

理想形状電界イオンエミッタ作製のための 電界誘起酸素エッチング進行過程の解明

Clarification of progress during field induced oxygen etching
for preparation of gas field ion source with ideal shape

三重大院工¹, 三重大極限ナノエレセ², 名大院工³

○加藤 習¹, 浅井 貴之¹, 永井 滋一^{1,2}, 岩田 達夫², 梶原 和夫², 畑 浩一^{1,2}
安坂 幸師³, 斎藤 弥八³

Graduate School of Eng., Mie Univ.¹, CUTE², Graduate School of Eng., Nagoya Univ.³

○S. Kato¹, T. Asai¹, S. Nagai^{1,2}, T. Iwata², K. Kajiwara², K. Hata^{1,2}

K. Asaka³, Y. Saito³

E-mail: s-kato@eds.elec.mie-u.ac.jp

超微細加工に用いられる次世代の集束イオンビーム装置は、照射イオンによる試料汚染と色収差によるビーム径の広がりが問題視されており、現行の Ga 液体金属イオン源の代替として、これらの問題を持たない電界電離型希ガスイオン源(GFIS)の開発が求められている。しかし、放出イオン電流が小さい GFIS で実用レベルの放射角電流密度($dI/d\Omega$)を得るためには、エミッタ形状の最適化が必要となる。そこで我々は、電界誘起酸素エッチング(O_2 エッチング)法^[1]を改良する事で、大きな曲率半径の先端中央部にナノ構造体を持つ理想形状^[2]エミッタの作製に成功した。しかし、エッチング中の形状についての知見は乏しく、図 1 のようにシャンク部に生成された W_nO_m の電界蒸発と共に、これにより形成された突出部のピュアな W の電界蒸発(c)によって、最終的にナノ突起構造体が形成されるモデルを示してきたにすぎず、途中で形成されているオーバーハング形状については推測の域を出ていない。そこで本研究では、エッチング過程でのエミッタ形状モデルを検証するために、電界イオン顕微鏡(Field Ion Microscope: FIM)によってエッチングの進行状況をモニターして、その時のエミッタ形状を透過型電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope: TEM)によって観察した。

エッチングの進行状態を確認するために、エミッタ先端電界を He 最良像電界(Best Image Field: BIF)の 66%に固定して O_2 エッチングを行った。そのため、図 2(a)に示すエッチング開始直後の FIM 像には、He による結像は見られない。しかし、エッチング開始 90 分後の FIM 像(図 2(b))には、He による結像が像外周部に観察され始め、局所的に電界増強が生じる突起形状が形成されたことが示唆されている。この段階でのエミッタの TEM 像を図 2(c)に示す。TEM 像にはシャンク部の円で囲んだ突出形状が形成されていることを確認でき、推測されていたオーバーハング形状と一致していた。突出部の W と、シャンク部での W_nO_m が同時に電界蒸発する事で、ナノ構造体が形成されていくと考えられる。以上の結果から、我々が改良した O_2 エッチング進行過程のモデルを実験的に明らかにする事が出来た。

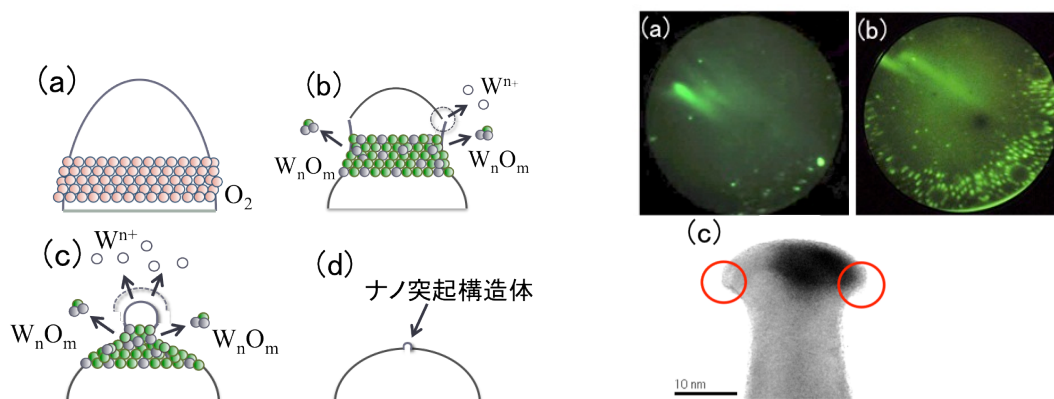


図 1. シャンク部の酸素が吸着した針状エミッタ (a)がオーバーハング形状(b)を介して W_nO_m と W の電界蒸発(c)が生じ、ナノ構造体(d)が形成される O_2 エッチング進行モデル。

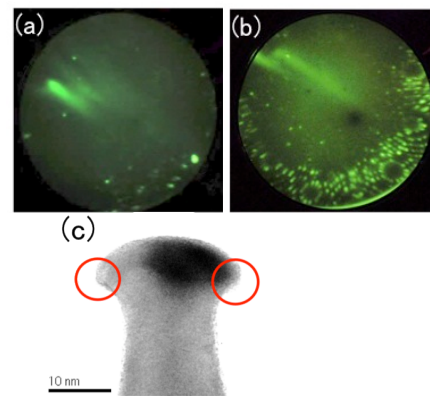


図 2.(a)エミッタ先端電界を He-BIF の 66%に減少させた FIM 像。(b)(c) O_2 エッチングにより形成された突出形状を持つエミッタの FIM 像と TEM 像。

[1] J. Onoda, S. Mizuno, H. Ago, Surf. Sci. **604**, 1094-1099, (2010).

[2] S. Karbitzer. Nuclear In str. and Meth. B **158**, 53-60, (1999).