

高出力インパルスマグネトロンスパッタリング法を用いた 高強度・サイズ選別ナノクラスターイオン源の開発

Development on Intensive Ion Source of Size-selected Nanoclusters Based on High-power Impulse Magnetron Sputtering Method

○角山 寛規^{1,2}、張 初航²、山本 宏晃³、戸名 正英³、塚本 恵三³、中嶋 敦^{1,2,4}

(1. 慶大理工、2. JST-ERATO、3. (株)アヤボ、4. 慶應 KiPAS)

○Hironori Tsunoyama^{1,2}, Chuhan Zhang², Hiroaki Yamamoto³, Masahide Tona³, Keizo Tsukamoto³,
Atsushi Nakajima^{1,2,4} (1. Keio Univ., 2. JST-ERATO, 3. Ayabo Corp., 4. KiPAS)

E-mail: htsuon@chem.keio.ac.jp

数個から数百個の原子からなるナノクラスター (NC) は、サイズ (構成原子数) に応じて特異的に性質が変化することから、機能性ナノ物質への応用が期待される物質群である。このサイズ特異性を生かした物質創製には、原子数単位でのサイズ制御が重要である。しかしながら、従来の直流マグネトロンスパッタリング (DC-MSP) 法やレーザー蒸発法による NC 源では、生成する NC の量が少ないことが応用研究の進展の妨げとなっていた。当グループでは、強度およびサイズ選択性の観点で MSP 法を高度化した、高出力インパルスマグネトロンスパッタリング (HiPIMS) 法に基づく高強度・サイズ選別 NC イオン源 (Nanajima) を開発した [1]。

Ar を導入したガスセル中に MSP 源を設置し、HiPIMS によりパルス的に生成した金属原子およびイオンを冷却した He 気流下で凝集させ NC を生成した。NC イオンは、差動排気された真空チャンバーに導いた後、四重極質量分析計によってサイズ分離し、Faraday カップを用いて検出した。

Ag NC を対象として、作製した NC イオン源を評価した。成長セル内の Ar および He 分圧、放電電力およびパルス繰り返し周期を最適化することで、2 から 70 量体の NC が 100 pA 以上の強度で得られた。最大の強度が得られた 15 量体は、5 nA 程度生成しており、既報の DC-MSP 法およびレーザー蒸発法に基づく NC イオン源に比べ、10 倍以上の高強度化を達成した。これは、DC 放電に比べ HiPIMS 法によってイオン化率が高められた結果である。加えて本 NC 源では、パルス放電条件 (ピーク電力、繰り返し周期) を変えることで、数量体から数十量体の範囲でサイズ分布を容易に制御可能であった (図 1)。これは、生成する原子種のイオン化率が精密に制御できることに加え、パルス的に生成するプラズマバンチ間の空間的な重なりを制御することによって、NC 成長空間における原子種の密度を制御可能にしたためである。

[1] H. Tsunoyama *et al.* *Chem. Lett.* **42**, 857 (2013).

[2] C. Zhang *et al.* *J. Phys. Chem. A* **117**, 10211 (2013).

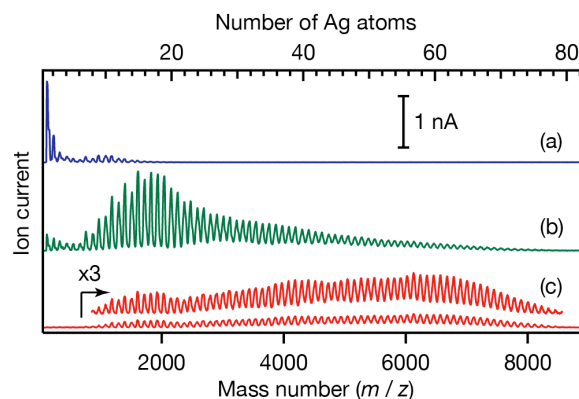


図 1. HiPIMS 法により生成した Ag NC 負イオンの質量スペクトル。放電電力 (a) 220 W, (b) 350 W, (c) 560 W。