

マイクロマシン技術による IC検査プローブ

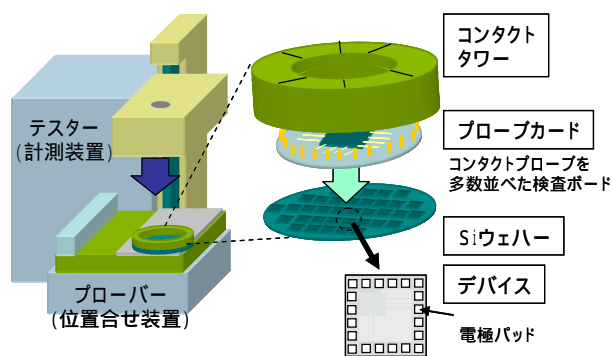
住友電気工業株式会社
社長 松本 正義

住友電工フラットコンポーネント(株) 社長	高田 博史
住友電気工業(株) エレクトロニクス・材料研究所 グループ長	稲澤 信二
住友電気工業(株) エレクトロニクス・材料研究所 グループ長	平田 嘉裕
住友電気工業(株) エレクトロニクス・材料研究所 主査	羽賀 剛
住友電気工業(株) エレクトロニクス・材料研究所 研究員	新田 耕司

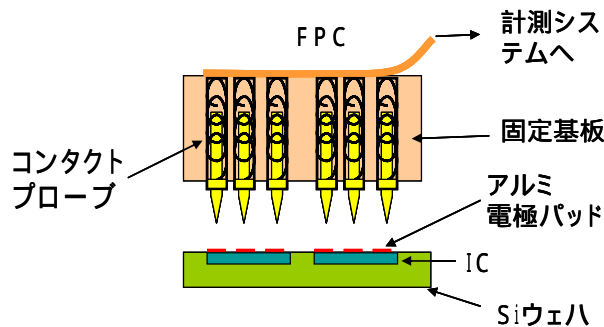
はじめに

IC (Integrated Circuit) などの半導体素子は、常に最新技術で製造されており、必ずしも歩留まりが高くないため全数を通電検査している。このとき、検査装置から出た配線は、ICが作りこまれたウェハ上の電極パッドと電気的にコンタクトする必要があるが、それを実現するのがプローブカードである(図1参照)。プローブカードには多数のコンタクトプローブが装着されており、それぞれが電極パッドに接触し通電検査を可能にする。

昨今、ICの小型化が要求されているが、ネックとなるのが電極パッドのピッチであり、狭ピッチ化への要求は強い。また検査の低コスト化のため、一度に検査するICの数は増大傾向にあり、プローブカード上のプローブ数は1,000から5,000以上へと大幅に増加している。数が増加する中で、プローブのばね特性ばらつきに関する仕様が厳しくなっている。このように、微細で高精度なプローブが求められており、従来の機械加工した部品の組み立てで製造するコンタクトプローブや、タングステン線の先を細く加工して曲げたプローブでは、要求に応えられなくなっていた。



(a) プローブカードによる半導体ウェハ検査



(b) プローブカードの断面

図1 プローブカードの概要

開発のねらい

そのような状況の中、リソグラフィで得たレジスト孔へ電鍍(厚い電気めっき)して量産するマイクロマシン技術を開発・適用し、ばねと針を一体構造とした新しい形のプローブを開発

することを考案した。

ばね定数のばらつきを±10%以下にするため線幅精度±2 μmが、また先端で電極パッド表面の酸化膜を削り取るため先端R 1 μm以下が必要で、これらを満たすため放射光(X線)を光源としたリソグラフィが必須である。しかしながら、X線露光のコストは通常のUV(紫外線)を用いたリソグラフィと比較して高い上に量産技術が確立されていなかったため、安定した品質で微細部品を大量かつ安価に供給することができていなかった。また、基板サイズが小さいため、一度に製作できる数量が少なく、スループットに限られる上、照射以降のプロセスコストも高くならざるを得なかった。そのため、実用化は限られたものであった。

またこれまでにもつきされた材料をばねとして使用した例は少ない。目標とするコンタクトプローブは微細なため、高い応力で数十万回も繰り返し使用されることになるが、そのような過酷な使用条件に耐える材料を開発する必要があった。さらにコンタクトプローブは、先端でアルミ酸化膜を削り取るため、高い硬度が要求される。通電によって温度上昇するため、150の耐熱性も要求される。これらの要求をも満たす材料開発が必要であった。

