

広視野 MEMS Lobster eye X線光学系の開発

Development of MEMS Lobster eye optics for wide-field X-ray monitor

○(M2) 湯浅辰哉¹, 江副祐一郎¹, 石川久美², 沼澤正樹³, 伊師大貴¹, 福島碧都¹, 鈴木光¹,
内野友樹¹, 作田紗恵¹, 稲垣綾太¹, 上田陽功¹, 廣本悠透¹, 満田和久⁴
都立大¹, JAXA 宇宙研², 理研³, 国立天文台⁴

○(M2) Tatsuya Yuasa¹, Yuichiro Ezoe¹, Kumi Ishikawa², Masaki Numazawa³, Daiki
Ishi¹, Aoto Fukushima¹, Hikaru Suzuki¹, Tomoki Uchino¹, Sae Sakuda¹,
Ayata Inagaki¹, Yoko Ueda¹, Haruyuki Hiromoto¹, Kazuhisa Mitsuda⁴

E-mail: yuasa-tatsuya@ed.tmu.ac.jp

我々は、マイクロマシン (MEMS) 技術を用いた超軽量 X 線光学系を開発してきた (Ezoe et al. 2010 MST, Ogawa et al. 2017 MST など)。厚さ $300\ \mu\text{m}$ の Si 基板に幅 $20\ \mu\text{m}$ の曲面穴をドライエッチングにより形成し、その側壁を反射鏡として利用する。従来、我々は基板を球面に変形し、2 段に重ねることで Wolter I 型望遠鏡を開発してきた。この光学系は角度分解能が 10 分角以下と良いが、視野が 1 keV で約 4° と狭かった。そこで我々は MEMS 技術を用いた Lobster eye 光学系の開発を行った。四角の格子状の穴を空け、隣接する 2 つの側壁での 2 回反射 (図 1 a,b 赤矢印) により集光結像する手法であり、原理的に十字の集光像となるが、光軸に対する対称性からより広い視野を簡便に実現できる。

我々はまず、1 枚の Si 基板 (厚さ $300\ \mu\text{m}$) に微細四角穴を空け、球面変形することで、Angel 配置 (図 1 a) の Lobster eye 光学系を試作したが、側壁の評価と改善が困難であった。そこで Schmidt 配置を試した (図 1 c)。図 1 b のように長方形のスリットを 2 段に重ねることで完成する。この手法では、スリットを破壊検査することで、側壁粗さを触針計や AFM で評価できる利点がある。この結果、Wolter I 型と同等の側壁粗さをドライエッチング後に得ることができた (図 1 d)。今後、アニールと変形をして X 線照射試験を実施する予定である。本講演では、これらの開発状況について報告する。

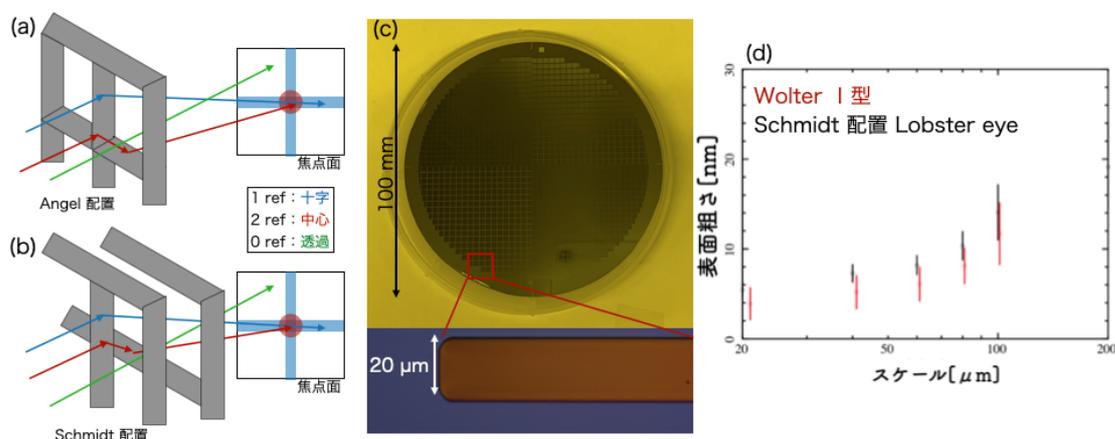


図 1: (a) Angel 配置による集光原理。(b) Schmidt 配置による集光原理。(c) Schmidt 配置 MEMS Lobster eye 基板と光学顕微鏡による微細穴画像。(d) 各スケールにおける表面粗さの比較。