

# スピン波伝送における磁化勾配効果の研究

江口拓朗, 苗村侑, 関口康爾  
(横浜国立大学理工学部)

Study of Magnetization Gradient effect on Spin-Wave Propagation

T. Eguchi, Y. Naemura, and K. Sekiguchi  
(Yokohama National Univ.)

## 1 はじめに

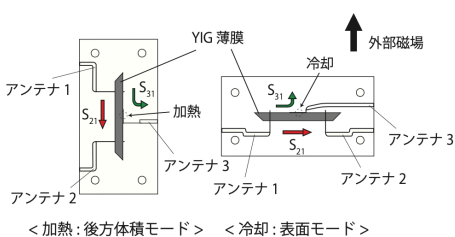
スピン波は低消費電力のデータ処理装置の新しい情報キャリアとして期待され、世界的に研究されている。例えば、後方体積モードスピン波で動作するマグノトランジスタ<sup>1)</sup>、表面モードスピン波で動作するマルチプレクサ<sup>2)</sup>などが実現されている。しかし、後方体積モードと表面モードの伝播特性は大きく異なり、現状では外部磁場や磁化が固定された状態では分散関係が異なる。故に、この2つのモードのスピン波は、同一の周波数帯で共存することができない。つまり、2次元平面上に複数種類のデバイスを搭載することが困難である。本研究ではこれまでに研究されてきた、レーザによる温度勾配で生成された磁化勾配中でのモード変換を再検討し<sup>3)</sup>、ペルチェ素子を用いて加熱・冷却を行い、スピン波の伝播特性および伝搬方向の制御について研究した。

## 2 実験方法

本研究で用いた加熱・冷却それぞれの場合の試料・基板構成を Fig. 1 に示す。スピン波導波路としてイットリウム鉄ガーネット (Yttrium Iron Garnet: 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、入力アンテナ 1 に GHz 帯域での高周波を投入して励起した。出力アンテナ 2 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、出力アンテナ 3 によって、伝播方向が変化し曲がったスピン波を検出する。YIG と接するアンテナ幅は  $75 \mu\text{m}$  で、スピン波の励起・検出はベクトルネットワークアナライザ (VNA) で行った。ここで、入力アンテナ 1 と出力アンテナ 2 間の距離は  $10 \text{ mm}$  で、入力アンテナ 1 と出力アンテナ 3 間の距離は  $5 \text{ mm}$  である。外部磁場は、 $0 \text{ Oe}$  から  $1300 \text{ Oe}$  を Fig. 1 の矢印方向に印加し、スピン波の後方体積モードと表面モードをそれぞれ発生させた。加熱・冷却はペルチェ素子を用いて、YIG に熱を局所的に伝達させた。

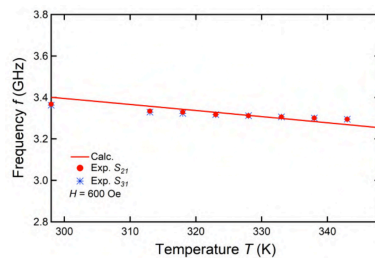
## 3 結果および考察

Fig. 2 は、YIG を局所加熱したときの加熱部分の温度と、スピン波伝送  $S_{21}, S_{31}$  のピーク周波数の関係について、後方体積モードにおけるスピン波の分散関係を理論値と比較したグラフである。このとき外部磁場は  $600 \text{ Oe}$  である。実験結果から YIG 内の温度を上昇させることで、ピーク周波数が減少することがわかる。実線は、温度上昇により磁化が減少するとして計算した場合の、ピーク周波数の結果である。これらは一致しているため、YIG への熱勾配が正しく行われ、磁化勾配が生成された可能性がある。Fig. 3 は、 $333 \text{ K}$  における後方体積モードのスピン波について、試料に印加する外部磁場と、スピン波伝送  $S_{21}, S_{31}$  のピーク周波数の関係を理論値と比較したグラフである。結果から、外部磁場を増加させると、ピーク周波数が増加することがわかる。実線は温度  $333 \text{ K}$  で磁化一定として計算できる場合に、外部磁場を増加させた時のピーク周波数の結果である。これらは一致しているので、Fig. 2 の温度と周波数の関係は、YIG 内の磁化の変化により、磁気的相互作用が変化した可能性がある。

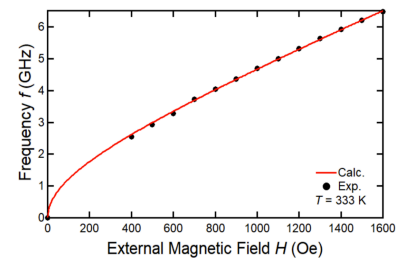


**Fig. 1** Schematic of device.

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



**Fig. 2** Spin wave resonance frequency as a function of a temperature. The dots are experimental values measured with VNA. The solid line is a calculation result.



**Fig. 3** Spin wave resonance frequency as a function of a magnetic field. The dots are experimental values measured with VNA. The solid line is a calculation result.

## References

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