

W37a 次世代 X 線衛星搭載を目指した高温塑性変形を用いたシリコン X 線反射鏡の開発と性能評価

佐藤拓郎、林多佳由、塩野目雄、江副祐一郎 (首都大学東京)、石田学、満田和久 (ISAS/JAXA)、森下浩平、中嶋一雄 (東北大学)、松本善文 (浜井産業)

宇宙 X 線望遠鏡には X 線を集光するために回転放物面と 2 次曲面を組合せた Wolter-1 型斜入射光学系が多く用いられている。近年、シリコン結晶面を利用した反射鏡が、sub μm レベルの平坦性と 0.1nm レベルの粗さを持ち、さらに密度が $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ と小さいため次世代の X 線望遠鏡の開発において軽量・高角度分解能を達成できる素材として注目されている (R.Hudec et al.)。

シリコン基板を用いた光学系の研究として、理想曲面に基板を弾性変形させて X 線を反射・集光するものがあるが (Bavdaz et al. 2004 SPIE)、基板の形状が安定しないという問題がある。そこで我々は、高温下においてシリコンの結晶面を維持したままに塑性変形させる手法を取り入れ、この高温塑性変形を用いることで基板を理想的な円錐形状へ安定させることによる反射鏡製作を目指した (Ezoe et al. 2009、特許出願中)。また Ezoe et al. 2009 によれば、高温塑性変形を行う際に表面粗さが小さい基板は変形後もその粗さを保てるが、変形前後で $\sim 1\text{nm rms}$ あったこと、変形の形状精度が $\text{PV}20\mu\text{m}$ であったこと等が不十分であった。そのため CMP (Chemical Mechanical Polishing) による基板の平滑化を行い、変形前基板の形状を $\text{PV} < 0.3\mu\text{m}$ 、表面粗さ $< 0.3\text{nm rms}$ を同時に達成した。この基板を用い、実際の望遠鏡を想定して曲率半径が約 100mm、表面積は $30 \times 60\text{mm}$ 、厚さ数百 μm といった設計で反射鏡の試作を行った。

本講演では変形前後のシリコン基板を測定した結果に加え、X 線測定で得られる反射率と望遠鏡の性能を表す重要な指標である結像性能の評価までを報告する予定である。