｓｎ、Ｚｎ、およびＣｕのグループから選択された少なくとも１種類以上の元素とを含む酸化物、または、ＡｇおよびＷを含む金属炭化物のいずれかが用いられている。このように、導体膜に上述した金属を用いることにより、高融点で高温での耐酸化性が強く、耐溶着性、耐摩耗性および絶縁回復性に優れた給電ホルダを有するボンディングツールを提供することが可能となる。

この発明に基づいたボンディングツールの制御方法においては、先端面に気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜が形成されたツールチップを有するボンディングツールの制御方法であって、上記気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜の電気抵抗の変化を測定し、ボンディングツールの温度制御を行なっている。

このように、気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜の電気抵抗を測定することにより、気相合成多結晶ダイヤモンド膜に加わる電圧、電流値を測定し、抵抗値を求めることによって、たとえばボンディングツールに設けられる給電ホルダへの温度測定機構の組込みが不要となり、ボンディングツールの小型化およびボンディングツールの高い温度応答性による良好な昇温特性を得ることが可能となる。

図面の簡単な説明

図１Ａ～図１Ｃは、本願発明におけるツールチップの構造を示す図であり、図１Ａはその平面図、図１Ｂはその正面図、図１Ｃはその側面図である。

図２は、導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜厚と面内温度分布との相関関係を示す図である。

図３は、導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜厚と研磨時間との関係を示す図であ

る。

図４Ａ～図４Ｃは、本願発明におけるツールチップの他の構造を示す図であり、図４Ａはその平面図、図４Ｂはその正面図、図４Ｃはその底面図である。

図５Ａ～図５Ｃは、本願発明におけるツールチップのさらに他の構造を示す図であり、図５Ａはその平面図、図５Ｂはその正面図、図５Ｃはその底面図である。

図６Ａおよび図６Ｂは、本願発明における給電ホルダの構造を示す図であり、図６Ａはその断面図、図６Ｂはその底面図である。

図７Ａ～図７Ｃは、具体例１におけるツールチップの構造を示す図であり、図７Ａはその平面図、図７Ｂはその正面図、図７Ｃはその側面図である。

図８Ａおよび図８Ｂは、具体例１におけるツールチップに給電するための給電ホルダの構造を示す図であり、図８Ａはその断面図、図８Ｂはその底面図である。

図９Ａおよび図９Ｂは、具体例１におけるツールチップを給電ホルダに取付けた場合の構造を示す図であり、図９Ａはその断面図、図９Ｂはその底面図である。

図１０は、比較例としての従来技術におけるボンディングツールを示す斜視図である。

図１１は、具体例１におけるツールチップの特性評価を示す図である。

図１２は、具体例１において、導電性多結晶ダイヤモンド膜の比抵抗値、膜厚およびホウ素添加量を変化させた場合の特性を示す図である。

図１３Ａ～図１３Ｃは、具体例２におけるツールチップの構造を示す図であり、図１３Ａはその平面図、図１３Ｂはその正面図、図１３Ｃはその底面図である。

図１４Ａおよび図１４Ｂは、具体例２におけるツールチップに給電するための給電ホルダの構造を示す図であり、図１４Ａはその断面図、図１４Ｂはその底面図である。

図１５は、具体例２におけるツールチップの特性評価を示す図である。

図１６は、具体例２におけるツールチップの温度の抵抗曲線を示す図である。

図１７Ａ～図１７Ｃは、具体例３におけるツールチップの構造を示す図であり、図１７Ａはその平面図、図１７Ｂはその正面図、図１７Ｃはその底面図である。

図１８は、具体例３におけるツールチップの特性評価を示す図である。

図１９は、具体例３におけるツールチップの温度の抵抗曲線を示す図である。

図２０Ａおよび図２０Ｂは、具体例４におけるツールチップに給電するための給電ホルダの構造を示す図であり、図２０Ａはその断面図、図２０Ｂはその底面図である。

図２１は、具体例４におけるツールチップの特性評価を示す図である。

図２２Ａおよび図２２Ｂは、具体例５におけるツールチップの構造を示す図であり、図２２Ａはその平面図、図２２Ｂはその断面図である。

図２３Ａおよび図２３Ｂは、具体例５におけるツールチップに給電するための給電ホルダの構造を示す図であり、図２３Ａはその断面図、図２３Ｂはその底面図である。

図２４Ａおよび図２４Ｂは、具体例５におけるツールチップを給電ホルダに取付けた構造を示す図であり、図２４Ａはその断面図、図２４Ｂはその底面図である。

図２５は、具体例５におけるツールチップの特性評価を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明に基づいたボンディングツールの実施例について図を参照しながら説明する。

