

Si₃N₄ および Si の NF₃ / SF₆ 誘導結合プラズマ照射による

Self-limitation エッチングプロセス

Self-limitation etching process of Si₃N₄ and

Si using NF₃ / SF₆ inductively coupled plasma

山梨大・工¹, 東京エレクトロン(TTS)² ○(M2)小澤 一貴¹, 佐藤 哲也¹, 清水昭貴²

Univ. of Yamanashi Kazuki Ozawa¹, Tetsuya Sato¹, TELTS Shimizu Akitaka²

E-mail : g23tz003@yamanashi.ac.jp

【研究背景と目的】

半導体メモリデバイスの 2D から 3D 構造への移行に伴い高アスペクト比の等方性エッチングが求められている。具体的には高アスペクト比のホール・トレンチ形状に対して Top から Bottom にかけて同じエッチング量であることが望ましい。本研究ではこれらを達成するために反応生成物を利用した Self-limitation に着目し、ガスキミストリー・反応温度などのエッチングプロセスに関する基礎的な知見を得ることを目的とした。当研究室ではこれまで、低速電子照射による極低温下でのエッチング技術を用いて、従来の RIE(Reactive Ion Etching)に比べ基板表面へのダメージが少ない条件で Si₃N₄をエッチングできることを報告している^[1]。その際、反応生成物の AFS(Ammonium Hexafluorosilicate : (NH₄)SiF₆) が電子衝撃で分解されるため、低温下でもエッチングが進行することを明らかにしている。今回、Si₃N₄および Si 基板に対し、NF₃および SF₆誘導結合プラズマ照射による等方性的エッチングを行い、エッチングレートの温度依存性を調査した。

【実験】

超高真空中にて、極低温 He 冷凍を用いて基板 (Si₃N₄, poly-Si) を任意の温度 (240K~330K) に設定し、NF₃ および SF₆ または NF₃+H₂ および SF₆+H₂ 誘導結合プラズマを 1 分間照射しエッチングを行った。放電停止後、FT-IR (Bruker IFS-66v/s) および分光エリプソメトリー (SE : J.A.Woollam, M-2000) のその場・実時間観察を行った。SE の光学モデルは 2 層 (反応生成物の堆積層を Cauchy モデルとしエッチングレートを算出した。

【結果と考察】

SE による膜厚の時間変化を図 1 に示す。初期の 0~2 分間ではエッチングが進んでいるが、3 分以降では堆積物の増加が顕著である。いずれの実験条件においても初期の数分間はエッチングが進行した。ガス及び基板に N、H、F が含まれる条件において時間経過とともに反応生成物の堆積が顕著になり、エッチングが停止した。低温の条件ほど、反応生成物が揮発し難いため堆積が顕著になったと考えられる。

FT-IR による観察の結果、Si、N、F、H を含む条件において、N-H 結合のピークと Si-F 結合に由来するスペクトルが観察され、プラズマ照射とともにこれらピーク強度は増大した。反応生成物の AFS もしくはフッ化アンモニウムがエッチング反応の進行とともに基板上に堆積していったと考えられる。N-H 結合のピークは NF₃ を使用した場合より明瞭に表れた。SiN 基板を SF₆ または SF₆+H₂ にてエッチングした場合、N-H 結合のピーク強度は小さいもののエッチングは停止したことから、AFS/フッ化アンモニウムの反応生成物の表面被覆は、エッチングの抑制効果が大きいと推測される。

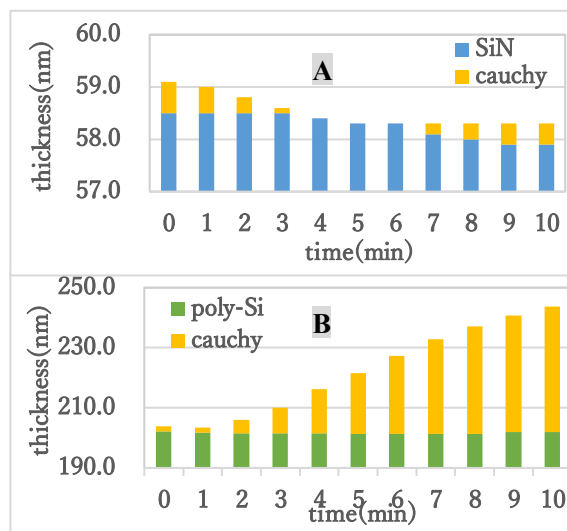


Fig.1 Etching time dependence of film thickness

A) Si₃N₄ ; SF₆ +H₂ T_{sub}=240K,

B) poly-Si ; NF₃+H₂, T_{sub}= 240K

引用文献

[1] 小澤一貴他, “NF₃ および SF₆ 凝縮層の電子励起による Si₃N₄ のクライオエッチング” 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24p-P09-8(2024).