

周波数ドメインにおける磁化動特性測定用 Kerr 顕微鏡の開発

田丸慎吾、久保田均、薬師寺啓、福島章雄、湯浅新治
(産総研 ナノスピントロニクス研究センター)

Development of Kerr microscopy for the observation of magnetization dynamics in frequency domain

S. Tamaru, H. Kubota, K. Yakushiji, A. Fukushima, S. Yuasa
(AIST, Spintronics Research Center)

はじめに

微小な磁性体を用いた高周波デバイスの研究を行う上で、磁化の動的挙動を広帯域にわたって、高い空間分解能で測定する事は極めて重要である。この目的には、これまで Micro Focus-Brillouin Light Scattering (MF-BLS)[1]や Time Resolved-Scanning Kerr Effect Microscopy (TR-SKEM)[2]が使われてきているが、MF-BLS は入射光の弾性散乱の為、GHz より低い周波数の測定が困難であり、また TR-SKEM は多くの振動モードを一度に励起してしまうなど、それぞれ一長一短ある。我々は、広帯域、高空間分解能で磁化動特性を測定するため、TR-SKEM を発展させ、単一周波数の連続マイクロ波で興味あるモードを選択的に励起し、それによって生じたスピン波を Kerr 効果を用いて検出する、Spatially Resolved Ferromagnetic Resonance-Scanning Kerr Effect Microscopy (SRFMR-SKEM)という手法を開発した。[3,4]

実験方法及び結果

図1にSRFMR-SKEMのブロック図を示す。半導体レーザーは10 MHzの基準クロックに同期して波長408 nm、半値幅約20 ps のパルス光を発生する。またマイクロ波発振器も基準クロックに位相同期した8 GHzのマイクロ波を発生する。このマイクロ波に伴う高周波磁場が磁性膜に印加され、スピン波が励起される。パルス光はマイクロ波の決まった位相タイミングで磁性膜を照射し、反射光はその時点における磁化を反映するKerr回転を示す。低周波パルスによってマイクロ波は180度位相変調され、パルス光の入射タイミングは周期的に反位相に切り替えられる。よってフォトディテクタ出力を変調周波数に同期してロックイン増幅する事により、高感度でスピン波の複素振幅が得られる。試料をスキャンしながらこの測定を繰り返す事により、スピン波の空間分布を測定する事が出来る。

図2(a)に試料の構造を示す。この試料では、100 nm厚のパーマロイ(Py)膜が100 μm四方の正方形に微細加工され、その下に平面導波路(CPW)が作りこまれている。このCPWにマイクロ波が流れ、Py膜中にスピン波が発生する。

図2(b)に520 Oeのバイアス磁場中で励起されたスピン波の振幅と位相の1次元分布を示す。位相分布よりその波長は約15 μmである事がわかる。今回用いたPy膜の幅は減衰定数よりも広いので、中心付近で励起されたスピン波が、両側に伝搬しつつ指数関数的に減衰し、Py膜の端に到達する頃にはかなり弱くなる。その為CPW近傍では振幅が単調に減衰し、両端近傍でのみ進行波と反射波の干渉が見えている。講演では、この測定手法の詳細及び、磁場や試料形状等を変えた際の磁化動特性の測定結果について報告する。

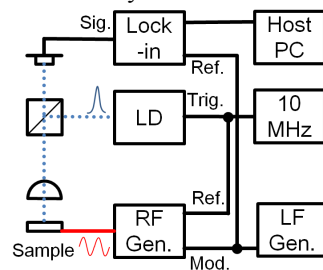


図1 SRFMR-SKEMブロック図

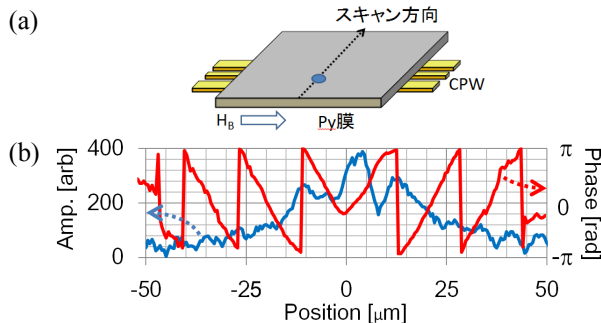


図2(a) 試料の構造、(b) 図2(a)の線上で観測されたスピン波の振幅(青線)と位相(赤線)の1次元分布

参考文献

- 1) A. A. Serga et al., Appl. Phys. Lett. 89, 063506 (2006)
- 2) W. K. Hiebert et al., Phys. Rev. Lett. 79, 1134 (1997)
- 3) S. Tamaru et al., J. Appl. Phys. 91, 8034 (2002)
- 4) S. Tamaru et al., Phys. Rev. B 70, 104416 (2004)

謝辞

本研究は、JST 戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)「3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発」の支援によって行われた。