化学気相研磨法を用いた簡便なタングステン探針の製作技術

A Novel Fabrication Method of a Micro Tungsten Needle by Chemical Vapor Polishing

千葉工大 [1], (株)テクネックス工房 [2]　°金子 和雅 [1], 菅 洋志 [1], 大野輝昭 [2]

CIT [1], Technex [2]　°K. Kaneko [1], H. Suga [1], T. Ohno [2]

E-mail: hiroshi-suga@it-chiba.ac.jp

背景

走査型トンネル顕微鏡(STM)の探針や、半導体故障解析のプローブなど、ナノオーダーからミクロンオーダーのサイズで加工された金属探針はナノスケール計測で用いられる。これらの金属探針は電解研磨法によって製作されてきた。電解研磨法による探針製作は、金属細線が電解液中で電気化学的に分解することを原理とする。電解液の中で金属細線の陽極と、細線を囲む環状電極の陰極に電圧を印加することで，金属線が破断し、その一端が先鋭化する。先端曲半径率 200 nm 程度の探針を比較的容易に製作することができる。しかしながら、電解研磨法は，エッチングを行うために水酸化カリウムや硝酸等の有害な薬品を用いる必要がある。また、これらの薬品を処理するための設備や金属細線に電気を印加するための装置等が必要である。さらに、電解研磨法は、エッチング液の濃度変化，揺れ等の外因による影響を受けやすい。そのため、製作される金属探針の均一性が乏しく、製作所用時間も長く製作の歩留まりが低いことが問題だった。そこで、我々は燃焼の化学反応を利用した簡便な微細探針製作法を提案する（図１）．我々は本手法を化学気相研磨と名付けた。今回、本手法で探針製作を行える金属の種類を探索し、探針先端曲率半径の制御と探針の電気伝導率について調べたので報告する。

実験方法

液化ブタンガスと酸素の混合ガスを燃焼させた炎で金属線を切断し，その断面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した．タングステン，タンタル，モリブデン，ニオブ，ジルコニウム，白金，チタン，パラジウム，鉄，ニッケル，銅，金，銀の各種金属線を切断し，それぞれ破面を比較した．また，先端曲率とタングステン線径の依存性，及び，探針表面の電気抵抗を計測した．シリコン基板上に形成した厚さ 300 nm の金の電極パッドに探針を接触させた際の電気抵抗を測定することで，製作した探針表面の電気抵抗を計測した．

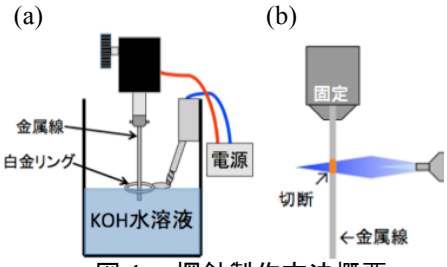

図１　探針製作方法概要
(a)電解研磨法，(b)化学気相研磨法

結果・考察

図 2 に各金属線の破断部の SEM 像を示す．白金，パラジウム，鉄，ニッケル．銅，金，銀では，断面は球状になった．これは融解した金属の表面張力により球体になり，凝固したものと考えられる．タングステンとモリブデンでは，ワイヤーの破断部は先端直径が数 100nm 程度に先鋭化した．融解せず昇華していると考えられる．酸化タングステンと酸化モリブデンは昇華する材料としてよく知られている．炎により金属ワイヤー表面が酸化し，表面から昇華することで表面が削られ針形状になるものと考えられる．タンタルでは，断面が球体にも針状にもならず，結晶成長している様子がわかる。これらの金属では，表面張力よりも結晶成長のスピードが早いため，このような形状になるものと考えられる。

タングステン細線の破断部の先端曲率半径はワイヤー線径と相関があり、金属細線の直径に連れて曲率半径は大きくなった。タングステン探針の曲率半径は金属線の直径を変化させることで制御可能である。また、タングステン探針の電気抵抗は，加工前の金属線，電解研磨法で製作した探針と比較し，低くなった．燃焼により生成した酸化タングステンが昇華し，タングステンの清浄面があらわれたため電気抵抗が低下したと考えられる．

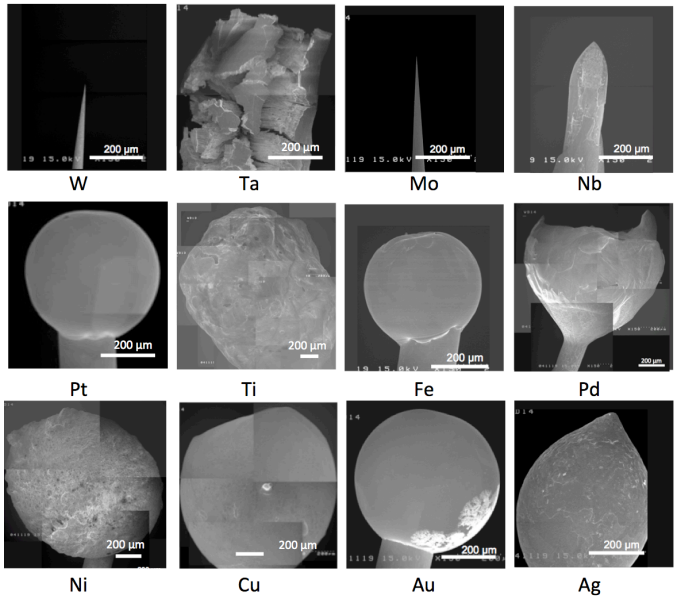

図２　各種金属細線破断部の SEM 写真

© 2017年 応用物理学会