

明 細 書

発明の名称：電気的接点部材および検査用接続装置

技術分野

[0001] 本発明は、電気的接点部材、および当該電気的接点部材を有する検査用接続装置に関する。

背景技術

[0002] 集積回路（IC（Integrated Circuit））、大規模集積回路（LSI（Large Scale Integration））、発光ダイオード（LED（Light Emitting Diode））などの電子部品（すなわち、半導体素子を用いた電子部品）は、検査用接続装置に用いられる電気的接点部材（接触端子）を半導体素子の電極に接触させることにより、その電気特性が検査される。上記電気的接点部材は、導電性が良好なこと（接触抵抗値が低いこと）は勿論のこと、被検体である電極との繰返し接触によっても摩耗や損傷を生じない程度に優れた耐久性を備えていることが要求される。

[0003] 上記電気的接点部材の接触抵抗値は、一般的には100mΩ以下に設定されているが、被検体との繰返し検査を行なうことによって、数100mΩから数Ωにまでに悪化することがある。そのため、従来より、電気的接点部材のクリーニングや交換が定期的に行われているが、これらは検査工程の信頼性と検査用接続装置の稼働率を著しく低下させることから、長期の繰返し使用によっても接触抵抗値が低下しない電気的接点部材の開発が進められている。特に被検体である電極がハンダやスズ（Sn）めっきなどで構成されている場合、ハンダやスズは軟らかいために、電気的接点部材との接触によって電極表面が削り取られ、その屑などが電気的接点部材の先端部に付着（凝着）しやすい。付着したハンダやスズは酸化されやすく、電気的接点部材の接触抵抗が上昇する。また、付着したスズなどの物理的障害により相手電極との接触が不十分になるなどの影響により、接触抵抗が上昇することになる

。そのため、電氣的接点部材の接触抵抗値を安定して低いレベルに保つことは難しい。

[0004] 電氣的接点部材の接触抵抗値を安定化させる方法として、例えば特許文献1および特許文献2が挙げられる。このうち特許文献1には、炭素または炭素と水素を主成分とする非晶質の硬質皮膜が開示されている。この硬質皮膜は、炭素、水素以外の不純物元素としてV、Cr、Zr、Nb、Hf、Ta、Au、Pt、Agの群から選ばれる少なくとも1種の元素が0.001～40原子%の範囲で添加されることによって、優れた耐摩耗性と高い導電性を備え、膜応力が小さく良好な摺動特性を備えている。この硬質皮膜は、電氣的接触が要求される摺動部へ好適に適用できると記載されている。

[0005] また、特許文献2には、タングステンまたはレニウムタングステンからなるプローブが開示されている。このプローブは、先端側の接触部の少なくとも先端部に、タングステン、モリブデン、金、銀、ニッケル、コバルト、クロム、パラジウム、ロジウム、鉄、インジウム、スズ、鉛、アルミニウム、タンタル、チタン、銅、マンガン、白金、ビスマス、亜鉛、カドミウムのうちの少なくとも1種類の金属を1～50質量%の範囲で含むDLC(Diamond Like Carbon)膜が形成されている。上記構成のプローブによれば、アルミニウム電極と繰返し接触してもアルミニウム屑が付着し難く、クリーニング作業を頻繁にしなくても接触抵抗を低く安定化できると記載されている。

[0006] これら特許文献1、2はいずれも、DLCなどの炭素被膜中にタングステンなどの金属元素を混入させることによって、上記金属元素添加による高い導電性と、上記金属元素含有炭素被膜による電氣的接点部材への被検体(スズ合金などの相手材)の低付着性と、の両方を有効に発揮させる技術である。

[0007] 一方、特許文献3および特許文献4には、電極と接触する電氣的接点部材の表面の平滑性(粗さ)や、最上面に形成される金属元素含有炭素被膜の平滑性(粗さ)が、Sn付着の低減に有効であることが記載されている。

[0008] 具体的には、特許文献3には、半導体デバイスの電極と接触する接触端子が開示されている。前記接触端子の、前記電極との接触部の表面粗さにおける最大高さ R_y は $10\mu m$ 以下に制御されている。上記最大高さ R_y は、接触端子基材表面をメカニカル・ケミカル研磨またはドライ研磨することで達成できると記載されている。さらに最上面には金属元素を含有する炭素被膜が形成されている。しかしながら、炭素被膜の表面粗さについては、基材表面の形状を反映させるものとされ、炭素被膜自体の表面性状がスズ凝集性に与える影響については検討されていない。

[0009] 特許文献4は、上記特許文献3の改良技術である。すなわち、特許文献4は、「基材上に被膜を形成した場合は、被膜表面の表面性状がスズ凝着性に影響を与え、上記特許文献3のように R_y が $10\mu m$ 以下を満たす表面粗さの領域でも、被膜作製時の条件等によりスズの凝着が問題となる」との知見に基づいて完成された発明である。特許文献4では、従来、検討されていなかった、被膜の微細領域の表面性状が耐スズ凝着性に与える影響に着目しており、被膜の微細領域の表面性状パラメータをコントロールすることにより耐スズ凝着性を向上すると記載されている。具体的には、上記特許文献4には、導電性基材表面に形成された非晶質炭素系導電性皮膜の表面粗さ(R_a)が $6.0nm$ 以下であり、二乗平方根傾斜($R_{\Delta q}$)が 0.28 以下であり、表面形態の凸部の先端曲率半径の平均値(R)が $180nm$ 以上である外表面を有する半導体検査装置用コンタクトプローブピンが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：日本国特許第3336682号公報