まず、図１Ａ～図１Ｃを参照して、本発明に基づいたボンディングツールを構成するツールチップの構造について説明する。

このツールチップ１００は、基体２と、この基体２の上面側に、圧着のための先端面３が設けられている。基体２の圧着のための先端面３およびこの先端面３の面に交わる側面に、$1\times10^{-4}\Omega cm$以上$1\times10^{3}\Omega cm$未満の範囲の比抵抗を有する導電性を有した導電性多結晶ダイヤモンド膜１が、気相合成法によって成膜されている。この導電性多結晶ダイヤモンド膜１の膜厚は、０．１μｍ～５００μｍの範囲で被覆されている。

ここで、導電性多結晶ダイヤモンド膜１の膜厚および比抵抗について図２および図３を参照して説明する。導電性多結晶ダイヤモンド膜１の膜厚が、０．１μｍ以下では、膜厚を均一に連続膜として形成することが困難である。局所的な発熱量は導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜厚に依存するため、図２に示すように、

面内温度分布は、膜厚が０．１μｍ未満になると、急激に悪くなる。

一方、膜厚が５００μｍ以上では、ツールチップ１００の熱容量が大きくなるため、昇温に要する電力量が大きくなり、昇温および冷却特性が劣ってしまう。また、導電性多結晶ダイヤモンド膜を形成するためのコストが高くなるとともに、導電性多結晶ダイヤモンド膜の応力のため、素材の反りが大きくなってしまう。

このため、図３に示すように、平坦性を出すための研磨時間が膜厚５００μｍ以上では急激に長くなり、加工コストが高くなってしまう。したがって、導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜厚は、０．１μｍ以上５００μｍ以下が好ましいと言える。

次に、比抵抗の値については、導電性多結晶ダイヤモンド膜の比抵抗が大きいと、金属電極との接触抵抗が大きく、通電時にスパークを発生しやすい。これを回避するためには、$１\times１０^{3}\Omega$ｃｍ以下の比抵抗が必要である。また、不純物添加量が$１\times１０^{-4}\Omega$ｃｍ以下になると、導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜質の劣化を招き、熱電導率、耐摩耗性などの特性を損なうことになる。

一方、速やかに所定の温度に導電性多結晶ダイヤモンド膜を昇温させるためには、１００Ｖ－２０Ａ容量の電源を用いて５００～１ＫＷ程度の電力をツールチップに印加することが必要である。したがって、ツール押圧面の面積は一般的に数百$ｍｍ^{2}$であること、および、上記導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜厚に鑑みて、比抵抗が$１\times１０^{-4}\Omega$ｃｍ以上$１\times１０^{1}\Omega$ｃｍ以下の範囲にあることが好ましい。

また、導電性多結晶ダイヤモンド膜を、たとえばホウ素の添加量が異なる２種以上の膜から構成し、上記基体側にホウ素の添加量が高い導電性多結晶ダイヤモンド膜を形成し、この膜の上にホウ素の添加量が低い導電性多結晶ダイヤモンド膜を形成した場合、上層のホウ素の添加量が低い導電性多結晶ダイヤモンド膜は研磨による数μｍの膜厚変化で抵抗値の変化が０．０１Ω未満である必要がある。その結果、導電性多結晶ダイヤモンドの比抵抗は、$１\times１０^{1}\Omega$ｃｍ以上$１\times１０^{3}\Omega$ｃｍ以下であることが好ましい。したがって、導電性多結晶ダイヤモンド膜に要求される比抵抗は、$１\times１０^{-4}\Omega$ｃｍ以上$１\times１０^{3}\Omega$ｃｍ未満であることが好ましいと言える。

このように上記膜厚および比抵抗を有する導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いることにより、この導電性多結晶ダイヤモンド膜自体が抵抗発熱することになる。また、この導電性多結晶ダイヤモンド膜は、熱電導率に優れ、圧着に用いられる面は均一な温度分布が得られる。さらに、半導体チップと接触する導電性多結晶ダイヤモンド膜の部分だけの発熱となるため、熱容量が小さくまた熱応答性が速くなる。

ここで、ホウ素を不純物として添加した導電性多結晶ダイヤモンド膜は、p型半導体であるため、高温では低抵抗化し、ホウ素の濃度によって比抵抗や、比抵抗の温度依存性が異なることが知られている（（H. Shiomi, J. J. J. B. 30. 1363(1991)））。

