

V324a MEMS 技術を用いた超軽量 X 線望遠鏡の ALD による Pt 膜付加工

伊師大貴, 江副祐一郎 (首都大), 石川久美 (ISAS/JAXA), 沼澤正樹, 大坪亮太, 福島碧都, 鈴木光, 湯浅辰哉, 内野友樹, 作田紗恵 (首都大), 満田和久 (ISAS/JAXA), M. J. Sowa (Veeco/CNT)

我々は Micro Electro Mechanical System (MEMS) 技術を用いた独自の超軽量 X 線望遠鏡を開発している (Ezoe et al. 2010 MST)。厚み $300\ \mu\text{m}$ の Si 基板に幅 $20\ \mu\text{m}$ の曲面微細穴を多数開け、側壁を X 線反射鏡として利用する。Si は MEMS 技術で加工しやすい反面、X 線反射率は大反射角・高エネルギー側において小さい。そこで我々は微細穴側壁に一樣に金属を膜付けできる原子層堆積法 (Atomic Layer Deposition, ALD) による Pt 成膜を試した。ALD は重金属を含むガスと酸化ガスを交互に流し、純金属を膜付けする技術である。我々は Si と Pt の密着性を高めるために Al_2O_3 層を $10\ \text{nm}$ 入れ、前駆体ガスに MeCpPtMe_3 及び O_2 ガスを用いて Pt 層を $20\ \text{nm}$ 成膜した (Takeuchi et al. Appl. Opt. 2018)。Al $K\alpha$ $1.49\ \text{keV}$ において Pt 成膜による入射角 $>1\ \text{deg}$ の反射率向上を確認したが、表面粗さは成膜後 $2.2\pm 0.2\ \text{nm rms}$ と見積もられ、我々が搭載を目指す軟 X 線 ($<2\ \text{keV}$) による超小型磁気圏撮像衛星 GEO-X の要求値 $<2\ \text{nm rms}$ に対して更なる改善が求められていた。

表面粗さの課題を解決するため、我々は酸化ガスに O_2 プラズマを用いた Pt 成膜を試した。ALD サイクル初期は確率的に原子が堆積するため、金属の島状成長が避けられない。ラジカルの高い反応性を利用すれば、表面反応を促進できる。同様に Al_2O_3 $10\ \text{nm}$ 及び Pt $20\ \text{nm}$ の膜付け後、Al $K\alpha$ $1.49\ \text{keV}$ において反射率向上を確認し、さらに表面粗さは $1.6\pm 0.2\ \text{nm rms}$ と有意な改善を示した。これは GEO-X の要求値を満たし、なおかつ成膜前の表面粗さ $1.2^{+0.4}_{-0.2}\ \text{nm rms}$ と大差ない。本講演では、ALD による MEMS X 線望遠鏡の Pt 膜付加工と評価に加え、側壁よりも表面粗さの良い Si 基板表面 ($<1\ \text{nm rms}$) に対する Pt-ALD 後の測定結果も紹介する。