

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3279294号  
(P3279294)

(45)発行日 平成14年4月30日(2002.4.30)

(24)登録日 平成14年2月22日(2002.2.22)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	
G 0 1 R 1/067		G 0 1 R 1/067	G
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	B

請求項の数7(全12頁)

(21)出願番号	特願平11-241690	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22)出願日	平成11年8月27日(1999.8.27)	(72)発明者	竹本 めぐみ 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(65)公開番号	特開2000-147004(P2000-147004A)	(72)発明者	前川 滋樹 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(43)公開日	平成12年5月26日(2000.5.26)	(72)発明者	加柴 良裕 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	平成13年1月5日(2001.1.5)	(74)代理人	100102439 弁理士 宮田 金雄 (外1名)
(31)優先権主張番号	特願平10-245881	審査官	尾崎 淳史
(32)優先日	平成10年8月31日(1998.8.31)		
(33)優先権主張国	日本(J P)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置のテスト方法、半導体装置のテスト用プローブ針とその製造方法およびそのプローブ針を備えたプローブカード

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 テスト用プローブ針の先端部を半導体装置のパッドに押圧させ、上記先端部と上記パッドとを電氣的に接触させて、上記半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト方法であって、先端部を曲率半径Rの球状曲面とした上記プローブ針を、厚さtの上記パッドに押圧したとき、上記先端部は、上記パッド表面の酸化膜を破って上記球状曲面がパッド内部に接触され、

6 t r 3 0 t

の関係を満たすことを特徴とする半導体装置のテスト方法。

【請求項2】 先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電氣的に接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針は側面部と先端部が

2

ら構成され、上記先端部は球状の曲面であり、上記曲面の曲率半径rを10 r 2 0 μmとしたことを特徴とする半導体装置のテスト用プローブ針。

【請求項3】 先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電氣的に接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針の先端部の形状は、上記押圧による電極パッドとの接触によりせん断が発生する球状曲面形状であって、かつ、表面粗さは0.4 μm以下であることを特徴とする半導体装置のテスト用プローブ針。

【請求項4】 先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電氣的に接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針の先端部の表面粗さ

10

は  $0.6 \mu\text{m}$  以下であって、かつ、上記プローブ針の先端部の少なくとも一部には、上記電極パッドと上記プローブ針とを相対的に滑らせる方向に一致させて、線状の凹部が形成されていることを特徴とする半導体装置のテスト用プローブ針。

【請求項 5】 請求項 4 記載の半導体装置のテスト用プローブ針において、線状の凹部は、プローブ針先端部中心から放射状に形成されていることを特徴とする半導体装置のテスト用プローブ針。

【請求項 6】 請求項 4 記載の半導体装置のテスト用プローブ針の製造方法において、先端部の曲面を電解研磨または砥粒による研磨で概略球状曲面に加工する工程と、先端部の曲面を研磨砥粒もしくは研磨砥粒を含んだ樹脂に挿入して線状の凹部を形成する工程、または先端部の曲面を上記樹脂上で移動させて線状の凹部を形成する工程とを備えた半導体装置のテスト用プローブ針の製造方法。

【請求項 7】 複数のプローブ針を上下動して、半導体装置の電極パッドに当接させ、上記半導体装置をテストするプローブカードにおいて、上記プローブ針は、請求項 2 乃至 5 のいずれかに記載の半導体装置のテスト用プローブ針であること特徴とするプローブカード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体集積回路の電気的特性確認のテスト（ウエハテスト）もしくは表示デバイスの表示テストまたは電子回路基板の動作テストを行うためのプローブ針とその製造方法およびそのプローブ針によってテストした半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のプローブ針は、図 1 3 ( a ) に示すように、先端が鉤型に曲げられたプローブ針 2 0 2 を上下動するプローブカード 2 0 1 に取り付け、半導体集積回路のテスト電極パッド（以下電極パッドと称する）に押し当てる際に電極パッド表面の酸化膜を破って電極パッド新生面に真接触（電気的接触）をさせてテスト（プロービング）を行っていた。このプロービングの際のプローブ針先端の様子を図 1 3 ( b ) に示す。説明をわかりやすくするため、大きさなどをモデル化している。図 1 3 ( b ) に示すように、従来のプローブ針の先端 2 0 0 はもともとその先端がフラットに仕上がっているため、例えば、プロービング時にはまず、先端フラット部全体が接触し、電極パッド 2 0 3 の表面の酸化膜 2 0 4 や表面の汚染物質が介在したままのプロービングとなる。

【0003】さらに、プローブを電極パッドに押し付け、 $50 \sim 100 \mu\text{m}$  下方に押し込む（オーバードライブ）ことによって傾斜した針の針先を横すべりさせ、酸化膜 2 0 4 の一部が破れて電気的真接触する導通部分 2

0 6 ができ、導通テストが行われる。このとき、プローブ針は撓むことによって若干回転する。したがって、カードに取り付けられた先端がフラットに加工された多数本の針を有するプローブカードでは、オーバードライブ時に針先端部のフラット面の角度が不均一になりやすく、接触状態が安定しないという問題がある。

【0004】また、特開平 6 - 6 1 3 1 6 号公報には半導体集積回路の電極パッドに傷を付けないためプローブ針の先端を球状もしくは楕円球状に形成した例が示されている。この場合は先端がフラットに加工されたものと異なり接触面積のばらつきのような問題は発生しない。

【0005】また、特開平 8 - 1 6 6 4 0 7 号公報によれば半導体装置のリード部分のテスト（ファイナルテスト）用プローブ針であるが、プローブ針の先端の曲率半径  $r$  を  $0.5 R$  から  $5 R$ （ $R$  は針の先端部の直径）にすることによってフラットに加工された先端に対して上記の球状と同じ理由により接触面積が安定する結果、プローブ針の温度上昇が抑制され、 $S n$  の溶着を防止する例が示されている。ここでの曲率半径の最小は加工上の限界、すなわち半球状が最小曲率と規定されている。また、最大の  $5 R$  の設定理由は側面部と先端球面部の境界の稜線が  $S n$  めっきを削り取ることを防止するためと説明されている。

【0006】また、特開平 5 - 2 7 3 2 3 7 号公報にはプローブ針先端を電極パッドに線接触する構造が示されている。これによれば、電極パッドが小さくなくてもプローブ針が滑り出ることなく精度良く測定が可能となるとされており、先端部は図 1 4 に示すような形状が良いことが開示されている。

【0007】さらに、特開平 8 - 1 5 2 4 3 6 号公報にはプローブ針の先端を半導体装置の電極パッドと接触させた時に平行になる第 1 の面 2 0 7 とテスト時に平行になる第 2 の面 2 0 8 から構成した図 1 5 に示す例がある。これによれば、第 1 の面で電極パッドの酸化皮膜を剥離させ、酸化皮膜のない表面を露出させることによって、第 2 の面と良好な接触状態が保たれる。第 2 の面は第 1 の面の 3 倍に取られており、接触面積の確保が図られている。

【0008】また、プローブ材料に使用されているタングステンが粉末焼結体であることから先端形状の加工は電解研磨が用いられることが多いが、表面粗さが大きいと、凝着がおきやすいため、電解条件を工夫することによって表面粗さを小さくする方法が前述の特開平 8 - 1 6 6 4 0 7 号公報に示されている。また、同様に先端を鏡面にすることの有効性が特開平 8 - 1 5 2 4 3 6 号公報にも示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来のプローブ針は以上のように構成されており、図 1 3 に示すように、電気特性テスト時にプローブ針先端と電極パッドとの真の接

