

低損失光導波路実現に向けた 超短パルスレーザによる改質書き込み過程の直接観察

In-situ Observation of Ultrashort Pulsed Laser writing for Low-Loss Optical Waveguide

東大院工¹ ○吉崎 れいな¹, (M1)福井 智大¹, 伊藤 佑介¹, (D3)服部 隼也¹, 杉田 直彦¹

Univ. Tokyo¹ ○Reina Yoshizaki¹, Tomohiro Fukui¹, Yusuke Ito¹, Junya Hattori¹, Naohiko Sugita¹

E-mail: r.yoshizaki@mfg.t.u-tokyo.ac.jp

透明材料への光導波路書き込みは次世代コンピュータでの活用が期待される光集積回路制作に必須の技術である。ダイヤモンド、水晶などの透明材料では、超短パルスレーザ (USPL) 照射による密度低下の改質で導波路は書き込まれる[1]。高効率かつ低損失な光導波路書き込みのためにパラメータの最適化が行われてきている[2]が、そのパラメータで光導波路がどのように形成されるかは十分に明らかになっていない。そこで本研究は光導波路書き込み過程の直接観察によって、光導波路形成メカニズムを探り、ミクロな視点の加工現象とマクロな視点の光導波路の性能 (伝搬損失) の関係を明らかにすることを目的とする。光導波路書き込み過程の直接観察に用いた実験系を Fig. 1(a)に示す。波長 1030 nm, パルス幅 10 ps の USPL は空間光変調器 (LCOS-SLM X15213-03; 浜松ホトニクス) で球面収差補正と二点分岐変調が施され (Fig. 1(b)), 20 倍の対物レンズで α 水晶内部に集光された (Fig. 1(c))。USPL の吸収を観察するために、Pump-probe 撮像法でレーザ照射から 10 ps 後のシャドウグラフを得た (Fig. 2(a))。更に最終的に形成される試料のひずみを観察するためにマッハツェンダー干渉計測を行った (Fig. 2(b))。光導波路書き込みを模し 1.5 μm ずつ (Fig. 1(c)の p) 試料を動かし計 4 回 USPL を照射した際の、Pump-probe 撮像における吸光度とマッハツェンダー干渉計で得られた位相変化量を Fig. 2(c)(d)に示す。複数回の照射では吸収位置・改質域が変化していき (Fig. 2(c1)(c2)(d1)(d2)), 3・4 回目の照射時にある程度定常に達する (Fig. 3(c3)(c4)(d3)(d4))。これは集光径が 3 μm 程度であることと合致する。Figure 3 に積算された位相変化量を示す。1 回の USPL 照射ではほとんど確認されなかった光導波路内部における位相変化が 2 回目の照射で顕著になり、照射を重ねるごとに増加する過程、つまり光導波路が形成する過程が観察できた。発表では導入された改質と光導波路の損失の関係を議論する。

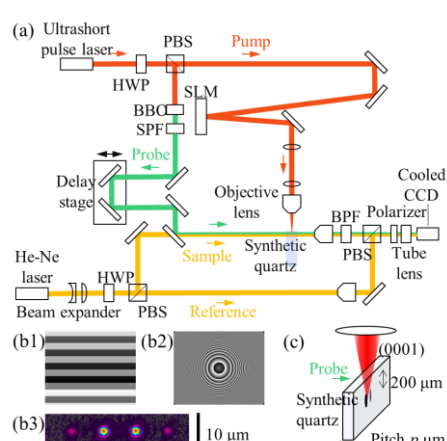


Fig. 1(a)Setup. (b1)CGH for beam splitting. (b2)CGH for spherical aberration correction. (b3)Beam profile. (c)Setup of sample.

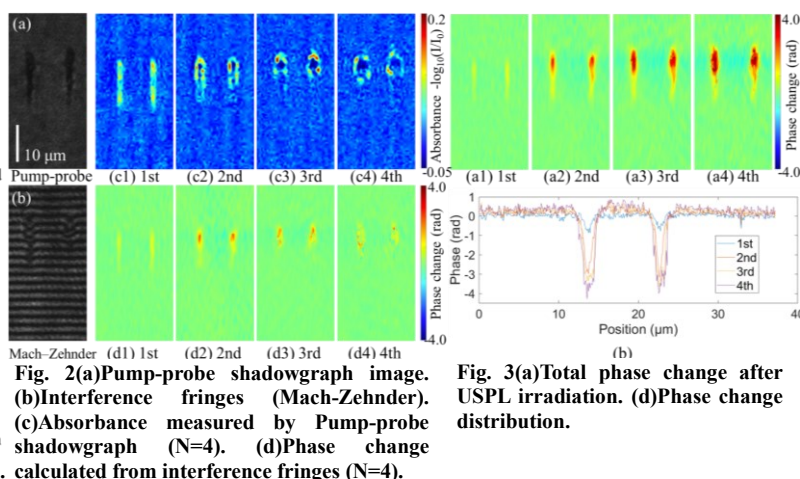


Fig. 2(a)Pump-probe shadowgraph image. (b)Interference fringes (Mach-Zehnder). (c)Absorbance measured by Pump-probe shadowgraph (N=4). (d)Phase change calculated from interference fringes (N=4).

Fig. 3(a)Total phase change after USPL irradiation. (d)Phase change distribution.

[1] F. Chen & J. R. Vázquez de Aldana, *Laser Photon. Rev.*, 8(2), 251-275 (2014).

[2] S. Nolte, et al. In: *Commercial and Biomedical Applications of Ultrafast Lasers IV*. SPIE, 164-171 (2004).