

課題番号 : F-18-TU-0062
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 超長時間アニールを用いた宇宙用 X 線全反射鏡の平滑化の研究
Program Title (English) : Study of ultra-long annealing for space-borne X-ray mirrors
利用者名(日本語) : 江副祐一郎¹⁾, 伊師大貴¹⁾, 石川久美²⁾, 沼澤正樹¹⁾, 藤谷麻衣子¹⁾, 大坪亮太¹⁾, 福島碧都¹⁾, 鈴木光¹⁾, 永利光¹⁾, 湯浅辰哉¹⁾, 金森義明³⁾
Username (English) : Y. Ezoe¹⁾, D. Ishi¹⁾, K. Ishikawa²⁾, M. Numazawa¹⁾, M. Fujitani¹⁾, R. Otsubo¹⁾, A. Fukushima¹⁾, H. Suzuki¹⁾, H. Nagatoshi¹⁾, T. Yuasaa¹⁾, Y. Kanamori³⁾
所属名(日本語) : 1) 首都大学東京大学院理学研究科, 2) JAXA 宇宙科学研究所, 3) 東北大学大学院工学研究科
Affiliation (English) : 1) Tokyo Metropolitan University, 2) ISAS/JAXA, 3) Tohoku University
キーワード/Keyword : 表面処理, 形状・形態観察, X 線反射鏡

1. 概要(Summary)

宇宙 X 線観測では天体からの光を集光結像するための光学系が必要不可欠である。地球大気による吸収のため、観測には衛星が主になり、できるだけ軽量かつ性能の良い光学系が好ましい。我々は MEMS の微細加工技術を用いて Si 基板に微細穴を開け、側壁を反射鏡として用いる手法を提案し、開発している。本研究では、側壁の平坦化を目指した超長時間アニールを実施して平坦化を確認した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

ランプアニール装置

【実験方法】

微細穴(穴幅 20 μm)が開けられた Si 基板(基板厚 300 μm)を 1100 $^{\circ}\text{C}$ で合計 100 時間アニールする。前後および途中で触針計と AFM で側壁形状の変化を観察し、さらに X 線照射試験で角度分解能を評価する。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

従来の 2-10 時間アニールでは、数 μm スケールの平坦化は見られたが、数十 μm スケール以上では有意な変化がなかった。そこで我々は 100 時間アニールを試した。理論的には Si 原子の表面拡散スケールが 3-5 倍に広がり、数百 μm スケールの平坦化が期待できる。

まずはアニール前後および途中で触針計と AFM で側壁形状の変化を観察した。その結果、予想通り 100 μm スケールの平坦化を確認した。一方、エッジが丸くなる傾向が見られ、母線長 300 μm に対して無視できな

いことが分かった。特に鉛直下方向で顕著であり、セットアップによる改善が有用と考えられる。

次に X 線 (Al K α 1.49 keV) を照射して反射光の広がりから角度分解能を評価した。メインピークは 50 時間後で FWHM 10 分角から 100 時間後で FWHM 3-5 分角まで改善した。これは反射面の平坦化を支持する。一方、サブピークの強度が顕著になり、HPW (Half Power Width) 10-15 分角と寄与は大きい。今後はサブピークを生じている反射面を削る等のプロセスが有用と考えられる。

4. その他・特記事項(Others)

なし

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 伊師大貴, 修士論文, 首都大学東京, 2019 年
- (2) 大坪亮太ほか, 宇宙科学シンポジウム, JAXA 宇宙研, 2019 年 1 月
- (3) 伊師大貴ほか, 応用物理学会春季学術講演会, 東京工業大学, 2019 年 3 月

6. 関連特許(Patent)

なし