

サブナノ秒パルス磁場を用いた非線形磁化ダイナミクスの時間分解測定

北島直人^A, 岡野元基^A, 能崎幸雄^{A,B}
(慶應理工^A, 慶大スピノン研^B)

Time-resolved measurement on nonlinear magnetization dynamics
using sub-nanosecond wide impulse field

N. Kitajima^A, G. Okano^A and Y. Nozaki^{A,B}

(^ADept. of Phys. Keio Univ., ^BKeio Spintronics Center)

はじめに

近年、磁気記録媒体の急速な発展に伴いデジタルデータを記録する技術は精力的に研究され、そのひとつとしてマイクロ波アシスト磁化反転(MAMR)が挙げられる。従来の研究ではマイクロ波磁場強度を大きくし、磁化のポテンシャルエネルギーが十分励起された状態で行われてきたが、強度が小さく反転に至らない領域(不安定領域[1])を調べた報告は少ない。不安定領域を調べる手段として Cooperative Switching 法(CS 法[2])が挙げられる。CS 法の原理図を Fig.1 に示す。マイクロ波磁場強度が不十分な場合、反転を妨げるポテンシャル障壁 ΔE が存在する。そこにパルス磁場を重畳印加するとポテンシャルエネルギーの概形が変化し、磁化反転する。反転に至ったときのパルス磁場強度はポテンシャル障壁に対応していることからパルス磁場印加タイミングを変えることでポテンシャル障壁の時間発展を測定することができる。Okano ら[2]はこの手法を用いることで不安定領域において磁化の歳差運動角が不連続に増加する境界があることを示した。そこで我々はパルス磁場印加タイミングを変えて測定を行い、不安定領域における歳差運動角の時間発展を測定した。

実験方法

表面酸化 Si 基板に超高真空蒸着器及び EB 描画装置を用いて Ti(5 nm)/Au(60 nm)からなるコプレーナ線路(信号線幅 1 μm)を成膜した。その後同様の手法でコプレーナ線路上に細線状の $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (Py)を 60 nm 成膜した。細線の長手方向に直流磁場を印加し磁化を飽和させた後、磁化と反平行に印加した状態で FMR 測定を行い、共鳴周波数を調べた。磁化反転が起きると共鳴周波数が不連続に変化することから直流磁場を変えて共鳴周波数を測定し、磁化反転磁場を測定した。磁化反転磁場がマイクロ波やマイクロ波とパルスを重畳した波形を印加した場合にどのように変化するか調べた。

実験結果

MAMR の周波数依存性及び強度依存性から不安定領域を特定した。さらにパルス磁場を重畳した波形を用いて測定を行った。Fig.2 は重畳波形の一例でオシロスコープの表示である。当日は重畳波形のパルス磁場印加タイミングを変えた測定結果を用いて不安定領域における歳差運動角の時間発展を論じる。

参考文献

- 1) G. Bertotti *et al.*, *J.Appl.Phys.* **105**,07B712(2009).
- 2) G. Okano *et al.*, *Phys. Rev. B* **97**,014435(2018)

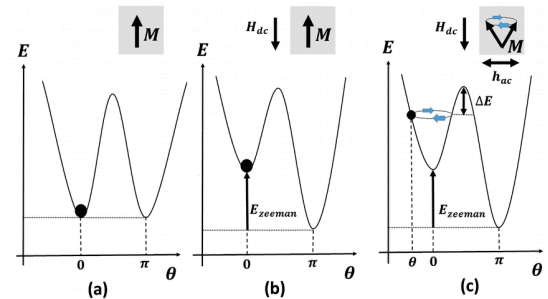


Fig. 1: Schematic view of the CS method. Theta denote the magnetization angle mesured from initial state and E denote the potential energy. When we applied no external field, 2satate is degenerate. When applied dc-field, degeneracy is resolved and microwave is applied, magnetization begin precession. But, magnetization switching is disturbed by the potential barrier(ΔE), so applying pulse field, we can realize magnetization switching. Pulse amplitude correspond to ΔE , so we can estimate precessional angle through pulse field.

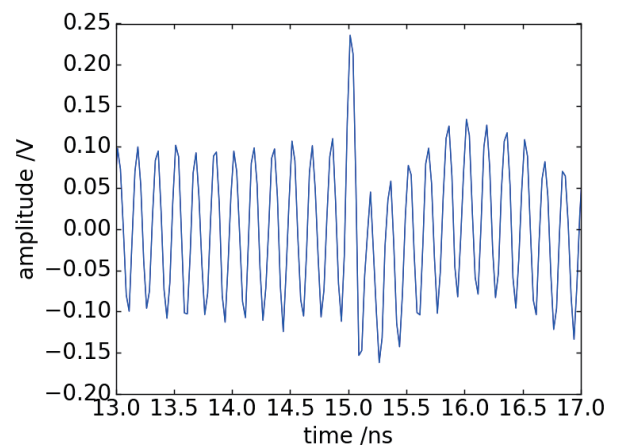


Fig. 2: Wave form of microwave combined with subnanosecond impulse field. Microwave frequency is 5 GHz and duration time is 15 ns. Pulse field is 100ps and the intensity ratio is 1:3.