

フェムト秒レーザーを用いた Ce:YIG への 3 次元光ナノ加工

Femtosecond Laser 3D Nanostructuring in Ce:YIG Ferrite

岡大¹, 理研², 東工大³, 東大⁴, 北大⁵ ○石川 篤^{1,2}, 雨宮 智宏³, 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^{2,5}, 荒井 滋久³
*Okayama Univ.¹, RIKEN², Tokyo Inst. of Tech.³, Univ. of Tokyo⁴, Hokkaido Univ.⁵ ○A. Ishikawa^{1,2},
T. Amemiya³, Y. Shoji³, P. N. Hai⁴, M. Tanaka⁴, T. Mizumoto³, T. Tanaka^{2,5}, and S. Arai³*

E-mail: a-ishikawa@okayama-u.ac.jp

フェムト秒レーザーを用いた光加工技術は近年、アブレーションや光重合反応、光還元反応[1]などの様々な分野へ応用が試みられている。非線形光吸収に基づく本手法は、3次元かつ回折限界以下の分解能(数100 nm)を有することから、例えば、透明材料中の屈折率を局所的に変化させた3次元光集積回路などの実現が可能となる。今回我々は、本手法を応用した新規な光機能素子の実現を目的に、透明かつ非常に大きい磁気光学効果を有する、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)に対してフェムト秒レーザー加工を行った。その結果、Ce:YIG内部の光学(屈折率)および磁気特性(保磁力)の両方を、任意の3次元ナノ領域において変化させることに成功したので報告する[2]。

図1(a)には、ガーネット(SGGG)基板上にスパッタエピタキシー堆積したCe:YIG試料を、図1(b)には、その結晶性を示すX線回折スペクトルを示す。この基板に対して、Ti:Sapphireレーザー($\lambda=800$ nm, $\Delta t=80$ fs, $f=82$ MHz)を対物レンズ($NA=0.9$)によって集光照射し、速度100 $\mu\text{m/s}$ の2次元挿引を行った。図1(c)には、レーザーパワーを変化させながら露光した領域の位相差顕微鏡像を示す。レーザーパワーが48 mW付近では、多光子吸収に基づく明瞭な屈折率変化が確認できたのに対し、60 mW以上では、激しい熱損傷が見られた。レーザーパワーが48 mWの条件下における屈折率変化をQPI (Quantitative Phase Imaging)を用いて評価した結果、露光領域の屈折率が約0.013~0.015 (YIGの屈折率2.2に対する0.7%)増加したことがわかった。図1(d)には、露光領域における磁化曲線とそのMOKE (Magneto-Optical Polar-Kerr Effect) 画像を示す。MOKE画像において、露光領域がより黒色を示している(=初期状態からより逆方向に磁化している)ことから、レーザー照射によってCe:YIGの保磁力が減少したことがわかった。本手法を用いると、フェライト中の光学(屈折率)・磁気特性(保磁力)を3次元的に制御できることから、これを応用した新規な光磁気デバイスが実現できると考える。

参考文献: [1] IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. **19**, 4700110 (2013). [2] Optics Letters **39**, 212 (2014).

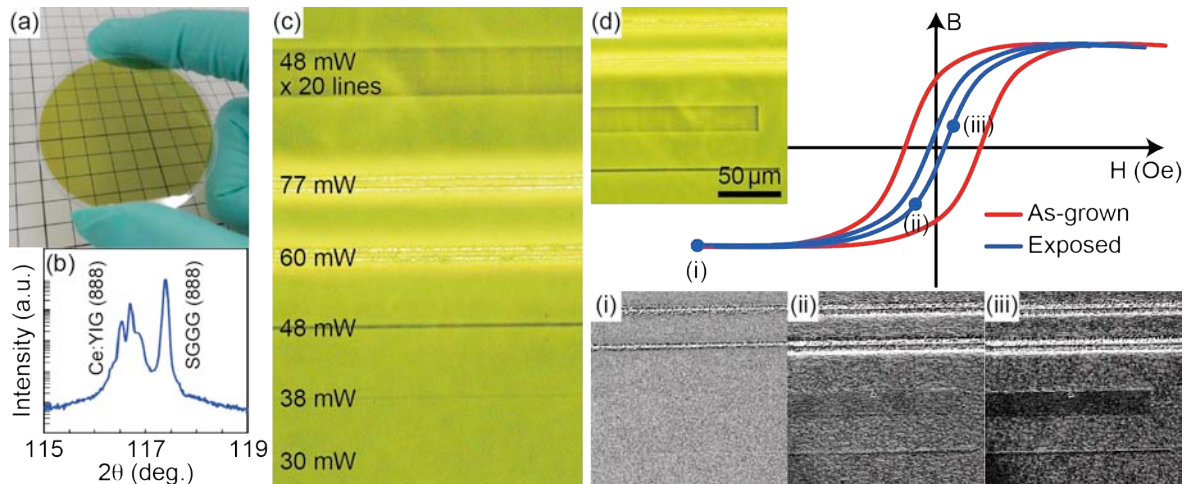


FIG. 1. (a) Epitaxial Ce:YIG layer grown on a nonmagnetic garnet ($\langle 111 \rangle$ -SGGG) substrate. (b) X-ray diffraction spectrum of the Ce:YIG/SGGG wafer. (c) Phase-contrast micrograph of the Ce:YIG exposed with the different laser powers: 30 – 77 mW. The top strip was made of 20 lines, and the others were made of single-pass line. (d) Magnetization curve of the Ce:YIG with/without the irradiation. (i) – (iii) show the corresponding magneto-optical polar-Kerr-effect images of the sample (top left) measured at room temperature. The dark (white) region indicates the positively (negatively) magnetized. An external magnetic field of (i) – (iii) were -470.7 , -25.3 , and 24.3 Oe, respectively.