特許文献2：日本国特開2001-289874号公報

特許文献3：日本国特開2007-24613号公報

特許文献4：日本国特開2011-64497号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 上記特許文献 1 ～特許文献 4 に記載の方法によれば、室温下での繰返し検査に耐えられる電氣的接点部材が提供されると期待される。しかしながら、電氣的接点部材の使用環境は様々であり、室温よりも苛酷な高温下で電氣的接点部材が使用される場合もある。例えば、電氣的接点部材を約 85℃程度の高温下での繰返し検査に用いると、高温に加熱された Sn などの電極部材が電氣的接点部材と接触するため、電氣的接点部材への Sn の付着率が大幅に高まり、電氣的接点部材の導電性も著しく向上するなど深刻な問題をもたらす。しかしながら、前述した特許文献 1 ～特許文献 4 の技術は、このような観点から検討されたものでない。これらの特許文献に開示されるように広範囲の添加元素を広範囲に亘って含むプローブを、高温下で Sn 電極などに繰返し接触すると、電極から削り取られた Sn が電氣的接点部材の表面に多量に付着し、付着した Sn の酸化により導電性が低下して接触抵抗が上昇することが懸念される。そうすると、長期に亘って安定な電氣的接触を確保することができない。

[0012] 一方、電極材料に由来する Sn などの付着物を除去するため、電氣的接点部材の先端を尖鋭な形状に加工するなどの方法も採用されているが、それだけでは、高温での繰返し接触後の付着防止効果を有効に発揮させることはできない。

[0013] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、被検体（例えば、ハンダ、Sn、Al、Pd など）との低付着性を実現し、接触抵抗の上昇を長期間に亘って安定して抑制することができる電氣的接点部材およびそれを有する検査用接続装置を提供することである。本発明の目的は、特に、約 85℃程度の高温での繰返し接触後も、被検体との低付着性を実現すると共に、接触抵抗の上昇を抑制し得、長期間に亘って安定な電氣的接触を保つことのできる電氣的接点部材、およびそれを有する検査用接続装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 上記課題を解決し得た本発明の電氣的接点部材は、被検体に繰返し接触する電氣的接点部材であって、前記被検体と接触する前記電氣的接点部材の表面は、金属元素を含有する金属元素含有炭素被膜で構成されており、前記金属元素含有炭素被膜について、前記電氣的接点部材の軸線に対して 45° をなす傾斜面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さ R_a1 が一定の値以下であるところに要旨を有するものである。

[0015] 本発明の好ましい実施形態において、前記 R_a1 は 2.7 nm 以下である。

[0016] 本発明の好ましい実施形態において、前記金属元素含有炭素被膜の厚さは 50 nm 以上、 5000 nm 以下である。

[0017] 本発明の好ましい実施形態において、前記金属元素含有炭素被膜中に含まれる前記金属元素は、タングステン、タンタル、モリブデン、ニオブ、チタン、クロム、パラジウム、ロジウム、白金、ルテニウム、イリジウム、バナジウム、ジルコニウム、ハフニウム、マンガン、鉄、コバルト、およびニッケルよりなる群から選択される少なくとも一種である。

[0018] 本発明の好ましい実施形態において、検査される被検体は、 Sn または Sn 合金を含む。

[0019] 本発明には、上記のいずれかに記載の電氣的接点部材を複数個有する検査用接続装置も包含される。

発明の効果

[0020] 本発明の電氣的接点部材は、被検体と接触する電氣的接点部材の表面を構成する金属元素含有炭素被膜について、電氣的接点部材の軸線に対して 45° をなす傾斜面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さ R_a1 が一定の値以下である。そのため、特に、約 85°C 程度の高温での繰返し接触後も被検体との低付着性を実現できると共に、接触抵抗の上昇を抑制することができる。その結果、長期間に亘って安定な電氣的接触を保つことができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、電氣的接点部材の先端部と被検体（ Sn 電極）が接触したとき

の様子を示す部分図である。

[図2]図2は、電氣的接点部材の軸線に対する傾斜面の角度を $0 \sim 90^\circ$ の範囲で種々変化させたときの、傾斜面の角度と、表面粗さ R_a1 との関係を示す図である。

[図3]図3は、本発明で好ましく用いられる電氣的接点部材の、被検体と接触する先端部分の構成を示す断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0022] 本発明者らは、従来の電氣的接点部材関連技術では十分に検討されていなかった、高温試験環境下といった過酷な状況においても使用可能な電氣的接点部材を提供するとの観点から、検討を行なった。検討に当たっては、電氣的接点部材の最上面（最表面）を構成する金属元素含有炭素被膜の表面性状を中心に検討を行なった。その結果、本発明者らは、例えば上記特許文献4のように、電氣的接点部材の軸線に垂直な面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さ（後記する表2の R_a2 を参照）を制御するのではなく、電氣的接点部材の軸線に対して 45° をなす傾斜面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さ R_a1 （後記する図1を参照）を一定の値以下に小さくすることが有効であることを見出し、本発明を完成した。

[0023] すなわち、本発明の電氣的接点部材は、被検体に繰返し接触する電氣的接点部材であって、前記被検体と接触する前記電氣的接点部材の表面は、金属元素を含有する金属元素含有炭素被膜で構成されている。そして、前記金属元素含有炭素被膜について、前記電氣的接点部材の軸線に対して 45° をなす傾斜面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さ R_a1 が一定の値以下であるところに特徴がある。本発明によれば、特に、約 85°C 程度の高温での繰返し接触後も被検体との低付着性を実現できると共に、接触抵抗の上昇を抑制することができる。

[0024] 本明細書において、「高温の繰返し検査後も接触抵抗の上昇が抑えられる」とは、後記する実施例に記載のとおり、 85°C において1万回、Sn電極と接触させた後の接触抵抗値が $100\text{ m}\Omega$ 以下であることを意味する。

[0025] 本明細書において「金属元素含有炭素被膜」は、炭素被膜中に少なくとも金属元素を含む被膜を意味する。例えば後記する図3において、金属密着層(Cr、Ni)は、不可避免的な混入以外には炭素(C)を含まないため、本発明における「金属元素含有炭素被膜」に含まれない。これに対し、混合層(Cr+C+W)は、炭素(C)を含むため、本発明における「金属元素含有炭素被膜」に含まれる。