触面積（電氣的導通部分 2 0 6）が極端に小さく、十分な導通が得られない場合があった。また、プローピングを繰り返すことで、針の先端 2 0 0 に酸化膜 2 0 4 が堆積していくため、電極パッドとの真の接触面積が少なくなり、導通が不安定になるという問題点があった。

【0 0 1 0】さらに、先端部を球面状として応力の低減は図れても、酸化皮膜の除去が不十分のためやはり直接触面積の確保ができなかった。すなわち、接触面積が大きくなっても球面直下のアルミニウム酸化皮膜の残存が安定接触を妨げており、かつコンタクト回数の増加とともに先端部に付着するアルミニウム酸化物をある頻度で頻繁に除去する必要があった。

【0 0 1 1】さらに、この酸化皮膜残存の問題を解決するために提案された構造として、酸化皮膜の剥離と真の接触の確保を異なる針先面で行う図 1 5 の場合、初期状態は良好な結果が得られたが、コンタクト数を重ねるに従って接触不良を発生する針が生じた。この問題について針の状態を観察・解析した結果以下のことが見いだされた。すなわち、第 2 の接触面を電極パッドに当接させテスト回数を重ねると、この第 2 の面にアルミニウムが付着しており、このアルミニウムが酸化することによって接触抵抗の増大をもたらす。この現象はとくに半導体のウェハを交換した後やラインが停止した後、つまり、数分程度以上のテストの中断が発生したときに生じることが多かったことから上述の推定が妥当であると考えられる。なお、接触不良が発生する針とそうでない針があったが、これは多数の針が同時に電極パッドに接触することからも、面の角度ばらつきによると推定され、図 1 5 の構成においては第 1、第 2 の平面を高精度に加工することが困難であり、今後ますます増大する一括多ピン測定に対して問題があった。

【0 0 1 2】また、針表面を研磨加工する、研磨傷に電極材料であるアルミニウムが食い込み、このアルミニウムが酸化して接触不良を起こすという問題があった。また、一般にタングステンプローブ針材料は焼結体であるため内部に空孔欠陥があり、アルミニウムがこの空孔に食い込み、このアルミニウムが酸化して接触不良を誘発し問題となっていることも判明した。

【0 0 1 3】また、プローブ針によって検査した半導体装置を後工程であるワイヤボンディングを行ったとき、プローブ痕がボンディング歩留りを低下させる原因となっていた。特に 1 ウェハあたりの半導体装置の取れ数を増加させるためには半導体装置を小さくする必要はあるが、これに伴って電極パッドを小さくし、同時にボンディングサイズを小さくしたとき、プローブ痕サイズも小さくすることが望まれているが、安定接触を得るにはプローブ痕サイズを大きくせざるを得ず、その結果ボンディング歩留りが低下した。

【0 0 1 4】本発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、プローブ針先端と電極パッドとの

真の接触面積を大きくして、少ない針滑り量で確実な電氣的接触が得られかつ生産性の高いプローブ針とその製造方法を提供するものである。

【0 0 1 5】また、先端にアルミニウムが付着しないメンテナンスフリーのプローブ針とその製造方法を提供するものである。

【0 0 1 6】また、プローブ痕を小さくすることによって、信頼性の高い半導体装置を提供するものである。

【0 0 1 7】

10 【課題を解決するための手段】本発明の第 1 の構成に係る半導体装置のテスト方法は、テスト用プローブ針の先端部を半導体装置のパッドに押圧させ、上記先端部と上記パッドとを電氣的に接触させて、上記半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト方法であって、先端部を曲率半径 R の球状曲面とした上記プローブ針を、厚さ t の上記パッドに押圧したとき、上記先端部は、上記パッド表面の酸化膜を破って上記球状曲面がパッド内部に接触され、

$6 t \leq r \leq 30 t$

20 の関係を満たすものである。また、本発明の第 1 の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針は、先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電氣的接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針は側面部と先端部から構成され、上記先端部は球状の曲面であり、上記曲面の曲率半径 r を  $10 \leq r \leq 20 \mu\text{m}$  としたものである。

【0 0 1 8】

【0 0 1 9】

30 【0 0 2 0】また、本発明の第 2 の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針は、先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電氣的接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針の先端部の形状は、上記押圧による電極パッドとの接触によりせん断が発生する球状曲面形状であって、かつ、表面粗さを  $0.4 \mu\text{m}$  以下にしたものである。

【0 0 2 1】また、本発明の第 3 の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針は、先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電氣的接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針の先端部の表面粗さは  $0.6 \mu\text{m}$  以下であって、かつ、上記プローブ針の先端部の少なくとも一部には、上記電極パッドと上記プローブ針とを相対的に滑らせる方向に一致させて、線状の凹部を形成したものである。

【0 0 2 2】また、本発明の第 4 の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針は、上記第 3 の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針において、線状の凹部を、プローブ針先端部中心から放射状に形成したものであ

る。また、本発明の第1の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針の製造方法は、上記第3の構成のプローブ針の製造方法において、先端部の曲面を電解研磨または砥粒による研磨で概略球状曲面に加工する工程と、先端部の曲面を研磨砥粒もしくは研磨砥粒を含んだ樹脂に挿入して線状の凹部を形成する工程、または先端部の曲面を上記樹脂上で移動させて線状の凹部を形成する工程とを備えたものである。

【0023】

【0024】また、本発明のプローブカードは、複数のプローブ針を上下動して、半導体装置の電極パッドに当接させ、上記半導体装置をテストするプローブカードにおいて、上記第1乃至4のいずれかの構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針を備えたものである。

【0025】

【発明の実施の形態】実施の形態1．本発明の実施の形態を図を用いて説明する。図1、図2は本発明の実施の形態1によるプローブ針と電極パッドの状態を示す説明図である。図において、1はプローブ針、2は電極パッドであり、DRAM等の一般的なロジック系集積半導体装置では厚さ0.8 μm程度のAl-Cu膜である。電力用等特殊用途の半導体装置では、パッド厚さが2~3 μmのものもある。3は電極パッドの結晶配向、4、5、6は滑り面、7は針先の接線方向ベクトル、8は電極パッド表面酸化皮膜、9は酸化膜凝着部分、10は電氣的導通部分、11はせん断片である。

【0026】図2に示すように、プローブ針1と電極パッド2の電氣的導通部は、プロービングの際、電極パッド2の表面の酸化膜8をプローブ針1を滑らすことによって破り、電極パッド新生面と接触することで得られる。なお、プローブ針1は電極パッド2の面に対し垂直ではなく、ここでは8度の倒れ角度を有した場合を示しており、この角度によってプローブ針1と電極パッド2との相対すべりが発生する。また、プローブ針1を下から見たときの等高線図を並記するが、先端部は等高線が密となっている曲率r1の第1の曲面と、等高線が粗となっている曲率r2の曲面で構成されており、この2つの面は連続した球状の曲面となっている。

