

最近のプラズマプロセスにおける原子・分子素過程 ー原子から生体高分子までー

白谷正治、古閑一憲、板垣奈穂、徐鉉雄

九州大

[研究室WebページURL (任意)] <http://plasma.ed.kyushu-u.ac.jp/>

低温プラズマは、LSIやディスプレイ駆動デバイスなどの作製に広く使用されてきた。LSIにおいては、デバイス寸法を縮小して集積度向上と高性能化を実現する第1世代スケールリング、新材料導入による等価スケールリングによる第2世代、さらにはデバイスの3次元集積と低消費電力化を同時に進める第3世代の”3D power scaling”に移行しつつある。これらの世代の進展にともない、プラズマプロセスは益々重要になっており、デバイスを作製するフロントエンドプロセスにおいては、70%以上でプラズマが使用するまでになっている。新規プロセスとして、原子層エッチング、原子層堆積、プラズマ異方性CVD、プラズマCMPなどの研究開発が進められている。新規プロセスには、新規原料やキャリアガスが使用されることが多く、原子・分子素過程に関する情報が求められている。スパッタリングなどの古くからあるプロセスにおいても、新材料への展開がなされている。筆者等は、酸窒化物材料のスパッタプロセスにおけるOとNの絶対密度と表面反応確率を測定している。

プラズマは、ガス変換においても大きな可能性を秘めている。筆者等は、CO₂のCH₄変換を、低温低圧条件で実現するためにプラズマを用いた研究を進めている。この研究は、火星から地球への帰還ロケット燃料であるCH₄を、火星大気中のCO₂から作る目的、および、地上では太陽光発電などの再生可能エネルギーの新しいエネルギー貯蔵法の開発を目的としている。このプロセスでは、CO₂の振動回転励起状態が重要な役割を果たすとされており、これらの状態分布の測定とシミュレーションが高効率ガス変換を実現する上で重要である。

近年、大気圧低温プラズマを医療・農業などへ応用する研究が盛んに行われている。気圧低温プラズマは、放射線などに比べて2-3桁高い活性酸素種、活性窒素種を、ダメージ無く照射出来る。医療・農業などへ応用では、プラズマ生成粒子が液相を介して、高分子や生体と相互作用することが多い。特に、H₂Oとその解離生成物・反応生成物が重要な役割を果たす。また、蛋白質などの高分子は、その構造が機能発現に大きく関わっている。プラズマ照射によりこのような生体高分子の構造が可逆的・不可逆的に変化することが、最近明らかにされた。原子からこのような高分子まで、様々な大きさの原子・分子素過程に関する情報が益々重要になっている。

講演では、最近のプラズマプロセスにおける原子・分子素過程の役割を、筆者等の研究例を中心に紹介する。

[1] K. Koga, et al., App. Phys. Express 9(2016) 016201.

[2] T. Kawasaki, et al., App. Phys. Express 9(2016)076202.

[3] P. Attri, et al., Scientific Reports 5(2015) 17781.

[講演者略歴] 白谷正治

九州大学工学部電気工学科卒業、工学博士(九州大学)、九州大学で一貫して教育と研究に従事。現在、九州大学・プラズマナノ界面工学センター長、九州大学教授。