[0026] 以下、図1を参照しながら、上記のように傾斜領域でのRa1を制御することによってSn付着抑制効果が有効に発揮されることを説明する。図1は、電氣的接点部材の先端部と被検体(Sn電極など)が接触したときの様子を示す部分図である。図1に示すように、電氣的接点部材とSn電極との接触面積をある程度確保するため、電氣的接点部材は、Sn電極の一部を変形・食込ませるような形で接触させている。以下では、説明の便宜上、被検体としてSn電極を用いたときの場合について説明するが、本発明はこれに限定する趣旨ではない。

[0027] 従来、電氣的接点部材のSn付着は、電氣的接点部材の軸線に垂直な面(図中、Ra2の領域)で評価されていた。ここで「電氣的接点部材の軸線に垂直な面」とは、例えば、電氣的接点部材の鋭利な先端部などのように、被検体である相手電極材に直接接する部分(正対して相手電極材に接する部分)を意味する。

[0028] しかし、特に相手電極材がSn合金である場合、接触の際にSn合金が変形し、電氣的接点部材の先端部から続く傾斜した傾斜面(すなわち、電氣的接点部材の軸線に垂直な面以外の近傍であって、Sn合金と接触するか接触し得る部分)にもSn合金が付着する。本発明者らが検討した結果、多くの場合、Snの付着は電氣的接点部材の軸線に垂直な面よりも、むしろ傾斜面(特に、軸線に対して45°程度傾斜した傾斜面)から付着が開始することがわかった。さらに、この傾斜面を構成する角度が大きくなるにつれ(すなわち、45°以上)、徐々に電氣的接点部材全体を被覆して接触抵抗が不安定になることが判明した。電氣的接点部材の軸線に対して45°をなす傾斜

面は、軸線を取り囲むように電氣的接点部材の表面上に存在するが、本発明では、そのいずれの箇所でも同様に重要であると考えている。

[0029] そこで本発明者らは、上記傾斜面でのS n付着を抑制すれば良いとの観点から、傾斜面でのS n付着に影響する因子を検討した。

[0030] その結果、電氣的接点部材の軸線に対して45°をなす傾斜面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さRa1とS n付着とに、相関関係があることが分かった。そして、Ra1を一定の値以下に小さくすることにより、S n付着抑制効果が有効に発揮されることが分かった。

[0031] ここで、傾斜面の角度と、当該傾斜面の表面粗さの関係について説明すると、おおむね、以下のとおりである。例えば、スパッタリング法やCVDによる真空成膜法によって炭素被膜を成膜した場合、一般に、プラズマに対向した面の被膜は高品質で平滑になるが、プラズマに対向しない面の被膜は平滑になり難い。図2および表1に示すように、特にスパッタリング法で成膜された炭素被膜は、対向面からの傾斜角が0～30°程度（すなわち、電氣的接点部材の軸線に対する傾斜面の角度が90～60°程度）まではほぼ同程度の平滑性を有するが、それを超える傾斜角になると平滑性が急激に低下し、表面粗さが著しく増加することが、本発明者らの実験によって明らかになった。

[0032]

[表1]

対向面からの 傾斜角度 (°)	表面粗さRa1 (nm)
0	0.39
10	0.42
20	0.60
30	0.51
45	1.11
60	1.33
90	1.98

[0033] ここで、図2および表1は、電氣的接点部材の軸線に対する傾斜面の角度を0～90°の範囲で種々変化させたときの、傾斜面の角度と、表面粗さRa1との関係を示すグラフおよび表である。これらは、以下の実験によって得られたものである。

[0034] まず、上記傾斜面の表面粗さ（算術平均粗さ：Ra）を正確に測定するため、コンタクトプローブの表面を模擬して、平坦な単結晶シリコン基板を用意し、各ターゲットに正対するように配置し、そこから0～90°傾けて保持した後に被膜を成膜した。

[0035] 具体的には、まず、上記シリコン基板の上に、Niを50nmおよびCrを50nm、この順序で成膜した。詳細なスパッタリング条件は以下のとおりである。各ターゲットとシリコン基板との間隔は、それぞれ55mmである。

到達真空度： 6.6×10^{-4} Pa

ターゲット：NiターゲットおよびCrターゲット

ターゲットサイズ：φ6 inch

A r ガス圧：0.18 Pa

投入電力密度：8.49 W/cm²

基材バイアス：0 V

[0036] 次いで、上記C r 膜の上に、C r とWを含む炭素との混合層を100 nm 成膜した。具体的には、この混合層において、各ターゲット（C r ターゲット、および炭素ターゲットにWのチップを載せた複合ターゲット）に投入する電力を、それぞれ徐々に変化させることによってC r およびWを含む炭素の比率を変化させた。

[0037] その後、Wを含む炭素被膜を400 nm 成膜した。詳細なスパッタリング条件は以下のとおりである。

ターゲット：炭素ターゲットにWのチップを載せた複合ターゲット

A r ガス圧：0.18 Pa

投入電力密度：8.49 W/cm²

基材バイアス：-40 V

ターゲットサイズ：φ6 inch

[0038] 本発明は、このような知見に基づき、傾斜領域での表面粗さを規定したものであり、傾斜面を規定する角度として、電氣的接点部材の軸線に対して45°の値を採用することにした。

[0039] 上記R a 1の制御によるS n 付着物抑制作用は、以下のようにして発揮されと考えられる。

[0040] 電氣的接点部材は、その先端部（先端部が分割形状を有する場合は、各突起の頂部）を被検体であるS n 電極に接触させることにより、電子部品の検査が行なわれる。その際、電氣的接点部材とS n 電極との接触面積をある程度確保するため、S n 電極の一部を変形・食込ませるような形で接触させるのが一般的である（前述した図1を参照）。多数の電子部品を検査するために、電氣的接点部材は、S n 電極との接触と通電が繰返し実施されることから、通電箇所にはS n 電極材料が徐々に付着する。この付着物が酸化した酸化皮膜により、電氣的接点部材との有効な接触面積が確保されなくなる。こ

