

リフレクトロン型飛行時間質量分析計を用いた 高出力パルスマグネトロンスパッタリングのイオン組成分析

Ionic composition analysis of high-power pulsed magnetron sputtering using a reflectron-type time-of-flight mass spectrometer

東京工芸大¹, (株)アヤボ², 豊田理研³, 東北大院理⁴

(M2)中込 雄基¹, (M2)西田 寛¹, 西宮 信夫¹, [○]寛方 真臣¹, 山本 宏晃², 平田 直之²,
戸名 正英², 塚本 恵三², 富宅 喜代一³, 大下 慶次郎⁴, 美齊津 文典⁴

Tokyo Polytechnic Univ.¹, Ayabo Corp.², Toyota Phys. & Chem. Res. Inst.³, Tohoku Univ.⁴,
Yuki Nakagomi¹, Hiroshi Nishida¹, Nobuo Nishimiya¹, [○]Masaomi Sanekata¹,
Hiroaki Yamamoto², Naoyuki Hirata², Masahide Tona², Keizo Tsukamoto²,
Kiyokazu Fuke³, Keijiro Ohshimo⁴, Fuminori Misaizu⁴

E-mail: sanekata@eng.t-kougei.ac.jp

1. 目的 高出力パルスマグネトロンスパッタリング (HPPMS) では、高密度のイオン粒子がプラズマ内に生成することはよく知られている。成膜過程におけるプラズマ内のイオン対中性粒子数比率やイオン価数比率は、硬質皮膜に代表される機能性皮膜の性能を左右する重要な指標となる。これまで、我々の研究グループでは、HPPMSにおけるこれらの比率を明らかにするため、発光分光計測 (OES) に加えて飛行時間型質量分析 (TOFMS) 法による新たな粒子分析法の開発を行ってきた¹⁾。今回の講演では、TOFMSを用いたHPPMSにおけるプラズマ内生成粒子のイオン組成 (成分と価数) の観測結果について報告する。

2. 実験方法 HPPMSは、1.4 PaのArガス雰囲気下で、ターゲット材としてφ2インチのTiディスクを設置したカソード (Circular VTECH, Genco) に、パルス電源 (AxiaTM150, Zpulsar) からの高出力パルス電力 (5~8 kW) を注入することで行った。TOFMSには、Wiley-McLaren型加速電極と反射電極 (Reflectron) で構成される自作の質量分析計を用いた。飛行時間 (TOF) 質量スペクトルの測定には、デジタルオシロスコープ (WavePro 7200A, LeCroy) を用いた。

3. 結果と考察 Fig. 1に、放電電圧435 V、放電パルス幅1.5 ms、繰り返し10 Hzの条件で得られたHPPMSのプラズマ内生成イオン組成の時間変化 (時間分解能: 20 μs) を示す。Ar⁺とTi⁺は、Ar準安定励起種との衝突イオン化を介するため、200 μs付近の電流の立ち上がりより少し遅れて生成する¹⁾。一方、2価イオン種 (Ti²⁺, Ar²⁺) は、1価イオン種 (Ti⁺, Ar⁺) に比べてかなり遅れて生成する様子が今回初めて観測された。これは、パルス電流の増大とともにプラズマ内の電子密度と1価イオン密度が高くなり、逐次電離によって2価イオンが生成されることを示唆している。

¹⁾K. Tsukamoto *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **59**, SHHB05 (2020).

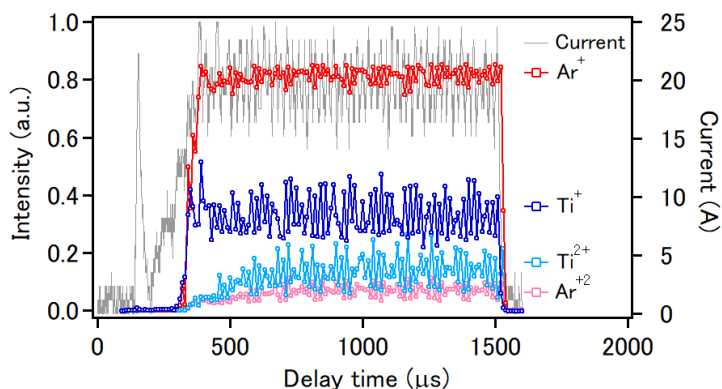


Fig. 1. Typical temporal profiles of ion intensities of Ti⁺, Ti²⁺, Ar⁺ and Ar²⁺, and discharge current.