



### 「多層膜ミラーが拓いた軟 X 線結像光学」

（平成 15～19 年度 特別推進研究「レーザープラズマ軟 X 線光源を用いた超高分解能多元物質顕微鏡の開発」）

所属・氏名：東北大学・多元物質科学研究所・教授・山本 正樹

## 1. 研究期間中の研究成果

### ・背景(事象の初歩的な説明)

波長 2-20 nm 程度の軟 X 線は、可視光と比べ短波長であり、内殻電子を励起できる機能性をもつ。このため、軟 X 線を結像に用いれば、10 nm オーダーの空間分解能で元素コントラスト像を観察できる新しい顕微鏡システムが期待できる。

### ・研究内容及び成果の概要

本研究では、軟 X 線を自在に操るためのキーデバイスとして、軟 X 線多層膜ミラーの作製技術を発展させるとともに、それらを基盤とした結像光学系とレーザープラズマ光源を組み合わせた軟 X 線顕微鏡システムを完成させた。さらに作製した顕微鏡を用いて生体試料の観察を行った。図 1 にマウス的大脑皮質の観察例を示す。図の上方が皮質の外側に対応し、軸索、細胞体、核、樹状突起等を鮮明に観察できている。

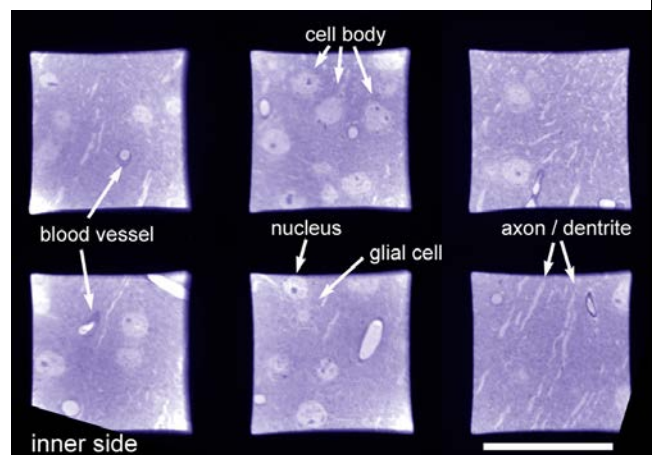


図1 マウス大脑皮質の軟 X 線透過像。スケールバーの長さは 50  $\mu\text{m}$ 。

## 2. 研究期間終了後の効果・効用

### ・研究期間終了後の取組及び現状

研究終了後も、さらなる空間分解能の向上のため、分担者らにより、軟 X 線多層膜ミラーの 1 Å 精度波面補正技術が開発された。また、応用研究として、波長 13.5 nm で開発が進む EUV リソグラフィ用マスクの実波長観察用の顕微鏡システムの開発を産業界と共同で推進している。

### ・波及効果

次世代リソグラフィの実現には、回路の原盤となるマスクの実波長観察が必要となる。リソグラフィ用マスクの観察結果を図 2 に示す。特別推進研究を更に発展させた多層膜ミラー光学系により、マスク検査用顕微鏡して世界最高の空間分解能 (40 nm 以下) および結像倍率 ( $\times 1500$ ) を実現した。本顕微鏡システムは国内唯一の観察ツールとして産業界で活用されている。

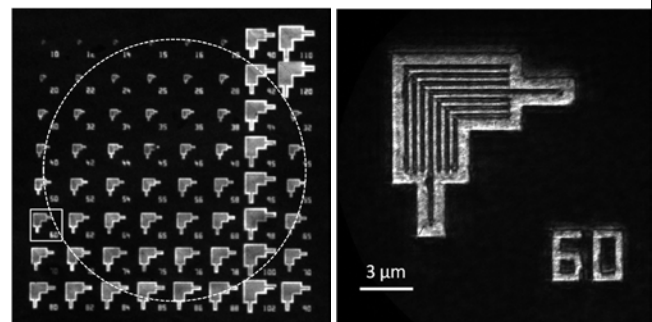


図 2 EUV リソグラフィ用マスクの 13.5 nm における実波長観察の例。(左) エルボーパターンの全視野像と、(右)幅 240 nm エルボーパターンの拡大像。