

磁場印加角度のマイクロ波アシスト磁化反転への影響

菊池伸明, 岡本聡
(東北大)

Field angle effect on microwave assisted magnetization switching

N. Kikuchi, S. Okamoto
(Tohoku Univ.)

はじめに

マイクロ波アシスト磁気記録 (Microwave Assisted Magnetic Recording: MAMR) の発展のためには、マイクロ波磁場下での反転挙動の理解が重要である。我々のグループではこれまでに、Co/Pt 多層膜ドット[1]やCoCrPt グラニューラー薄膜[2]を用いてマイクロ波アシスト磁化反転実験を行い、その挙動を明らかにしてきた。実験では、マイクロ波磁場の印加に基板上に作製したコプレナー線路を用いているため、試料位置でのマイクロ波磁場の印加方向は膜面内に限られる。その一方、MAMRにおいては記録ヘッドにスピントルク発振器を組み込んでマイクロ波磁場を発生させるため、書き込み磁場とマイクロ波磁場の印加方向は時間と場所様々に変化する。本研究では、Landau-Lifshitz-Gilbert(LLG)方程式に基づいた数値計算を行い、反転磁場にマイクロ波磁場の印加方向が及ぼす影響について調べた。

計算方法および結果

計算は一軸性の磁気異方性を持つマクロスピンを仮定して行った。磁化容易軸方向は z 軸に平行とし、異方性磁界 H_k の大きさは 20kOe 、温度 $T = 0\text{ K}$ とした。直流およびマイクロ波磁場の印加方向は図1に示す配置とした。 $-z$ 方向に飽和させた磁化 \mathbf{M} に対し、 x - z 平面内で x 軸と角度 θ_{dc} をなす直流磁場 \mathbf{H}_{dc} 、 z 軸と角度 θ_{rf} 、方位角 φ_{rf} であるベクトル \mathbf{n}_{rf} の周りを周波数 f_{rf} で回転する大きさ 1kOe のマイクロ波磁場 \mathbf{H}_{rf} を印加した。印加する直流磁場の大きさを 2kOe/ns で変化させ、反転に必要な直流磁場の大きさ H_{sw} を求めた。なお、計算はフリーの GPGPU ソフトウェアである Mumax3[3]を用いた。

図2に、反転磁場 H_{sw} の直流磁場の θ_{dc} 依存性を、周波数 $f_{rf} = 16\text{--}40\text{ GHz}$ について示す。破線はマイクロ波磁場がない場合の反転磁場である。マイクロ波磁場の印加角度は $\theta_{rf} = \varphi_{rf} = 0$ とした。 $\theta_{dc} = 0$ では、 $f_{rf} = 16\text{ GHz}$ 以上の周波数ではアシスト効果が消失しており、解析計算から得られる臨界周波数 (16.6 GHz) の結果ともよく一致する。一方で、 $\theta_{dc} = 10^\circ$ 程度のわずかな直流磁場の傾きにより臨界周波数以上でもアシスト効果が発現し、また、得られるアシスト効果は周波数に伴って大きくなるのが分かった。この結果は、マイクロ波アシスト効果の最適化には磁場の印加角度の制御が重要であることを示唆するものである。

参考文献

- 1) S. Okamoto *et al*, Phys. Rev. Lett. **109**, 237209 (2012).
- 2) N. Kikuchi *et al*, J. Appl. Phys. **126**, 83908 (2019).
- 3) A. Vansteenkiste *et al*, AIP advances **4**, 107133 (2014).

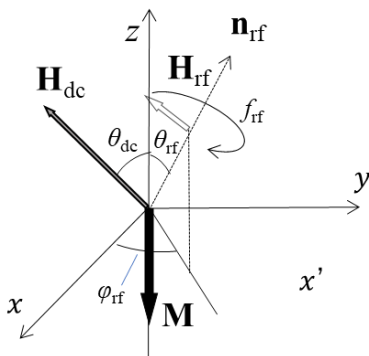


図1 計算に用いた座標系

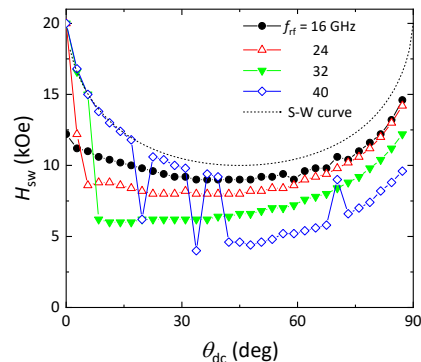


図2 反転磁場の θ_{dc} 依存性