

## 有機金属分解法におけるビスマス鉄ガーネット薄膜の形成過程の解析

## Analyses of Formation Process of Bismuth Iron Garnet Thin Films in Metal Organic Decomposition Method

○津野宏之<sup>1</sup>, 保坂弘輝<sup>2</sup>, 芦澤好人<sup>3</sup>, 中川活二<sup>3</sup>\*Hiroyuki Tsuno<sup>1</sup>, Hiroki Hosaka<sup>2</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>3</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>3</sup>

A magneto-plasmonic (MP) effect, which is a phenomenon that conditions of exciting SPPs are modulated by an external magnetic field, has attracted much attention. A bismuth iron garnet is one of candidates of magnetic materials to obtain the greater MP effect. Therefore, the  $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  thin films with various pre-anneal temperatures,  $T_{\text{pre}}$ , were investigated using X-ray diffraction and Fourier transform infrared reflectivity spectroscopy to study the mechanism of formation process.

## 1. はじめに

表面プラズモンの励起状態が磁界印加によって変化する磁気表面プラズモン効果<sup>[1]</sup>は軟磁性材料と組み合わせ高性能な軟磁性特性の磁気センサとしての応用が期待される。より大きな磁気表面プラズモン効果を得る方法として、磁気応答の観点から、大きな磁気光学効果を有する材料を用いることが有用だと考えられる。これまでに組成変化を容易に行える有機金属分解 (MOD) 法により作製したビスマス鉄ガーネット (BIG) 薄膜を用いた Ag/BIG 二層薄膜構造における磁気表面プラズモンが報告されている<sup>[2]</sup>。MOD 法では、有機物を分解・揮発するための仮焼成、結晶化のための本焼成から成り、これまでに BIG 薄膜の本焼成温度依存性の検討<sup>[2]</sup>が報告されているが、その形成過程の解析は十分でない。そこで本研究では、結晶性や磁気光学特性に対し、結晶化の前駆体である仮焼成状態が及ぼす影響を明確にすることを目的とした。

## 2. 実験方法

BIG 薄膜は、MOD 法を用いて  $\text{Gd}_3\text{Gd}_5\text{O}_{12}$  (GGG) (444) 単結晶基板 (寸法 10 mm 角) 上に作製した。成膜前の基板は、アセトン、エタノールの順にそれぞれ 3 分間超音波洗浄し、イソプロパノールで 30 秒間浸して洗浄した後、110 °C の恒温槽に入れ 10 分乾燥させた。MOD 溶液 (高純度化学社製, Bi:Fe = 3:5) の塗布をスピコートで 3,000 rpm で 1 分間行い、100 °C に熱したホットプレートで 30 分間の乾燥を行い、250 ~ 500 °C にて 30 分間の仮焼成後、490 °C にて 3 時間の本焼成による結晶化を促した。本焼成後の結晶構造の評価は X 線回折法 (XRD) で行った。仮焼成後の薄膜中の残留有機物の評価にはフーリエ変換赤外分光 (FT-IR) 法を用いた。

## 3. 実験結果

仮焼成温度  $T_{\text{pre}}$  が結晶化に及ぼす影響を、本焼成後の試料の結晶性から評価した。 $T_{\text{pre}} = 300 \sim 450$  °C で 30 分間仮焼成を行い、本焼成温度  $T_a = 490$  °C で 3 時間本焼成を行った薄膜の XRD プロファイルを図 1 に示す。いずれの試料においても  $2\theta = 50.1^\circ$  近傍にガーネット相 (444) 面からの回折線が観測される。得られた (444) 面からの回折線から算出した積分強度  $I$  及び格子定数  $a$  を  $T_{\text{pre}}$  に対して図 2 に示す。 $I$  は  $T_{\text{pre}}$  の増加に伴い 350 °C まで減少し、以後増加した。これは、仮焼成状態が BIG 相の結晶成長に影響を及ぼしていることを示していると考えられる。一方、 $a$  は  $T_{\text{pre}}$  に依らず 12.61 ~ 12.62 Å 程度を示した。ただし、これらの  $a$  は、先行研究<sup>[3]</sup>で MOD 法で作製された GGG(100) 基板上的 BIG 薄膜や、バルクの  $\text{Y}_3\text{Bi}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  相における組成と格子定数との関係<sup>[4]</sup>から外挿される格子定数  $a = 12.63$  Å よりも小さかった。 $a$  が小さい原因について、格子歪み及び Bi 含有量の両観点からの継続的に検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は公益財団法人 JKA の補助金を受けた

## 参考文献

- [1] K. Narushima et. al.: Jpn. J. Appl. Phys., Vol.55, p.07MC5, 2016.
- [2] 原田俊英 他: 第 42 回日本磁気学会学術講演会概要集, 12aPS-43, p.105, 2018.
- [3] T. Kosaka, et. al.: J. Magn. Soc. Jpn., Vol.35, p.194, 2011.
- [4] P. Hansen et al.: Phys. Rev. B, Vol. 27, p. 6608, 1983.

1: 日大理工・学部・電子, 2: 日大理工・院(前), 3: 日大理工・教員・電子

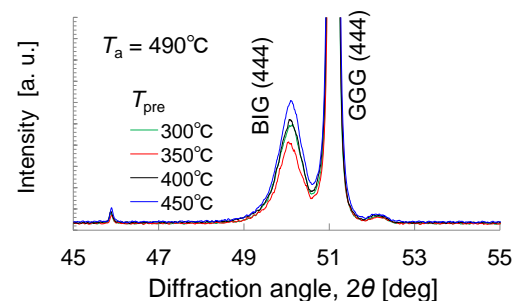


Figure 1. XRD spectrums of the  $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  thin films prepared with pre-annealing temperature  $T_{\text{pre}}$  of 300 – 450 °C.

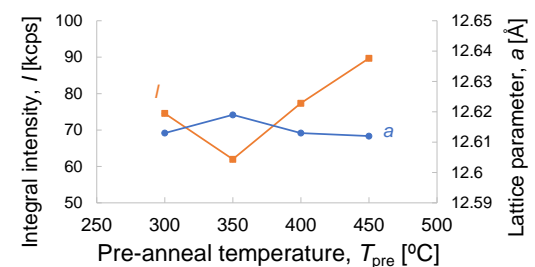


Figure 2. Integral intensity and lattice parameter of the  $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  thin films prepared with pre-annealing temperature of 300 – 450 °C.