ナノクラスタービーム技術の新展開

Frontiers of Nanocluster Beam Technology

○中嶋　敦 [1,2]（1. JST-ERATO、2. 慶大理工）
°Atsushi Nakajima[1,2] (1.JST-ERATO , 2.Keio Univ.)
E-mail: nakajima@chem.keio.ac.jp

数個から数千個の原子で構成されたナノクラスターは、その構成原子数（サイズ）によって物性が著しく変化するボトムアップによる物質科学という観点から魅力的な物質群である。この特異的な物性を活かして、ナノクラスターを機能性物質やデバイスとして応用へつなげるためには、サイズ選択されたナノクラスターを高強度に気相生成する手法が重要である。とりわけ、十分な生成量を得るためには、従来の探索研究で威力を発揮したレーザー蒸発法を越えて、高出力インパルスマグネトロンスパッタリング法 (HiPIMS) と質量選別器を組み合わせた、高強度・サイズ選択ナノクラスターイオン源の利用が有望である。

HiPIMS 法では、液体窒素で冷却した成長セル内にマグネトロンスパッタリング (MSP) 源を配置し、ターゲットの表面付近に導入した Ar ガス (100 sccm) をパルス電源によって放電させ金属原子およびイオンを生成した（図 1)。成長セル内に導入した低温の He ガス (200-500 sccm) によってナノクラスターへと成長させ、生成したナノクラスターは、イオンガイドおよびイオン偏向器によって特定の電荷をもつイオンのみを選別した後、四重極質量分析器によってサイズ分布を測定した。パルス電源は、パルス幅 1 ms 程度、繰り返し 10-180 Hz、出力 200-600 W で使用した。

HiPIMS 法によって、レーザー蒸発法は勿論のこと、直流(DC)-MSP 法を凌駕するビームの高強度化が達成された。図 2 に HiPIMS 法および DC-MSP 法のそれぞれにおいて、クラスターイオンの強度が最大となるように最適化して得られる銀(Ag)ナノクラスター負イオンの質量スペクトルを示す。質量スペクトルには、Ag_n^- (n=1 – 70) の系列のみが連続的に観測されており、既知の魔法数 (n=7,17,33,57)が強く観測されることはなかった。これは、生成したナノクラスターが原子の蒸発などによって解離することが抑えられているためであり、内部温度が十分に冷却されていることを示している。HiPIMS 法 (図 2a) において、最も強く観測されている n=19 の強度は 1.9 nA 程度であり、ほぼ同程度の平均出力の DC-MSP 法に比べ 2 倍程度のイオン強度増大が見られた。

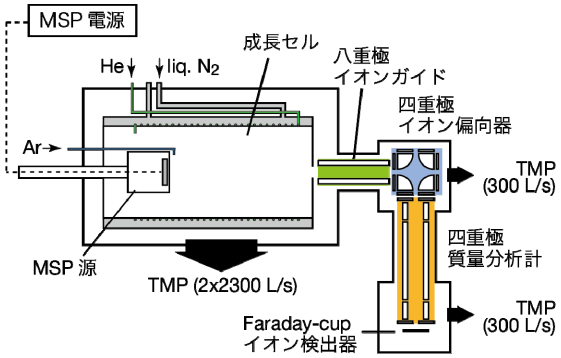

図 1. HiPIMS 法クラスターイオン源の概略図

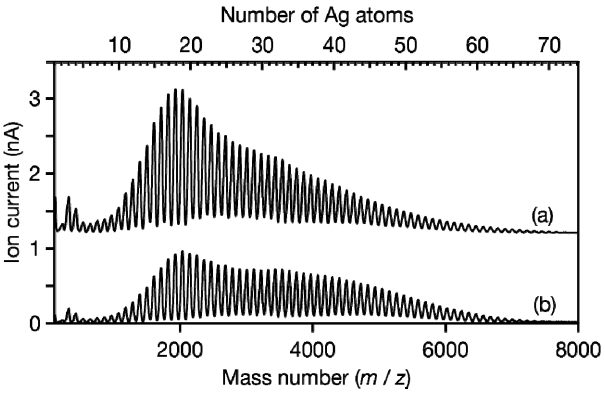

図 2. Ag_n^-の質量スペクトル．(a) HiPIMS (b) DC-MSP

© 2015年 応用物理学会