

## 銀/ビスマス界面を伴うパーマロイ薄膜の磁化ダイナミクス

富田知志, 妹尾駿一, 加藤剛志\*, 大島大輝\*, 岩田聡\*, 細糸信好, 柳久雄  
(奈良先端大, \*名古屋大)

Magnetization dynamics of permalloy thin films with silver/bismuth interfaces  
S. Tomita, S. Seno, T. Kato\*, D. Oshima\*, S. Iwata\*, N. Hosoito, and H. Yanagi  
(NAIST, \*Nagoya Univ.)

## 1 はじめに

前回我々は銀 (Ag) /ビスマス (Bi) 二層膜上に形成されたパーマロイ (Py) 薄膜の縦 Kerr 効果が、近赤外領域で増強されることを報告した<sup>1)</sup>。Ag/Bi 界面では大きな Rashba 型スピン軌道相互作用 (SOI) が期待される。そして Py 膜でのスピンポンピングによって生成されたスピン流が、Ag/Bi 界面での Rashba 型 SOI によって電荷流に変換される逆 Edelstein 効果も報告されている<sup>2)</sup>。このような Rashba 型 SOI が存在する系での Py の磁化ダイナミクスは興味深い<sup>3)</sup>が、実験的にはあまり調べられていない。そこで今回我々は時間分解磁気光学 Kerr 効果 (TRMOKE) 法を用いて、Py/Ag/Bi 三層膜での磁化のダイナミクスを調べる。特にギルバートダンピング ( $\alpha$ ) の Bi 膜厚依存性に着目する。

## 2 実験方法

多元パタリング法を用いて Si(100) 基板上に多層膜を作製する。Bi を  $x$  nm 成膜したのち、Ag を 5 nm、Py を 30 nm の順に成膜する。 $x$  は 0-40nm の範囲で変化させる。最後に保護膜として窒化シリコンを 40 nm 堆積する。比較のために、Ag を抜いた Py/Bi 二層膜も作製する。ポンプ・プローブ法による TRMOKE 測定には、中心波長 1064 nm、繰り返し周波数 100 kHz、パルス幅 500 fs のファイバレーザをポンプ光源に用いる。プローブパルスには第二高調波を利用する。外部直流磁場は試料面直から 40° 傾けて、最大で 14 kOe を印加する。

TRMOKE 測定ではポンパルスによる消磁から、磁化が歳差運動とともに復元していく過程を時間領域で観測できる。時間波形を減衰振動  $\exp(-t/\tau)\sin 2\pi ft$  でフィッティングして、歳差運動の周波数  $f$  と減衰時間  $\tau$  を得る。印加磁場の強度 ( $H_{\text{ext}}$ ) を変えて、異なる  $f$  での歳差運動を調べる。そして  $H_{\text{ext}}$  に対する  $f$  のプロットから  $g$  値が得られる。さらに  $f$  に対する  $1/\tau$  のプロットから、異方性分散と  $\alpha$  を実験的に見積もることができる。

## 3 結果および考察

Fig. 1 に  $\alpha$  の Bi 膜厚依存性を示す。赤四角が Py/Ag/Bi での結果を、青丸が対照試料の Py/Bi での結果を表す。Py/Bi では、Bi 膜を 0nm から 40nm まで厚くすると、 $\alpha$  が徐々に増加する。これは元々 Bi 原子は SOI が大きく、Bi 膜がスピンシンクとして働く<sup>4)</sup>と考えると妥当である。すなわちポンプ光によって Py に誘起された磁化の歳差運動により、スピン流が生成され、それが Bi 膜に吸い込まれると考えれば良い。一方、赤四角で示すように Ag 層を挿入すると、 $\alpha$  は Bi 膜厚 20nm で極大を持ち、その後は減少に転ずる。Ag 層が無い場合に比べて、Py30nm/Ag5nm/Bi30nm では約半分の  $\alpha$  しかない。これは通常のスピンポンピングのみでは説明できない。なお  $g$  値と異方性分散は、Ag の有り/無しに関わらず同じような振る舞いをすることがわかっている。当日は Ag が挿入された Py/Ag/Bi 三層膜での  $\alpha$  の変化のメカニズムについて議論する。本研究の一部は科研費 (16K04881) 及び名古屋大学微細加工 PF の支援を受けて行われた。

## References

- 1) P. Riego, S. Tomita, K. Murakami, T. Kodama, N. Hosoito, H. Yanagi and A. Berger, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **50**, 19LT01 (2017).
- 2) J. C. Rojas Sánchez, L. Vila, G. Desfonds, S. Gambarelli, J. P. Attané, J. M. De Teresa, C. Magén and A. Fert, *Nature Commun.* **4**, 2944 (2013).
- 3) M. B. Jungfleisch, W. Zhang, J. Sklenar, W. Jiang, J. E. Pearson, J. B. Ketterson and A. Hoffmann, *Phys. Rev. B.* **93**, 224419 (2016).
- 4) D. Hou, Z. Qiu, K. Harii, Y. Kajiwara, K. Uchida, Y. Fujikawa, H. Nakayama, T. Yoshino, T. An, K. Ando, X. Jin and E. Saitoh, *Appl. Phys. Lett.* **101** 042403 (2012).

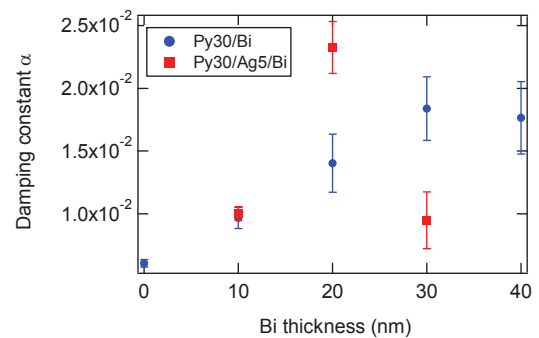


Fig. 1 Gilbert damping  $\alpha$  is plotted as a function of Bi-layer thickness. Blue circles and red squares correspond to Py/Bi and Py/Ag/Bi samples, respectively.