

中性粒子ビームエッチングプロセスの総合的シミュレーション

Total simulation of neutral beam etching processes

みずほ情報総研(株)¹, 数理システム², 東北大³

○ 渡辺尚貴¹, 大塚晋吾¹, 岩崎拓也¹, 小野耕平¹, 入江康郎¹, 望月俊輔², 久保田智広³, 寒川誠二³

Mizuho Information & Research Institute, Inc.¹, Numerical Systems², Tohoku University³

°N. Watanabe¹, S. Ohtsuka¹, T. Iwasaki¹, K. Ono¹, Y. Iriye¹,

S. Mochizuki², T. Kubota³, and S. Samukawa³

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

[はじめに] 中性粒子ビームプロセスは微細化・高度化する半導体デバイスや MEMS デバイスの製造プロセスとして非常に重要な技術である。ここでは中性粒子ビームプロセスの中でエッチングを取り上げ、中性粒子ビームの生成から入射角度・エネルギー分布や 3 次元エッチング形状までの全体を扱うシミュレーションを構築したので報告する。

[方法] プラズマ中で生成する正負イオンは、グラファイト製アパーチャプレートの表面に衝突することで高効率で中性化する。その中性化の過程は、時間依存密度汎関数理論を用いた第一原理計算により求めた。次に、イオンがアパーチャを通過するときのイオンの軌道や衝突によるエネルギー・入射角度分布の変化についてモンテカルロ法を用いて計算を行った。更に求められた中性粒子ビームのエネルギー・角度分布を用いて、シリコン基板に中性粒子ビームを照射した際の表面反応のモデリング及び計算を行った。最終的に、それらからエッチング形状を求め、実験と比較した。

[結果] 中性化過程の第一原理理論計算においては、正負イオンの中性化率の違いを再現することができた。電子移動のエネルギーの検討から、正イオンと負イオンで中性化メカニズムが異なることが示唆され、それにより中性化率の違いが生じたと考えられる。さらに、グラファイトにおける「自由電子的状態」が中性化に大きな役割を果たしている可能性が示された。次に、アパーチャを通過するイオン・中性粒子の軌道計算では、中性粒子ビームのエネルギー分布及び角度分布を求めることができた。最終的にはエッチング形状シミュレーションを行い、実験における微細エッチングパターンのエッチングレートのパターン幅依存性などをほぼ再現できる結果を得た。

[謝辞] この成果は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託業務の結果得られたものである。