【0027】従来の発明においては針先とアルミニウムパッドの接触による変形の観点で現象を明らかにし、これに対して妥当な形状や材料を提案するものは残念ながらなかった。そこで、このせん断変形を容易に生じさせる方法およびアルミニウムの付着防止について鋭意検討・実験を加えた。せん断変形は金属結晶のすべり面に沿って生じる。これに対して、スパッタ時の電極パッド2の結晶配向3は(111)にそろったいわゆるC軸配向になっている。この(111)の滑り面4が電極パッドとなす角度は0度である。また、他の滑り面の中で、電極パッド表面となす角度が最も小さな滑り面5は(110)(101)(011)であり、その角度は35.3

度である。滑り面の角度でしかせん断が起こり得ないとすれば、0度もしくは35.3度、といった、とびとびの値でしか、せん断しない筈である。

【0028】しかし、実験結果からは、とびとびの値ではなく、滑り面4と5の中間の角度でせん断していることが分かった。これは、上記滑り面4と上記滑り面5に沿ったせん断が組合わさり、図2に示すようなせん断11がおこっているためである。今、滑り面4(0度)の方向に一旦滑りが生じると、この方向の滑り片は0度方向の圧縮力を受け、それ以上滑りが進行することが妨げられるようになる。このため、0度方向の滑りよりも35.3度方向の滑りが生じやすい状態となり、次には35.3度方向の滑りが生じる。図1の針先面とパッド面との角度が35.3度よりも小さい場合、35.3度方向の滑りが生じると、滑り片はより狭い空間に押し込まれることになるため、それ以上の滑りの進行が妨げられる。この状態では35.3度方向の滑りよりも0度方向の滑りが生じやすい状態となって、再び0度方向の滑りと35.3度方向の滑りが交互にくり返して生じ、この組合わせの結果0度と35.3度の中間の角度のせん断が生じると考えられる。

【0029】針先の接線方向7の角度を変化させて行った実験によると、このようなせん断が起こりうる針先の接線方向7と電極パッド面の角度は15度~35度であり、安定してせん断が起こる角度は17度~30度である。よって、針先の接線方向ベクトル7が電極パッド表面となす角度が15度から35度、望ましくは17度から30度になるような針先形状であれば、電極パッド表面の酸化皮膜8を破り、電極パッド新生面と接触することができ、十分な電氣的導通が得られるようになる。上記の接線角度が得られる条件を針先の曲率半径rと電極パッドの厚さtの関係で表わすとそれぞれ $6t/r < 30t$ 、 $8t/r < 23t$ となる。このような現象は、Al, Au, Cu, Al-Cu合金, Al-Si等の面心立方格子金属に共通して見られる。

【0030】このプローブ針1を使って、アルミニウムパッド2につけたプローブ痕を図3に示す。プローブ先端で排出されたアルミニウム31が層状(ラメラ)構造になっていることから、プローブ先端がテストパッド材料に連続してせん断変形を起こしているのが分かる。上記層状構造はアルミニウムパッドの厚さ0.8 μmを越えて、この例では約1.5 μmの厚さで積層されており、アルミニウムパッド上の針先端部の滑り方向の前面に突起を形成するような排斥形態となっている。この排斥状態の従来例を図4に示す。この従来例の場合はすべり方向前面に排斥がほとんど発生していないことがわかる。

【0031】以上のような接触のメカニズムの解析や排斥状態の観察等から従来の先端がフラットな場合や、先端が大きな曲率を持った球形の場合の問題は次の2つの

現象で説明できることが明らかとなった。まず、針の滑り方向の前面には排斥による突起はわずかしが形成されず、電気的接触は針の下もしくは後方で行われる。しかし、針の下や後方ではすべり面と加圧方向が一致しないため新生面を容易には形成できない。すなわち、酸化皮膜が針と電極パッドの界面に残存する。このため、接触面積を大きくとることによって、新生面が一部であったとしても電気的接触がなんとか図れるようにしている。2つ目の現象として、新生面が形成された場合には針へのアルミニウムの凝着という問題が発生する。この凝着したアルミニウムが酸化し、次のプロービング時に離脱除去することができない場合に接触不良が発生する。

【0032】一方、本発明では電極パッド表面と針の接触角度がすべりを発生させやすくかつ針の前面に新生面が形成され、ここが密着（針の長軸方向の力が加わる形状となっている）し、電気的接触面となる。ただし、この面にも従来例と同様にアルミニウムの凝着が発生するが、次のプロービング時に針の滑り方向に位置するため、大きな離脱力が加わり除去され、新生面との接触が常に確保できる。したがって、本発明ではアルミニウム凝着部が残存するのは電気的接触を必要としない第二の曲面の側面に近いところである。この針と従来のフラット針を用いて導通試験した結果を図5に比較して示すが、従来の（b）では500回程度で接触抵抗が1オームを越えてしまう接触不良が発生したのに対し、（a）に示す本発明の針では1000回を越える接触回数において、導通不良は起こっていない。

【0033】次に、このプローブ針を使った半導体装置に対する効果を説明する。本発明によれば半導体装置の電極パッドにはプローブ針が相対すべりした痕が形成され、とくにその先端部には材料を層状に積み上げた排斥部が形成される。プローブ痕は従来のプローブ針を用いても形成されるが、後工程のワイヤボンディングのためにはなるべく小さい方が好ましい。とくに、半導体装置を小さくするために配線幅が小さくなるにつれ回路部分の高集積化が図られており、これに伴って電極パッドも小さくする必要が発生した。しかし、従来のプローブ針ではプローブ痕を小さくすることは安定性がさらに悪くなるため採用することができなかった。これは上に述べたように、従来では針の下面に電気的接触部を形成する方法を採っているからである。従って、従来ではプローブ痕は幅20μm長さ40μm程度が必要となり（図3, 4参照）、さらに接触が安定しない場合は再度同じ電極パッドにプロービングする手法が採られ、プローブ痕はさらに大きくなってしまっているのが現状であった。

【0034】一方、本発明ではプローブ痕は幅12μm長さ20μm程度と大幅に小さくすることができた。さらに、ワイヤボンディング後に接合部の形成状況を観察すると、プローブ痕上では接合の安定性の指標となる合金層の形成が不十分であり、プローブ痕サイズの違いは

ワイヤボンディング性に大きく影響を及ぼすことがわかった。すなわち、ワイヤボンディング部の大きさは、一辺が80μmの電極パッドに対しては直径65μm程度の円形とした。今後の半導体装置では電極パッドの一辺は65μmとなり、それに伴ってボンディング部は直径55μm程度に縮小する必要がある。プローブ痕は面積にすると従来で800μm<sup>2</sup>、本発明で240μm<sup>2</sup>であり、小電極パッド（直径55μm）に対するボンディング部面積2400μm<sup>2</sup>にとって従来のプローブ痕面積は接合品質を劣化させる大きさとなるが、本発明ではプローブ痕面積が240μm<sup>2</sup>と約1/3に小さくなり接合品質の劣化は生じない。小電極パッド対応で、とくに長期信頼性において従来プローブでは5%のオープン不良が発生したのに対して、本発明では不良発生は皆無であった。