ホウ素の添加量は少ないほど、ダイヤモンド多結晶体の比抵抗は高く、温度に対する変化率も大きい。添加物の密度が10^{18} atm・m^{-3}未満の場合、0℃～400℃への温度上昇に対して10^{-3}［Ω．cm］も比抵抗の値が低下する（Diamond and related materials 4, 948 (1995)）。

一方、添加されたホウ素の原子濃度が2000ppmを超えると不純物順位が縮退し、金属的なバンド構造となる（モット転移を生じる）ため、金属的な導電性を持つ。すなわち、温度の上昇に依存し高抵抗化するため、ヒータとしての温度制御は容易になる。

また、50000ppm以上のホウ素を添加すると、膜質の劣化が著しく、高硬度，高熱伝導率などのダイヤモンドの特性が失われてしまう。したがって、導電性多結晶ダイヤモンド膜のホウ素濃度は、100ppm以上50000ppm未満が望ましい。

また、導電性多結晶ダイヤモンド膜は、sp2構造の欠陥の導入量が増加すればこれに依存して比抵抗が小さくなる。導電性多結晶ダイヤモンド膜中に導入されたsp2構造の欠陥密度を定量的に知ることは困難である。しかし、ラマンスペクトルにより、導電性多結晶ダイヤモンド膜のsp3構造に起因する1333cm^{-1}のスペクトルのピーク強度と、sp2構造に起因する1540cm^{-1}付近のブロードなスペクトルのピーク強度の比から、sp2構造の欠陥密度を定性的に得ることができる。このピーク強度の比が0．5未満であると欠陥密度が小

さいため、導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜質は良好であるが、好ましい比抵抗が得られない。また、ピーク強度の比が１０を超えると導電性多結晶ダイヤモンド膜の膜質が劣化し求める性能が得られない。

また、最表面の導体膜としては、高融点で高温の耐酸化性が強いＡｕ、Ｐｔ、Ａｇ、Ｎｉ、ＴＡおよびＣｒからなるグループから選択された少なくとも１つの金属材料、または、耐溶着性、耐消耗性、絶縁回復性に優れたＡｇＰｄ合金、Ｐｔ－Ｉｒ合金、または、ＡｇとＧｄ、Ｉｎ、Ｓｎ、ＺｎおよびＣｕからなるグループから選択された少なくとも１種類以上の元素とを含む酸化物、または、ＡｇおよびＷを含む金属炭化物のいずれかが好ましい。

再び図１Ａ～図１Ｃを参照して、このツールチップ１００においては、さらに、半導体チップを搬送するために用いられる吸着用貫通孔５が設けられている。また、基体２の側面に設けられた導電性多結晶ダイヤモンド膜１の上には、導電性多結晶ダイヤモンド膜１に給電するための電極金属４が設けられている。

このように形成されたツールチップ１００において、電極金属４を形成した面より給電することで、導電性多結晶ダイヤモンド膜１が抵抗発熱することになる。また、この電極金属４をツールチップ１００の圧着に用いる有効面積の外周部のみに設け、外周部に沿って発熱させることで、ツールチップ１００の外周部からの冷却を緩和させることができる。

この場合、図４Ａ～図４Ｃに示すツールチップ２００ように、４箇所以上の電極金属４を設け、隣接する電極間に電位差を与えることで、複雑な回路パターンを設けずに外周部にのみ電力を供給することが可能となる。

なお、電極金属４は、図１Ａ～図１Ｃおよび図２に示されている面に限らず、外部実装設備によっては、先端面３と反対側の面に部分的に形成されても構わない。したがって、導電性多結晶ダイヤモンド膜１に給電でき、圧着に用いられる面を発熱または加熱できる構造であればよい。

一方、基体２を構成する材料としては、導電性多結晶ダイヤモンド膜１と強固に接着する気相合成法で合成されたダイヤモンド多結晶体、Ｓｉ、ＳｉＣ、ＡｌＮ、Si_3N_4およびダイヤモンドから選ばれた少なくとも１つの材料を主成分とする基体が用いられ、基体２の寸法は、必要とするツールチップの大きさから

個々に決定される。

また、導電性多結晶ダイヤモンド膜１が半導体チップと直接的に接触する構造の場合には、発熱のための通電電流が半導体チップ側にリークし、回路を破壊することが起こり得る。この場合、図５Ａ～図５Ｃに示すツールチップ３００の構造のように、導電性多結晶ダイヤモンド膜１の外層部に、10^5Ωｃｍ以上の比抵抗を有する絶縁性の絶縁性ダイヤモンド膜６を被覆することで、漏れ電流を防止することができる。

