

クラスターイオンビーム技術の新展開：半導体からソフトマテリアルまで
Recent Progress in Cluster Ion Beam: from Semiconductors to Soft Materials

京大院工¹, JST 先端計測², ○松尾 二郎^{1,2}

QSEC, Kyoto University¹, SENTAN JST², ○Jiro Matsuo

E-mail: matsuo.jiro.7s@kyoto-u.ac.jp

クラスターイオンビームは分子・原子の集合体からなるイオンビームであり、従来から広く用いられている単原子イオンビームが持つ様々な課題を克服する可能性を持っている。クラスターイオンの場合には多数の原子・分子が同時に同じ場所で衝突する、いわゆる多体衝突を起こすため、非線形照射効果（クラスター効果）と呼ばれる新しい現象が生じる。また、クラスターイオンビームは質量が大きいため速度が非常に遅く、等価的に低エネルギーのイオンビームでもある。さらに、クラスターを構成する原子・分子種を選ぶことにより表面で起こる化学反応を促進することも可能である。Yamada らは室温でも簡単に巨大クラスターを生成できるガスクラスターイオンビーム (GCIB: Gas Cluster Ion Beam) を開発し、大強度のクラスタービームの生成に初めて成功した[1]。これにより、非線形照射効果や低エネルギー効果など従来のイオンビーム技術にはない特徴を持つクラスターイオンビームを様々なプロセスに適用できるようになり、材料表面の改質や薄膜形成、さらには原子レベルの表面平坦化などに応用されている。

また、クラスターイオンは等価的に低エネルギー(<数 eV)であるため、有機分子の化学結合を切断することなく有機材料をスパッタリングできることから、表面分析法にも広く実用化されている[2]。特にガスクラスターをエッチングに用いることにより、これまで不可能と考えられてきた XPS や SIMS 法による化学結合状態や分子組成の深さ分析も実現され、いまや有機材料や有機デバイスの開発に欠かせないツールとして広く用いられている。さらに、化学的に活性なガスからなる中性ガスクラスターの持つ高い化学反応性を利用した新しい中性クラスタービーム技術も開発されている[3]。装置構成が簡単で低エネルギーでも大強度のビームを取り出すことができるため、MEMS などの高速・高異方性加工技術などとしても注目されている。

本講演では、クラスターイオンビーム技術の具体的な応用例を挙げてその特徴を紹介するとともに、今後の展望についても言及する。

[1] I. Yamada, J. Matsuo, N. Toyoda and A. Kirkpatrick: Sci. Eng., R34 (2001) 231.

[2] J. Matsuo, S. Torii, K. Yamauchi, K. Wakamoto, M. Kusakari, S. Nakagawa, M. Fujii, T. Aoki and T. Seki, Appl. Phys. Express 2014, 7, 56602

[3] K. Koike, Y. Yoshino, T. Senoo, T. Seki, S. Ninomiya, T. Aoki and J. Matsuo: Appl. Phys. Express, 3 (2010) 126501.