ナノ突起構造体の電界電離 He イオン電流に及ぼす影響

Influence of nano-protrusion of gas field ion emitter on He-ion current

°永井 滋一[1]，加藤 習[1]，岩田 達夫[1]，梶原 和夫[1]，畑 浩一[1]（1. 三重大院工）

°Shigekazu Nagai[1], Shu Katoh[1] Tatsuo Iwata[1], Kazuo Kajiwara[1], Koichi Hata[1],

(1.Graduate School of Engineering, Mie Univ.)

E-mail: nagai@elec.mie-u.ac.jp

電界電離型ガスイオン源（GFIS）は高輝度イオン源であるが，放射角電流密度 dI/dΩ が小さいので，イオンビーム開き角を制限し，かつ放出電流を可能な限り増強させる必要がある．これまで，当研究グループでは，改良した電界誘起酸素エッチング法によって GFIS エミッタ先端にナノ突起構造体を作製し，放出されたイオンビームの集束性について報告してきた．本研究では，放出電流量の増強を目的に，作製したナノ突起構造体の高さ，および原子配列の電界電離イオン電流に及ぼす影響について検討した．

本研究では，電界誘起酸素エッチングを用いて，便宜上ナノ突起構造体の曲率半径を 5.8 nm に統一し，ベース部の曲率半径が 40-63 nm のタングステンエミッタを作製した．作製したナノ突起構造体を，電界イオン顕微鏡(FIM)で観察しながら，電界蒸発により 1 原子層ずつ低くした．その都度，trimer 終端した原子からの放出 He イオン電流を，エミッタ温度 41 K, He 最良像電界（BIF）44 V/nm，He 圧力 2×10^{-4} Pa で測定した．

ナノ突起構造体の高さに対する放出電流，および trimer で He-BIF（44 V/nm）になる印加電圧を図 1 に示す．図 1 中の(a)~(d)のナノ突起構造体高さで観察された FIM 像を図 2 に示す． 図 1 に示す様に，2.8 nm 以上で，ナノ突起構造体の高さが低いほど，trimer 表面で BIF にするための印加電圧が高くなった．その結果，ベース部での捕獲領域が拡張されて放出電流が増加し，ナノ突起構造体の高さ 2.8 nm 程度で最大電流値が得られた．ナノ突起構造体の高さが 2.8 nm 以下では，ガス供給の増加よりも，図 2(d)に示すように，エミッションサイト数の増加によって，trimer へのガス供給が制限されるので，放出電流が減少したと推察される．

ナノ突起構造体の高さ 2.8 nm 以上では，放出電流がナノ突起構造体の高さに対して振動的に増減しており，この要因を解明するためにナノ突起構造体の電界蒸発中の FIM 像を連続観察した．その結果，図 2 (c)のように trimer の頂点が{110}面に接する方向になるとき，あるいはナノ突起構造体がほぼ完全な 3 回対称な原子配列になると，放出電流が増強されると判明した．これら条件のどちらかが満足されたとき，trimer 周辺の{112}面のエッジ原子での電界強度が低下し，原料ガスの消費が低減される．その結果，trimer に効率良く原料ガスが供給され，放出電流が増加する．さらに，エミッタの中心の trimer が比較的大きな(111)面のテラス上に形成されても，相対的に対称性が高くなるため放出電流が増強されることが判明した．本研究により，ナノ突起構造体高さおよび原子配列の制御によって，電界電離イオン電流を増強できることが示された．

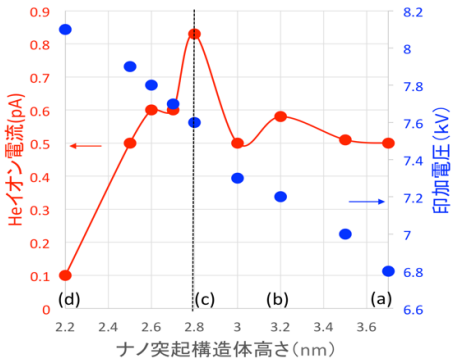

図 1．ナノ突起構造体の高さに対する trimer からの放出 He イオン電流と BIF に対応する印加電圧．

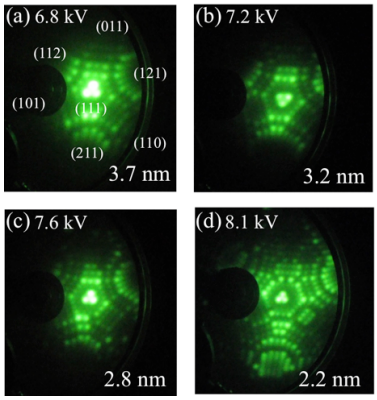

図 2．図 1 (a)~(d)のナノ突起構造体の高さにおける FIM 像

© 2015年 応用物理学会