

三次元境界電荷法を用いたナノエミッタ先端の電界数値計算

Numerical Calculations of Field at Apex of Nano-Emitter by Means of 3D Boundary Charge Method

三重大院工¹, 三重大極限ナノエッセ², 名大院工³, 名城大理工⁴
 ○林佑¹, 鈴木優介¹, 岩田達夫², 永井滋一^{1,2}, 梶原和夫^{1,2}, 畑浩一^{1,2}
 伊藤慎太郎³, 村田英一⁴

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

Faculty of Science and Engineering, Meijo Univ.⁴

°Y. Hayashi¹, Y. Suzuki¹, T. Iwata², S. Nagai^{1,2}, K. Kajiwara^{1,2}, K. Hata^{1,2}

S.Ito³, H. Murata⁴

E-mail: y-hayashi@eds.elec.mie-u.ac.jp

集束イオンビーム (FIB) 装置はナノレベルでの超微細加工に用いられているが、従来イオン源として使用されている Ga 液体金属イオン源 (LMIS) の Ga イオンによる試料汚染が問題視されている。そのため、FIB 装置には試料汚染のない Ne, Ar 等の重希ガスを原料ガスとした電界電離型ガスイオン源 (GFIS) の搭載が求められている。当研究室では、改良した電界誘起酸素エッチング (O_2 エッチング) 法により、先端にナノ突起構造をもつエミッタを作製し、放出角電流密度 $dI/d\Omega$ の向上を達成した。また、 O_2 エッチングエミッタから放出された Ne イオンビームの電流変動率は約 11% であり、従来のリモルディング法で作製したエミッタで観られたステップノイズも抑制された。安定度の違いを考察するために、電界イオン顕微鏡 (FIM) 像の経時変化を観察した結果、余剰なエミッションサイトの生成によってトライマーへのガス供給が制限されることがわかった。本研究では、一般三次元境界電荷法により、吸着子の吸着前後の電界強度を数値計算し、Ne イオン電流の安定度について理論的に検証した。

計算する構造モデルは全て金属導体と仮定し、4 cm×4 cm の対向電極から 0.1 mm 離れた位置にエミッタを設置した。図 1 に示すように、W(111) エミッタのモデルとして、先端曲率半径 100 nm 上にナノ構造体を定義した。ナノ構造体のモデルを、 O_2 エッチングでは高さ 2 nm の半球状のナノ突起形状 (図 2(a))、リモルディングでは {112} ファセット面で囲まれた 5 原子層のピラミッド形状 (図 2(b)) として、それぞれの先端を 3 原子 (トライマー) で終端させた。吸着子の吸着箇所を、 O_2 エッチングではナノ突起形状の 2-3 段目、リモルディングではピラミッド形状の 2-3 段目とした。トライマー表面の電界強度を Ne の最良像電界である 34 V/nm に設定した場合、 O_2 エッチングエミッタのナノ突起側面では 30 V/nm 程度の高い電界強度になるので、吸着しにくい表面であると考えられる。一方、リモルディングエミッタではピラミッド構造の稜線部の電界強度は高いが、側面部は 20 V/nm 程度であり、吸着が生じやすいと考えられる。また、稜線部へ拡散した吸着子はエミッションサイトを形成し、トライマーへの原料ガス供給を制限すると考えられる。

以上の結果から、エミッタを金属導体で仮定した近似計算であるが、Ne イオン電流変動中のノイズ成分の原因解明に至った。

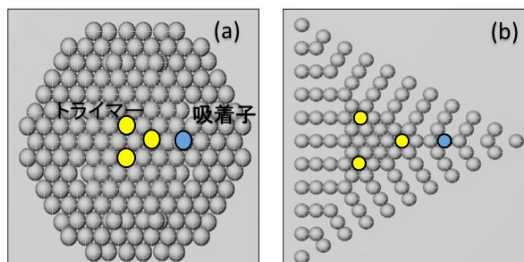
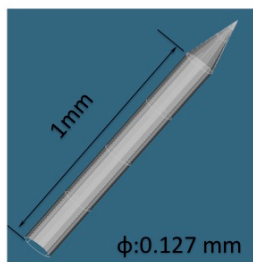


図 1: エミッタのモデル. 図 2: ナノ構造体のモデル (a) O_2 エッチング (b) リモルディング.