

## 中性粒子ビーム励起錯体反応を用いた CoFeB エッチング

CoFeB etching using neutral beam enhanced complex reaction

東北大学流体研<sup>1</sup>、東京エレクトロン(株)<sup>2</sup>、東北大学 WPI-AIMR<sup>3</sup>

久保田智広<sup>1</sup>、美山遼<sup>2</sup>、菊地良幸<sup>2</sup>、寒川誠二<sup>1,3</sup>

Inst. Fluid Sci., Tohoku Univ.<sup>1</sup>, Tokyo Electron Ltd.<sup>2</sup>, WPI-AIMR, Tohoku Univ.<sup>3</sup>,

Tomohiro Kubota<sup>1</sup>, Ryo Miyama<sup>2</sup>, Yoshiyuki Kikuchi<sup>2</sup>, and Seiji Samukawa<sup>1,3</sup>

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

[背景] 遷移金属（特に磁性材料）の異方性エッチングプロセスは、高速な不揮発性メモリである磁気抵抗メモリ（Magnetoresistive RAM, MRAM）の実用化のために極めて重要である。ハロゲン系プラズマを用いたエッチングでは生成物（遷移金属ハロゲン化物）の揮発性が十分でないためエッチングが困難である。遷移金属錯体を生成できればエッチングが可能と考えられるが、遷移金属と結合し錯体を形成するための有機分子はプラズマ中で分解されてしまうため、通常のプラズマでは実現が難しい。そこで、プラズマから方向性と運動エネルギーを持った粒子を引き出して照射する中性粒子ビーム装置を用いることで、有機分子をプラズマにさらさずに表面に供給しつつ中性粒子ビームを照射しエッチングを行うことができる。我々は、このコンセプトに基づき MRAM に用いられている CoFeB のエッチングを実現したので報告する。

[実験] CoFeB 薄膜サンプルを中性粒子ビーム装置に導入し、有機分子（エタノール、酢酸）を薄膜表面に供給しながら、酸素+アルゴン中性粒子ビームを照射した。照射時には 600kHz の RF バイアスを中性粒子ビーム装置の中性化用アパーチャプレートに印加することでビームエネルギーの制御を行った。また、遷移金属酸化物と有機分子が反応することで、遷移金属と有機分子で構成される錯体が生成することでエッチングが起こると想定し、密度汎関数法を用いて反応エネルギーを計算した。計算では、予備的な検討として鉄のエッチングを扱った。酸素+アルゴン中性粒子ビーム照射後の XPS 測定結果から、表面の鉄は 3 価の酸化物 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) になっていると考え、表面と有機分子 RH ( $\text{R}=\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$  または  $\text{R}=\text{CH}_3\text{COO}$ ) から錯体  $\text{FeR}_3$  が生成するエッチング反応を想定し、その反応熱を計算した。

[結果] 有機分子（エタノールまたは酢酸）の供給を行わずに、酸素・アルゴン中性粒子ビームのみを照射したところ、図 1（左）に示すようにエッチングはほとんど起こらなかった。一方、有機分子として酢酸を供給した場合、図 1（右）に示すようにエッチレートの大幅な向上が見られた。これは、熱運動程度の運動エネルギーを持つ酢酸の導入によるものであり、スパッタではなく化学的な効果、すなわち遷移金属錯体生成によるものと考えられる。一方、有機分子としてエタノールを導入した場合、エッチレート向上は見られなかった。

理論計算により、有機分子と鉄の遷移金属錯体が生成しエッチングする反応の反応熱を計算したところ、有機分子として酢酸を用いた場合には -2.0eV と大きな負の値（発熱反応）となり、エッチングが起こった実験事実と矛盾しない結果となった。一方、エタノールを用いた場合は錯体分子 1 個あたり約 -0.7eV と小さな負の値となり、酢酸よりも反応が起こりにくいと予想される結果となった。

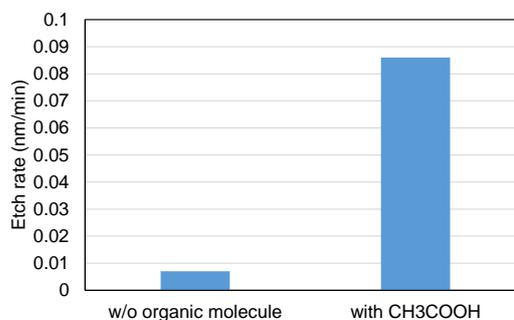


Fig. 1. Etch rate of CoFeB by Ar+O<sub>2</sub> neutral beam with and without organic molecule.