

高エネルギーX線集光用石英ガラス製屈折レンズの開発

Development of Compound Refractive Lenses Made of Quartz Glass for High Energy X-ray Focusing Optics

○木村 滋、今井 康彦 (高輝度光科学研究センター)

○Shigeru Kimura, Yasuhiko Imai (JASRI/SPring-8)

E-mail: kimuras@spring8.or.jp

SPring-8 BL13XU で使用中の高分解能マイクロ回折装置は、集光素子としてリソグラフィとドライエッチングにより作製した Ta 製ゾーンプレートを使用するため、集光可能な X 線のエネルギー範囲は 20 keV 以下に限られる。これは、位相ゾーンプレートのゾーンを形成する Ta が、これより高

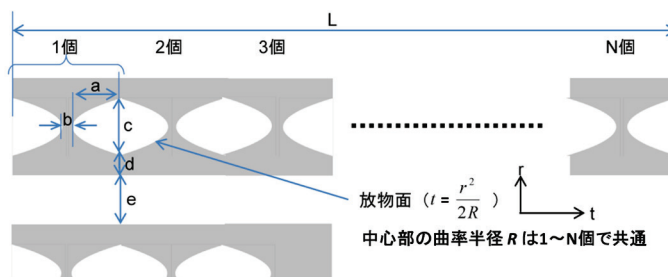


Fig. 1 試作した屈折レンズの模式図。

エネルギーの X 線に対しては、十分な位相差を付与できないことに起因する本質的な問題である。

この問題を解決するため、高エネルギー用 X 線集光素子として実績のある屈折レンズを、これまで報告がない石英で作製することに挑戦し、レンズを試作した。本発表では試作した屈折レンズの概要、および、集光特性を発表する。

試作した屈折レンズの模式図を Fig. 1 に示す。X 線に対する石英の屈折率は 1 に非常に近く、かつ、わずかに小さい (例えば、30 keV の X 線に対する屈折率は $1 - 5.07 \times 10^{-7}$)。このことは、X 線が凹レンズでわずかにしか集光しないことを意味している。したがって、焦点距離を縮めるためには、Fig. 1 に示すように、多数の凹レンズを配置することにより行う必要がある。今回、レンズの開口 c を $100 \mu\text{m}$ に固定し、 $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ の放射光ビームを集光することを目指し、ビームの垂直方向、及び水平方向を、それぞれ、焦点距離 200 mm と 100 mm のレンズを、X 線のエネルギー、20, 25, 30 keV 用にそれぞれ作製した。これらレンズの作製にあたって、曲率半径 R とレンズ数 N について、微細加工に最適な組み合わせを探索することを目的とし、それぞれのエネルギー用に 3 種類のレンズを 1 枚の石英基板に作製した。

集光性能の測定は、高分解能マイクロ回折計に新たに屈折レンズ調整機構を組み込み、試料位置で金メッシュスキャンをすることにより、ビームサイズとフラックスの測定を実施した。測定された最小のビームサイズは、20 keV: $1.9 \mu\text{m}$ (水平方向) \times $1.1 \mu\text{m}$ (垂直方向)、25 keV: $1.5 \mu\text{m}$ (水平方向) \times $1.0 \mu\text{m}$ (垂直方向)、30 keV: $1.6 \mu\text{m}$ (水平方向) \times $1.6 \mu\text{m}$ (垂直方向) であった。また、フラックスはすべての条件で、 10^9 photons/秒以上あり、十分に実用可能な高エネルギーマイクロビームが形成できることが分かった。

本研究は JSPS 科研費 挑戦的萌芽研究 25600151 の助成を受けて実施しました。