のような状態がそのまま維持されると、接触抵抗値が変動すると考えられている。

[0041] 電氣的接点部材の先端部近傍（電氣的接点部材の軸線に垂直な面）に付着したS n電極材料の付着物は、電氣的接点部材の先端部形状効果により、排斥される。このとき、S n電極材料が付着し易い上記傾斜面の平滑性が低い（R a が大きい）と、S n電極材料の付着力が大きくなる。その結果、電氣的接点部材の軸線に垂直な面から排斥された上記電極材料は、上記傾斜面で再付着してしまう。たとえ、1回の使用における上記傾斜面での再付着量は僅かなものであったとしても、電氣的接点部材のように数万回～数十万回にわたって繰返し使用する場合、特に高温での繰返し検査のような過酷な使用状況下では、完全に排斥されなかった付着物などが徐々に堆積するなどして上記の再付着量は大きくなる。その結果、安定な接触抵抗を保つことは到底できなくなる。

[0042] これに対し、本発明のように上記傾斜面のR a 1が小さくなるように構成された場合には、S n電極材料が付着し易い上記傾斜面での付着力が小さくなる。その結果、電氣的接点部材の軸線に垂直な面から排斥された電極材料は、上記傾斜面で再付着することなく、接触部分から容易に排斥される。従って、S n電極との接触部分には、常に平滑な表面が露出し、安定な接触抵抗を保つことができるようになる。

[0043] このような作用を有効に発揮させるため、上記R a 1は一定の値以下とする。R a 1が大きくなると、S nの付着量が多くなり、高温での繰返し試験後の接触抵抗が増加するようになる。例えば後記する実施例に示すように、R a 1が2.7 nmを超えると試験後の接触抵抗が増加することが確認された。よって、R a 1は2.7 nm以下であることが好ましい。より好ましいR a 1は2.5 nm以下であり、更に好ましくは2.3 nm以下である。なお、R a 1の下限は、上記観点からは特に制限されないが、後述するR a 2の好ましい下限などを含めて実用レベルでの安定性などを考慮すると、おおむね0.3 nmであることが好ましい。

[0044] 本発明の特徴部分は、上記 R a 1 を適切に制御したところにあり、これにより所望とする特性が有効に発揮される。さらに上記特性を一層有効に発揮させるため、本発明では、従来制御されていた図 1 の R a 2 も、適切に制御することが推奨される。R a 2 は、小さい程良く、好ましくは、上記 R a 1 との関係で適切に制御されていることが推奨される。具体的には、電氣的接点部材を構成する金属元素含有炭素被膜の厚さや種類などによっても相違するが、R a 2 は、例えば、1.2 nm 以下に制御することが好ましく、0.7 nm 以下に制御することがより好ましい。なお、R a 2 の下限は、例えば 0.3 nm であることが好ましい。

[0045] 上記 R a 1 および R a 2 の測定方法は、後記する実施例の欄で詳述する。

[0046] 本発明において、上記のような表面性状を得るためには、例えばスパッタリング法を用いる場合、以下の (a) (b) の少なくとも一つを適宜、適切に組合わせて行なうことが推奨される。

(a) 金属元素含有炭素被膜の膜質制御手段の調整 [具体的には、バイアス電圧の印加、ガス圧の低減化、カソードとしてバランスドマグネトロン (BM) でなくアンバランスドマグネトロン (UBM) の採用]

(b) 金属元素含有炭素被膜の薄膜化 (詳細は後述する)

[0047] 上述した (a) 金属元素含有炭素被膜の膜質制御手段の調整において、好ましい方法は、例えば使用するスパッタリング装置などによっても相違し、一義的に決定することは困難である。しかしながら、例えば後記する島津製作所製平行平板型マグネトロンスパッタリング装置を用いる場合、金属元素含有炭素被膜の膜質制御手段は以下のように制御することが好ましい。

DC-バイアス電圧：例えば、-10~-200 V

ガス圧の低減化：例えば、0.1~1 Pa

[0048] 以上、本発明を最も特徴づける金属元素含有炭素被膜の最表面部分の表面性状について説明した。

[0049] 以下、本発明に係る電氣的接点部材の構成を、図 3 を参照しながら、より詳しく説明する。図 3 は、本発明で好ましく用いられる電氣的接点部材の、

被検体と接触する先端部分の一例を示す図であって、後記する実施例の構成を模式的に示したものである。ただし、本発明の構成は図3に限定されない。例えば、図3には、中間層として、基材側から順に、異なる金属（図3ではNi、次いでCr）を含む金属密着層（炭素Cなし）の上に、下層の金属密着層由来のCrと、炭素被膜由来のCおよびWとを含む混合層が形成された構成を示しているが、本発明はこの構成に限定されない。また、金属密着層や混合層の組成も、図3に記載の元素に限定する趣旨では決していない。

[0050] 一般に、電氣的接点部材のうち被検体と接触する電氣的接点部材の先端部分（通常、プランジャーと呼ばれる部分）は、被検体側から順に、被検体と直接接触する炭素被膜と、基材と、に大別される。基材と炭素被膜との間には、両者の密着性を高めるため、図3に示すように中間層が形成されていても良い。また、基材の上には、図3に示すようにメッキ層が形成されていても良い。

[0051] 上記炭素被膜は、タングステン（W）、タンタル（Ta）、モリブデン（Mo）、ニオブ（Nb）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、パラジウム（Pd）、ロジウム（Rh）、白金（Pt）、ルテニウム（Ru）、イリジウム（Ir）、バナジウム（V）、ジルコニウム（Zr）、ハフニウム（Hf）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、およびニッケル（Ni）よりなる群から選択される少なくとも一種の金属元素を含有することが好ましい。これらの金属元素の一部は、炭化物を容易に形成し得る元素であり、いずれも炭素被膜中に均一に分散し、非晶質で均質な状態を安定して保持する元素である。これらのうち、Pd、Rh、Pt、Ru、Irの白金族元素は、炭素皮膜の接触抵抗が変化し難く、比較的均一に分散して硬度の変化も少ないなどの利点がある。

