

## C-4

## 液相エピタキシャル法で成膜された $Y_3Fe_5O_{12}$ ガーネット膜のスピン波計測

### Measurement of spin waves in $Y_3Fe_5O_{12}$ garnet film fabricated by liquid phase epitaxy method

○弘中祐哉<sup>1</sup>, 芦澤好人<sup>2</sup>, 中川活二<sup>2</sup>\*Yuya Hironaka<sup>1</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>2</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>2</sup>

We have fabricated magnetic garnet films by metal organic decomposition (MOD) method for spin wave devices as an insulated material for low-energy-consumption devices. Since there are no reports about spin waves in garnets fabricated by MOD method, we wanted to know the difference of spin waves in the garnets made by MOD and by liquid phase epitaxy (LPE). In this report, we measure spin wave in  $Y_3Fe_5O_{12}$  garnets fabricated by LPE method before measure spin waves in garnets fabricates by MOD method. The observed dependency of the resonance frequency on applied field at magneto-static surface waves (MSSW) in the film coincides with the MSSW theory.

## 1. はじめに

電子デバイスの普及が急速に進む社会において、電子デバイスの省電力化は大きな課題の一つである。省電力化のアプローチの一つとして酸化物磁性体中を伝搬するスピン波が注目されている。スピン波は磁気モーメントの歳差運動が磁性体中を交換相互作用により伝搬する現象のことで、特に酸化物中の伝搬には電流を伴うことがないため、ジュール熱を抑制した低消費電力デバイスの実現が期待される。スピン波伝搬材料の一つである磁性ガーネットは酸化物フェリ磁性体であり、ダンピング定数が小さいため、我々は磁性ガーネットの組成によるスピン波デバイスの高機能化を目指し比較的要素置換の容易な有機金属分解 (Metal Organic Decomposition: MOD) 法を用いて磁性ガーネットを成膜している。しかし、現在、MOD 法で作製した磁性ガーネット薄膜でのスピン波観測は報告されていない。今後 MOD 法で作製した磁性ガーネットでのスピン波との比較をするために、まず MOD 法よりも結晶性よく成膜出来る液相エピタキシャル (Liquid Phase Epitaxy: LPE) 法を用いて成膜された  $Y_3Fe_5O_{12}$  (YIG) 薄膜を用いてスピン波測定を行った。

## 2. 実験方法

試料には、LPE 法を用いて  $Gd_5Ga_3O_{12}$  (111)単結晶基板上に成膜された厚さ 4~5  $\mu\text{m}$  の YIG 膜を用いた。スピン波の計測は、ベクトルネットワークアナライザ (Vector Network Analyzer: VNA) を用いて、YIG 膜上に対向して配置した 2 つの終端コプレーナ導波路 (Co-Planar Waveguide: CPW) (Fig. 1 に示す) を作製し、入力反射係数  $S_{11}$  及び入力透過係数  $S_{12}$  を、静磁界中で測定することで行った。CPW の形状は VNA からのマッチングを考慮し、接続部から先端部分にかけて徐々に細くしたものを使用した。先端の形状は先行研究<sup>[1]</sup>を参考にし、線幅を 2.1  $\mu\text{m}$ 、線間の距離を 1.4  $\mu\text{m}$ 、対向する CPW のギャップを 30  $\mu\text{m}$  とした。本実験では膜面内方向に外部磁界をかけた状態で外部磁界と波数ベクトルが直角に交わることで励起される静磁表面波 (Magneto-Static Surface Waves: MSSW) が励起する配置にした。薄膜面内方向に印加した直流磁界は 0.5~5.9 kOe、計測した周波数範囲を 1~20 GHz とした。磁界に対する  $S_{11}$  及び  $S_{12}$  の変化から磁気共鳴及びスピン波を評価した。

## 3. LPE 法で作製した磁性ガーネット薄膜でのスピン波測定

計測した  $S_{12}$  から算出した共鳴周波数は、直流磁界の増加に対して線形に増加した。MSSW に関する磁界と共鳴周波数の関係式<sup>[2]</sup>と良い一致を示し、スピン波の観測が確認された。

今後は MOD 法を用いて作製した元素置換 YIG 基磁性ガーネット薄膜におけるスピン波測定を行い、スピン波特性の比較検討を行う。

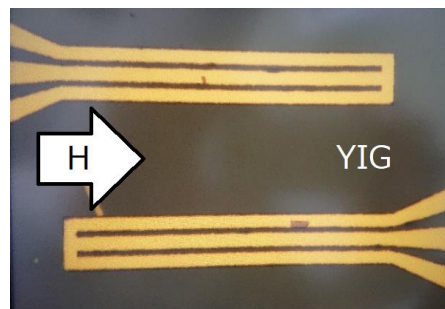
## 参考文献

[1] H. Yu, O. Kelly, V. Cros, R. Bernard, P. Brandl, R. Huber, I. Stasinopoulos, D. Grundler: "Magnetic thin-film insulator with ultra-low spin wave damping for coherent nanomagnonics", Scientific Reports, Vol. 4, pp. 6848, 2014.

[2] A. A. Sarga, A. V. Chymak, and B. Hillebrands, "YIG magnonics", J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 43, pp. 264002, 2010.

謝辞 本研究の一部は、平成 30 年度理工学部プロジェクト研究助成金の支援を受けた

1 : 日大理工・院(前)・電子 2 : 日大理工・教員・電子



**Figure 1.** Optical microscopic image of co-planer waveguides (CPW) made by electron beam lithography technique.