【0035】ここで、プローブ針の曲率半径を小さくすれば電極パッドに加わる圧力が高くなり、半導体装置の電極パッドの損傷（クラック）を生じせしめる。通常は7gf程度の力でプローブ針を半導体装置に押しつけるが、従来の針においては、接触面積を小さくした分、荷重をたとえば3gfとすると接触不良が発生した。これは従来の針では接触面積を大きくとることによって、ばらつきのために新生面が小さくなった場合にもでも電気的導通が得られるように設計していたからで、小さい接触面積では相対的に新生面の面積も小さくかつばらついてしまい、接触不良となる。したがって、本発明のように、針のすべり方向の前方に対しては、電極パッドの新生面を形成しやすい形状（曲率r1の球状曲面）に保ちつつ、針圧を支える前面と下面において下面（曲率r2の球状曲面）の面積を大きく取る構成電極パッドの損傷の防止に有効であることがわかった。すなわち、本発明においては、前面である第一の曲面では電気的接触を確保し、下面である第二の曲面は応力を下げる役割に分ける。このとき、オーバードライブによって針がわずかに回転し、針圧が最も高くなるオーバードライブ完了時には接触面積が最も大きくなるようにしているので、電極パッドに加わる圧力を下げることができる。

【0036】また、先端部を球状の面とすることによって多数個ある針の高さがばらついても（通常10μm程度のばらつきがある）、従来提案されているフラット面と異なり、接触面積が安定するという効果がある。なお、所定のオーバードライブ量だけ押し込んだときの針に加わる最終荷重はプローブ針の太さや長さを調整することによって所望の値に設定することができるが、荷重はオーバードライブするにつれて増加することは避けることはできない。本発明においては針先端と電極パッドの接触面積がオーバードライブとともに増加するように構成しているため、針の高さがばらついても半導体装置に加わる圧力はそれほど増加せず、ダメージを防止することができた。

【0037】なお、上記の導通試験ではプローブ針1の倒れ角度を8度としたが、一般的なプローブ針のそれは6度前後であり、この角度によっても接触安定性に対して大幅な効果が期待できる。しかし、本発明においては接触面積を小さく制限しているため、ダメージを防止するには倒れ角度を大きくすることがよく、電極パッド2からはみ出しを防止することも考慮すると8度以上12度以内とすることが好ましい。

【0038】以上示した第一の曲面と第二の曲面を先端部に容易に形成する方法・装置を同時に見いだした。方法は以下の通りであり、図6に示す。図において、12は電解液である。まず、先端部を一般的な電解研磨もしくはたとえばSiの砥粒を用いた研磨によって、ほぼ軸対称の所望の球状に加工する。次に、基板上に弾性変形可能な研磨部材を固着した研磨装置を用いて、曲率の大きな第1の曲面と曲率の小さな第2の曲面を有する非軸対称な曲面形状を形成する。研磨部材としては、研磨材を含む弾性変形可能な厚膜、または研磨材を表面に固着、あるいは金属膜を介して固着した弾性変形可能な厚膜が使用できる。具体的には、たとえばシリコン基板13上に厚さ50 $\mu$ mのポリイミドのシート14をたとえばコーティングもしくは接着し、この上にTiの薄膜15を100オングストローム成膜し、さらに研磨材となるTiN膜16を2 $\mu$ m成膜したものが使用できる。また、同じくシリコン基板上にSi砥粒を含む厚さ300 $\mu$ mの樹脂厚膜を固着したものが使用できる。

【0039】針先の研磨は、プロ・ブ針をプロ・ブカードに取り付けた状態で、前記の研磨部材に押し当て、ウエハテスト時のオ・バ・ドライブ量よりも大きなオ・バ・ドライブ量(数100 $\mu$ m)でくり返し上下動させることによって行なわれる。プロ・ブカードに傾斜して取り付けられているプロ・ブ針の先端は、プロ・ブカードの上下動によって研磨部材上を横滑りする。この時、弾性変形によって研磨部材が針先の球面を抱きかかえるように沈み込み、主として曲率半径r2を有する第2の曲面が形成される。曲率半径r2は、研磨部材の厚さや弾性定数によって調節することができる。なお、プロ・ブ針は研磨装置に接触させてから所定距離だけ表面を横滑りさせてからこの位置を中心に前後させると、第二の曲面がより選択的に加工されて好ましい。

【0040】研磨部材は上記材料・構成だけではなく、剛性の高い基板上に剛性の低い材料に直接研磨材を固着してもよく、また剛性の高い基板上に研磨材を含む剛性の低い厚膜状の樹脂を固着させてもよく、要はプローブ針が研磨装置上をわずかに沈み込みながら移動するかもしくは途中で研磨材中に進入するよう、好ましくは表面を滑るように構成すれば容易に先端部に曲率の異なる面が形成できる。

【0041】また、同じ球面といえども前述したように電極パッドのせん断変形が容易に発生するか否かで接触

の安定性は大きく異なる。DRAM等一般的な集積半導体装置の電極パッドの厚さ約0.8 $\mu$ mに対して曲率半径を変えて同様の試験をした結果を図7に示すが、7~30 $\mu$ mの曲率半径がコンタクト寿命において良好な結果が得られており、好ましくは10~20 $\mu$ mである。7 $\mu$ m以下では曲率半径が小さすぎるため電氣的導通面の第一の面に十分な力が加わらずかつ面積が小さいため問題となり、上限の20~30 $\mu$ mは、前述した電極パッドのせん断が発生する範囲の上限である24 $\mu$ mにほぼ一致している。

【0042】なお、電極パッド厚さが異なると、適正な曲率半径r1もそれに応じて変化するが、 $9t \leq r1 \leq 35t$ なる関係に基づいて同様な管理を行えばよい。

【0043】なお、電極パッド材料のせん断変形が起こる滑り面の角度とプローブ先端形状の関係を分かりやすく説明するためプローブ針先端面の形状を球面として図示、説明したが、実際には完全な球面である必要はなく、球面に近い曲面形状であれば同様な効果を得ることができる。

【0044】また、本実施の形態ではテストパッド材料としてAl-Cu合金を例にあげたが、電極パッド材料がアルミニウムと同様の滑り変形(せん断変形)をするアルミニウムやAl-Si-Cu合金、銅などの材料であれば同様の効果を得ることができる。

【0045】実施の形態2・図8は本発明の実施の形態2によるプローブ針の表面粗さと接触抵抗が1オームを越えるコンタクト回数との関係を示すもので、電極パッドの厚さ約0.8 $\mu$ mのDRAMに対して先端の曲率半径15 $\mu$ mのプローブ針を用いて試験をした結果である。これより、表面粗さが1 $\mu$ mと粗い場合には20000回程度で寿命を迎えるが、電解研磨などにより面粗度を上げていくと、0.4 $\mu$ m程度以下で急激にコンタクト回数を増やすことができることがわかった。特に0.1 $\mu$ mにした場合には38万回に達し、表面粗さが1 $\mu$ mの場合の約20倍の寿命を達成できる。これはプローブ針の先端に酸化物が付着しにくくなったためと推察でき、上記実施の形態1で示した範囲内で、電極パッドの厚さあるいはプローブ針の先端の曲率半径を変えてもほぼ同様の結果が得られた。

