

# LLG 方程式を用いた磁化反転時間と磁化反転確率の計算

秋田谷尚紀, 村岡裕明, Simon Greaves

東北大学電気通信研究所

Calculation of Magnetization Reversal Times and Probabilities Using the LLG Equation

Naoki Akitaya, Hiroaki Muraoka, Simon Greaves

RIEC, Tohoku University

## まえがき

ハードディスクドライブ(HDD)の大容量化に伴い, 転送レートの向上も求められている. すでに HDD の転送レートは 1Gbps を超えており, これ以上の向上には記録磁化の反転時間を検討しておく必要がある. 磁化反転時間はダンピング定数に大きく依存するが, HDD の記録媒体のダンピング定数は 0.01 から 0.05 と小さいため, 反転が安定するのに時間がかかり, 歳差運動も激しい. そこで, ダンピング定数の磁化反転時間依存性についてマイクロマグネティックシミュレーションにより調べる.

## 計算方法

ここでは LLG 方程式によるシミュレーション[1]を行った. 最初に直方体の粒子をモデリングし, ダンピング定数を変化させて磁化反転時間を計算した. ダンピング定数は 0.01 から 0.1 まで変化した. 主な計算条件を表 1 に示す. 次に, 同じモデルで初期状態が上向き磁化に短時間だけ下向きの磁界パルスを印加し, 印加が終了してから上下どちらに収束するかを調べて, 磁界パルス印加したときの反転確率についてシミュレーションを行った.

Table.1 Calculation Conditions

モデル	7 nm × 7 nm × 10 nm
異方性磁界定数	$5.0 \times 10^6$ erg/cm <sup>3</sup>
飽和磁化	500 emu/cm <sup>3</sup>
印加磁界	20 kOe
印加磁界の角度	30 degree
温度	4.2 K

## 結果と考察

Fig.1 にダンピング定数の大きさによる反転時間への影響を示す. ダンピング定数が小さくなると反転時間が長くなった. 特に, HDD で使われている記録媒体のダンピング定数である 0.01 から 0.05 までの反転時間の増加が著しく, 0.01 のときには約 500 ps と非常に長くなった.

Fig.2 にダンピング定数が 0.01 のときの磁界パルスによる反転確率を示す. 横軸が印加した時間, 縦軸が反転確率となっている. Fig.1 からダンピング定数が 0.01 のときの反転時間は約 500 ps となっているが, Fig.2 では 300 ps 以下の領域でも粒子が反転している. これは, 印加磁界に角度があることから容易軸方向にも振動しながら歳差運動しているため, 磁化が下向きを向いているときに印加磁界がなくなるとそのまま下向きに収束し, 短時間の磁界パルスでも反転できたと考えられる.

以上より, 斜めに磁界パルス印加することでダンピング定数が小さい媒体でも反転時間を短くすることができる.

## 参考文献

- 1) S.Greaves, "Micromagnetic Simulations of Magnetic Recording Media", High Performance Computing on Vector Systems 2007, pp.229-244(2008)

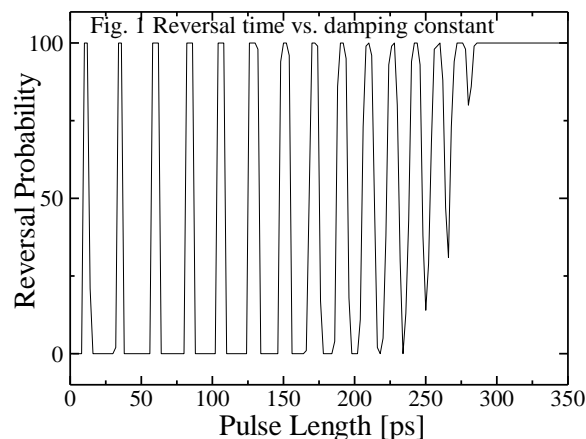
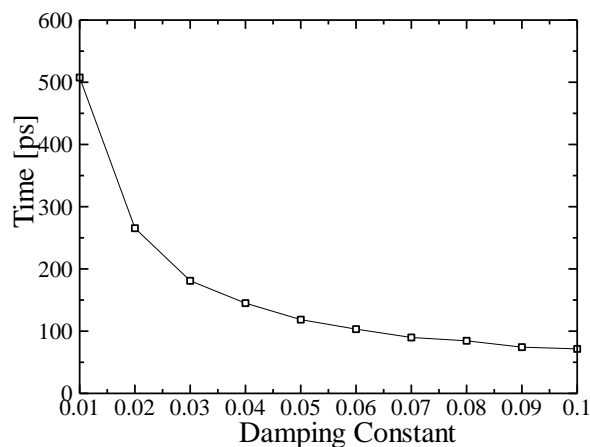


Fig. 2 Reversal probability vs. pulse length