

## Bi-YIG 薄膜におけるファラデー回転角の光入射角依存性

非会員 平野 輝美<sup>†</sup> 非会員 並河 建<sup>††</sup>  
正員 山崎陽太郎<sup>††</sup>

Oblique-Incident Faraday Rotation of Bi-YIG Films with In-Plane Magnetizations

Teruyoshi HIRANO<sup>†</sup>, Tatsuru NAMIKAWA<sup>††</sup>, Nonmembers  
and Yohtarō YAMAZAKI<sup>††</sup>, Member<sup>†</sup> 凸版印刷株式会社総合研究所, 埼玉県Technical Research Institute, TOPPAN Printing Co., Saitama-ken, 345  
Japan<sup>††</sup> 東京工業大学総合理工学研究所, 横浜市The Graduate School at Nagatsuta, Tokyo Institute of Technology,  
Yokohama-shi, 227 Japan

あらまし 面内磁気異方性をもつ磁性薄膜を光磁気デバイスへ利用するために、磁性薄膜に対し斜方向から光を入射し偏光面の回転角を測定した。また、回転角の入射角依存性についても測定し、垂直磁化膜との比較を行った。

キーワード 磁気光学, 表示デバイス, Bi-YIG, 面内磁化, ファラデー回転

## 1. まえがき

光磁気ディスクや光サーキュレータなどの磁気光学効果を利用した情報処理デバイスが開発され、一部実用化されている。磁気光学効果は光透過量を磁氣的に制御する技術として利用でき、磁性体のもつ記憶機能も合わせて、ディスプレイ等にも応用が可能であると考えられる。従来、これらに使われている磁性薄膜は、磁化の方向が膜面に垂直に向いているいわゆる垂直磁化膜が主であり、面内磁化膜の応用<sup>(1),(2)</sup>は光通信デバイスの一部に限られている。一方、優れた磁気光学材料である Bi-YIG 系薄膜は面内異方性をもつ場合が多く、優れた磁気光学特性をもつにもかかわらず、表示デバイスなどへの応用が閉ざされているものが少なくない。本研究では、通常の光磁気ディスクや表示デバイスのように、膜面に垂直に光を入射する構成をとらず、膜面に斜方向から光を入射し、面内磁化成分を利用して偏光面を回転し、デバイスを構成する方法を想定した。実際に、面内磁化膜を作製し、面内方向の残留磁化により偏光面の回転が生じることを確認した。

## 2. 実験方法

Bi-YIG 面内磁化膜 (FilmA) は、スパッタ法によりコーニング #7059 ガラス基板上へ 400°C, 5 nm/min でたい積したアモルファス薄膜を、大気中 650°C, 4 h 熱

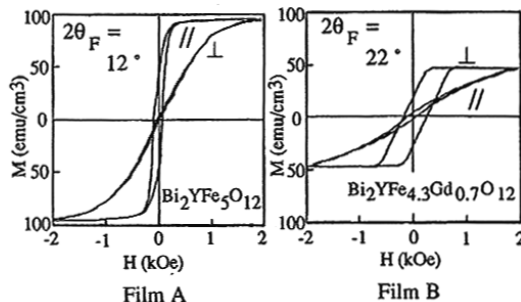


図1 測定に用いた薄膜の磁化曲線  
Fig. 1 M-H loops of the Bi-YIG films used for the measurements.

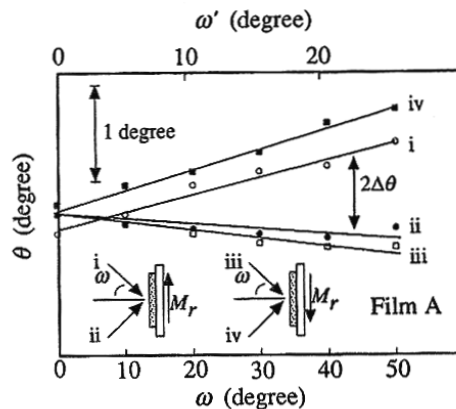


図2 面内磁化膜の偏光面回転角  $\theta$  と  $\omega$  および  $\omega'$  の関係  
Fig. 2  $\theta$  of the in-plane Bi-YIG film as a function of  $\omega$  and  $\omega'$ .

処理を行い多結晶薄膜<sup>(3)</sup>を得た。X線回折によりガーネット単相であることを確認した。垂直磁化膜 (FilmB) も同様の方法で作製<sup>(4)</sup>した。図1にそれぞれの薄膜の磁化曲線を示す。図中に飽和磁化状態におけるファラデー回転角 ( $2\theta_F$ ) を示した。これらの薄膜試料に対して、磁化容易方向に 2 kOe の磁界を印加した後、膜面の法線と角度  $\omega$  をなす方向から、波長 520 nm の直線偏光を偏光面を膜面に垂直にして入射し、偏光面の回転角 ( $\theta$ ) を測定した。

## 3. 結果および考察

図2に FilmA の偏光面の回転角  $\theta$  と  $\omega$  との関係を示す。図中に、光の入射方向と試料の磁化方向との関係 i ~ iv を示した。  $\omega$  の増加に伴って、面内磁化の光路方向成分が増加する。磁化の向きと入射方向との関係は、i と iv および ii と iii は同じ方向を向き、また、i と iii および ii と iv はこれらが逆方向を向いている。i と iii および ii と iv における差が磁化を反転させたときの偏光面の回転  $2\Delta\theta$  である。ここで Bi-YIG 薄膜中

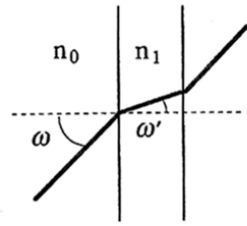


図3 Bi-YIG 薄膜中の光経路  
Fig. 3 Light path in a Bi-YIG film.