[0052] これらの金属元素は、単独で添加しても良いし、二種以上を併用しても良い。炭素被膜中に占める上記金属元素の含有量（単独で含むときは単独の量であり、二種以上を含むときは合計量である。）は、2～95原子%であることが好ましく、5～90原子%であることがより好ましい。含有量が上記

範囲を超えると、金属含有炭素被膜特有の、非晶質で滑らかな表面を有すると共に硬質であるという特性が失われ、半導体検査の信頼性が低下しやすくなる。一方、含有量が上記範囲を下回ると、金属添加による導電性向上効果が有効に発揮されない。

[0053] 上記金属元素のうち、好ましい金属元素は、W、Ta、Mo、Nb、Ti、Crであり、最も好ましい金属元素はWである。Wは、その炭化物も安定であり、本発明の技術分野において汎用される金属である。

[0054] 被検体との低付着性、および接触抵抗の低減化を確実に実現するためには、上記金属元素含有炭素被膜は所定厚さを有していることが好ましく、おおむね、50nm以上、5 μ m (=5000nm) 以下であることが好ましい。一般に、金属元素を含まない炭素被膜は非晶質で平滑な表面を有しており、平坦面においては、炭素被膜の厚さを厚くしても表面粗さは劣化し難い。しかしながら、本発明者らの検討結果によれば、金属元素含有炭素被膜の厚さの増加により、傾斜面の平滑性が低下し、本発明で規定する上記Ra1が大きくなることが分かった。また、強度や耐久性を考慮すると、金属元素含有炭素被膜は所定厚さを有していることが好ましい。一方、炭素被膜は金属に比較しては高抵抗になり、電氣的接点部材の接触抵抗が大きくなる。よって、これらを考慮し、金属元素含有炭素被膜の好ましい厚さを上記範囲とした。金属元素含有炭素被膜の厚さは、より好ましくは、200nm以上、2 μ m以下である。

[0055] 繰り返し述べるように、本発明の特徴部分は、金属元素含有炭素被膜の表面性状（Ra1、好ましくはRa2）を制御したところにある。それ以外の構成は特に限定されず、電氣的接点部材の技術分野において通常用いられるものを適宜選択して採用することができる。

[0056] 例えば、本発明における炭素被膜は、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜などに代表されるように、高硬度で、耐摩耗性および摺動性に優れ、炭素被膜の全面に亘って非晶質であるものが好ましい。このような炭素被膜は、相手材とのコンタクトを繰り返しても消耗せず、相手材が付着すること

もなく、かつ非晶質であることによって表面の凹凸を増加させる可能性も小さいからである。

[0057] 本発明に係る電氣的接点部材を構成する金属元素含有炭素被膜（さらには、好ましくは図3に示すように、炭素を含まない金属密着層を含む）は、化学気相蒸着法（CVD（Chemical Vapor Deposition）法）、スパッタリング法およびアークイオンプレーティング法（AIP（Arc Ion Plating）法）等、様々な成膜方法で形成することができる。しかしながら、電気抵抗の低い炭素被膜が形成し易いことや、炭素被膜に金属元素を導入し易いことから、スパッタリング法やAIP法を適用することが好ましい。

特に、スパッタリング法は、良質な炭素被膜を形成することから最も好ましい。炭素被膜本来の性質では、ダイヤモンド構造やグラファイト構造があり、十分な硬度と低い電気伝導を得るためには両者の中間的な構造であるアモルファス構造が望ましい。こうした構造はスパッタリング法で最も得られ易く、また電気伝導を阻害する水素の混入も殆ど生じることはない。

[0058] また、上記炭素被膜の下に配置される基材は、強度や導電性を考慮して、ベリリウム銅（Be-Cu）；パラジウム（Pd）、タングステン（W）、イリジウム（Ir）またはこれらの合金；炭素工具鋼等が好適に用いられる。また必要に応じて、上記基材の上（炭素被膜と基材との間）にAu系などのめっきが施されていても良い。

[0059] また、上記基材またはその上のめっき（以下、「基材等」と呼ぶ）と、炭素被膜との間には、密着性を高めるための中間層が形成されていることが好ましい。基材等と炭素被膜とは本来密着性が悪いものであり、また炭素被膜は、基材等を構成する金属との熱膨張率の差に起因して成膜時に圧縮応力が残存するため、基材等との界面で剥離しやすいからである。こうした中間層としては公知のものをを用いることができ、例えば、日本国特開2002-318247号公報に記載された中間層などを参照することができる。具体的には中間層として、例えば、基材と密着性の良好な金属（例えばNiなど）

またはその合金からなる金属密着層を少なくとも一層以上有するもの；上記金属密着層の上に、前記金属密着層の金属（例えばN！など）と、上記炭素被膜に含まれる金属元素（例えばPdなど）と、炭素とを含む混合層を形成させたもの、などが挙げられる。この混合層は、基材側から炭素被膜側になるにつれて、上記混合層中の炭素含有量が増加し続ける傾斜層であっても良い。前記金属密着層に用いる金属は、基材等の種類によって適切なものを選択すれば良いが、基材等（特にめっき）がAu系である場合はN！を用いることが好ましい。このように基材等に応じて適切な中間層を設けることによつて、優れた耐久性を実現することができる。

例えば後記する実施例では、図3に示すように、金属密着層（Cr）の上の混合層（Cr+C+Pd）を形成し、且つ、当該混合層中の元素の濃度が段階的に変化するよう調整している。このような混合層の形成によつて混合層中の応力も段階的に変化し、基材から混合層が剥離するのを有効に防止することができる。また、混合層中にCrやPdが含まれているため、混合層の導電性も向上する。

