

# 外部印加磁界によるパーマロイ細線中の定在スピンの制御

今村謙汰, 牙暁瑞, 大藪周平, 田中輝光, 松山公秀  
(九州大学大学院システム情報科学府)

Controlling of synthesized standing spin wave configuration in a permalloy strip with external fields

K. Imamura, X. Ya, S. Oyabu, T. Tanaka, K. Matsuyama

(Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University)

## はじめに

強磁性体中を伝搬するスピン波は、位相情報の利用による論理演算デバイスへの応用が提案されている<sup>[1-3]</sup>。入力電力を効率的にスピン波励起に利用できる定在スピン波は、デバイスの小型化・省電力化が期待できる。本研究では、外部印加磁界の変化に対するパーマロイ細線中の定在スピンの様態変化を、電気的出力として検出した。また、磁性体内部における磁化状態の解析をマイクロマグネティックシミュレーションにより行った。得られた実験結果より、スピン波論理演算デバイスにおける外部磁界制御機能の適用可能性を示す。

## 実験方法

作製素子と測定系の概略図を Fig. 1 (a) に、光学顕微鏡により撮影した素子を Fig. 1 (b) に示す。素子は一般的なリソグラフィ法により作製した。スピン波導波路には、蒸着法により製膜したパーマロイ(厚さ  $d = 48$  nm, 幅  $w = 50$   $\mu\text{m}$ )を使用した。Fig. 1 (a) に示すように、シグナルジェネレータより 2 本の非対称コプレーナ伝送線 (GE1, GE2) にマイクロ波電流を入力し、スピン波を励起させる。パーマロイ細線中に生じる定在スピン波は、静磁場表面波(MSSW)モードである。中央に配置したピックアップコイル (DE) により定在波からの漏れ磁束をスペクトラムアナライザにより電気的出力( $P_{\text{out}}$ )として検出した。GE1, GE2 により励起されるスピン波の位相差( $\Delta\phi$ )は、それぞれの伝送線に接続したフェーズシフタによって変化させる。

## 実験結果

Fig. 2 (a) に外部磁界スイープ測定により検出された出力強度を示す。GE1, GE2 に入力したマイクロ波電流の周波数は 5GHz である。測定は  $\Delta\phi = 0$  (実線),  $\pi$  (破線) の場合で行った。それぞれの測定で、外部磁界の変化に対して  $P_{\text{out}}$  に明確な極大点と極小点が交互に現れる周期的な強度変化が観測された。ピーク値を示す  $H_b$  では、磁性体内部で特定次数の定在スピン波が形成されていることがシミュレーションによって確認された。Fig. 2 (b) に  $\Delta\phi$  を  $0 \sim \pi$  rad の範囲で変化させた場合の  $P_{\text{out}}$  を示す。  $H_b = 156$  Oe のとき、  $\Delta\phi$  が増加すると  $P_{\text{out}}$  は連続的に増加し、  $\Delta\phi = 0, \pi$  rad 間には約 7 dBm の出力差が存在する。一方、  $H_b = 180$  Oe のとき、  $\Delta\phi$  の増加に対し  $P_{\text{out}}$  は減少し、数十 Oe のオーダーで  $P_{\text{out}}$  の  $\Delta\phi$  依存性が反転していることが分かった。これは、位相を情報媒体とするスピン波デバイスに対し、外部磁界により動作制御する機能を付加できる可能性を示した結果である。

## 参考文献

- [1] M. P. Kostylev et al., Appl. Phys. Lett., 87, 153501 (2005).
- [2] A. Khitnum et al., Superlatt. Microstruct., 38, 184 (2005).
- [3] Y. Urazuka et al., J. Appl. Phys., 115, Art. No. 17D115 (2014).

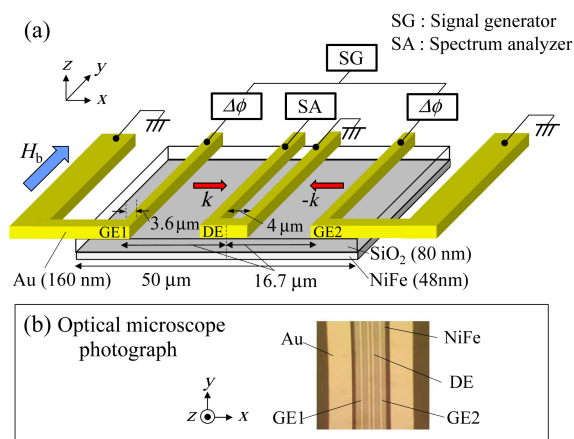


Fig. 1. (a) Schematic figure of a fabricated sample and experimental set up. The SWs are emitted from the generators and inductively picked up with an overlaid inductor. (b) Optical microscope photograph of the functional area.

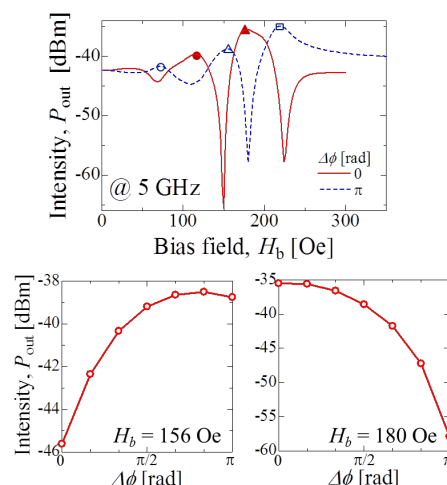


Fig. 2. (a) Measured output intensity modulation with external bias field  $H_b$ . (b) The output intensity  $P_{\text{out}}$  in varying the  $\Delta\phi$ .