

化学機械研磨による MEMS X 線光学系の反射率の改善

Improvement of reflectivity of MEMS X-ray optical system by chemical mechanical polishing

○藤谷 麻衣子¹、江副 祐一郎¹、石川 久美²、福島 碧都¹、沼澤 正樹¹、伊師 大貴¹、大坪 亮太¹、鈴木 光¹、永利 光¹、湯浅 辰哉¹、大橋 隆哉¹、満田 和久²(1. 首都大、2. JAXA 宇宙科学研究所)

○Maiko Fujitani¹, Yuichiro Ezoe¹, Kumi Ishikawa², Aoto Fukushima¹, Masaki Numazawa¹, Daiki Ishi¹, Ryota Otsubo¹, Hikaru Suzuki¹, Hikaru Nagatoshi¹, Tatsuya Yuasa¹, Takaya Ohashi¹, Kazuhisa Mitsuda² (1.Tokyo Metropolitan University, 2.JAXA/ISAS)

E-mail: fujitani-maiko@ed.tmu.ac.jp

我々は MEMS 技術を利用した次世代 X 線望遠鏡の開発を行っている。Deep Reactive Ion Etching (DRIE) により 300 μm 厚の Si 基板に穴幅 20 μm の曲面微細穴を開け、その側壁を X 線反射鏡として用いる。高温アニールによる側壁の平滑化を行い、平行 X 線を集光させるため基板を球面状に塑性変形する。さらに、原子層堆積法により Ir や Pt などを膜付けし、最後に 2 段に重ねることで Wolter I 型望遠鏡を完成する。我々は世界で初めて本手法で X 線結像を実証した (Ezoe et al. 2010 Microsys. Tech., Ishikawa et al. 2016 Micorsys. Tech., Numazawa et al. 2018 J. Japan Appl. Phys., Takeuchi et al. 2018 Appl. Opt. など)。しかし、これまでの MEMS X 線光学系の製作では、DRIE 後に反射鏡の両端に高さ 1-2 μm のバリや幅 10-30 μm 程度のくぼみが出来てしまい、入射 X 線を遮蔽したり反射光の広がりの原因になるという課題があった。

そこで我々は新たに、化学機械研磨により反射鏡面の両端を削ることでバリやくぼみの除去を試みた。従来より厚い 400 μm の Si 基板に DRIE とアニール処理を行い、破損防止のために曲面微細穴にレジストを充填し、基板の両面に対して研削研磨を行った。なお、DRIE 後の反射鏡形状プロファイルよりバリやくぼみが除去できると見込んだ削り量で行った。結果としてバリやくぼみを除去し反射鏡の形状を改善した (図 1a)。さらに、宇宙科学研究所の 5m ビームラインにて X 線反射率測定を行い、バリがある場合の反射率のシミュレーション値と比較することで主に低角度の入射において反射率の改善を確認した (図 1b)。これにより特に ~ 0.5 deg 以下での反射率が 2 倍以上向上した。角度分解能の向上も期待できるため、DRIE と合わせて今後さらに条件を詰める予定である。

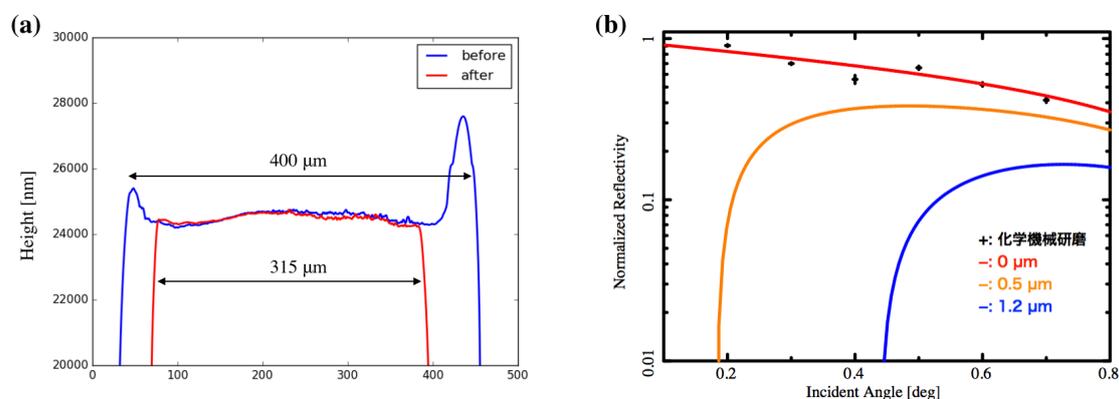


図 1: (a) 化学機械研磨前後の MEMS X 線光学系反射鏡側面のプロファイル。青色が研磨前、赤色が研磨後。(b) 化学機械研磨を行った望遠鏡の反射率の測定値 (十字点)。赤、橙、青の曲線はそれぞれバリの高さが 0 μm 、0.5 μm 、1.2 μm の場合のシミュレーションによる反射率プロファイル。