【0046】実施の形態3・図9は本発明の実施の形態3によるプローブ針の先端の外観形状を示す説明図で、(a)は横から、(b)はプローブ針の先を正面から観たものである。図において、1はプローブ針、17はプローブ針1の先端に放射状に設けた凹部である。上記実施の形態2と同様に、先端の曲率半径15 $\mu$ mのプローブ針の表面を種々の表面粗さに仕上げ、さらに、研磨砥粒を用いてプローブ針の先端中心から放射状に研磨傷を設けて凹部を形成し、これらのプローブ針を電極パッドの厚さ約0.8 $\mu$ mのDRAMの試験に用いた。図10

は、本発明の実施の形態 3 によるプローブ針の表面粗さと接触抵抗が 1 オームを越えるまでのコンタクト回数との関係を示すもので、ランダムに凹部が形成された一般的な研磨のみのプローブ針（破線）と比較して示したものである。図より、放射状に凹部を設けたプローブ針は一般的な研磨のみのものに比べ、コンタクト回数が著しく増大していることがわかる。これは、電極パッドにプローブ針を押しつけスクラブする時に、電極パッドのアルミニウムなどの金属が放射状に形成した凹部に沿って塑性流動し、不規則な研磨傷などの段差部分に機械的に吻合することが少なくなり、上記アルミニウムなどの金属がプローブ針の先端に残存し、さらに酸化して接触抵抗を増大させることが少なくなったためと考えられる。

【0047】さらに上記現象を確認するために、粒径 5  $\mu\text{m}$  の研磨砥粒を用いて種々の状態で凹部を設けたプローブ針を、DRAM の電極パッドに押しつけ試験をした後、これらのプローブ針を走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて観察した。図 11 は SEM 観察結果を模式化して示した説明図で、プローブ針の先の正面図である。図において、1 はプローブ針、17 はプローブ針先端に設けた凹部、18 は凝着物であり、(a) は先端中心から放射状に凹部を設けたもの、(b) は一部（少なくとも電極パッドと接触する箇所）に、平行に凹部を設けたもの、(c) は先端中心から同心円状に凹部を設けたもの、(d) はランダムに凹部を設けたものである。これらのプローブ針を、電極パッドに、図中矢印で示した方向に擦り合わせると、それぞれ図に示すような状態で、アルミニウムあるいはその酸化物と思われる凝着物 18 が観察された。これらより、(c) の同心円状、および (d) のランダムに凹部を設けたものに、多く凝着物が観察されるのに比し、(a) の放射状、および (b) の平行状に凹部を設けたものに凝着が少ないことから、おおそスクラブ方向に一致させて凹部を設けることによりプローブ針への凝着を防止できることが確認できた。

【0048】以上示したプローブ針の先端に容易におおそスクラブ方向に一致させて凹部を形成する方法を同時に見いだした。方法は以下の通りである。まず、先端部を一般的な電解研磨もしくは例えば Si の砥粒を用いた研磨によって、所望の球状に加工する。次に、放射状に凹部を形成する場合には、研磨砥粒にほぼ垂直にプローブ針を挿入するか、例えばポリイミドなどの樹脂に研磨砥粒を埋め込んだ基板、あるいはフィルムにプローブ針を突き刺す。また、平行状に凹部を形成する場合には、研磨砥粒上でプローブ針を移動させるか、上記と同様の研磨砥粒を埋め込んだフィルム、あるいは研磨材を成膜した基板上でプローブ針を移動させる。上記研磨砥粒としては、Si、SiC、人工ダイヤモンドなどが使用でき、本実施の形態の凹部を形成するためには粒径 5  $\mu\text{m}$  以下のものが好ましい。また、研磨砥粒を埋め込んだフィルムは、樹脂に上記研磨砥粒を混ぜ込み硬化させ

て作製できる。

【0049】実施の形態 4 . 図 12 は本発明の実施の形態 4 によるプローブ針と一般的なプローブ針の組織を走査型電子顕微鏡 (SEM) により撮影した図である。図 12 (a) は一般的なタングステンプローブの組織であり、図 12 (b) は上記タングステン針を熱処理した後の組織である。タングステンプローブ針は焼結体であるため、焼結後の材料には空孔が含まれる。この空孔を潰すため、焼結後の材料を機械加工で圧延し、さらに線引き加工して、針状結晶組織としているが、それでも 1 ~ 2 % の空孔 (空隙) がある。そこで、この空隙を潰すための熱処理を施したいが、タングステン材料が再結晶する温度領域での熱処理を加えると上記タングステン材料の針状結晶組織がくずれて脆化し、タングステン本来の材料強度が失われるため、本発明のような細いプローブ針には用いることができない。そこで、比較的低温で外部から高圧力を加え、温度と圧力の相乗効果で、タングステン材料内部の空孔を潰す方法を見いだした。

【0050】プローブ針のように線引き加工された金属材料は、材料内部にかなりの加工歪 (残留応力) が残っている。この加工歪みによって、特に結晶粒界付近のランダムに配列した金属原子は科学的ポテンシャルエネルギーが高くなっている。そこで、この加工歪の大きな金属材料を再結晶温度以下の温度に加熱し、さらに外部から静水圧をかけて上記金属材料内部の結晶粒界付近にある空隙をつぶす処理を行った。熱処理条件としてはバルク材料の再結晶温度以下、圧力は材料のすべりを発生させる圧力以上、その処理時間は処理される金属材料の原子の移動がおおよそ停止するまでとなるが、具体的には、処理温度が 300 ~ 600、処理圧力が 200 ~ 2000 気圧、処理時間は 0.5 から 5 時間で熱処理することにより、空孔が減少する。上記熱処理条件範囲でも特に、処理温度 500、処理圧力 1000 気圧以上、処理時間 1 時間以上のときに空孔が激減することが実験から明らかとなった。

【0051】なお、圧力条件については高い方が処理時間が短くて済む。通常、材料内部の空孔欠陥をつぶすためには、材料の再結晶温度 (通常はその材料の融点の 4 ~ 5 割の温度) 以上の温度で、高圧をかけて熱処理 (HIP 処理とよばれる) されるが、図 12 (a), (b) に示すように本実施の形態の場合は例えばタングステンの融点 3400 に比べて、およそ 1 桁低い温度での熱処理により空孔がつぶせることが分かった。また、再結晶温度以上での熱処理に比べ、材料の脆化が生じない。なお、5 mm 程度の太い針に関して同様の熱処理条件でその変化を確認したが、空孔欠陥は残存したままであった。すなわち、150  $\mu\text{m}$  ~ 300  $\mu\text{m}$  程度のプローブ針のサイズまで線引き加工したあとで、本発明の熱処理を行うことが上記効果を得るうえで必須であることがわかった。

【0052】さらに、この熱処理によって、プローブ材料を線引きした方向に著しく結晶配向が揃うことが見いだされ、この効果によって、プローブ先端を加工する際のエッチングや研磨レートが均一となり、針先端を非常になめらかな平滑面とできることが分かった。その結果、プローブ針先端に酸化物が付着しにくくなり、電気的導通の良いプロービングが可能となった。表面粗さとしては $0.4\ \mu\text{m}$ 程度以下の平滑面が良好である。

【0053】また、表1に示すように機械的性質も均一（ヤング率のばらつきが、処理前には $18.8 \sim 25.2\ \text{kgf}/\text{mm}^2$ であったのに対し、処理後には $22.3 \sim 26.3\ \text{kgf}/\text{mm}^2$ ）になるため、上記プローブ針を取り付けたプローブカードを用いてプロービングすることにより、プローブ針のばらつきを考慮した余分なオーバードライブや荷重を減らすことができるようになる。

