

ガスクラスターイオンビームを用いた 有機材料の三次元質量イメージング技術の開発

Development of 3D molecular imaging technology for organic materials using gas cluster ion beam

京大院工¹ ○若本 恵佑¹, 中川 駿一郎¹, 瀬木 利夫¹, 青木 学聡¹, 松尾 二郎¹

Kyoto Univ.¹, Keisuke Wakamoto¹ Shunichirou Nakagawa¹, Toshio Seki¹, Takaaki Aoki¹,
Jiro Matsuo¹

E-mail: wakamoto.keisuke.76x@st.kyoto-u.ac.jp

近年新たなデバイスとして注目を集める有機半導体へのSIMSの適用が望まれている。ところが、一般に有機半導体へSIMSを適用することは難しいとされる。なぜなら、一般に有機材料はイオン衝撃に弱く化学結合が破壊されやすいからである。また深さ方向に分析することは、イオン照射によるエッチングよりも化学結合の破壊が進行してしまい、極めて難しいとされてきた。一方、ガスクラスターイオンビーム(GCIB)は、その非常に大きな質量電荷比に起因し、一原子あたりのエネルギーが小さく、従来の単原子イオンビームでは不可能な有機材料の分子構造を破壊しないエッチングが可能となる[1]。よって、GCIBを試料上複数位置に照射し、各点の試料表面から放出される二次イオンの質量分析をおこなうことで二次元質量イメージを得ることが可能である。さらにこれを深さ方向に重ねて、試料全体の分子分布情報を明らかにした、三次元質量イメージングを得ることが可能になると考えられる。実際に有機半導体材料として用いられているNPDと2TNATAからなる三次元構造の有機材料サンプルを作製し、GCIBを用いることでその三次元質量イメージングが可能であることはすでに実証している[2]。質量イメージングにおいて、明瞭な階調の像を得るためには、1画素あたりに約50個程度の二次分子イオン数が必要となる。ただし、三次元質量イメージングにおいて、二次分子イオンはpixelと二次元質量イメージを取得するのにエッチングされた深さを掛け合わせた、体積要素(voxel)から放出される。図1はNPD及び2TNATAにおいて1voxelあたり50個以上得られる条件をプロットしている。図1において、実証された三次元質量イメージ取得条件は、緑×印の箇所にあたる。図より、入射するビーム径が大きいと、二次分子イオンを50個獲得するのに最低必要なpixelより大きなpixelでイメージングしていることが示唆されており、入射するGCIBをさらに集束することが、高空間分解能な三次元質量イメージングにおいて必要となる。一般にレンズによるビーム集束では、レンズとターゲットまでの距離(WD: working distance)を短くし、光源を小さくすることで、さらなる集束が可能となる。我々のこれまでの研究そこでGCIBを引き出す開口径をφ100 μmからφ30 μmにし、二次イオン引き出し側のオリフィスに対して入射ビームの角度を45度から90度へ変更させ、WDを30 mmから10 mmへ短くする実験装置の改良をおこなった。この改良により、GCIBの集束は集束倍率が向上し、X方向のビーム径が、9.2 μm Y方向のビーム径が、5.3 μmの集束GCIBを形成した。この形成した集束GCIBを用いることで、より高空間分解能な三次元質量イメージングが実現可能となる。最終的にGCIBをさらに集束させ、ビーム径が2 μmで1イメージ取得するのに5 nm エッチングされる条件での三次元質量イメージングの実現を目指す。

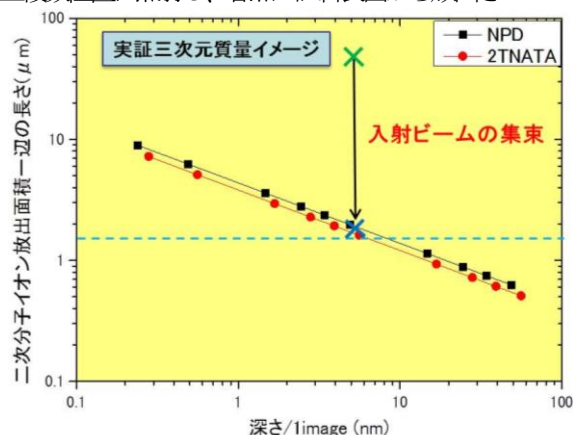


図1 深さ方向分解能と面方向分解能の関係

[1] S. Ninomiya, *Surf. Interface Anal.* 43 (2011)

[2] 若本也, 第61回応用物理学会春季学術講演会 17F4-P12 (2014)