[0060] 本発明の電氣的接点部材は、その代表的な形態としてコンタクトプロローブが挙げられるが、そのほか、例えば、板ばね形態のものやその他の形態のものも含まれる。これらの形態のものでも、角に相当する箇所が存在する場合があります（例えば、板ばねの隅部、半球状の突起等）、上記のような剪断力が発生する場合があるからである。また、上記のようなコンタクトプロローブにおいても、接触部分（被検体と接触する部分）の形状は様々なものが知られており、例えば2分割、3分割、4分割されたもの（あるいは、分割されていないもの）等があるが、本発明の電氣的接点部材はそのいずれをも含む。

[0061] 本発明の電氣的接点部材によつて検査される被検体（電極）は、通常ハンダが用いられる。ハンダは基本的にSnを含み、このSnは特にコンタクトプロローブの表面に付着しやすい。従つて、被検体がSnまたはSn合金からなる場合、本発明の電氣的接点部材を適用すると、特にその効果が有効

に発揮される。

[0062] 以上、詳述したように、本発明によれば、半導体素子の電気特性を検査するために用いられ、先端部で電極などの被検体に繰返し接触するコンタクトプローブなどの電氣的接点部材が得られる。特に、本発明によれば、高温での繰返し検査によっても導電性が劣化しないような耐久性に優れた電氣的接点部材が得られる。

[0063] 本発明には、上述した電氣的接点部材を備えた検査用接続装置も包含される。上記検査用接続装置として、検査用ソケット、プローブカード、検査ユニットなどが挙げられる。

[0064] 以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明は下記実施例によって制限されず、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適宜変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

実施例

[0065] (実施例 1)

本実施例では、表 2 に示すように種々の試料 No. 1～4 を作製し、それぞれの Ra1 および Ra2 を測定すると共に、高温試験後の接触抵抗を測定した。

[0066] 本実施例では、下記 A および B の二種類のコンタクトプローブを用いた。詳細には、表 2 に示すように、No. 1 および No. 4 では下記 A および B のコンタクトプローブを用い、No. 2 および No. 3 では、下記 A のコンタクトプローブのみ用いて実験を行なった。

(A) 先端部が 4 分割されたスプリング内蔵プローブ（株式会社ヨコオ製、YPW-6XT03-047）。Be-Cu 基材の最表面に Au-Co 合金でめっきされたものである。表 2 では「クラウン」と記載されている。

(B) 先端頂点が一つのコンタクトプローブ（株式会社ヨコオ製、YPW-6XA03-062、めっきなどの仕様は上記（A）と同じ）、表 2 では「ペンシル」と記載されている。

[0067] 次に、以下のようにして、スパッタリング法により、基材との密着性を高めるための中間層（図3中、金属密着層および混合層）、および炭素被膜を順次成膜した。

[0068] (No. 1)

No. 1は、前述した図3に示すように、基材側から順に、金属密着層（Ni、およびCr）、混合層（Cr+C+W）、および炭素被膜（C+W）の層構成を有するものである。No. 1では、島津製作所製マグネトロンスパッタリング装置を用い、カソードの一部を、カソードの磁場を非平衡にしたアンバランスドマグネトロ（UBM）に変更した。UBMを用いることによって基板近傍のプラズマ密度が増加するため、試料付近までプラズマ領域が拡大され、より高品質な被膜が形成されるようになる。

[0069] 具体的には、上記マグネトロンスパッタリング装置に、炭素（グラファイト）ターゲット、クロムターゲット、およびニッケルターゲットを配置し、これらに対抗するように上記Aまたは上記Bのコンタクトプローブを設置した。各コンタクトプローブは、その使用時に電極に正対する部分をターゲットと正対するように配置すると共に、電極に接触する部分から周辺0.3mm程度のみ金属元素含有炭素被膜が付着するよう、それ以外の箇所は、治具によりマスキングした。

[0070] また、傾斜面（コンタクトプローブの軸線に対して45°をなす傾斜面）のRa1を正確に測定するため、コンタクトプローブの表面を模擬して、平坦な単結晶シリコン基板を用意し、各ターゲットに正対するように配置した。このシリコン基板を、そこから45°傾けて保持した後に被膜を成膜した。本実施例において、シリコン基板を用いた理由は以下の2つである。

(a) コンタクトプローブの表面粗さRaは、金属元素含有炭素被膜の膜質の影響を受け易いため、基材表面や下地めっき表面の凹凸による影響を排除するため。

(b) 原子間力顕微鏡（AFM、後記するようにRa1およびRa2を測定するために使用）での測定時の技術的な困難性を軽減するため。

[0071] 各ターゲットとコンタクトプローブとの間隔、および、各ターゲットとシリコン基板との間隔は、それぞれ55mmとした。

[0072] 具体的には、まず、上記Au系めっきの上に、Niを50nmおよびCrを50nmを、この順序で成膜した。詳細なスパッタリング条件は以下のとおりである。

到達真空度： 6.7×10^{-4} Pa

ターゲット：NiターゲットおよびCrターゲット

ターゲットサイズ： $\phi 6$ inch

Arガス圧：0.18 Pa（表2のとおり）

投入電力密度： 8.49 W/cm^2

基材バイアス：0 V

[0073] 次いで、上記Cr膜の上に、CrとWを含む炭素との混合層を500nmの厚さで成膜した。具体的には、混合層において、各ターゲット（Crターゲット、および炭素ターゲットにWのチップを載せた複合ターゲット）に投入する電力を、それぞれ徐々に変化させることによってCrおよびWを含む炭素の比率を変化させた。このように金属密着層（Cr）と炭素被膜との間に段階的に濃度が変化する混合層（Cr+C+W）を設けることにより、膜中の応力も段階的に変化し、基材からの膜の剥離を有効に防止することができる。

[0074] その後、Wを含む炭素被膜を、400nmの厚さで成膜した〔No. 1における金属元素含有炭素被膜（混合層+Wを含む炭素被膜）の膜厚は合計で900nm、表2を参照〕。詳細なスパッタリング条件は以下のとおりである。ここでは、Wを含む炭素被膜の成膜全般に亘って、以下のとおり、DCーバイアス電圧を印加した。

