

ウェーブガイドを用いた3次元元素分布測定法の開発

Development of 3D Imaging System using Wave guide

*松山成男、植木裕、鈴木脩平、畠山泰輔、今泉光太、藤原充啓、寺川貴樹

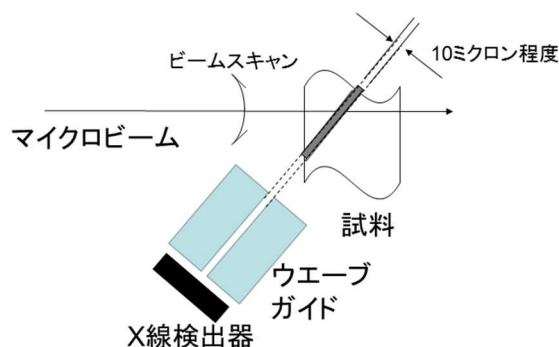
東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻

元素のミクロン領域でのイメージング手法としてマイクロPIXEがあるが、これは厚み方向に対して積分された2次元元素分布である。本研究では、マイクロPIXEとウェーブガイドを組み合わせ、X線検出器の視野を制限することにより深さ情報を取り入れることにより3次元元素分布測定法を開発した。

キーワード：マイクロPIXE、ウェーブガイド、3次元元素分析

1. 緒言 元素のミクロン領域でのイメージング手法としては、マイクロイオンビームと PIXE 分析法を組み合わせたマイクロ PIXE や、マイクロ放射光と蛍光 X 線分析を組み合わせたマイクロ放射光分析があり、医学・生物の分野で広く応用が進められている。しかしながら、どちらの場合も厚み方向に対して積分された2次元分布であるため、細胞のメタボリズムや有害金属との相互作用のメカニズムの解明には細胞レベルでの3次元元素分布の取得が必要不可欠である。このことを踏まえ、東北大学では、マイクロビームにより金属ターゲットを照射し、ミクロン X 線源として透過画像を取得する3次元ミクロン CT を開発し、細胞内の3次元の形態画像の取得を実現し、医学分野への応用を進めてきた。さらにマイクロ PIXE 分析と CT 技による術を組み合わせた PIXE-CT の開発が進めてきたが、これは一つの試料の分析に回転を伴う必要があるため、長時間を有するだけでなく、空間分解能の問題、エネルギー損失による断面積の変化の影響、X線収量の少なさからくる長い測定時間が問題である。そこで本研究では、細胞試料をミクロンの分解能で3次元全元素分析するために、ウェーブガイドを用いX線検出器の視野を制限し、スライスから発生したX線のみを集光する手法による3次元分布測定法（スライスマップ法）を開発する。スライスマップ法は、通常のマイクロ PIXE システムと X 線ウェーブガイドを組み合わせたもので、概念を下図に示す。ウェーブガイドにより、ウェーブガイドと平行な面内から発生した X 線のみが検出されるため、ビームの位置が深さ方向の情報を持つ2次元スライスマップが得られる。試料を移動し、各位置での2次元スライスマップを取得することにより、簡単に3次元マップを導出する事が可能となる。

2. 結果 実験は東北大学ダイナミトロン実験室のマイクロビーム分析システムにて行った。検出器は Si(Li) 検出器で、ビームラインに対して 135 度方向に取り付け、その前面にウェーブガイドを取り付けた。ウェーブガイドは、Si ウエハ製で $10\mu\text{m} \times 10\text{mm} \times 12\text{mm}$ （アワーズテック）である。臨界角は 10keV の X 線に対し 0.18° 程度である。テスト試料として、厚み 5 ミクロンのチタン箔を 100 ミクロンの間隔をあけて設置したものを用意し分析を行った。その結果、前面と後面の Ti 箔からの X 線がウェーブガイドと平行に、別の位置に検出され、深さ方向の情報を得ることができた。深さ分解能はおおよそ $60\mu\text{m}$ 程度であり、X 線の吸収により、後面からの X 線収量は半分程度に減少してしまうため、空間構造をもち、自己吸収の影響が少ない試料の分析には有効であると考えられる。



Shigeo Matsuyama, Yu Ueki, Shuhei Suzuki, Taisuke Hatakeyama, Kota Imaizumi, Mitsuhiro Fujiwara, Atsuki Terakawa
Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku University