

表面拡散法によるナノピラミッド形成に伴う電界放出特性の変化
 Transition of field emission characteristics following formation of nano-pyramid
 by surface diffusion method

○浅井 泰尊¹、熊谷 成輝¹、村田 英一¹、六田 英治¹

(1. 名城大理工)

○Hiroataka Asai¹, Shigeki Kumagai¹, Hidekazu Murata¹, Eiji Rokuta¹

(1.Meijo Univ.)

E-mail: 143434002@c alumni.meijo-u.ac.jp

これまで、我々は、貴金属を被覆し作られる単原子電子源(Single Atom Emitter, SAE)を研究してきた。前回の講演[1]では、Au を使った表面拡散法で、鈍い W 針の先端に、単原子幅の稜線と三原子末端を持ったナノピラミッドが形成可能であることを示した。現在、ナノピラミッド形成の有無を電子放出特性の変化から読み取ることを目的に実験を行っている。今回は、表面拡散法における加熱による貴金属原子の拡散、及び W 針先端の構造変化に伴う電流電圧特性の変化を測定し、FIM で観察した原子構造との対応を検討した。

全ての実験は背圧 5.0×10^{-8} Pa の超高真空装置で実施された。試料は FEI 社製の単結晶 W〈111〉線から作製された。初めに、W 線を 0.1 M HCl 溶液に浸し、DC3.0 V を印加して表面酸化物を除去した後、0.01 mM AuCl₃ 溶液を W 線付近に 15 μ l 滴下し、Au をメッキした。次に、この Au/W tip 先端を 2 M KOH 溶液へ浸して電解エッチングし、先鋭化する。先鋭化された Au/W tip 先端では Au が除去され、後方に Au が残される。次に真空中で、この Au/W tip を 1000 K で加熱し、原子構造を電界イオン顕微鏡で確認した後、電子放出特性は測定された。

図 1 は、Au/W 〈111〉 tip の加熱前、60 sec、300 sec、600 sec、1200 sec 加熱後の FIM 像と FEM 像である。また、図 2 は Au/W 〈111〉 tip と Pd/W 〈111〉 tip の FN プロットの傾きの変化を示す。加熱後の傾き K を無加熱時の傾き K_0 で規格化している。図 1 において、60 sec 加熱後に {211} 同士の境界に稜線が形成されている。300 sec から 1200 sec にかけて、成長が進み、電界が集中するためナノピラミッド以外の輝点は次第に見えなくなっていき、1200 sec で 10 量体先端まで先鋭化された。一方、図 2 を見ると、加熱によって 120 sec まで傾きが大きく変化した後、加熱前の 1.25 倍程度の値に落ち着く。Pd/W tip の場合、加熱時間と傾きの関係は Au/W tip の場合と似ているが、加熱前の 2.46 倍程度の値で落ち着く。FN プロットの傾きの比 K/K_0 は加熱前の仕事関数、電界集中係数をそれぞれ ϕ_0 , β_0 とすると、 $K/K_0 = (\phi/\phi_0)^{3/2} \cdot \beta_0/\beta$ と表される。貴金属の表面拡散に伴う仕事関数の増加は、単原子層被覆されると飽和するため [2]、W の仕事関数を 4.5 eV、Au 及び Pd の仕事関数を約 5.1 eV とすると、仕事関数が K/K_0 に与える影響は $(5.1/4.5)^{3/2} \sim 1.2$ 程度である。仕事関数の比と K/K_0 から電界集中の比 β_0/β を計算すると、Au/W tip が 1.03、Pd/W tip が 2.03 となり、ナノピラミッド先端の原子構造よりも下地の W 針の鈍化の具合に依存するようである。

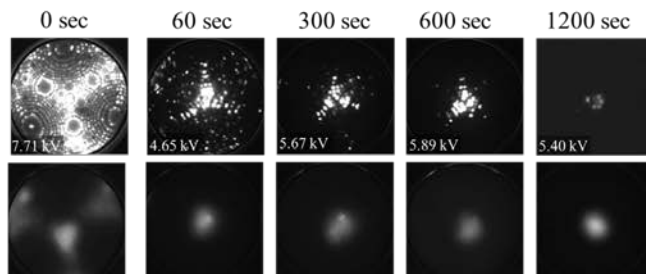


図 1 Au/W tip の構造変化。

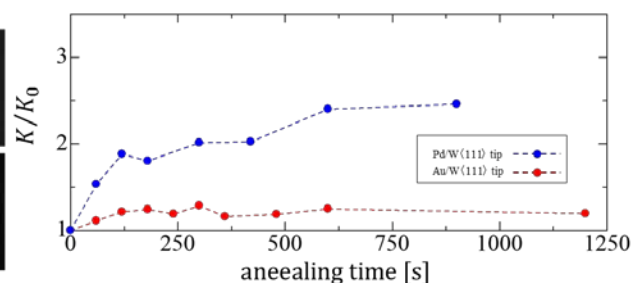


図 2 加熱に伴う FN プロットの傾きの変化。

[1] 浅井 他, 第 63 回応用物理学会講演会, 21p-H137-11.

[2] M. reymaud and G. Allam. Surf. Sci. 53 (1975) 359.