【0054】

【表1】

	引っ張り荷重	ヤング率
サンプル	gf	$\times 10^3\ \text{kgf}/\text{mm}^2$
熱処理前品	12.800	18.8
	12.960	25.2
	13.060	18.8
熱処理品	13.520	22.3
	13.800	23.8
	13.840	26.3

【0055】この熱処理したプローブ針材料を使って、実施の形態1の先端の曲率半径 $25\ \mu\text{m}$ のプローブ針を半導体装置に対し使用したところ、安定した電気接触抵抗による連続プロービングの可能な回数が $20000$ 回以上と実施の形態1に比し安定性が向上し、テスト時間とテストコストが大幅に低減することができるようになった。

【0056】上述した実施の形態では、主として半導体集積回路のウエハテストをするためのプローブ針およびプローブカードについて述べたが、本発明によるコンタクトの方法によれば、例えば、半導体集積回路をパッケージにした後でのリードフレームにコンタクトする場合にも本発明の概念を使って電気的導通の良いファイナルテストができる。また、半導体集積回路または表示デバイス等を実装した電子回路基板の動作テストにも適用ができ、電気的導通の良いプロービングができる。

【0057】

【発明の効果】以上のように、本発明の半導体装置のテスト方法によれば、テスト用プローブ針の先端部を半導体装置のパッドに押圧させ、上記先端部と上記パッドとを電気的に接触させて、上記半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト方法であって、先端部を曲率半

径 $R$ の球状曲面とした上記プローブ針を、厚さ $t$ の上記パッドに押圧したとき、上記先端部は、上記パッド表面の酸化膜を破って上記球状曲面がパッド内部に接触され、

$$6t \leq r \leq 30t$$

の関係を満たすようにしたので、プロービング時にプローブ針先端が効率よく電極パッドをせん断変形でき、プローブ針先端と電極パッドとが十分な電気的導通を得ることができ、信頼性の高い半導体装置の電気特性試験が可能となる。また、本発明の第1の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針によれば、先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電気的接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針は側面部と先端部から構成され、上記先端部は球状の曲面であり、上記曲面の曲率半径 $r$ を $10 \leq r \leq 20\ \mu\text{m}$ としたので、コンタクト寿命を大幅にのばすことができる。

【0058】

【0059】

【0060】また、本発明の第2の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針によれば、先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電気的接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針の先端部の形状は、上記押圧による電極パッドとの接触によりせん断が発生する球状曲面形状であって、かつ、表面粗さを $0.4\ \mu\text{m}$ 以下にしたので、凝着が防止できることからさらに連続して安定に電気的導通を取るプローブ針を提供することができる。

【0061】また、本発明の第3の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針によれば、先端部を半導体装置の電極パッドに押圧し、上記先端部と上記電極パッドを電気的接触させて、半導体装置の動作をテストする半導体装置のテスト用プローブ針において、上記プローブ針の先端部の表面粗さは $0.6\ \mu\text{m}$ 以下であって、かつ、上記プローブ針の先端部の少なくとも一部には、上記電極パッドと上記プローブ針とを相対的に滑らせる方向に一致させて、線状の凹部を形成したので、凝着が防止できることからさらに連続して安定に電気的導通を取るプローブ針を提供することができる。

【0062】また、本発明の第4の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針によれば、上記第3の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針において、線状の凹部を、プローブ針先端部中心から放射状に形成したので、凝着が防止できることからさらに連続して安定に電気的導通を取るプローブ針を提供することができる。また、本発明の第1の構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針の製造方法によれば、上記第3の構成のプローブ針の製造方法において、先端部の曲面を電解研磨また



は砥粒による研磨で概略球状曲面に加工する工程と、先端部の曲面を研磨砥粒もしくは研磨砥粒を含んだ樹脂に挿入して線状の凹部を形成する工程、または先端部の曲面を上記樹脂上で移動させて線状の凹部を形成する工程とを備えたので、凝着が防止できることからさらに連続して安定に電氣的導通を取るプローブ針を容易に作る事ができる。

【0063】

【0064】また、本発明のプローブカードによれば、複数のプローブ針を上下動して、半導体装置の電極パッドに当接させ、上記半導体装置をテストするプローブカードにおいて、上記第1乃至4のいずれかの構成に係る半導体装置のテスト用プローブ針を備えたので、プローブ針先端の凝着が防止できることからさらに連続して安定に電氣的試験を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1によるプローブ針と電極パッドの状態を示す説明図である。

【図2】 本発明の実施の形態1によるプローブ針と電極パッドの状態を示す説明図である。

【図3】 本発明の実施の形態1によるプローブ針によりアルミニウム電極パッドにつけたプローブ痕を一般的なプローブ針の場合と比較して示す説明図である。

【図4】 本発明の実施の形態1によるプローブ針によりアルミニウム電極パッドにつけたプローブ痕を一般的なプローブ針の場合と比較して示す説明図である。

【図5】 本発明の実施の形態1によるプローブ針を用いた場合の接触安定性を一般的な例と比較して示す説明図である。

【図6】 本発明の実施の形態1によるプローブ針と研

磨装置の状態を示す説明図である。  
【図7】 本発明の実施の形態1によるプローブ針を用いた場合の接触安定性と先端形状の関係を示す説明図で\*

\* ある。

【図8】 本発明の実施の形態2によるプローブ針の表面粗さと接触抵抗が1オームを越えるコンタクト回数

の関係を示す特性図である。  
【図9】 本発明の実施の形態3によるプローブ針の先端の外観形状を示す説明図である。

【図10】 本発明の実施の形態3によるプローブ針の表面粗さと接触抵抗が1オームを越えるまでのコンタクト回数

10 【図11】 本発明の実施の形態3によるプローブ針をSEM観察した結果を模式化した説明図である。

【図12】 本発明の実施の形態4によるプローブ針と一般的なプローブ針の組織をSEMにより撮影した図である。

【図13】 従来のプローブ装置およびプローブ針と電極パッドの状態を示す説明図である。

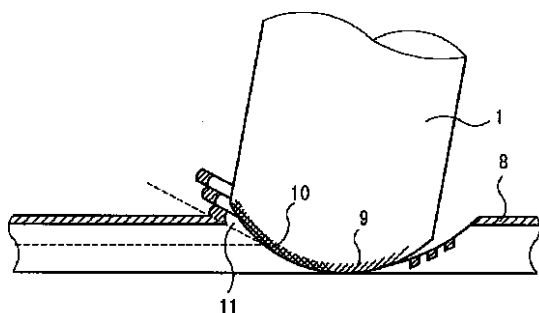
【図14】 別の従来のプローブ針を示す説明図である。

20 【図15】 さらに別の従来のプローブ針を示す説明図である。

【符号の説明】

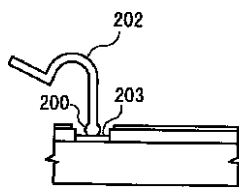
1 プローブ針、2 電極パッド、3 電極パッドの結晶配向、4 (111)の滑り面、5 (110)、(101)、(011)の滑り面、6 最小の滑り面、7 針先の接線方向ベクトル、8 電極パッド表面酸化膜、9 電氣的導通部分、10 酸化膜凝着部分、11 せん断、12 電解液、13 基板、14樹脂、16 研磨材、17 凹部、18 凝着物、31 プローブ先端で排出されたアルミニウム、200 プローブ針の先端、201 プローブカード、202 プローブ針、203 電極パッド、204 電極パッド表面酸化膜、205 プローブ針「かかと」部分、206 電氣的導通部分。