装置の概要

開発したコンタクトプローブを図2に示す。80 μmの線幅に対し、精度は±2.0 μm以下となっており、ばね定数のばらつきは10%以下で要求仕様を満足した。

先端は図3に示すとおりであり、先端Rは1 μmで鋭くとがっている。これによって、電極パッド表面の酸化膜を削り取ることが可能となっている。

また開発したプロセスを図4に示す。基板上にリソグラフィによって多数のコンタクトブ

ローブを一括して製造することが可能となり、低コスト化を実現することができた。

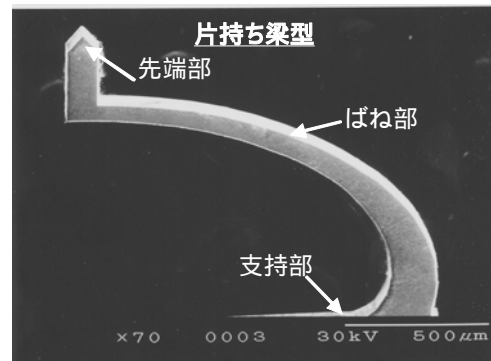


図2 開発したコンタクトプローブ

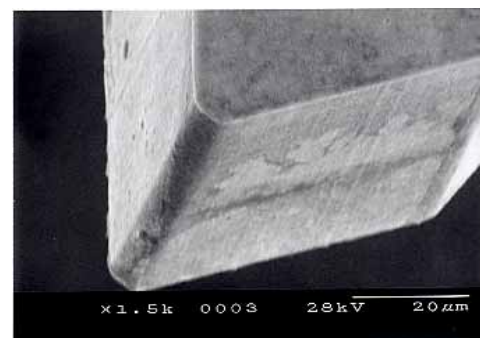
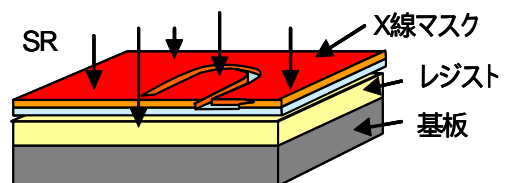
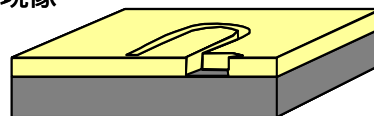


図3 コンタクトプローブの先端

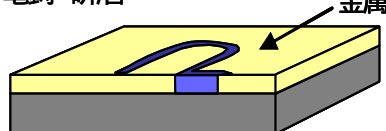
放射光(SR)照射



現像



電鍍・研磨



完成



図4 開発した量産プロセス

技術上の特徴

(1)電鍍ばね材の開発

開発プロセスで製作するコンタクトプローブはプローブ先端、ばね部、支持部が一体で製作されるため、プローブの金属材料にはばね材としての高い弾性限界が要求されるだけでなく、デバイスの電極部に押しあてられる先端部が潰れないように高い硬度が要求される。さらに半導体デバイス検査時には通電による発熱や熱劣化試験（ウェハーレベルバーンイン試験）による加熱にさらされるため、150℃の耐熱性も要求される。

開発プロセスで使用する金属材料は電鍍材料に限られるため、従来コンタクトプローブに使用されてきたタングステン線やピアノ線といった高硬度ばね材を使用することができない。そこで我々は電鍍可能な金属の中で比較的弾性限界が高く高硬度であるニッケルをベースとして電鍍材料の開発を行った。

通常電鍍ニッケル材と、新たに開発した電鍍ニッケル-マンガン合金材の特性を表1に示す。通常電鍍ニッケルでは硬度、弾性限界とも低く、特に硬度においては大幅に低くなっている。そこで我々は電鍍ニッケルの結晶粒を微細化することで硬度及び弾性限界を向上させた。金属結晶粒径と硬度の関係は一定の範囲内でホール-ピッチの法則が成り立ち、結晶粒径を小さくするほど硬度が増す。しかしながら10～20nm以下のサイズになるとこの関係から外れ、

表1 Ni電鍍材の諸特性

	従来の Ni電鍍	開発した Ni-Mn電鍍
平均結晶粒 サイズ	0.5～1mm	30nm
硬度	Hv400	Hv650
弾性限界	700MPa	1200MPa

材料としてはアモルファス的になり硬度増加が望めなくなる。そこで我々はプローブ用電鍍ニッケル材の平均結晶粒径を30nm付近になるように、スルファミン酸ニッケル電鍍浴中に微量の添加剤を投入してニッケル結晶粒サイズの成長をコントロールし、結晶粒の微細化と均質化をはかった。図5に従来の電鍍ニッケル材と開発した電鍍ニッケル材の透過電子顕微鏡像を示す。

