

## ビーム実験による原子層プロセス反応解析

### Surface Reaction Analyses for Atomic Scale Processing by Beam Experiments

阪大院工, ○唐橋 一浩, 伊藤 智子, 浜口 智志

Center for Atomic and Molecular Technologies, Graduate School of Engineering, Osaka Univ. ,

○Kazuhiro Karahashi, Tomoko Ito and Satoshi Hamaguchi

E-mail: [karahashi@ppl.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:karahashi@ppl.eng.osaka-u.ac.jp)

原子層レベルで制御可能なエッチング技術および薄膜堆積技術は、半導体デバイスの微細化のみならず三次元形状加工への期待から多くの研究が行われてきている。これらのプロセスは加工材料表面において原子層程度の厚さで自己停止する表面反応層形成過程およびエッチングもしくは堆積反応過程を繰り返すことにより実現している。主に表面反応層として利用しているのはハロゲン化層（塩化物、フッ化物）、酸化層、および有機分子吸着層があげられる。これらの反応層に対して低エネルギーイオン照射や熱励起もしくは他の反応種の吸着により誘起される化学反応を利用している。このため、下地材料に対する低損傷、高選択性を実現することが可能となる。しかしながら、このような原子層プロセスを実現している材料は限られている。今後、様々な材料に対する原子層プロセスの構築は多種多様な機能を持つ電子デバイスの実現のためには重要となり、表面層における化学反応を理解することは反応種の探索および反応プロセスの開発のためには不可欠である。反応種を独立に制御し表面に照射するビーム実験は、反応確率および反応生成物等を直接測定することが可能となり、表面反応を評価する有用な実験手法である。分子ビーム実験は 1970 年代より金属表面における触媒反応の研究に始まり、1980 年代後半からは半導体表面におけるハロゲン、酸素、水素等の原子・分子の反応研究に応用されており、その基礎データはエピ成長等の研究に利用されてきた。

現在、原子層プロセスの開発においては、主に以下の二つの課題がある。1) 異方性エッチングおよび選択堆積反応を可能な表面層のみの反応を誘起する指向性励起種の探索、2) 等方的反応である吸着有機分子の熱励起反応および配位子交換反応等における反応種の探索がある。指向性励起種とした低エネルギー電子・イオン、クラスターおよび準安定原子等が考えられるが、誘起される表面反応は励起種の運動エネルギーに依存し、基板材料に対する損傷を引き起こすため、エネルギー制御した詳細な反応の評価が必要となる。特に、プラズマを利用する場合は多くの活性種に表面が曝されるため、それぞれの活性種の反応性を定量的に把握することが必要となる。また、配位子交換等の表面反応を利用した磁性体などの金属エッチングの研究例は少なく、表面反応の評価は不足しており被材料に対する化学選択性に対する有機材料の選択指針を得られていない。そのため、分子ビームを用いた広範な有機分子に対する表面反応の評価が期待されている。

[1] Zaera, Francisco, Surf. Sci. Rep. 72 59 (2017)

[2] K. Karahashi, and S. Hamaguchi, J. Phys. D 47, 224008 (2014)