次に、図６Ａおよび図６Ｂを参照して、ツールチップに電力を給電するための給電ホルダの構造について説明する。ベースをなす高強度を有する絶縁性セラミックス１０と、ツールチップに電力を供給するための導体膜１２と、ツールチップを吸着するためのツールチップ吸着用溝１４およびツールチップ吸着用真空管１５と、ツールチップが半導体チップを吸着するための半導体チップ吸着用真空管１６とが設けられ、さらにツールチップの温度を測定するための温度計測器１７が組込まれている。この温度計測器１７で測定されたツールチップの温度は、温度調節機構にフィードバックされる。

また、外部装置との断熱のため、外部装置との接触部には、熱伝導率の低い低熱伝導絶縁性セラミックス１８が用いられている。また、導体膜１２への給電のため、高温耐酸化性の強い金属膜をめっきした金属電極１９が取付けられている。

低熱伝導絶縁性セラミックス１８は、半導体チップの実装時に荷重を加える必要があるため、高強度を有し、かつ、ヒータ部の熱容量を小さくするため熱伝導率が小さく、５０Ｗ／ｍｋ以下のものが望ましい。

ここで、ツールチップの基体２に絶縁性のダイヤモンド多結晶体を用いた場合、導電性多結晶ダイヤモンド膜１を被覆した面の反対側の基体２の面を半導体チップ圧着のための面として利用することも可能となる。

また、従来構造の熱電対を取付けた場合のツールチップの温度計測では、熱電対が剥がれる等の問題があった。さらに、温度応答性の早いツールチップでは、熱電対自身の熱容量が付加されることで温度応答性が悪くなり、その性能を生かして実装時間を短くする温度制御を加えることができなかった。したがって、温度応答性が早く非接触測定できる温度計を用いる必要がある。そこで、容積の限

定された外部実装装置内に組込むため、光ファイバ式の放射温度計が望ましい。

さらに、上述したように、導電性多結晶ダイヤモンド膜の電気比抵抗は、温度に依存して変化し、サーミスタ特性を示す。したがって、このサーミスタ特性を利用して、導電性多結晶ダイヤモンド膜に加わる電圧、電流値に基づいて抵抗値を測定し、ツールチップの温度を求め、ツールチップの温度を制御することも可能となる。この場合、給電ホルダへの温度測定機構の組込みが不要となる。

次に、上述した実施例におけるツールチップおよび給電ホルダのより具体的な例について以下説明する。

[具体例1]

まず、図7A～図7Cを参照して、この具体例1におけるツールチップ400の構造について説明する。中央部に直径約1mmの吸着貫通孔5を1個有する、20mm×20mm×5mmのSiC基体2の20mm×20mmの面に、気相合成法によりホウ素を不純物として添加した、膜厚約10μm、比抵抗8×10^{-3}Ωcmの導電性多結晶ダイヤモンド膜1を析出させる。その後、導電性多結晶ダイヤモンド膜1の上に、さらに絶縁性ダイヤモンド膜6を50μm析出させる。

導電性多結晶ダイヤモンド膜1および絶縁性ダイヤモンド膜6はいずれも、マイクロ波プラズマCVD法により、メタン、水素をガスとして成膜する。

この成膜時のガス流量は、メタン5sccm、水素500sccmであり、導電性多結晶ダイヤモンド膜1の成膜時には、メタンに対してB／C＝20000ppmのジボランを原料ガスに添加した。

なお、同じ条件により合成した導電性多結晶ダイヤモンド膜をSIMSにより分析したところ、ホウ素が2000ppm含まれていた。

その後、SiC基体2の側面部に電極として、Tiを1μmコーティングし、その上にPtを1μmコーティングし、さらに、このPtの上に、Auを3μmコーティングした。

次に、ツールチップの先端の押圧面となる導電性多結晶ダイヤモンド膜1をラッピングにより面粗さRmax0．1μm、反対側の面との平行度0．01mmとなるように仕上げ、本具体例におけるツールチップ400を作製した。

次に、図８Ａ、図８Ｂ、図９Ａおよび図９Ｂを参照して、図８Ａおよび図８Ｂに示す構造よりなる給電ホルダ４１０を外部実装用設備に取付け、この給電ホルダ４１０に、真空吸着によりツールチップ４００を装着させる。その後、このツールチップ４００に対して、２０℃から５００℃までの昇温時間、５００℃から８０℃までの空冷時の冷却時間、先端面の温度分布、先端面の平坦度、１０万回の繰返し加熱試験後のツールチップ４００の状態を観察した。