【図2】

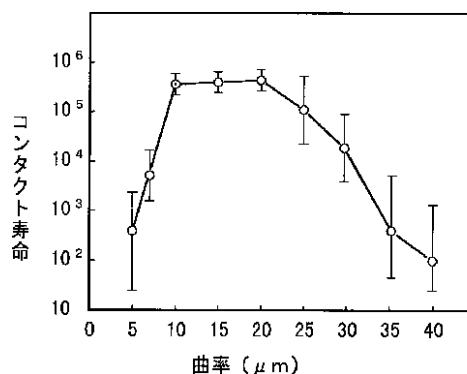


8: パッド表面酸化膜  
9: 酸化膜凝着部分  
10: 電氣的導通部分  
11: せん断

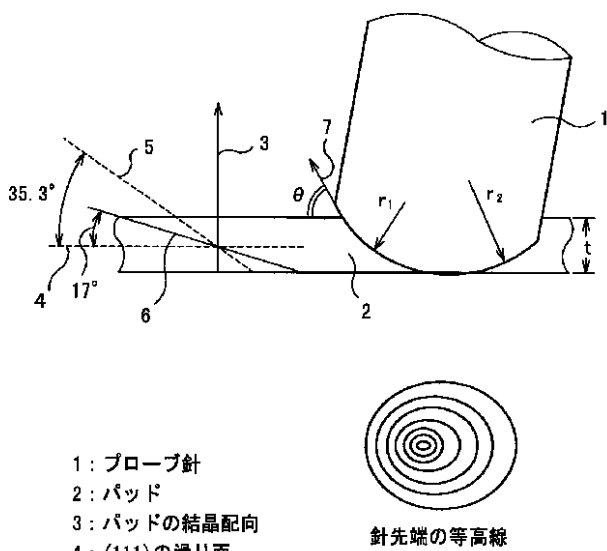
【図14】



【図7】



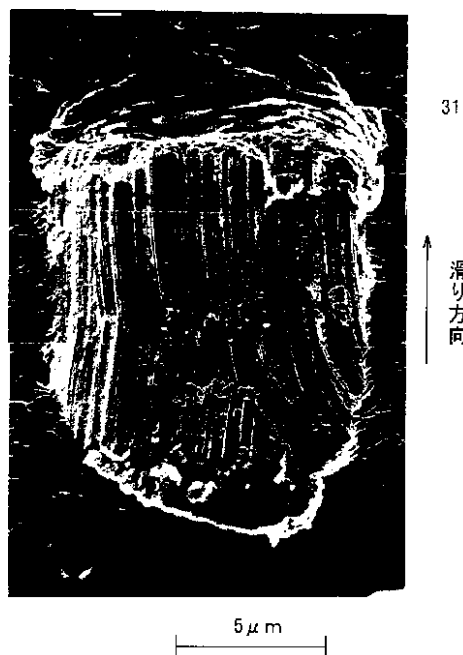
【図1】



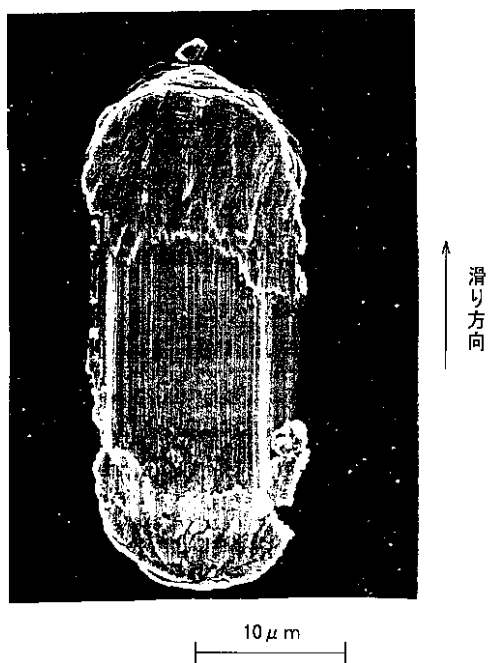
- 1: プローブ針
- 2: パッド
- 3: パッドの結晶配向
- 4: (111)の滑り面
- 5: (110), (101), (011)の滑り面
- 6: 最小の滑り面
- 7: 針先の接線方向のベクトル



