

V311b MEMS 技術を用いた広視野 X 線望遠鏡 Lobster Eye 光学系の開発

石川 怜, 江副 祐一郎, 石川 久美, 沼澤 正樹, 山田 裕大, 宮内 俊英 (東京都立大学), 伊師 大貴 (JAXA 宇宙研)

Lobster Eye 光学系とは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となっており、直交した 2 枚の反射鏡にそれぞれ反射することで集光する。集光像は原理的に十字となるが、視野が非常に広いという特徴をつため、X 線全天モニターや宇宙天気予報等への応用が期待されている。我々はこの Lobster Eye 光学系を MEMS (マイクロマシン) 技術を用いた方法で開発をしてきた。厚さ $300\ \mu\text{m}$ の 4-inch Si 基板にドライエッチングにより $0.02 \times 1.98\ \text{mm}^2$ の貫通微細穴 (スリット) を約 63,000 個形成する。スリットを 50 本並べたものをユニットと呼び、 $300\ \mu\text{m}$ の間隔を開けて格子状に配置する。また、その穴の側壁を X 線の反射鏡とするため、高温アニールによって $\sim 1\ \text{nm rms}$ 程まで平滑化させ、集光のために基板を球面状に塑性変形する。そして反射率向上のために Pt を膜付けし、最後に反射鏡が直交するように重ねて Schmidt 型 Lobster Eye 光学系の完成となる。

我々は試作品としてドライエッチング、アニール、変形を行った基板で X 線照射試験を行ったところ十字像を確認することができたが、基板内の非一様性のため角度分解能はシミュレーションより悪かった。この原因は変形時の基板の歪みである。これまでのデザインは各基板でのスリットが同一方向を向いていたことで、変形時にスリットと平行な方向は変形しにくく、垂直方向は変形しやすくなっていた。そこでユニット毎にスリットの向きを縦横交互に配置したところ、変形後の一様性が増し、曲率半径も $1104.3 \pm 262.9\ \text{mm}$ から $1046.6 \pm 6.0\ \text{mm}$ と誤差、つまり歪みが小さくなり、設計曲率である $1000\ \text{mm}$ に近づいた。本講演では本光学系における新しい設計と開発状況について述べる。