

フルオロカーボンプラズマとアルゴンプラズマによる

SiO₂ 原子層エッチングの分子動力学シミュレーション

Molecular dynamics simulation of SiO₂ atomic layer etching by fluorocarbon plasmas and Ar plasmas

阪大工, ○(M2)岡田 裕貴, 磯部 倫郎, 浜口 智志

Osaka Univ., (M2) Yuki Okada, Michiro Isobe, and Satoshi Hamaguchi

E-mail: y-okada@ppl.eng.osaka-u.ac.jp

【背景】半導体デバイスは構造の微細化や複雑化が進んでおり、それに伴い、原子スケールでなおかつ高精度な加工技術が求められている。そこで注目されているのが原子層エッチング (Atomic layer etching) である。しかしながら、原子層エッチングの技術の確立には、基板表面の原子層における反応の解析とエッチングメカニズムの理解が必要不可欠である。本研究では、分子動力学シミュレーションにより、SiO₂ 等の絶縁膜に対し、低エネルギーでのフルオロカーボンイオンやアルゴンイオンを入射させ、表面原子層におけるエッチングプロセスの解析を行った。

【方法】本研究では、SiO₂ に対し低エネルギーでフルオロカーボンイオンを入射させる。この入射では SiO₂ はほとんどエッチングされず、表面層に SiO₂ とフルオロカーボンの混合層が形成される。そして、その後その混合層に対し、低エネルギーの Ar イオンを入射させることでエッチングを行った。しかしながら、このエッチングプロセスでは Si や O のスパッタ量が小さいため、このフルオロカーボンイオンの入射後に Ar イオンを入射するプロセスをひとつのサイクルとし、そのサイクルを複数回繰り返すことによってエッチングを行った。また 1 回のサイクルにおけるフルオロカーボンイオンや Ar イオンのドーズ量や入射エネルギー、サイクルの繰り返し回数に対して、様々な条件を設定し分子動力学(MD)シミュレーションを用いて複数回のサイクル計算を行った。そして求められた Si や O のスパッタ量の積算量などを解析し、原子層エッチングにおける表面原子層の反応プロセスの解明を行った。

【結果】Fig. 1 に、シミュレーションにより得られた SiO₂ 表面 $4.4 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ に、入射エネルギー 40 eV で CF₃⁺ イオンを 100 個入射し、その後 Ar⁺ イオンを同様に 40 eV で 700 個入射し、この計算サイクルを 5 回繰り返した際の Si および O のスパッタ量を示す。この条件下では、フルオロカーボンの除去が不十分であり、シリコンのエッチングが数サイクルごとに減少する。

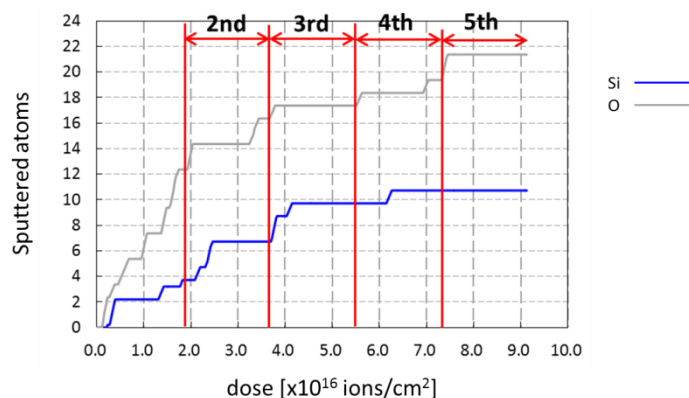


Fig. 1: MD simulation results of SiO₂ etching by several cycles of sequential injections of 40 eV CF₃⁺ ions and Ar⁺ ions. The accumulated numbers of sputtered Si and O atoms on a substrate area of $4.4 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ are plotted.