

MD シミュレーションを用いた水素による SiN エッチングの表面反応解析

Surface Reaction Analysis of SiN Etching with Hydrogen Radicals using MD Simulation

日立研開¹, 阪大工² ○菅野量子¹, 磯部倫郎² 浜口智志²

Hitachi R&D Group¹, Osaka Univ.², Ryoko Sugano¹, Michiro Isobe², and Satoshi Hamaguchi²

E-mail: ryoko.sugano.qq@hitachi.com

高機能デバイスの作製プロセスでは、原子層レベルの制御性をもつエッチング技術が必要となる。報告者らはこれまでに、SiN 膜の原子層レベルエッチングの反応メカニズムを解析するため、閾値以下の低エネルギー入射粒子を取り扱う分子動力学 (MD) シミュレーションを構築した[1, 2, 3]。H ラジカル吸着後の SiN 表面に低エネルギー CF₃ イオンを入射する系を解析した結果、吸着水素が過剰な状態では、CF₃ イオンはポリマー堆積だけでなく、エッチング反応へのエネルギー供給に寄与することを明らかにした[2, 3]。つまり、低エネルギーイオンであっても、H ラジカルとの同時入射により SiN エッチングを実現できる可能性を見出した。そこで本研究では、H ラジカルの表面反応をさらに詳細に解析するため、CF₃ イオンの代わりに反応性のない Ar イオンを用いた。また、Fig. 1 で示すように、(a) H と (b) Ar のそれぞれのパルス照射を取り扱うことで、吸着水素の枯渇による過渡状態を MD シミュレーションにより解析した。パルス幅は Ar イオン入射数を 200 個とした。これはイオン電流が 1 mA/cm² sec の時、約 1 sec に相当する。

入射粒子のパルス照射に同期したエッチングイールドを Fig. 2 に示す。H ラジカルをパルス照射した場合 (Fig. 2(a))、H ラジカルと Ar イオンを同時照射するフェーズ (I-1, II-1) ではエッチングが進行するが、H ラジカル入射がないフェーズ (I-2) では吸着水素が枯渇するためエッチングは生じない。一方、Ar イオンをパルス照射した場合 (Fig. 2(b))、Ar イオン入射がオフになり十分なエネルギー供給がないフェーズ (I-2) であっても、エッチングが進行し、図中の矢印のように徐々に減少する結果を得た。過去の解析より、清浄で平坦な SiN 表面に対しては H ラジカル照射だけではエッチングされないことが分かっている。それに対して、今回の結果から、エッチング起因の表面ラフネスが、H ラジカル照射のみでのエッチングに寄与している傾向が確認できた。発表では H ラジカル照射によるエッチング前駆体形成と表面ラフネスの関連について述べる。

[1] K. Miyake, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53 03DD02 (2014)

[2] 菅野 他、第 77 回応用物理学会学術講演会予稿集 13a-B9-4 (2016).

[3] R. Sugano, M. Isobe and S. Hamaguchi, Proceedings of International Symposium on Dry Process. P-29 (2016)

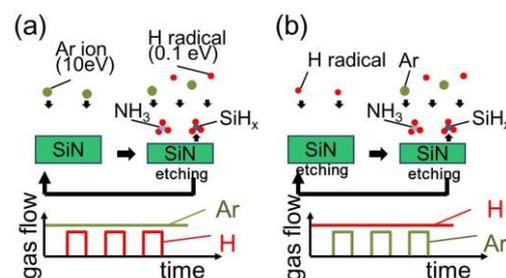


Fig. 1 Schematic diagram of SiN Etching using irradiation of Ar ions and H radicals. (a): Ar ion irradiation with pulse of H radical. (b): H radical irradiation with pulse of Ar ion.

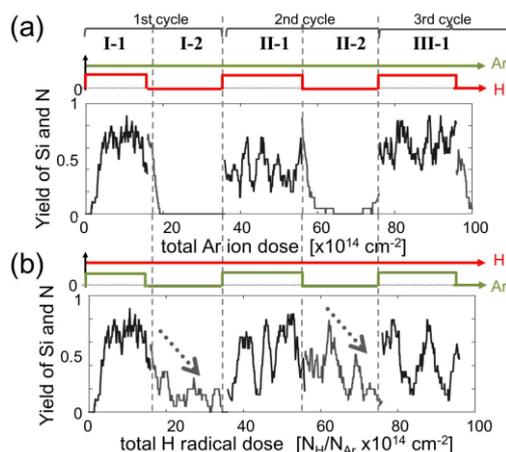


Fig. 2 Etching yield as a function of accumulated impact dose at the flux ratio of H radical to Ar ion $N_H/N_{Ar}=100$. (a): Ar irradiation with pulse of H radical. (b): H radical irradiation with pulse of Ar.