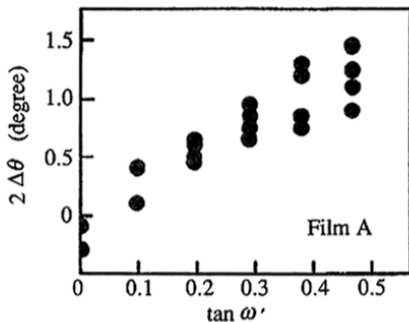


図4 面内磁化膜における  $2\Delta\theta$  と  $\tan\omega'$  の相関関係  
Fig. 4 Correlation between  $2\Delta\theta$  and  $\tan\omega'$ .

の光経路を考える。図3にBi-YIG薄膜中を通過する光の経路を示す。このときの光経路の角度  $\omega'$  と入射角  $\omega$  は空気およびBi-YIG薄膜の屈折率を  $n_0$ ,  $n_1$  として次式が成り立つ。

$$\omega' = \sin^{-1}\left\{\frac{n_0}{n_1}\sin\omega\right\}$$

図2中に光透過スペクトルの多重反射から求めた概略屈折率1.8を代入し計算した  $\omega'$  を示した。 $2\Delta\theta$  は残留磁化 ( $M_r$ ) の光路方向成分  $M_r\sin\omega'$  とBi-YIG薄膜中の光路長 ( $L$ ) に比例する。 $L$  は膜厚を  $L_0$  とすると  $L_0(1/\cos\omega')$  と表されるので、

$$2\Delta\theta = M_r L_0 \sin\omega' (1/\cos\omega') = M_r L_0 \tan\omega'$$

となり、 $2\Delta\theta$  は  $\tan\omega'$  に比例する。図4に  $2\Delta\theta$  と  $\tan\omega'$  の関係を示す。 $2\Delta\theta$  は  $\tan\omega'$  と1次の相関関係を示しており、図2に示した偏光面の回転がFilmAの残留磁化によって起こっていることを示している。

図5に垂直磁化膜(FilmB)の  $\theta$  と  $\omega'$  との関係を示す。測定結果は図2と異なり、 $2\Delta\theta$  は  $\omega'$  に関係なくほぼ一定の大きさを示している。これについては以下のように考えられる。FilmBは垂直方向に残留磁化 ( $M_r$ ) をもつため、光路方向成分は  $M_r\cos\omega'$  となる。よって  $2\Delta\theta$  は

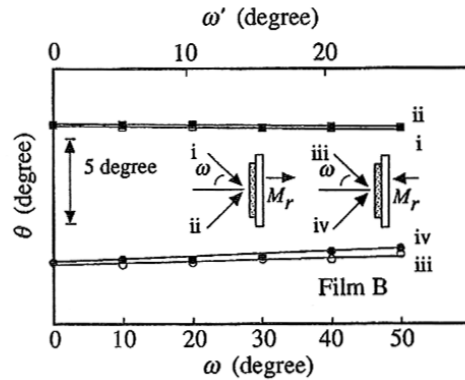


図5 垂直磁化膜の偏光面回転角  $\theta$  と  $\omega$  および  $\omega'$  の関係  
Fig. 5  $\theta$  of the perpendicular Bi-YIG film as a function of  $\omega$  and  $\omega'$ .

$$2\Delta\theta = M_r \cos\omega' L_0 (1/\cos\omega') = M_r L_0$$

より一定値となり、図5の結果と一致する。

#### 4. むすび

面内および垂直磁化をもつBi-YIG薄膜を作製し、斜め方向から光を入射させ、偏光面の回転と入射角との関係を測定した。斜め方向から光を入射させることにより、面内残留磁化の光路方向成分によって偏光面が回転することが確認できた。従来垂直磁化膜のみで構成されていた光磁気記録および表示デバイスが、斜め入射配置の面内磁化膜を使って構成できることが可能であることが示され、いろいろな分野で、垂直磁化膜の代わりに面内磁化膜を使うことができると思われる。

#### 文 献

- (1) Wolf R., Hegarty J. Dillon J. F. Jr., Luther L. C., Celler G. K. and Trimble L. E. : "Magneto-optic waveguide isolators based on laser annealed (Bi, Ga) YIG films (Invited)", IEEE Trans. Magn., **MAG-21**, pp. 1647-1650 (1985).
- (2) Tsushima K. and Koshizuka N. : "Research activities on magneto-optical devices in Japan", IEEE Trans. Magn., **MAG-23**, pp. 3473-3478 (1987).
- (3) Hirano T., Namikawa T. and Yamazaki Y. : "Magneto-optical properties of Ca substituted Bi-YIG sputtered films", J. Appl. Phys., **70**, pp. 6292-6293 (1991).
- (4) 木上嘉博, 並河 建, 山崎陽太郎 : "YBi<sub>2</sub>Fe<sub>3-x</sub>Ga<sub>x</sub>O<sub>12</sub> スパッタ膜における基板応力と磁気異方性", 日本応用磁気学会誌, **13**, pp. 187-190 (1989-02).

(平成4年6月22日受付, 9月29日再受付)