

X 線で 100 nm ビームサイズを実現するダイヤモンド製屈折レンズの開発

Development of parabolic refractive x-ray lenses made of diamond

高輝度光科学研究センター¹、産業技術総合研究所²

○岡田 京子¹、梶原 堅太郎¹、隅谷 和嗣¹、加藤 有香子²

JASRI¹, AIST², °Kyoko Okada¹, Kentaro Kajiwara¹, Kazushi Sumitani¹, Yukako Kato²

E-mail: okada@spring8.or.jp

5 keV 迄もの低エネルギーでも使える、直入射の X 線集光素子のダイヤモンド製放物線凸型屈折レンズ（ダイヤモンド製屈折レンズ：図 1）を世界に先駆けて実現することが本研究の目的である。放射光実験の環境と半導体や結晶や生物のサイエンス・トピックスを考慮し、100 μm の X 線を 100 nm に集光する事を目標とする。このダイヤモンド製屈折レンズの実現にはダイヤモンド基板への、曲率半径 $R \sim 10\text{--}30\text{ }\mu\text{m}$ 、100 μm 深さ以上の深掘り“垂直穴”加工が必須である。これを可能にする超微細加工技術は実現されていない。例えば、エッチングでは $\sim 30\text{ }\mu\text{m}$ 深さが限界(これ以上だと垂直が担保されず、また、面も荒れてしまう)、通常のレーザーによる孔加工では垂直加工が不可能（必ず傾斜が付いてしまう）、機械ではこのサイズの微細加工に対応できない、というように、現状の浅掘り技術の延長では製作は困難であった。ところが、UV(343nm)もしくはグリーン(515nm)波長のフェムト秒/ピコ秒パルスレーザーを利用することで、ダイヤモンド製屈折レンズを作製できる可能性が有る。そこで、SPRING-8 の BL28B2 で白色 X 線透過トポグラフィーを用いて数社の CVD ダイヤモンド（ヘテロもしくはホモ）の歪や欠陥の分布を評価した。歪が少ないダイヤモンド基板に対してグリーン波長のピコ秒パルスレーザーを使って孔加工を行った。加工方法や工程、パラメータ等の最適化により、現状で垂直深さ $\sim 200\text{--}300\text{ }\mu\text{m}$ の $R=25\mu\text{m}$ の放物面孔加工ができた(図 2)。放物面穴側面の滑らかさにはまだ課題が有る事から、放物面同士の間隙は安全を見て 50 μm としたので、ダイヤモンドに対する X 線の吸収が少ない 20 keV と 25 keV 用の集光レンズの試作を行った。そこで、SPRING-8 の BL28B2 でこの屈折レンズの集光性能の評価を行った（図 3）。この結果をもとに、屈折レンズのさらなる性能向上を目指す。なお、本技術を使えば、 $\sim 100\mu\text{m}$ の X 線の集光だけでなく、 $\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の X 線の集光も可能になり、様々な回折・散乱実験（小角散乱も含む）や、イメージングにも利用できるので、サイエンスの応用の幅がさらに広がると考えている。

