

二次電子増倍管(CEM)を用いたビーム径測定システムの開発

Development of the Beam Detecting System Using Channel Electron Multiplier (CEM)

山田周平¹, 瀬木利夫¹, 青木学聡¹, 松尾二郎¹Kyoto Univ.¹, Shuhei Yamada¹, Toshio Seki¹, Takaaki Aoki¹, Jiro Matsuo¹

E-mail: yamada.shuhei.64v@st.kyoto-u.ac.jp

二次イオン質量分析法(Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS)とは、イオンを試料表面に照射することで放出される二次イオンを検出し、試料成分の質量分析を行う手法である。SIMS ではあらゆる元素を高感度、高空間分解能で分析できることから、半導体をはじめ、無機材料の表面解析などに応用されてきた。また、数百～数千の原子から構成された Argon gas cluster ion beam (Ar-GCIB)には、低損傷、高スパッタ率などの特徴を持つ。これらの特徴から、Ar-GCIB を一次プローブとして用いることによって、従来の SIMS では困難であった、分子構造を壊さずに有機物を分析することや、有機物の深さ方向分析が可能となった [1][2]。また、細胞などを質量イメージング分析するためには、ビーム径を1 μm 程度に集束する必要がある。これまで、Ar-GCIB SIMS での空間分解能は数 μm 程であったが、近年では集束専用のイオン源を用いることで、1 μm 程度まで集束することが可能となった。

本研究では、スキマー、アノード、引出電極と集束レンズの中心軸が一致するように設計された同軸型イオン源を、Quadrupole Time-of-Flight (Q-ToF)質量分析装置に接続し、ビーム集束実験を行った。ここで、ビームを集束させるために、ターゲット手前に取り付けられている可変アパーチャーを挿入するが、可変アパーチャーを通過したビームの電流値が小さいため、電流を直接計測して電流像を取得することができない。そのため、小さな電流のビームも計測できるように、Channel Electron Multiplier (CEM)を用いた小型ビーム検出装置を開発した。

図1に、今回開発したビーム径計測装置の概略図を示す。ターゲット部には、ナイフエッジが取り付けられており、それに対してディフレクターでビームを走査する。ナイフエッジに当たらずにターゲット部を透過したビームがSUSプレートに照射されると、表面から2次電子が放出される。放出された2次電子を、CEMで検出することで、ナイフエッジの2次電子像を取得する。この構造を用いることにより、SUSプレートの距離とCEMの距離を小さくすることができるため、二次電子の検出効率を向上させることができる。次に、図2にナイフエッジの2次電子像を示す。水平方向のビーム径を算出するためには、まず、ナイフエッジの2次電子像を取得し、水平方向に2次電子強度をプロファイルする。そして、得られた曲線をシグモイド曲線で近似し、立ち上りの長さをビーム径とする。垂直方向のビーム径についても同様に計算する。図2に示した場合では、ビーム径は水平方向が1.4 μm 、垂直方向が1.5 μm であることが分かった。今回の実験でQ-ToFと結合した同軸イオン源を用いることによって、ビーム径を約1 μm 程度まで集束することができた。これにより、集束したクラスタービームを実際の試料に照射し、高空間分解能で2次元質量イメージング測定を行う

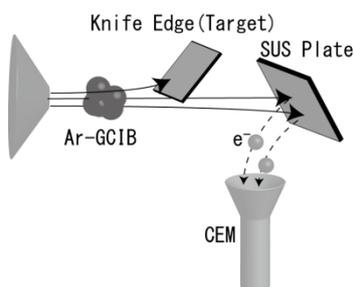


図1 ビーム径計測装置概略図

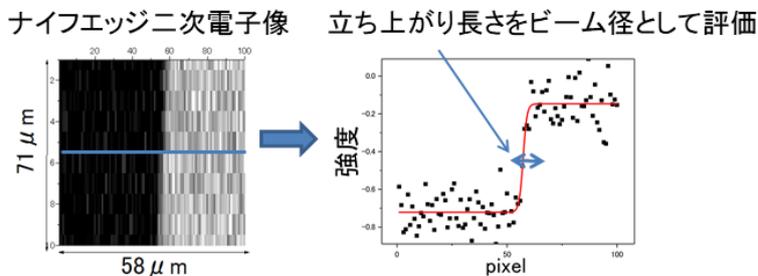


図2 ビーム径算出方法

- [1] S. Ninomiya, Y. Nakata, K. Ichiki, T. Seki, T. Aoki, J. Matsuo, Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B, 256, 493-496 (2007)
 [2] S. Ninomiya, K. Ichiki, H. Yamada, Y. Nakata, T. Seki, T. Aoki, J. Matsuo, Rapid Commun. Mass Spectrom., 23, 1601-1606 (2009)