なお、比較例として、図１０に示すように、Ｍｏ製シャンク５０の発熱部に厚さ１．０ｍｍの気相合成ダイヤモンド膜５１をろう付けした、従来のツールチップを作製し、同様の評価を行なった。その結果を図１１に示す。

図１１に示すように、５００℃の温度分布および１０万回の繰返し加熱試験で、本具体例におけるツールチップおよび従来形態のツールチップともに同等の結果であった以外は、すべての表の点で、本具体例におけるツールチップが優れていることがわかる。

ここで、従来のツールチップは、設備への取付けに４５分要したが、今回の具体例におけるツールチップは、設備への取付面と、圧着に用いられる面との平行度が保たれているため、約１分で取付けることが可能となる。

さらに、図７Ａ～図７Ｃに示す同形状のツールチップを導電性多結晶ダイヤモンド膜の比抵抗値、膜厚、ホウ素添加量を変化させて、１１通り作製し評価を行なった。図１２にその結果を示す。ホウ素の添加量を同条件で作製したサンプルをＳＩＭＳにより分析し求めた。２０℃から５００℃への昇温、５００℃から８０℃への冷却、５００℃での面内温度分布、１０万回サイクル加熱後の耐久性試験後、×５０顕微鏡観察での表面状態観察の結果を示す。図１２からわかるように、Ｎｏ．５、６および７以外のツールチップは、すべての特性において、十分な性能を得られるものはなかった。したがって、このデータからも、ツールチップに用いられる導電性多結晶ダイヤモンド膜の比抵抗は１×１０$^{-4}$Ωｃｍ以上１×１０^{3}Ωｃｍ未満、膜厚が０．１μｍ以上５００μｍ以下であることが好ましいことがわかる。

［具体例２］

次に、具体例２について説明する。

図１３Ａ～図１３Ｃを参照して、この具体例２におけるツールチップ４２０は、１２ｍｍ×１２ｍｍ×０．３ｍｍの絶縁性の多結晶ダイヤモンドからなる基体２の上に、気相合成法によりホウ素を不純物として添加した膜厚８μｍ、比抵抗８×１０$^{-3}$Ωｃｍの導電性多結晶ダイヤモンド膜１を８μｍの厚さで析出させた。

ホウ素添加層の成長は、熱フィラメントＣＶＤ法により、メタン、水素およびメタンに対して５０００ｐｐｍのトリメチルボロンを原料ガスとして成膜した。

なお、同じ条件により合成した導電性多結晶ダイヤモンド膜をＳＩＭＳにより分析したところ、ホウ素が８００ｐｐｍ含まれていた。

導電性多結晶ダイヤモンド膜１の成膜後、基体２の中央部に、直径約１ｍｍの吸着用貫通孔５をエキシマレーザ加工により形成した。

吸着用貫通孔５を形成した後、導電性多結晶ダイヤモンド膜１の上に、電極としてＴｉを１μｍコーティングし、その上にＭｏを２μｍコーティングし、さらにその上にＡｕを３μｍコーティングし、最後にＮＩを１μｍコーティングした。基体２の導電性多結晶ダイヤモンド膜１によって被覆された面の反対面をラッピングによりＲｍａｘ０．１μｍに仕上げ、本具体例におけるツールチップ４２０を製作した。

図１４Ａおよび図１４Ｂに示すように、給電ホルダ４３０を外部実装用の設備に取付け、この給電ホルダ４３０に、ツールチップ４２０を真空吸着により装着させる。その後、２０℃から６００℃までの昇温時間、６００℃から８０℃までの空冷時の冷却時間、先端面の温度分布、先端面の平坦度、１０万回の繰返し加熱後のツールチップの状態を観察した。なお、比較例として、図１０に示す従来形態のツールチップを用いて評価を行なった。なお、従来のツールチップの温度制御は、金属シャンク部分に熱電対をスポット溶接で取付ける方法をとったのに対し、本具体例におけるツールチップでは、導電性のダイヤモンドの抵抗値の温度による変化を利用して行なった。その結果を、図１５に示す。また、図１６に本具体例におけるツールチップの温度の抵抗曲線を示す。

図１５および図１６からわかるように、６００℃の温度分布での本具体例のツールチップと従来形態のツールチップの結果以外は、すべての点において、本具体例のツールチップが優れていることがわかった。

