

## 高出カインパルスマグネトロンスパッタリングを用いた 金属クラスターイオン源の開発

Development of a cluster ion source using high power impulse magnetron sputtering

○水内勇<sup>1</sup>、秋元健吾<sup>2</sup>、山本宏晃<sup>3</sup>、戸名正英<sup>3</sup>、塚本恵三<sup>1,3</sup>、中野元善<sup>1</sup>、大下慶次郎<sup>1</sup>、  
美齊津文典<sup>1</sup>(1.東北大院理、2.東北大理、3.(株)アヤボ)

○Isamu Mizuuchi<sup>1</sup>, Kengo Akimoto<sup>1</sup>, Hiroaki Yamamoto<sup>2</sup>, Masahide Tona<sup>2</sup>,  
Keizo Tsukamoto<sup>1,2</sup>, Motoyoshi Nakano<sup>1</sup>, Keijiro Ohshimo<sup>1</sup>, Fuminori Misaizu<sup>1</sup>  
(1.Tohoku Univ., 2.Ayabo Corporation) E-mail: mlabo84@gmail.com

[序] 金属クラスターは、バルクと異なり幾何構造、電子状態、反応性といった性質が構成原子数(サイズ)によって大きく変化することが知られている。そのため今後、クラスターを工業的に利用していくためにはサイズの揃ったクラスターを大量に生成する必要がある。最近ではクラスターイオン源としてスパッタリング法を用いたものが開発され、従来よりも高強度のクラスターイオンビームが得られるようになった[1]。しかし現在多く用いられている直流マグネトロンスパッタリング法(DCMS)はスパッタ原子のイオン化率が低く、生成できるクラスターイオン量に限りがある。近年開発された高出カインパルスマグネトロンスパッタリング法(HIPIMS)は瞬間的に高電圧を出力することにより高密度のプラズマと高いイオン化率を得ることができる[2]。本研究ではクラスターを大量生成することを目的として、HIPIMSを用いた金属クラスターイオン源の開発を行った。また今までクラスターイオンの観測には四重極質量分析計が主に用いられてきた[3]。この分析計は特定のイオンを選択しながら電圧を掃引するため測定に時間を要するという問題点がある。本研究ではイオンの損失を減らし、短時間で測定が可能な飛行時間型(TOF)質量分析計を用いて観測を行った。

[実験・装置] マグネトロンスパッタ源(Genco社)と凝縮セルを組み合わせて実験を行った(Fig. 1)。凝縮セルは液体窒素によって100 Kまで冷却されている。ターゲットにCu、スパッタガスにArを用いた。HIPIMSの電源にはZpulser社Axia150を使用した。スパッタ源により生成されたイオン・原子は凝縮セル内でArと衝突を繰り返し、十分に冷却されてクラスターイオンへと凝縮する。生成したクラスターイオンは反射型TOF質量分析計を用いて観測された。

[結果・考察] 得られたTOF質量スペクトルをFig. 2に示す。銅クラスター正イオン $\text{Cu}_n^+$ ( $n=1-25$ )以外にも $\text{Cu}_n\text{Ar}^+$ 、 $\text{Cu}_n\text{Ar}_2^+$ などのクラスターイオンが観測された。これらのイオンはAr流量や印加電圧を変化させることでサイズ分布が変化した。今後は $\text{Cu}_n^+$ と酸素ガスを反応させることで銅酸化物クラスターを生成し、それらの構造・反応性について議論する予定である。

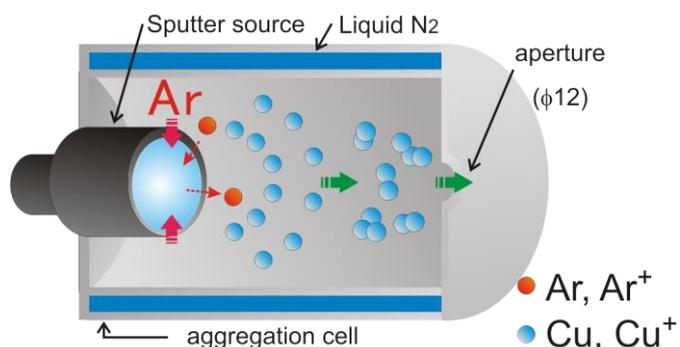


Fig. 1. Schematic view of the cluster ion source.

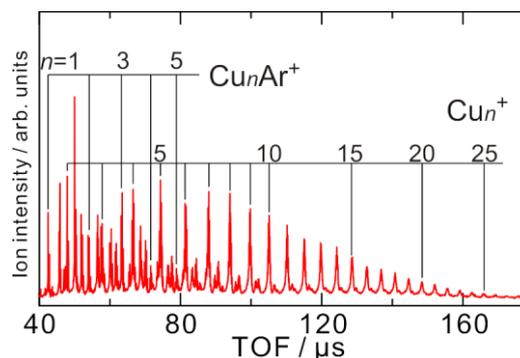


Fig. 2. TOF mass spectrum of Cu cluster cations. Ar flow: 160 ccm, pressure in cell: 12 Pa.

[1] H. Haberland, M. Karrais, M. Mall, Y. Thurner, *J. Vac. Sci. Technol. A* **10**, 3266 (1992).

[2] U. Helmersson et al., *J. Vac. Sci. Technol. A* **30**, 030801 (2012).

[3] A. Nakajima et al., *Chem. Lett.* **42**, 857 (2013).