

MEMS 技術を用いた Schmidt 配置 Lobster eye X 線光学系の開発 II

Development of Schmidt-type Lobster eye X-ray optics using MEMS technology

東京都立大¹, 国立天文台², 東北大³, 九州大⁴○作田 紗恵¹, 江副 祐一郎¹, 石川 久美¹, 沼澤 正樹¹, 伊師 大貴¹, 福島 碧都¹,内野 友樹¹, 稲垣 綾太¹, 上田 陽功¹, 森下 弘海¹, 関口 るな¹, 辻 雪音¹,村川 貴俊¹, 満田 和久², 金森 義明³, 森下 浩平⁴TMU¹, NAOJ², Tohoku Univ.³, Kyushu Univ.⁴°S. Sakuda¹, Y. Ezoe¹, K. Ishikawa¹, M. Numazawa¹, D. Ishi¹, A. Fukushima¹, T. Uchino¹, A. Inagaki¹,Y. Ueda¹, H. Morishita¹, L. Sekiguchi¹, Y. Tsuji¹, T. Murakawa¹, K. Mitsuda³, Y. Kanamori⁴, K. Morishita⁵

E-mail: sakuda-sae@ed.tmu.ac.jp

我々は、将来衛星への搭載に向けて MEMS 技術を用いた超軽量 X 線光学系を開発している(Ezoe et al.2010 MST など)。厚み 300 μm の Si 基板にドライエッチングにより幅 20 μm の微細穴を形成し、その側壁を反射鏡として用いる。高温アニールと塑性変形を行うことで、側壁を平滑化、基板全体を球面化することができる。我々は、基板を 2 段に重ねることで宇宙からの平行 X 線を集光する Wolter I 型望遠鏡を開発しているが、並行して Lobster eye 光学系の開発に着手した。甲殻類の目を模倣した格子状の微細穴が球面状に並んだ構造であり(Angel et al. 1979 SPIE)、四角い微細穴の側壁に 2 回反射させて集光結像する(Fig.1)。Wolter I 型に比べてより広い視野を実現可能であり、全天モニターや宇宙天気予報への応用が期待されているが、市販品は高価であるという問題があった。

我々は Schmidt 配置 Lobster eye 光学系を試作した。従来開発してきた Wolter I 型向けの円弧型スリットのノウハウを活かすことができ、低コストかつ迅速な製作サイクルが可能である。Si 基板厚は 300 μm 、微細穴幅は $\sim 20 \mu\text{m}$ 、変形曲率は $\sim 1000 \text{ mm}$ である。X 線照射試験の結果、十字集光を確認できたが、角度分解能は両基板とも 36 arcmin (FWHM)であり、塑性変形後の曲率半径に場所依存性があることが主な原因だと推測した。そこで私は、変形時に基板が歪まず、均一に球面変形可能なフォトリソパターンを設計し、製作した。塑性変形の結果、曲率半径の場所依存性は大きく改善され、基板を比較的均一に球面変形することができたといえる(Fig.2)。本講演では、これまでの成果を含めた最新の研究状況と今後の展望について述べる。

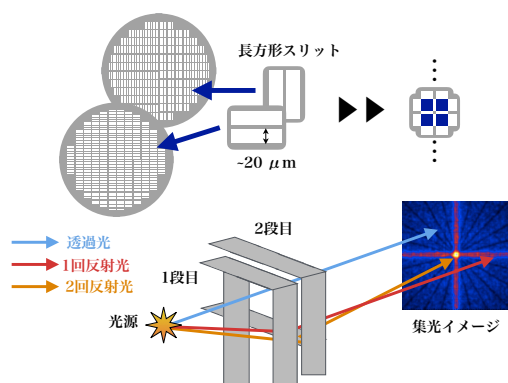


Fig.1 Principle of Schmidt-type Lobster eye optics.

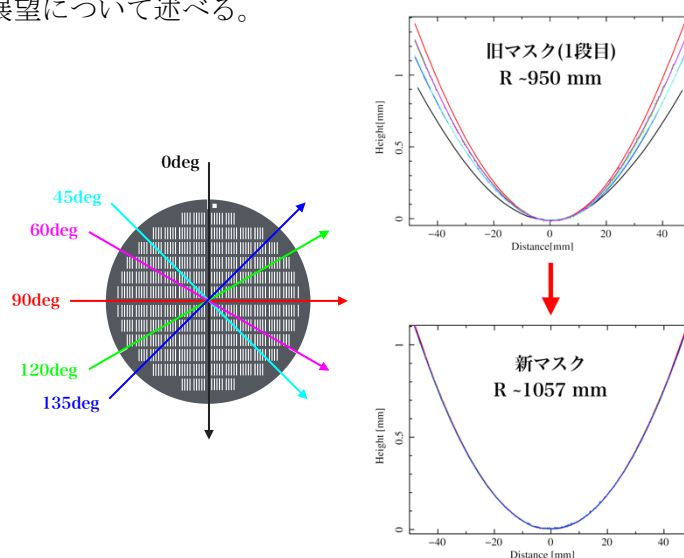


Fig.2 (L) Phase lines of NH3 measurement of substrate.

(R) Surface profile before and after photomask improvement.