

V327a 次世代X線天文衛星を目指すシリコン高温塑性変形を用いた全反射鏡の開発

中庭 望, 江副祐一郎, 沼澤正樹, 佐藤拓郎 (首都大学東京), 石田 學, 石川久美, 満田和久 (ISAS/JAXA), 森下浩平, 中嶋一雄 (東北大学)

X線望遠鏡には共通の焦点を持つ回転放物面鏡と回転双曲面鏡の2回反射で集光する Wolter-I 型斜入射光学系が用いられる。集光面積を拡げるために反射鏡を同心円状に多数積層するとき、軽量化のために薄い基板を使用すると鏡面精度が上がらず解像度は落ちる。しかし、シリコン基板は表面粗さが数 Å rms と滑らかでかつ平坦なものが市販されており、密度も 2.5 g/cm^3 と軽量なため、次世代の X 線光学系として理想的な反射鏡となりうる。一方で、曲げるのが難しいという難点がある (Bavdaz et al. 2006 SPIE, Hudec et al. 2006 SPIE)。

我々は、高温塑性変形 (Nakajima et al. 2004 Nature Materials) という日本発祥の技術を用いた反射鏡基板の成形に取り組んでいる。高温下でシリコンの結晶面を保ったまま塑性変形させるため、変形後の基板は変形前と同等の粗さを持つと考えられる。これまでに我々は 4 inch Si(111) 基板を球面に変形して、世界で初めて表面での全反射を実証し、表面粗さが 1 nm rms 以下を保持できることを示した。(Ezoe et al. 2009 Applied Optics)

我々はシリコン基板用高温塑性変形装置を首都大に導入し、Wolter I 型光学系用の全反射鏡の開発に本格的に着手した。実際の望遠鏡を想定して、厚さ $300 \mu\text{m}$ の Si(110) 基板を、表面積 $60 \times 30 \text{ mm}$ 、曲率半径 $\sim 100 \text{ mm}$ で設計している。しかし、変形時に基板を円錐治具で挟む際に治具同士の噛み合わせが μm 単位で悪いと、形状にうねりが生まれて角度分解能が劣化する。また、X線の全反射を得るには、基板そのものの表面粗さを 1 nm rms 以下に保つ必要がある。我々は ISAS 30 m ビームラインにて $0.1 \times 1 \text{ mm}$ に絞った Al-K 1.49 keV のビームを変形した基板に照射し、形状と表面粗さを評価した。本発表では、詳細な測定結果と今後の課題について報告する。