

フェムト秒レーザーによる YIG フェライト 3 次元光造形

Three-dimensional Nanostructuring in YIG Ferrite with Femtosecond Laser

東京工業大学 量子ナノエレクトロニクス研究センター¹, 理化学研究所 田中メタマテリアル研究室²

東京工業大学 電気電子工学専攻³, 東京大学 電気系工学専攻⁴

○雨宮 智宏¹, 石川 篤², 庄司 雄哉³, ファムナムハイ⁴, 田中 雅明⁴, 水本 哲弥³, 田中 拓男², 荒井 滋久¹

○Tomohiro Amemiya¹, Atsushi Ishikawa³, Yuya Shoji⁴, Pham Nam Hai⁴, Masaaki Tanaka⁴, Tetsuya Mizumoto⁴, Takuo Tanaka³, and Shigehisa Arai^{1,4}

E-mail: amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp

1. はじめに

セリウム(Ce)を添加した YIG (Yttrium Iron Garnet, イットリウム鉄ガーネット) は、近赤外まで透明であり、かつ非常に大きい磁気光学効果を有することから、マイクロ波用フィルタ・通信用アイソレータなどの構成材料として広く市場に出回っている。また近年では、InP 系、Si 系光集積回路における非相反素子の用途としても有望視されており、盛んに研究がなされている[1]。

このような研究においては Ce:YIG は純粋に磁気光学効果を得る材料として用いられる傾向にあるがもし材料自体に素子機能を一括して持たせることができれば、更なる発展を望むことができる。本研究ではそのような目的の下、フェムト秒レーザーにより YIG 内部の光学特性および磁気特性を 3 次元的に変化させることに成功したので[2]、ご報告する。

2. フェムト秒レーザー照射による Ce:YIG 特性

本研究ではガーネット (SGGG) 基板の上にスパッタエピタキシーにより堆積した Ce:YIG を使用した。Fig. 1(a)に本研究で用いたウェハを示す。この基板内部にフェムト秒レーザーによる多光子吸収を利用することで 3 次元ナノ構造を作製した。Fig. 1(b)にレーザー照射後の位相差顕微鏡画像を示す。実験では、レーザーパワーを徐々に変化させながら 1 ラインずつ照射 (挿引速度 100 μ m/s) を行った (①-⑤)。また合わせて適当なパワーで 20 回挿引を行った領域も準備した (⑥)。Fig. 1(b)により、レーザーパワーが 48mW 以下のときに多光子吸収による屈折率変化が起きることが確認できる (それ以上の照射パワーでは Ce:YIG は損傷)。次に、屈折率の変化を定量的に評価するために QPI (Quantitative Phase Imaging) による測定を行った。Fig. 2 に Fig. 1(b)の③周辺における屈折率変化分布を示す。レーザー照射領域において屈折率が 0.013-0.015 程度 (YIG の屈折率 2.2 に対して 0.7%) 増加している。

最後に、レーザー照射による磁気特性の変化について言及する。Fig. 3 に Fig. 1(b)の⑥周辺における MOKE (Magneto-Optical Polar-Kerr Effect) 画像を示す (比較のために同一領域における位相差顕微鏡画像も記載する)。はじめに、-500Oe の外部磁場により面内同一方向に Ce:YIG を磁化させた後、+500Oe まで外部磁場を変化させることで観測を行った (Fig. 3 において、黒色になるに従って初期状態から逆方向に磁化していることを意味する)。一般的な Ce:YIG の飽和磁場 (25-30Oe 程度) 付近における MOKE 画像から、レーザー照射を行った領域の保磁力が減少していることが見て取れる。

以上により、フェムト秒レーザーにより YIG 内部に屈折率 (光学特性) と保磁力 (磁気特性) を 3 次元的に変化させた構造が作製可能であることが

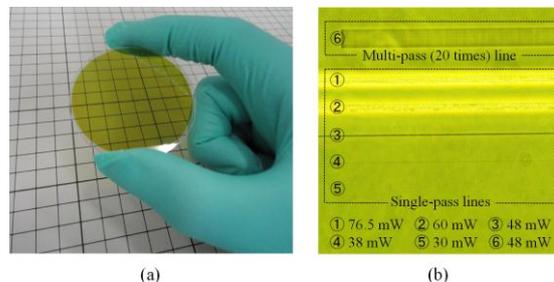


Fig. 1. Epitaxial ferrimagnetic Ce:YIG grown on garnet (SGGG) substrate. (b) Plane view of lines in Ce:YIG layer written with different laser powers

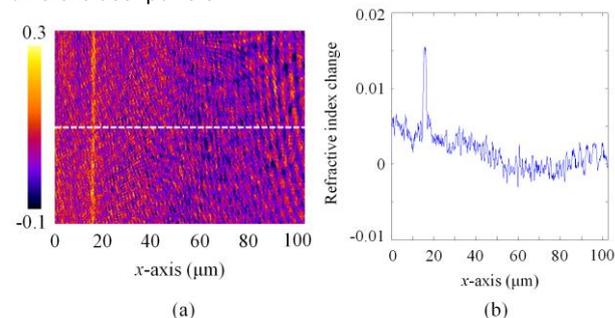


Fig. 2. Change in refractive index around irradiated lines. (a) Distribution of change observed with quantitative phase imaging. (b) Change in refractive index along the dashed lines in (a).

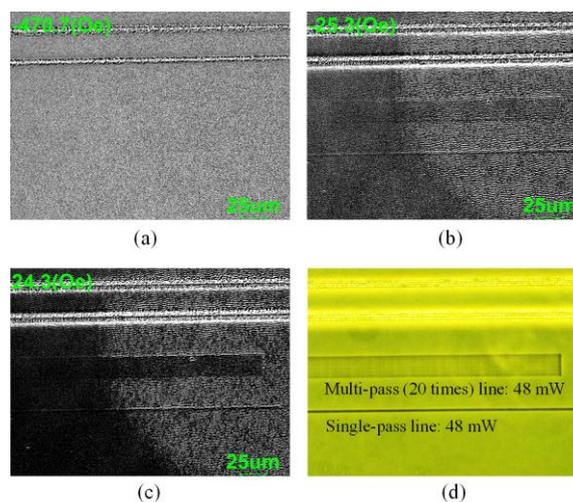


Fig. 3. Magneto-optical polar-Kerr-effect images of the sample.

示された。

謝辞 本研究は JSPS 科研費(#24246061, #24656046, #25420321, #22109006, #23710160, #24760270, #23000010, #24686040) の援助により行われた。

<参考文献>

- [1] L. Bi et al., *Nature Photon.* **5**, 758 (2011).
[2] T. Amemiya et al., *Optics Lett.* **39**, 212 (2014).