

1P007

高出力パルスマグネトロンスパッタリング法で生成した 2次粒子のプラズマ観測

(東北大院理¹, 東北大理², (株)アヤボ³)

○田村哲郎¹, 中村佳憲², 水内勇², 戸名正英³, 小安喜一郎¹, 大下慶次郎¹,
塚本恵三^{1,3}, 美齊津文典¹

Plasma diagnostics for secondary particles induced by high power impulse magnetron sputtering

(Tohoku Univ.¹, Ayabo Corporation²)

Tetsuro Tamura¹, Yoshinori Nakamura¹, Isamu Mizuuchi¹, Masahide Tona², Kiichirou
Koyasu¹, Keijiro Ohshimo¹, Keizo Tsukamoto^{1,2}, and Fuminori Misaizu¹

【序】 高出力インパルスマグネトロンスパッタリング法 (HIPIMS) は表面保護、材質強化をはじめとする機能性薄膜の物理的蒸着法として、近年工業分野で注目を集めている手法であり、基礎研究も進められている[1,2]。この手法では、ターゲット金属にパルス状に高電圧を印加して瞬間的に大きな出力でAr⁺による衝撃脱離(スパッタ)を行う。これによって高密度プラズマの生成が可能であり、従来のRFもしくはDCマグネトロンスパッタリング法と比較して高いイオン化度が得られる[3]。このことから、HIPIMSを用いることによってより高品質の成膜が可能になると期待されている。また、多量のイオンを得られるので、電場・磁場による蒸着種の制御や膜組成の制御が可能である。このようなHIPIMSの特徴を生かした成膜技術が工業的に利用されるようになった一方で、生成するプラズマの性質や高密度プラズマ中で起こる現象は十分に解明されていない。望む特性を持った薄膜の蒸着や性能の改良を合理的に行うためにはプラズマの解析が必要である。プラズマ中に存在する粒子の種類、密度、エネルギー状態を知ることによって、反応過程、薄膜生成機構を解明するうえで大きな手がかりが得られる。また、検出信号をフィードバックすることで、プラズマ状態の再現性や制御性を改善できる。そこで、本研究では、異なるスパッタリング条件において生成するプラズマ組成の変化を飛行時間型 (TOF) 質量分析計で観測し、その結果から、対象となるイオン種が生成する機構を考察するとともに、それらが多く得られる条件について検討した。

【実験装置・方法】 本研究では、TOF質量分析計にマグネトロンスパッタ源 (Gencoa社) を組合せた装置を開発し (図1)、プラズマ解析を行った。ターゲットにTi、スパ

ッタガスにArを用いてスパッタリングを行った。スパッタ源にはHIPIMS用電源 (Zpulsar社Axia 150)を用いて高電圧パルスを印加し、プラズマを発生させた。TOF質量スペクトルはHIPIMSからのスパッタのパルス放電と同期させてアパーチャからイオンを引き出すことによって測定した。また、中性種についてもNd:YAGレーザの第九高調波(118 nm, 10.5 eV) でイオン化し、質量分析を行うことによって、イオンと同様に観測を行った。

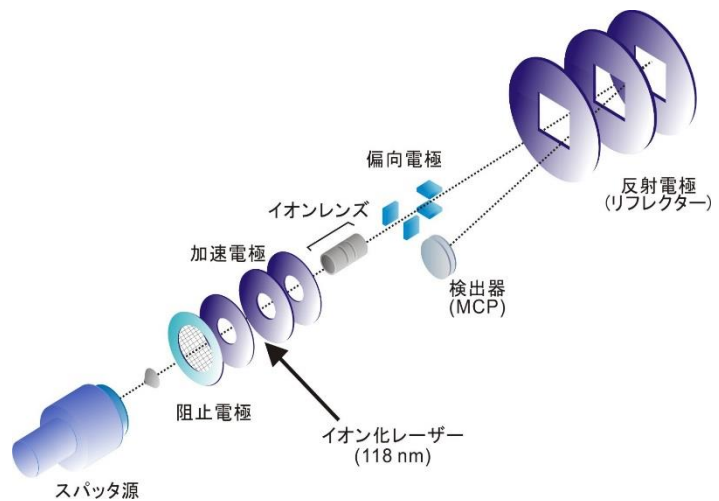


図 1. 装置図

【結果と考察】 図 2 にプラズマ組成の印加電圧および放電電流依存性を示す。図 2 では横軸に電流値をとって結果を示した。Ti⁺ の強度は電流上昇に対して単調増加した後、15 A 以上で一定あるいはわずかに減少に転じた。これは電圧、電流の上昇に対してTi⁺ の強度が単調増加するという予測とは異なる結果であった。この予測と結果の不一致は、生成したTi⁺ が再びターゲット金属に衝突してスパッタリングを起こす現象 (自己スパッタリング) に起因する、として以下のように考察した。スパッタ率が1未満のターゲットの場合、自己スパッタリングを行うターゲットイオンの数よりも、この過程で生成される粒子数は少ない。よって、自己スパッタリングが起きると、予測される量よりもターゲットイオンの観測量が減少する。本実験で用いた入射エネルギーにおけるTiのスパッタ率は約0.4であり、また、印加電圧が高くなると自己スパッタリングが多く起こるため、15 A 以上ではTi⁺ の強度は電流上昇に対して単調増加しないと結論した。さらに、放電電流 23 A (印加電圧 360 V) のときに、生成したTi⁺ が自己スパッタリングに寄与する割合を56%と見積もることができた。

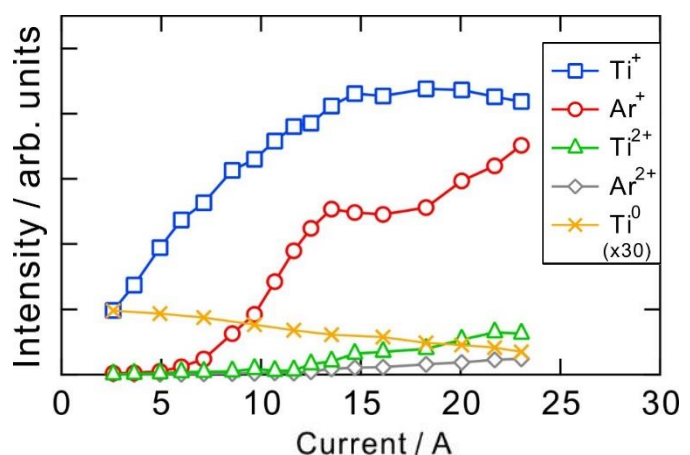


図 2. HIPIMS で生成した化学種の強度の電流依存性

【参考文献】

[1] W.-D. Münz, M. Schenkel, S. Kunkel, J. Paulitsch, and K. Bewilogua, *J. Phys.: Conf. Series*, **2008**, 100, 082001.
 [2] A. P. Ehiasarian, *Pure Appl. Chem.*, **2010**, 82, 1247.
 [3] K. Sarakinos, J. Alami, and S. Konstantinidis, *Surf. Coat. Technol.*, **2010**, 204, 1661.