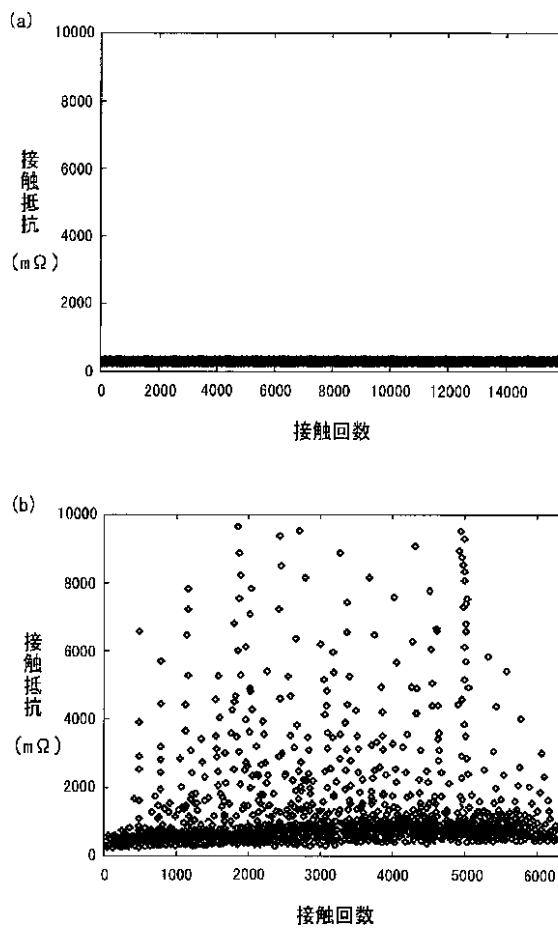
【図3】



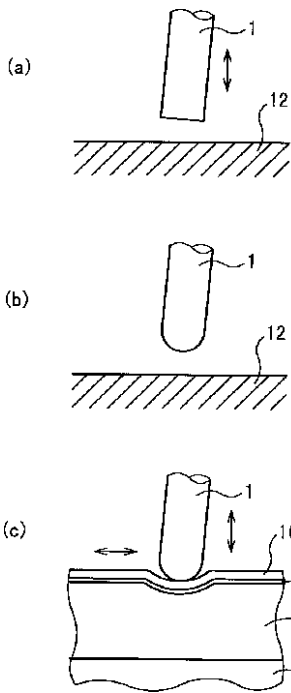
【図4】



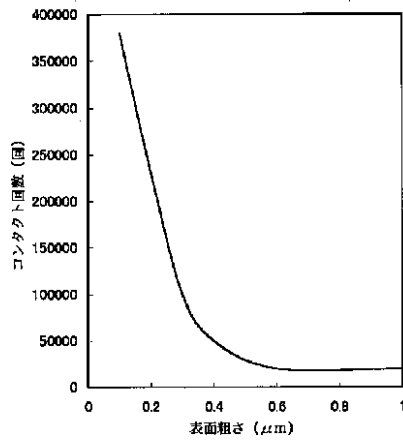
【図5】



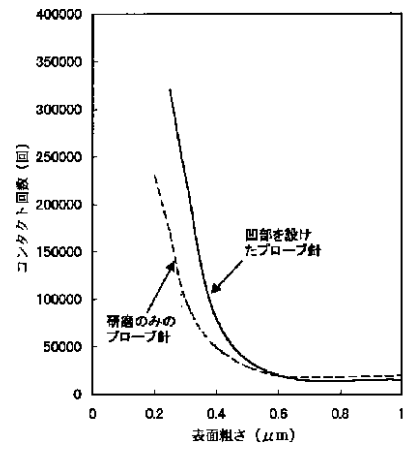
【図6】



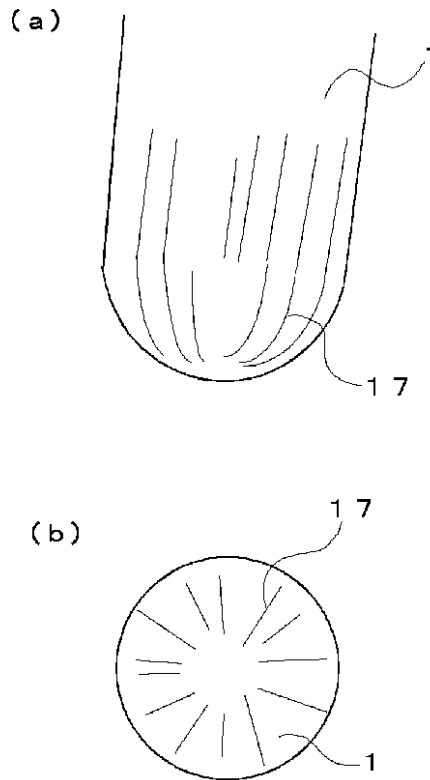
【図8】



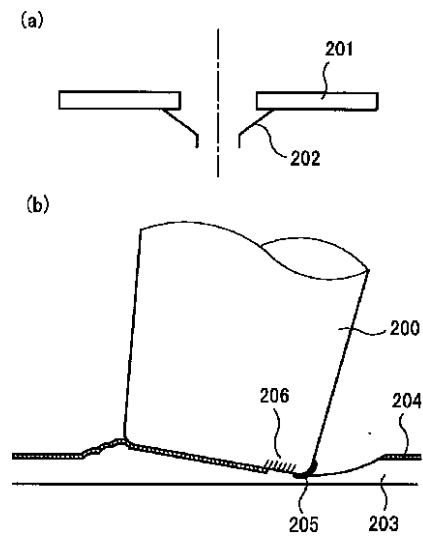
【図10】



【図9】

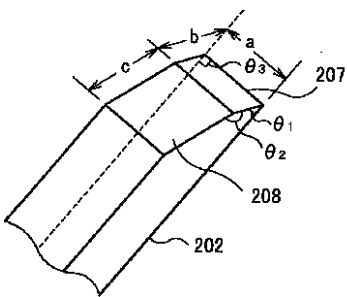


【図13】



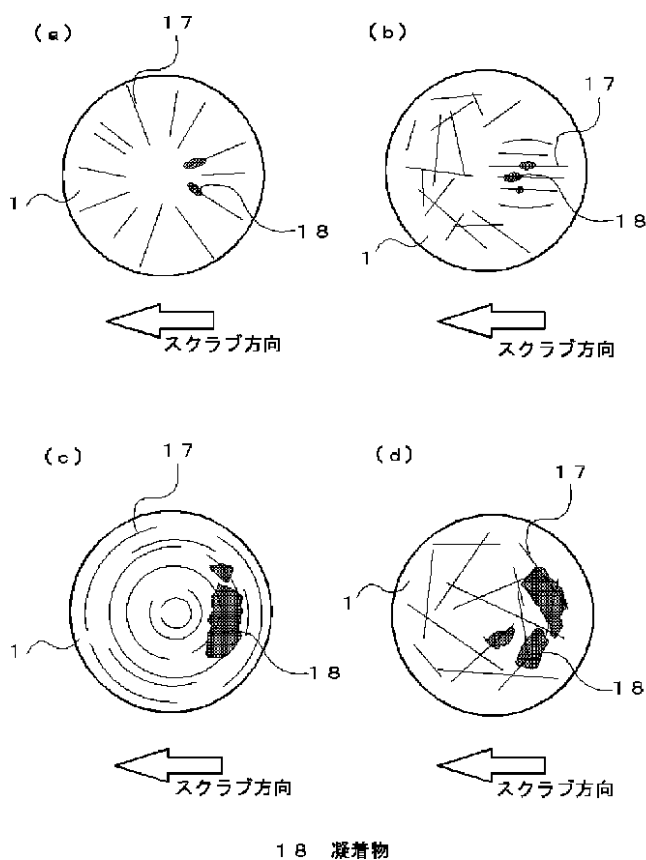
- 200 : プローブ針の先端
- 203 : バット
- 204 : バット表面酸化膜
- 205 : プローブ「かかと」部分
- 206 : 電氣的導通部分

【図15】

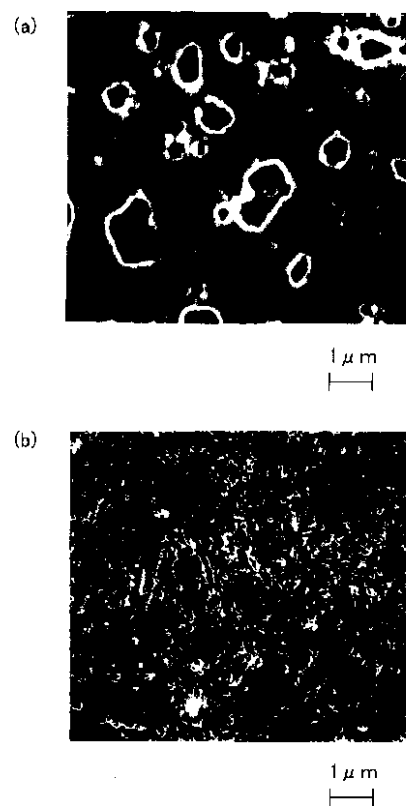


17 凹部

【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 出口 善宣  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内

(72)発明者 三木 一伸  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内

(56)参考文献 特開 平8 - 166407 ( J P , A )  
 特開 昭63 - 10536 ( J P , A )  
 特開 昭63 - 128264 ( J P , A )  
 特開 平2 - 253167 ( J P , A )  
 特開 平5 - 175295 ( J P , A )  
 特開 平6 - 61316 ( J P , A )  
 特開 平6 - 289056 ( J P , A )  
 特開 平6 - 291167 ( J P , A )  
 特開 平8 - 50144 ( J P , A )  
 特開 平8 - 292209 ( J P , A )  
 特開 平5 - 273237 ( J P , A )  
 特開 平6 - 18560 ( J P , A )  
 特開 平11 - 148947 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

G01R 1/067,31/28