

高出カインパルスマグネトロンスパッタリングで生成した 金属クラスターイオンと窒素分子との反応の研究

Reactions between Nitrogen Molecules and Metal Cluster Ions Formed by High Power Impulse Magnetron Sputtering

○秋元 健吾¹、水内 勇¹、山本 宏晃²、戸名 正英²、塚本 恵三^{1,2}、

中野 元善¹、大下 慶次郎¹、美齊津 文典¹(1. 東北大院理、2. (株) アヤボ)

○Kengo Akimoto¹, Isamu Mizuuchi¹, Hiroaki Yamamoto², Masahide Tona², Keizo Tsukamoto^{1,2},
Motoyoshi Nakano¹, Keijihiro Ohshimo¹, Fuminori Misaizu¹

(1. Tohoku Univ., 2. Ayabo Corporation), E-mail: kengo.akimoto.p8@dc.tohoku.ac.jp

1. 序 2 個から数百個程度の金属原子が集合して形成される金属クラスターは、バルクの結晶状態と異なり、幾何構造、電子状態、反応性などの性質が構成原子数（サイズ）に大きく依存する。そのため、サイズ選別された金属クラスターイオンの研究がこれまで盛んに行われてきた。これらの研究において、近年、スパッタリング法を用いた金属クラスターイオン源が用いられるようになった[1]。さらに最近、パルスのスパッタリングを行う高出カインパルスマグネトロンスパッタリング法（HIPIMS）を用いた金属クラスターイオン源が開発された[2]。この HIPIMS を用いたイオン源では、従来の直流マグネトロンスパッタリング法に比べて極めて高い濃度のクラスターイオンを生成できるという特長を持つ。本研究では、HIPIMS を用いた金属クラスターイオン源を用いてチタン及び銅のクラスター正イオンを生成した。さらにこれらのクラスターイオンと窒素分子との反応を観測した。

2. 実験装置 マグネトロンスパッタ源（Genco社）と成長セルを組み合わせて実験を行った[3]。成長セルは液体窒素により 100 K まで冷却した。ターゲットにチタンまたは銅、スパッタガスにアルゴンを用いた。HIPIMS の電源には Zpulsar 社 Axia150 を使用した。スパッタ源により生成した金属イオン・原子は成長セル内でアルゴンと衝突を繰り返し、金属クラスターイオンへと成長する。生成したクラスターイオンは反射型飛行時間質量分析計を用いて観測した。さらに、バリアブルリークバルブを通して成長セルと質量分析計の間に窒素ガスを導入して、クラスターイオンと窒素分子との反応を観測した。

3. 結果と考察 ターゲットとしてチタンを用いた場合に得られた飛行時間質量スペクトルの一部を Fig. 1 に示す。窒素ガスを導入しない場合、 Ti_n^+ ($n=15-20$) の系列が現れている (Fig.1a)。窒素ガスを導入すると、 Ti_n^+ の強度が減少し、 Ti_n^+ に N_2 が吸着した $Ti_nN_2^+$ の強度が増大した (Fig.1b,c)。しかし、 Ti_{17}^+ だけは窒素を導入しても強度があまり変化せず、 $Ti_{17}N_2^+$ の強度も弱くしか観測されなかった。これは他のサイズに比べて Ti_{17}^+ への窒素分子の吸着反応性が小さくなる特異性を示している。一方、銅クラスター正イオン Cu_n^+ では上記のサイズ領域におけるこのような特異性は観測されなかった。

[1] H. Haberland et al., *J. Vac. Sci. Tech. A* **10**, 3266 (1992).

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

[3] 水内ら、第 62 回応用物理学会春季学術講演会、14a-C1-2 (2015).

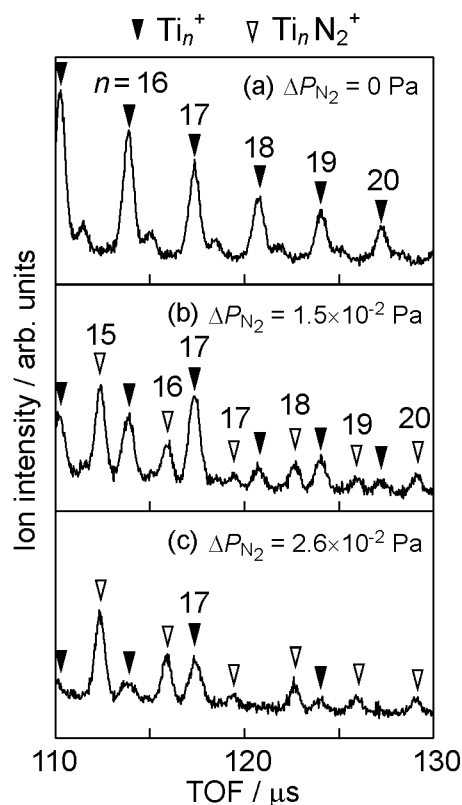


Fig. 1. Time-of-flight (TOF) mass spectra of Ti_n^+ and $Ti_nN_2^+$ cluster cations. The ΔP_{N_2} is the partial pressure of N_2 gas in the vacuum chamber.