［具体例３］

次に、具体例３について説明する。

図１７Ａ～図１７Ｃを参照して、この具体例におけるツールチップ４４０の構造について説明する。中央部に直径約１ｍｍの吸着貫通孔５を１個有する２０ｍｍ×２０ｍｍ×３ｍｍのＳｉＣ基体２の２０×２０ｍｍの面上に、高いメタン濃度で合成して得られた結晶欠陥を含む膜厚約１０μｍ、比抵抗１×１０^{3}Ωｃｍの導電性多結晶ダイヤモンド膜１を析出させる。

その後、導電性多結晶ダイヤモンド膜１と反対の面に、絶縁性ダイヤモンド膜６を約５０μｍ析出させる。導電性多結晶ダイヤモンド膜１および絶縁性ダイヤモンド膜６はいずれもマイクロ波プラズマＣＶＤ法によりメタンと水素とを原料ガスとして合成した。導電性多結晶ダイヤモンド膜１の成膜時のメタン流量は５０ｓｃｃｍ、水素は５００ｓｃｃｍであった。

この導電性多結晶ダイヤモンド膜１は、ラマン分光分析により、ｓｐ２構造を示す１５００ｃｍ$^{-1}$付近のピークが、ダイヤモンドのｓｐ３構造を示す１３３３ｃｍ$^{-1}$のピークと同程度に観察された。

また、導電性多結晶ダイヤモンド膜１の上に電極として、Ｔｉを１μｍ、Ｐｔを１μｍ、Ａｕを３μｍ重ねてコーティングし、さらにその上にＴａを０．５μｍコーティングした。ツールチップ先端の押圧面となる絶縁性ダイヤモンド膜６をラッピングにより、面粗さＲｍａｘ０．１μｍ、反対側の面との平行度０．０１ｍｍに仕上げ、本具体例に基づくツールチップ４４０を作製した。

この構造よりなるツールチップ４４０を、真空吸着により、図１４Ａおよび図１４Ｂに示す給電ホルダ４３０に取付け、この給電ホルダ４３０を外部実装用の設備に取付けて、具体例１と同じ評価を行なった。その結果を、図１８に示す。

ホウ素を不純物として添加した導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いたものとほぼ同じ性能を示し、本具体例におけるツールチップにおいても、具体例１のツールチップと同等の効果を得ることがわかった。

［具体例４］

図１７Ａ～図１７Ｃに示す具体例３と同一形状のツールチップを作製した。ただし、導電性多結晶ダイヤモンド膜は熱フィラメントＣＶＤ法により、メタン、

水素およびメタンに対してB／C＝１００００ｐｐｍのトリメチルボロンを原料ガスとして成膜した。膜厚約１０μｍ、比抵抗３×１０$^{-3}$Ωｃｍである。

この導電性多結晶ダイヤモンド膜をＳＩＭＳにより分析したところ、ホウ素が１００００ｐｐｍ含まれており、具体例２で示したツールチップが高温になるほど低抵抗化するのに対して、図１９に示すように、高温になればなるほど、高抵抗化し、温度が６００ｋ以上では、抵抗値は一定となる。

また電極部分はＴｉを１μｍコーティングし、その上にＰｔを２μｍコーティングした。

この構造よりなるツールチップを真空吸着により、図２０Ａおよび図２０Ｂに示す給電ホルダ４５０に取付け、この給電ホルダ４５０を実装用の設備に取付けた。その後、具体例３と同じ評価を行なった。この結果を、図２１に示す。

図１４Ａおよび図１４Ｂに示す給電ホルダ４３０においては、ツールチップの対角上に位置する電極は同電位が加えられているのに対して、図２０Ａおよび図２０Ｂに示す給電ホルダにおいては、４電極それぞれに異なった電位を与えることができる。各電極間の抵抗値を合せて供給する電位に、電力を調整し温度制御を行なった。このため、昇温時のオーバーシュートを５℃以下に抑制して、ツールチップの面内温度分布をより均一にすることが可能となる。また、本給電ホルダ４５０においては、光ファイバ放射温度計２１によりツールチップ温度を測定し、ツールチップ温度を制御した。このため、ツールチップの高い温度応答性を生かして、非常に良好な昇温特性が得られた。また、図２１に示すように、具体例１のツールチップより温度分布が良好で、他の項目については同等の性能を有している。

