

# 熱電素子を用いたスピン波伝搬制御

## Control of Spin-Wave Propagation using a Thermoelectric element

横浜国大院<sup>1</sup>,<sup>○</sup>(M1) 江口 拓朗<sup>1</sup>, 関口 康爾<sup>1</sup>

Yokohama Nat. Univ.<sup>1</sup>,<sup>○</sup>Takuro Eguchi<sup>1</sup>, Koji Sekiguchi<sup>1</sup>

E-mail: eguchi-takuro-kp@ynu.jp

### 1 はじめに

従来の電子デバイスと異なり、スピン波は電荷の移動を伴わないため、超低消費電力で動作するデータ処理装置の新しい情報キャリアとして期待されている。スピン波を用いたマグノニック回路として、Backward Mode で動作するマグノトランジスタ<sup>1)</sup>、Surface Mode で動作するマルチプレクサ<sup>2)</sup>がすでに実現されている。しかし、これらは異なるスピン波モードを使用するため、2次元平面上に搭載し、直接連結することが困難である。本研究では、これまでに研究されてきたレーザ照射によるモード変換を再検討し<sup>3)</sup>、電氣的制御が可能なペルチェ素子を用いて加熱・冷却によるモード変換を行った。また、印加温度  $T$  を変化させた時の変換効率を測定することで、スピン波モード変換現象が  $\Delta T$  の符号に依存するかを確認した。

### 2 実験方法

本研究で用いた基板構成を Fig. 1 に示す。試料は、イットリウム鉄ガーネット (YIG) を使用しており、厚さ  $5.1 \mu\text{m}$ 、幅  $2 \text{ mm}$ 、長さ  $13 \text{ mm}$  である。スピン波は、FR4 の基板の上に銅パターンで形成した Input antenna1 に GHz 帯域での高周波を投入して励起した。Output antenna2 によって、伝播方向が変化せず直進するスピン波を検出し、Output antenna3 によって、伝播方向が変化し曲がったスピン波を検出した。加熱・冷却はペルチェ素子から銅棒へ熱伝導させて局所的に行い、温度コントローラによって印加温度  $T$  を制御した。

### 3 結果および考察

Fig. 2 は、YIG を局所加熱したときのスピン波伝送特性をベクトルネットワークアナライザ (VNA) を用いて測定し、YIG を加熱しない時の測定値と比較した図である。(a) は  $S_{21}$  (直進) についての実験結果で、加熱により伝送が  $4.85 \text{ dB}$  減少し、ピーク周波数が  $35.0 \text{ MHz}$  左にシフトした。また、(b) は  $S_{31}$  (曲がり) についての実験結果で、加熱により伝送が  $1.87 \text{ dB}$  増加し、ピーク周波数が  $41.6 \text{ MHz}$  左にシフトした。加熱による温度勾配がある場合は、直進する Backward Mode スピン波の伝播方向が  $90^\circ$  変更される。したがって、YIG を加熱しない時の測定値に比べて  $S_{21}$  (直進) が減少し、 $S_{31}$  (曲がり) は増加する。これは、実験結果と一致するため局所加熱により YIG 内の飽和磁化が変化し、スピン波モード変換が行われたと考えられる。

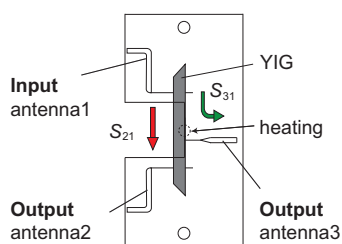


Fig. 1 Schematic of device.

The  $S_{31}$  ( $S_{21}$ ) parameter represents the transmission of spin waves from antenna 1 to 3 (1 to 2).

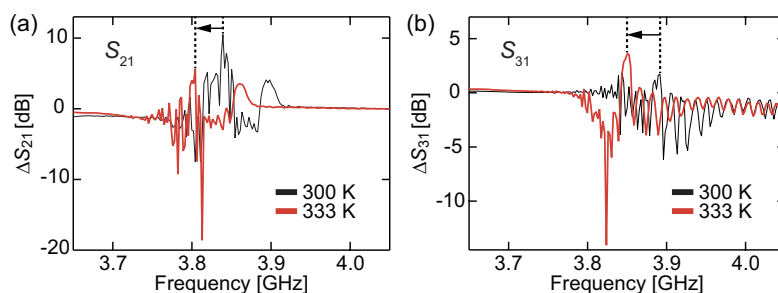


Fig. 2 Measured transmission characteristics of propagating spin wave. The small frequency shift between black line and red line is due to the thermal gradient by point-contact heating.

### References

- 1) A. V. Chumak *et al. Nat. Commun.*, **5**, 4700 (2014).
- 2) K. Vogt *et al. Nat. Commun.*, **5**, 3727 (2014).
- 3) M. Vogel *et al. Scientific Reports.*, **8**, 11099 (2018).