ターゲット：炭素ターゲットにWのチップを載せた複合ターゲット

Arガス圧：0.18 Pa（表2のとおり）

投入電力密度： 8.49 W/cm^2

基材バイアス：-40 V

ターゲットサイズ： $\phi 6 \text{ inch}$

[0075] (No. 2)

No. 2は、上記No. 1と同様、基材側から順に、金属密着層 (Ni、およびCr)、混合層 (Cr+C+W)、および炭素被膜 (C+W) の層構成を有する。No. 2はほぼ上記No. 1と同様の方法で作製した。No. 2が上記No. 1と異なる点は、Wを含む炭素被膜の成膜時におけるArガス圧を、 0.33 Pa (表2のとおり) とし、且つ、基材バイアスを 0 V (バイアス電圧を印加せず) としたことである。

[0076] (No. 3)

No. 3は、上記No. 1およびNo. 2と同様、基材側から順に、金属密着層 (Ni、およびCr)、混合層 (Cr+C+W)、および炭素被膜 (C+W) の層構成を有する。No. 3が上記No. 2と異なる点は、金属元素含有炭素被膜 (混合層+Wを含む炭素被膜) の膜厚が合計で 1500 nm (表2を参照) となるように成膜時間を変化させて成膜した点である。

[0077] (No. 4)

No. 4は、基材側から順に、金属密着層 (Cr)、混合層 (Cr+C+W)、および炭素被膜 (C+W) の層構成を有するものである。No. 4では、上記No. 1～No. 3とは異なり、バランスドマグネトロン (BM) のカソードを用いた。

[0078] 具体的には、島津製作所製マグネトロンスパッタリング装置を用い、Crの層を 50 nm の厚さで成膜した。詳細なスパッタリング条件は以下のとおりである。

到達真空度： $6.7 \times 10^{-4} \text{ Pa}$

ターゲット：Crターゲット

ターゲットサイズ： $\phi 6 \text{ inch}$

Arガス圧： 0.39 Pa (表2のとおり)

投入電力密度： 5.66 W/cm^2

基材バイアス： 0 V

[0079] 次いで、上記Cr膜の上に、CrとWを含む炭素との混合層を100nmの厚さで成膜した。具体的には、混合層において、各ターゲット（Crターゲット、および炭素ターゲットにWのチップを載せた複合ターゲット）に投入する電力を調整することにより、CrおよびWを含む炭素の比率を変化させた。このように金属密着層（Cr）と炭素被膜との間に段階的に濃度が変化する混合層（Cr+C+W）を設けることにより、膜中の応力も段階的に変化し、基材からの膜の剥離を有効に防止することができる。

[0080] その後、Wを含む炭素被膜を800nm成膜した。詳細なスパッタリング条件は以下のとおりである。

ターゲット：炭素ターゲットにWのチップを載せた複合ターゲット

Arガス圧：0.39Pa（表2のとおり）

投入電力密度：5.66W/cm²）

基材バイアス：0V

ターゲットサイズ：φ6inch

[0081]（表面性状Raの測定）

本実施例では、Ra1およびRa2の測定を、原子間力顕微鏡（AFM（Atomic Force Microscope））装置を用いて行なった。AFMによれば、レーザー顕微鏡では検出できなかった微細な凹凸についても検出できる。

[0082] 具体的には、Ra1およびRa2は、以下のようにして測定した。

Digital Instruments社製の走査型プローブ顕微鏡（Scanning Probe Microscope）を使用

観察モード：タッピングモードAFM

測定範囲：3μm×3μm

測定雰囲気：大気中

[0083]（高温での繰返し接触後の接触抵抗の測定）

上記のようにして得られた各試料について、85℃に加熱したSn電極（Cu合金の上にSnを10μm程度めっきしたもの）に対して、1万回の接

触と通電を行ない、コンタクトプローブ先端へのS n付着による接触抵抗値を測定した。この測定は、S n電極に2本の線を接続し、またコンタクトプローブの反対側に接触するAu電極にも2本の線を接続し、それぞれ各1本に電流を印加し、残りの各一本間の電圧を測定するいわゆるケルビン接続によりコンタクトプローブ自身+上下電極との接触抵抗+上下電極の内部抵抗を測定し、それ以外の抵抗成分はキャンセルできる方法によって行った。

[0084] 具体的には、100回の接触ごとに1回の頻度で100mAの通電を行い、そのとき発生する電圧に基づき、接触抵抗を測定し、85℃で1万回（10000回）の接触を行なうようにした。そして1回目の接触時の接触抵抗値、101回目の接触時の接触抵抗値、・・・10001回目の接触時の接触抵抗値を測定した。同様の操作を2回繰返し（ $n=2$ ）、接触抵抗値がすべて100mΩ以下のものを○、一つでも100mΩを超えたものを×とした。

[0085] これらの結果を表2にまとめて示す。

[0086]

[表2]

No.	金属元素 含有炭素 被膜の厚 さ (nm)	密着層の 厚さ (nm)	カソード	ガス圧 (Pa)	DC- bias	表面粗さRa (nm)		高温試験後の 接触抵抗値	
						Ra 2	Ra 1	クラウン	ペンシル
1	900	100	UBM	0.18	あり	0.33	1.74	○	○
2	900	100	UBM	0.33	なし	0.64	2.23	○	
3	1500	100	UBM	0.33	なし	0.74	3.32	×	
4	900	50	BM	0.39	なし	1.94	2.84	×	×

[0087] 表2より、以下のように考察することができる。

[0088] まず、No. 1およびNo. 2は、いずれもRa1（傾斜角45°）が1

、74 nm、2.23 nmと小さく制御されているため、高温試験後も良好な接触抵抗を維持することができた。

[0089] これに対し、No. 3は、Ra1（傾斜角45°）が3.32 nmと、上記No. 1やNo. 2に比べて大きくなり、高温試験後の接触抵抗が大きく増加した。これは、No. 3はNo. 1に比べて、金属元素含有炭素被膜の膜厚が厚くなっており、且つ、上記金属元素含有炭素被膜成膜時のガス圧も高く、バイアス電圧を印加しなかったことが、複合的に作用したためと推察される。

