

V318b 微細加工技術を用いた 12 inch シリコン光学系の X 線反射実証

石川久美 (理研), 江副祐一郎, 沼澤正樹, 小川智弘, 佐藤真袖, 中村果澄, 大橋隆哉 (首都大), 満田和久 (ISAS/JAXA), 前田龍太郎, 廣島洋, 倉島優一 (産総研), 野田大二 (マイクロマシンセンター)

私たちは将来の小型衛星搭載を目指したコンパクトで軽量の X 線光学系の開発を行っている。微細加工技術を用いて厚さ 300 μm の 4 inch シリコン基板へ幅約 20 μm の垂直な微細穴を無数に形成し、その穴の側壁を X 線反射面として利用する光学系である。私たちは光学系の製作から評価まで行い、これまでに 4 inch X 線光学系の結像実証をしてきた。この光学系は微細穴の側壁を反射面として利用するため、使用する基板の厚さや直径を増やすことで X 線反射量の向上が期待できる。

そこで、私たちは有効面積の拡大を視野に、産総研所有の世界最高レベルの性能を有するドライエッチング装置を用いて、直径 12 inch のシリコン光学系の製作を行った。使用した基板は厚さ 775 μm 、直径 12 inch の Si(100) である。深さ約 500 μm までエッチングし、設計幅 20 μm の微細穴を形成する。次に、裏側から基板全体を化学機械研磨することで滑らかな裏面を形成しつつ、厚みを減らすことで微細穴を裏面に露出させる。以上の手順で厚さ約 400 μm の 12 inch シリコン光学系を製作した。側壁表面を X 線反射できるほど十分に滑らかにするため、1300 度の高温アニールにより側壁の平滑化を行った。完成した光学系を用いて、1.49 keV の X 線を入射角 0.5–1.3 度で照射し、反射強度を比例計数管で測定した。その結果、12 inch 光学系で初めて X 線反射光を捉え、表面粗さ 2 nm rms で期待される X 線反射プロファイルと一致することがわかった。ただし、反射光の強度は設計予想の約 13%程度となっており、側壁のうねりや突起構造が原因で有効反射面積が減少していると考えられる。