

V310b 原子層堆積法を用いた Co 成膜 Si 光学系の開発

辻雪音, 伊師大貴, 福島碧都, 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹, 稲垣綾太, 上田陽功, 森下拓海, 関口るな, 村川貴俊, 山口和馬, 石川怜, 森本大輝, 山田裕大(東京都立大), 満田和久(国立天文台)

我々は世界初の地球磁気圏 X 線撮像を目指す GEO-X (GEOspace X-ray imager) 計画に向けて超軽量 X 線望遠鏡の開発を進めている (Ezoe et al. 2022 SPIE)。MEMS (マイクロマシン) 技術を用いて Si 基板に製作した微細穴の側壁を反射鏡として用いる手法であり、穴を開けるドライエッチング, 平滑化と平坦化のためのアニールと化学機械研磨, 集光のための高温塑性変形, 組み立てという複数のプロセスからなる。Si は加工しやすい反面, 原子番号が小さく全反射の反射率が重金属に比べると劣るため, 側壁をコーティングする必要がある。そこで我々は原子層堆積法に着目し, 本手法で世界初となる Ir や Pt coating を行った光学系での X 線反射実証に成功してきた (Ogawa et al. 2013 Appl. Opt., Takeuchi, et al. 2018 Appl. Opt., Ishi et al. 2020 Appl. Phys. Express)。

GEO-X では地球磁気圏で生じる太陽風イオンと外圏中性物質の電荷交換反応による発光を捉える。そこで太陽風に多く含まれる酸素や窒素イオンからの ~ 1 keV 以下の K 耀線がメインターゲットとなる。この帯域では我々が開発してきた Pt に比べて高い反射率を持つ Co が好ましい。そこで試作品としてベア Si 基板に新たに原子層堆積法で成膜を行った。ガス雰囲気での成膜手法であり原子層一層ずつの平滑かつ被覆性の良い成膜が可能である。膜厚 50 nm での成膜を行ったところ、原子間力顕微鏡 (AFM) で測定した μm スケールでの表面粗さは 1 nm rms 程度と良好であった。そこで次に X 線反射率を測定した所, Al K_{α} で成膜前と比べて大角度での反射率の向上を確認できた。反射率カーブから見積もられる表面粗さも AFM での粗さ測定と一致していた。本講演では試作の現状と GEO-X に向けた見通しについて述べる。