

Si 系材料のフルオロカーボンプラズマ支援原子層エッチング

Fluorocarbon-Assisted Atomic Layer Etching for Si-Based Materials

名大院工¹, 日本エー・エス・エム², 名大未来社会創造機構³

○堤 隆嘉¹, 近藤 博基¹, 石川 健治¹, 関根 誠¹, 小林 伸好², 堀 勝³

Nagoya Univ. Eng.¹, ASM Japan K.K.², Nagoya Univ. Inst. Innovation for Future Society³,

○Tsutsumi Takayoshi¹, Hiroki Kondo¹, Kenji Ishikawa¹,

Makoto Sekine¹, Nobuyoshi Kobayashi², Masaru Hori³

E-mail: tsutsumi@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

フルオロカーボン(FC)プラズマを用いた Si 材料の原子層エッチングの研究はシミュレーションおよび実験の両面からおこなわれてきた。堀池らは吸着プロセスと脱離プロセスを異なるチャンバーで行うデジタルエッチングを提案した。[1] この手法はフッ素化 Si 表面を Ar イオン衝撃により脱離させるものであり、FC プラズマの照射時間を制御することで layer-by-layer でエッチングすることが可能である。我々は、プラズマプロセス装置と表面解析装置間を大気曝露せず搬送が可能な真空搬送シャトルを導入し、上記プロセスが Si 表面形態に及ぼす影響を原子スケールで観察した。その結果、FC プラズマ照射後では加熱処理により Si(111)-7×7 表面が修復するのに対して、FC プラズマ照射後 Ar イオン照射では加熱処理による修復はなかった。[2] つまり、Ar イオン照射により Si および F、C が混在する層が形成されたと考えられる。

SiO₂ の原子層エッチングとして Ar/C₄F₈ プラズマによるフルオロカーボン(FC)膜堆積プロセスと Ar イオン照射プロセスを同一装置で交互に行う手法が注目を浴びている。この手法では、Ar イオンにより、堆積した FC 膜の F 原子と SiO₂ の Si 原子との反応を引き起こし、揮発性の高い SiF_x を生成する一方で、C 原子は O 原子と反応し CO_x が生成され脱離する。しかし、余剰な C 原子は SiO₂ 上でカーボンリッチ膜を形成[3]するため、堆積させる FC 膜厚およびその均一性を原子スケールで制御する必要がある。これに加え、チャンバー内壁上に堆積した FC 膜は、1 サイクル当たりのエッチング速度 (EPC: Etch rate Per Cycle) を変化させる。我々は、Ar/C₄F₈ プラズマによる FC 膜の堆積および O₂ プラズマエッチングを提案した。[4] 酸素プラズマによる ALE は、SiO₂ と FC 膜との反応における余剰な炭素原子の除去だけではなく、チャンバー内壁を初期状態に保つ役割を果たしており、高い再現性を有した原子層エッチングプロセスが可能となる。

本講演では、上記で述べたフルオロカーボンプラズマ支援原子層エッチングの課題点を実験結果をふまえて議論する。

- [1] Y. Horiike, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A **8**, 1844 (1990). [2] T. Tsutsumi, *et al.*, 第65回応用物理学会春季学術講演会, 19p-C204-6, 2018 年. [3] D. Metzler, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A **32**, 020603 (2014). [4] T. Tsutsumi, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A **35**, 01A103 (2017).