

マイクロマシン技術を用いた 12 inch Si 基板光学系の X 線反射実証

X-ray reflecting demonstration in 12 inch Si wafer optics produced by MEMS Tech.

沼澤 正樹¹、江副 祐一郎¹、石川 久美²、小川 智弘¹、佐藤 真柚¹、中村 果澄¹、大橋 隆哉¹、
満田 和久³、前田 龍太郎⁴、廣島 洋⁴、倉島 優一⁴、野田 大二⁵

(1.首都大、2.理研、3.JAXA/ISAS、4.産総研、5.マイクロマシンセンター)

M. Numazawa¹, Y. Ezoe¹, K. Ishikawa², T. Ogawa¹, M. Sato¹, K. Nakamura¹, T. Ohashi¹,
K. Mitsuda³, R. Maeda⁴, H. Hiroshima⁴, Y. Kurashima⁴, D. Noda⁵

(1. TMU, 2. RIKEN, 3. JAXA/ISAS, 4. AIST, 5. MMC)

E-mail: masaki@phys.se.tmu.ac.jp

私たちはマイクロマシン技術により、Si 基板に微細かつ垂直な曲面穴を無数に形成し、穴の側壁を反射鏡として用いる超軽量次世代X線望遠鏡を開発している。これまで 4 inch Si 基板において、1回反射光学系でのX線結像実証 (I.Mitsuishi et al. 2010)、Ir コートした光学系でのX線反射実証 (T.Ogawa et al. 2013)、そして Wolter-I 型望遠鏡によるX線結像実証といった開発を行ってきた。本講演では、産総研の持つ世界最高性能エッチング装置を用いて開発した12 inch Si 基板光学系での、世界初となるX線反射実証の結果について報告する。

12 inch 光学系は 4 inch 光学系に比べて直径が3倍のため、有効面積が9倍になりうる。これは従来の宇宙X線望遠鏡とほぼコンパナな大きさになる。使用したのは厚さ 775 μm の 12 inch Si (100) 基板で、設計穴幅 20 μm で約 500 μm の深さまでエッチングした後、裏面を研磨することで、貫通曲面穴を持つ厚さ 400 μm の光学系を製作した。ドライエッチング直後の AFM 観察による側壁の表面粗さ (Micro roughness) は 16 nm rms であった。これでは反射に不十分のため、1300 度で 120 分アニールをかけたところ 0.6 nm rms となり、1.3 度で入射する 1 keV のX線に対する予想反射率は 0.3 から 0.8 程度に向上し、十分滑らか

になったことがわかった。反射測定では 1.49 keV のX線を 0.5 — 1.3 度で入射させ、反射強度と中心を比例計数管で測定した。結果を Fig.1 に示す。表面粗さ 3 nm rms で期待される反射率プロファイルと一致しており、反射実証が出来たと考えられる。ただし反射光の全強度は設計予想の 13 % 程度と低く、これは側壁のうねりとバリによって反射面が減少しているためと考えられる。4 inch 光学系ではドライエッチングによるうねりの改善によってほぼ理想通りの反射強度が得られており、12 inch でも同様にエッチング条件を詰めることで改善できると思われる。

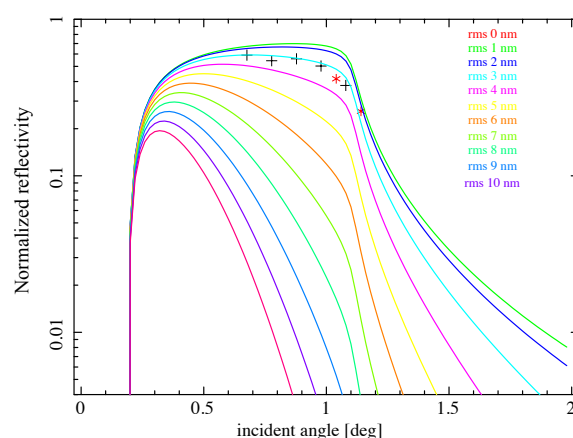


Fig.1 Normalized reflectivity of our 12 inch Si optics sample as a function of angle at 1.49 keV. Models with different micro roughness are shown in different colors. Ridges in a mirror surface is also considered for each model curve.