［具体例５］

次に、具体例５について説明する。

図２２Ａおよび図２２Ｂを参照して、本具体例におけるツールチップ４６０は、１０ｍｍ×１０ｍｍ×３ｍｍのＳｉ基体２の上面に膜厚約５０μｍの絶縁性多結晶ダイヤモンド膜６を析出させ、その反対面にホウ素を不純物として添加した導電性多結晶ダイヤモンド膜１を２層析出させた。１層目は膜厚５μｍ、比抵抗４×１０$^{-3}$Ωｃｍ、２層目は膜厚１０μｍ、比抵抗１×１０$^{-3}$Ωｃｍとした。

導電性多結晶ダイヤモンド膜１および絶縁性多結晶ダイヤモンド膜６は、いずれもフィラメントＣＶＤ法により、メタン、水素を原料ガスとして合成した。さらに、導電性多結晶ダイヤモンド膜にはトリメチルボロンを原料ガスとして使用し、Ｂ／Ｃが１層目は２００００ｐｐｍ、２層目はその１／３以下となるようにした。

同条件で合成した導電性多結晶ダイヤモンド膜をＳＩＭＳにより分析したところ、１層目にはホウ素が８０００ｐｐｍ、２層目にはホウ素が１００ｐｐｍ含まれていた。

導電性多結晶ダイヤモンド膜１の成膜後、基体２の中央に直径約０．５ｍｍの吸着用貫通孔５をレーザ加工により形成した。吸着用貫通孔５を形成した後、基体２の４側面をテーパ状に加工し、絶縁性多結晶ダイヤモンド膜６をラッピングによりＲｍａｘ０．１μｍに、導電性多結晶ダイヤモンド膜１を５μｍ削除し、Ｒｍａｘ０．２μｍに仕上げた。

さらに、導電性多結晶ダイヤモンド膜１の上に、電極として、Ｔｉ０．２μｍ、Ｎｉ０．５μｍをスパッタリング法によりコーティングし、この上に３ｍｍ×３ｍｍ×０．１ｍｍのシート状に加工したＡｇＣｄＯをＣｕろう材を用いて真空炉で約６５０℃に加熱してろう付けし、導体膜４を設けた。

さらに、中央部に半導体チップ吸着用の貫通真空管を設けたセラミックベース７を窒化ケイ素により製作し、これと側面をテーパ形状に加工した止め板８とにより、基体２を挟み込み、４カ所を止めねじ９を用いて固定した。セラミックベース７の基体２に接触する位置に４カ所貫通孔を設け、内部にＡｇＣｄＯを圧入し給電電極１０を設けてツールチップを製作した。

また、このツールチップ４６０を、図２３Ａ、図２３Ｂ、図２４Ａおよび図２４Ｂに示す給電ホルダ４７０を用いて、具体例１と同様の評価を行なった。その結果を図２５に示す。その結果、押圧面の平坦度を改善することが可能となった。

なお、今回開示した実施例は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本願発明の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

この発明は、半導体チップを基板に実装するために用いられるツールチップおよびそのツールチップを備えたボンディングツールならびにそのボンディングツールの制御方法に有利に適用され得る。

請求の範囲

1．圧着のための先端部に、気相合成された導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いるボンディングツールにおいて、

ダイヤモンド多結晶体、Ｓｉ、ＳｉＣ、ＡｌＮ、Si_3N_4および単結晶ダイヤモンドからなるグループから選択された少なくとも１つの材料を主成分とする基体と、

前記基体上の、圧着に用いられる面、この面と反対の面またはこれらの面と交わる２面以上の側面に被覆され、比抵抗が$1\times10^{-4}\Omega cm$以上$1\times10^{3}\Omega cm$未満、膜厚が０．１μｍ以上５００μｍ以下の範囲である前記導電性多結晶ダイヤモンド膜と、

前記導電性多結晶ダイヤモンド膜の上に、前記導電性多結晶ダイヤモンド膜に電力を導入するために被覆された金属膜と、

を有するツールチップ。

2．前記圧着に用いられる前記面から前記面の反対面まで設けられた少なくとも１個以上の吸着用貫通孔をさらに有する、請求項１に記載のツールチップ。

3．前記導電性多結晶ダイヤモンド膜は、不純物の添加により形成された膜である、請求項１に記載のツールチップ。

4．前記不純物はホウ素である請求項３に記載のツールチップ。

5．前記導電性多結晶ダイヤモンド膜は、欠陥の導入により形成された膜である、請求項１に記載のツールチップ。

6．前記欠陥は、ｓｐ２構造を有する、請求項５に記載のツールチップ。

7．前記導電性ダイヤモンド膜の面粗さが０．１μｍ以上１０μｍ以下である請求項１に記載のツールチップ。

8．前記基体の圧着のために用いられる少なくとも前記面上に形成された前記導電性多結晶ダイヤモンド膜の上に、$10^{5}\Omega cm$以上の比抵抗を有し、その膜厚が１μｍ以上１０００μｍ未満である多結晶ダイヤモンド膜をさらに有する、請求項１に記載のツールチップ。

