

## イットリウム鉄ガーネットを用いた 三端子スピン波位相干渉素子の開発

後藤太一, 金澤直輝, 高木宏幸, 中村雄一, ロス キャロライン\*,  
グラノフスキー アレクサンダー\*\*, 岡嶋伸吾\*\*\*, 長谷川隆\*\*\*, 関口康爾\*\*\*\*, 井上光輝  
(豊橋技科大, \*マサチューセッツ工科大, \*\*モスクワ大, \*\*\*村田製作所, \*\*\*\*慶応大)

Development of spin-wave interference logic element using yttrium iron garnet

T. Goto, N. Kanazawa, H. Takagi, Y. Nakamura, C. A. Ross\*,

A. B. Granovsky\*\*, S. Okajima\*\*\*, T. Hasegawa\*\*\*, K. Sekiguchi\*\*\*\*, M. Inoue

(Toyohashi Univ. of Tech., \*MIT, \*\*Moscow State Univ, \*\*\*Murata Mfg. Co., Ltd., \*\*\*\*Keio Univ.)

### はじめに

スピン波は、原理的に膜厚を制御することで波長を数十ナノメートルにまで短縮可能で、微細な位相干渉ロジック回路が作製可能と考えられており、これまでの CMOS を用いた演算素子のデザインルールに縛られない素子の開発が期待されている。これまでに、パーマロイ ( $\text{Fe}_{19}\text{Ni}_{81}$ ) 薄膜中を伝搬する静磁表面モードのスピン波を用いた、位相干渉実験が報告されており<sup>1)</sup>、スピン波の波動性を用いた演算素子が提案されている。本稿では、これをデバイスに発展することを目的に、スピン波伝播媒体にダンピング定数の小さい単結晶イットリウム鉄ガーネット (YIG,  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ) 膜を用い、さらに、大規模集積回路に適した膜面内方向の磁化均一性が高く非相反性が無い、静磁前進体積モードのスピン波を用いて、位相干渉素子を作製した。

### 実験方法

GGG (gadolinium gallium garnet) 基板上に、形成された膜厚  $16\ \mu\text{m}$  の単結晶 YIG 膜を長方形に加工しスピン波導波路を形成した。これを  $5\ \text{mm}$  間隔で誘電体基板上に形成された三本の銅製のマイクロストリップライン上に装荷した。バイアス磁界  $3\ \text{kOe}$  を膜面に対して垂直に印加し、信号発生器により入力パワー  $0\ \text{dBm}$ 、周波数  $4\ \text{GHz}$  の正弦波信号を Fig. 1 中の EX1 端子と EX2 端子に入力した。EX1 端子に入力する高周波信号の位相を、位相調整器を用いて連続的に変化した。EX2 端子の位相は固定した。オシロスコープに接続された DT 端子によって YIG 導波路中央におけるスピン波の振幅変化を測定した。同時に、当該素子を、有限要素法を用いて高周波電磁界解析を行った。

### 実験結果・まとめ

EX1 に入力する高周波信号の位相を  $0$  から  $2\pi$  まで変化した結果、EX1 端子と EX2 端子の位相差が  $0$  のとき DT 端子部分のスピン波振幅が最大、位相差が  $\pi$  のときに最小になった。これら最大値と最小値から計算した位相干渉アイソレーション値は、 $25\ \text{dB}$  であり、文献 1) と比較し約  $10\%$  向上した。高周波電磁界解析結果とよく一致し、端子間距離をより長くできること、スピン波の端面反射を抑制することで性能向上が見込めること、膜厚を薄くすることでデバイスサイズを小型化できることを示唆した。

講演会では、素子構造の詳細及び、スピン波無反射構造を導入することによる特性改善結果についても報告する。

### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 若手研究 (A) No. 26706009, 挑戦的萌芽研究 No. 26600043, 科研費基盤研究 (S) No. 26220902 の助成を受けて行われた。

### 参考文献

- 1) N. Sato, K. Sekiguchi, and Y. Nozaki, Appl. Phys. Express, **6**, 063001 (2013).

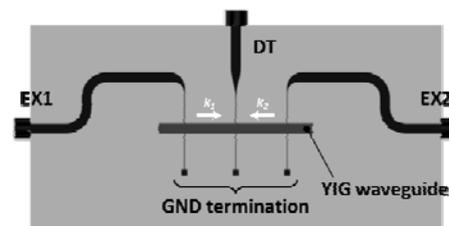


Fig. 1 Three-port spin-wave interference logic element. EX1 and EX2 ports excite spin waves, and DT port detects the spin-wave interference.