[0090] なお、No. 2は、上記No. 3と同様、バイアス電圧を印加せず、ガス圧も高かったが、金属元素含有炭素被膜の膜厚が上記No. 1と同様に薄かったため、良好な特性が発揮されたものと考えられる。

[0091] また、No. 4も、Ra1（傾斜角45°）が2.84 nmと、上記No. 2に比べて大きくなり、やはり、高温試験後の接触抵抗が大きく増加した。その理由は、No. 4はNo. 2に比べて、金属元素含有炭素被膜の膜厚は同じであるが、上記金属元素含有炭素被膜成膜時のガス圧は若干高く、UBMカソードを使用しておらず、バイアス電圧を印加しなかったことが、複合的に作用したためと推察される。なお、密着層の厚さについて、No. 4では50 nmと、他のNo. 1～3（密着層の厚さ100 nm）に比べて薄い。本発明者らの実験結果によれば、密着層の厚みが50～100 nmの範囲内では、Ra1はほとんど変化せず、Ra1に及ぼす影響は実質的に見られないことが確認されている（表には示さず）。

[0092] これらの結果から、本実施例における条件下では、Ra1をおおむね2.7 nm以下に制御することが有効であることが分かる。また、Ra1の調整には、金属元素含有炭素被膜の膜厚、UBMカソードの使用、バイアス電圧の印加の少なくとも一つを適切に制御することが有効であることが確認された。

[0093] さらに上記No. 3およびNo. 4の結果より、所望とする特性を発揮させるためには、単にRa2を小さくするだけでは不十分であり、Ra1を小

さくすることが不可欠であることも確認された。

[0094] (実施例 2)

本実施例では、混合層を除く炭素被膜（具体的には、Wを含む炭素被膜）の成膜の際に印加するバイアス電圧の印加方法が、R a 1（更には R a 2）に及ぼす影響を調べた。

[0095] 具体的には、表 3 の N o. 5 は、前述した表 2 の N o. 1 において、W を含む炭素被膜の成膜時における D C - バイアス印加時の厚みを変えたものである。詳細は以下のとおりである。

N o. 1 : バイアス電圧 (- 4 0 V) を、W を含む炭素被膜の成膜時から印加し、厚みが 4 0 0 n m になるまで印加し続けた。よって、バイアス電圧印加時の厚みは、表 3 に示すように 4 0 0 n m である。

N o. 5 : W を含む炭素被膜の厚みは、上記 N o. 1 と同様、4 0 0 n m であるが、バイアス電圧は、上記被膜の厚みが 3 6 0 n m になるまでは印加しなかった。その後、バイアス電圧を印加した上で、4 0 n m の被膜を成膜した。よって、バイアス電圧印加時の厚みは、表 3 に示すように 4 0 n m である。

[0096] 次に、表 3 の N o. 5 について、上記 N o. 1 と同様に表面粗さ (R a 1 および R a 2) および高温試験後の接触抵抗値を調べた。なお、N o. 5 では、上記 (A) のコンタクトプローブ (クラウン型) のみを用いて実験を行った。

[0097] これらの結果を表 3 に併記する。表 3 には、参考のため、前述した表 2 の N o. 1 の結果も併記した。

[0098]

[表3]

No.	金属元素 含有炭素 被膜の厚 さ (nm)	密着層 の厚さ (nm)	カソード	ガス圧 (Pa)	DC-bias印加時 のWを含む炭素 被膜の厚み (nm)	表面粗さRa (nm)		高温試験後の 接触抵抗値	
						Ra 2	Ra 1	クラウン	ペンシル
1	900	100	UBM	0.18	400	0.33	1.74	○	○
5	900	100	UBM	0.18	40	0.59	1.87	○	

[0099] 表3に示すように、バイアス電圧を印加して成膜した上記被膜の厚みを、
400nm (No. 1) から40nm (No. 5) に変えた場合、Ra1は

1.74 nm (No. 1) から 1.87 nm (No. 5) と増加した。ただし、この厚みも本発明で規定する好ましい値以下であるため、高温試験後も良好な接触抵抗を維持することができた。

[0100] 上記実験結果より、バイアス電圧の印加方法を変えることでも、 R_a を適切に調整できることが分かった。

[0101] なお、今回開示された実施の形態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。本発明の範囲は上記した説明ではなくて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。本出願は 2012 年 12 月 14 日出願の日本特許出願（特願 2012-274117）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 被検体に繰返し接触する電氣的接点部材であって、
前記被検体と接触する前記電氣的接点部材の表面は、金属元素を含有する金属元素含有炭素被膜で構成されており、
前記金属元素含有炭素被膜について、前記電氣的接点部材の軸線に対して 45° をなす傾斜面に形成された金属元素含有炭素被膜の表面粗さ R_a が一定の値以下であることを特徴とする電氣的接点部材。
- [請求項2] 前記 R_a は 2.7 nm 以下である請求項1に記載の電氣的接点部材。
- [請求項3] 前記金属元素含有炭素被膜の厚さは 50 nm 以上、 5000 nm 以下である請求項1または2に記載の電氣的接点部材。
- [請求項4] 前記金属元素含有炭素被膜中に含まれる前記金属元素は、タングステン、タンタル、モリブデン、ニオブ、チタン、クロム、パラジウム、ロジウム、白金、ルテニウム、イリジウム、バナジウム、ジルコニウム、ハフニウム、マンガン、鉄、コバルト、およびニッケルよりなる群から選択される少なくとも一種である請求項1または2に記載の電氣的接点部材。
- [請求項5] 前記被検体は、 Sn または Sn 合金からなるものである請求項1または2に記載の電氣的接点部材。
- [請求項6] 請求項1または2に記載の電氣的接点部材を複数個有する検査用接続装置。