9．前記基体の圧着のために用いられる前記面と、この面の反対の面とは互いに平行であり、かつ、その平行度が、前記圧着のために用いられる前記面を基準と

して、０．１μｍ以内である、請求項１に記載のツールチップ。

１０．前記導電性多結晶ダイヤモンド膜に、１００ｐｐｍ以上５００００ｐｐｍ以下のホウ素が添加されている、請求項４に記載のツールチップ。

１１．前記導電性多結晶ダイヤモンド膜がｓｐ２構造を有する欠陥を導入して形成されており、ラマンスペクトルのｓｐ２およびｓｐ３ピークの最大値の比（ｓｐ２／ｓｐ３）が０．５以上１０以下である、請求項６に記載のツールチップ。

１２．前記金属膜が２層以上であり、最表面層がＡｕ、Ｐｔ、Ａｇ、Ｎｉ、Ｔａ、Ｃｒのいずれかの単体金属またはこれらのうち２種以上の組合せによる合金、または、ＡｇＰｄ、Ｐｔ－Ｉｒ合金、またはＡｇとＣｄ、Ｉｎ、Ｓｎ、Ｚｎ、Ｃｕの１種類以上の元素を含む酸化物またはＡｇおよびＷを含む金属炭化物のいずれかである、請求項１に記載のツールチップ。

１３．前記導電性多結晶ダイヤモンド膜の圧着のために用いられる有効エリア外周部に電力を供給するため、電力の供給をツールチップの外周部に４カ所以上の独立した金属層をさらに設けた、請求項１に記載のツールチップ。

１４．前記導電性多結晶ダイヤモンド膜は、ホウ素の添加量が異なる２種類以上の膜から形成され、前記基体に近い側に添加量の高い導電性多結晶ダイヤモンド膜を設け、この上に添加量が低い導電性多結晶ダイヤモンド層を設けた、請求項１０に記載のツールチップ。

１５．圧着のための先端部に、気相合成された導電性多結晶ダイヤモンド膜を用いるボンディングツールにおいて、

ダイヤモンド多結晶体、Ｓｉ、ＳｉＣ、ＡｌＮ、Si_3N_4および単結晶ダイヤモンドからなるグループから選択された少なくとも１つの材料を主成分とする基体、

前記基体上の、圧着に用いられる面、この面と反対の面またはこれらの面と交わる２面以上の側面に被覆された前記導電性多結晶ダイヤモンド膜および、

前記導電性多結晶ダイヤモンド膜の上に、前記導電性多結晶ダイヤモンド膜に電力を導入するために被覆された金属膜を有するツールチップと、

前記ツールチップへ給電するための金属電極およびこの金属電極を支持するためのセラミックベースを有する給電ホルダとを有するボンディングツール。

１６．前記給電ホルダは、前記ツールチップを吸着するための真空吸着溝と、この真空吸着溝に通ずる少なくとも１つの吸着用貫通孔と、前記ツールチップに電力を供給するための２カ所以上の導体膜と、前記ツールチップと接触する面の平坦度が３μｍ未満である第１絶縁性セラミックス部品と、熱伝導率性が低く、かつ、絶縁性を有する第２絶縁性セラミックス部品と、表面に酸化を防止するための金属膜を被覆した金属部品とを有する、請求項１５に記載のボンディングツール。

１７．前記導体膜は２層以上であり、最表面層がＡｕ、Ｐｔ、Ａｇ、Ｎｉ、Ｔａ、Ｃｒのいずれかの単体金属またはこれらのうち２種以上の組合せによる合金、または、ＡｇＰｄ、Ｐｔ－Ｉｒ合金、またはＡｇとＣｄ、Ｉｎ、Ｓｎ、Ｚｎ、Ｃｕの１種類以上の元素を含む酸化物またはＡｇおよびＷを含む金属炭化物のいずれかである、請求項１６に記載のボンディングツール。

１８．先端面に気相合成導電性多結晶ダイヤモンド膜が形成されたツールチップを有するボンディングツールの制御方法であって、前記導電性多結晶ダイヤモンド膜の電気抵抗の変化を測定して、ボンディングツールの温度調整を行なう、ボンディングツールの制御方法。