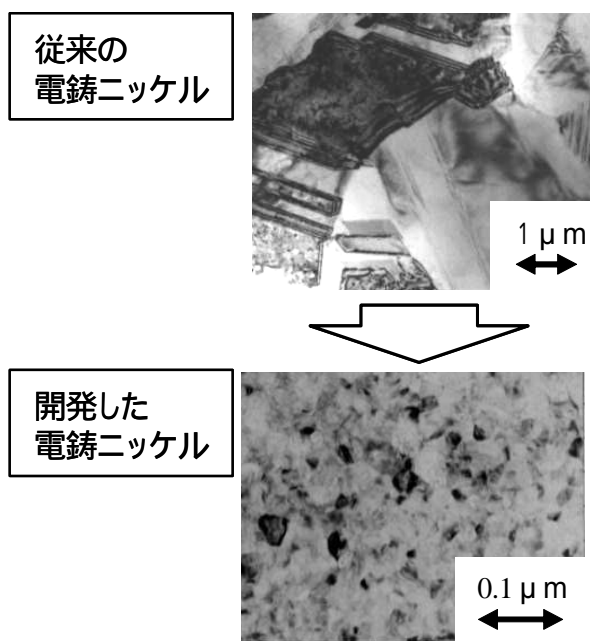


図5 従来の電鍍ニッケルと開発したプローブ用電鍍ニッケルの結晶粒の比較

一方、結晶粒を制御する添加物に含まれる硫黄が、100℃以上の温度下において電鍍ニッケルの結晶粒界面で硫化ニッケルを形成するため粒界破壊を引き起こし易くなり、硫黄脆性と呼ばれる劣化が発生する。これを防ぐため、硫黄と反応し易いマンガンを追加し合金電鍍することで、ニッケルの微細構造を維持したまま150℃以下のばね性の劣化を抑えることに成功した。

この結果、我々が開発したコンタクトプローブ用電鍍ニッケル材は、硬度Hv650、弾性限界1,200MPaを実現した。硬度は従来のコンタクトプローブに使用されているタングステン線の90%程度まで高めことができ、半導体検査時の電極への接触によるプローブ先端の変形は無く、磨耗も実用上問題無いことを確認している。さら

に、150 が求められるバーンイン検査においてもばね性の低下が要求範囲内に留まることを確認した。

(2)放射光リソグラフィの低コスト化

上述した通り、放射光リソグラフィ技術は高精度で微細構造を実現することができるが、コストが高い、という課題があり実用化は限定的であった。そこで我々は露光面積の大幅な増大や露光時間の短縮を図り生産性の大幅な向上を図った。

まず、X線マスクの面積を従来比2倍とした。さらにステップアンドリピートできる照射設備(図6)を開発することで基板面積を4倍とし、一括して加工する本数を増大して工程コストを下げることができた。さらにレジストを従来のPMMA(ポリメチルメタクリレート)から、MMA(メチルメタクリレート)とMAA(メタクリル酸)の共重合体とすることで感度を10倍に向上させ、放射光コストの大幅な低減を実現した。



図6 放射光照射システムの外観

実用上の効果

当社が開発したIC検査用微細コンタクトプローブの量産技術により、高精度微細コンタクトプローブを安価・大量に供給することが可能となり、既に半導体検査装置メーカーにてこの

コンタクトプローブを組み込んだプローブカードが製品化され、半導体検査に使用されている。

この微細コンタクトプローブを用いることで、プローブカードあたり従来の倍以上のコンタクトプローブを組み込むことが可能で、さらに狭ピッチや高周波にも対応可能なことから、半導体デバイスの検査コストの低減や高度な検査に対応可能となった。また、今後の半導体の高性能化に対応した検査技術を提供することができる。その結果、半導体を使用する各種電子機器の特性向上や価格低減も見込まれ、広範な分野に好影響を与えるものと期待できる。

工業所有権の状況

IC検査用プローブに関する特許は、国内では登録4件、出願18件、海外では登録1件、出願2件となっている。

むすび

コンタクトプローブには、今後ますます微細化が要求される。これに伴ってプローブにかかる最大応力が増加するとともに、使用温度の上昇など多くの課題が付加されていく。今後も材料を中心に新製品開発を続け、開発したプローブを市場に定着させていきたい。あわせてプロセス技術の他用途展開を図っていく。

なお要素技術の一部は、1991年から10年間参画した工技院産技プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」で開発したものを基礎としており、改めて関係者に感謝致します。