

氏名(本籍)	たけ うち あき ひさ 竹内晃久(福井県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第2,086号		
学位授与年月日	平成11年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	ウォルターミラーを用いた硬X線顕微鏡の研究		
主査	筑波大学教授	理学博士	青木貞雄
副査	筑波大学教授	理学博士	中塚宏樹
副査	筑波大学教授	工学博士	谷田貝豊彦
副査	高エネルギー加速器研究機構教授	工学博士	安藤正海

## 論文の内容の要旨

本研究では、新たな微小領域元素分析法として、Wolter型斜入射ミラーを結像素子として用いた結像型蛍光X線顕微鏡を開発することを目的として行った。

系の空間分解能に最も大きく影響するWolterミラーの光学特性を調べるために、まずこれを集光素子として用いたマイクロビーム光学系を構築し、集光点におけるスポットの形状を調べた。光源にはアンジュレータ光を用い、素子の球欠面方向は、半値幅 $1\mu\text{m}$ のほぼ理想的なスポットが得られた。子午面方向は、間隔 $10\mu\text{m}$ 程度に離散した複数のスポットになった。

実験室系で結像型X線顕微鏡を構築し、Wolterミラーの結像特性を調べた。全開口時に空間分解能約 $12\mu\text{m}$ が得られた。また、素子の開口を制限した場合、一方向のみ空間分解能が $5\mu\text{m}$ 程度に改善された。

放射光施設の偏向電磁石からの白色光を励起X線として用いて、結像型蛍光X線顕微鏡光学系を実際に構築した。結像素子にWolterミラー、検出器にCCDカメラを用い、初めて蛍光X線の結像に成功し、空間分解能約 $10\mu\text{m}$ 、エネルギー分解能 $320\text{eV}$ が得られ、露光時間は1分-10分程度であった。計算機シミュレーションにより蛍光X線強度と、バックグラウンドとなる散乱X線強度の見積もりを行い、その結果は、実際の実験で得られたデータと良い一致が見られた。両者の結果から、この系の検出下限は $1\text{pg}$ 程度と見積もられた。

この蛍光X線顕微鏡光学系を用いて、人工ダイヤモンド中の金属包有物分布と、石灰化された脳微小血管壁に沈着したCaの分布を観察した。

## 審査の結果の要旨

本論文の特筆すべき成果は、これまで困難であった硬X線領域の結像型顕微鏡を構築し、世界で初めて結像型の蛍光X線顕微鏡像を得たことである。従来の走査型蛍光X線顕微鏡に比べ、画像取り込み時間が大幅に短縮され、実時間に近い顕微鏡像の撮影が可能になった。本手法は、新しい高輝度放射光光源の積極的な利用によって、3次元元素分布計測への展開も可能で、広い分野への応用が期待される。

よって、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。