

課題番号 : F-14-KT-0101
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : レーザー集光照射によって生じた石英ガラス内部の微細構造の解析
 Program Title (English) : Analysis of nanostructures inside a silica glass generated by focused femtosecond laser pulses
 利用者名(日本語) : 大渕 隆文¹⁾, 山田 雄也¹⁾, 坂倉 政明²⁾
 Username (English) : T. Ohfuchi¹⁾, Y. Yamada¹⁾, M. Sakakura²⁾
 所属名(日本語) : 1) 日立造船株式会社, 2) 京都大学
 Affiliation (English) : 1) Hitachi Zosen, Co., Ltd., 2) Kyoto University

1. 概要(Summary)

フェムト秒レーザー集光照射によって石英ガラス内部に生じるナノ周期構造は複屈折を示すため、様々な微細光学デバイスへの応用が期待できる。本研究では、レーザー集光による構造変化領域の微細構造を電子顕微鏡や原子間力顕微鏡などで観察し、複屈折や光損失の原因を明らかにし、より性能の高い光学デバイスを実現するレーザー加工方法を見出す。

2. 実験(Experimental)

・利用した主な装置

超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡。

・実験方法

● ナノハブでの実験前の試料作製

石英ガラス内部にフェムト秒レーザーを 50 倍の対物レンズで集光照射し、照射中に石英ガラスをレーザー照射方向に垂直な方向に掃引することによりライン状の改質領域を形成した。この時、観察領域を見出しやすくするために、長さが 10 mm 程度のライン状の構造を百本程度描画した。ライン状の構造のレーザー伝播方向の微細構造を評価するために、ガラスをライン状の構造の断面が露出するように破断した。

● ナノハブでの電子顕微鏡観察

破断面をナノハブの C01:超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡を用いて観察し、10-100 nm の微細構造形成について分析を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 にフェムト秒レーザーパルスを集光照射することで石英ガラス内部に描画した構造変化の偏光顕微鏡写真を示す。照射中に石英ガラスを縦方向に掃引したため、ライン状に構造変化が形成した。また、ライン状の構造変

化領域が明るくなったのは、複屈折を発現する微細構造が形成したことを示唆している。

Fig. 2 にフェムト秒レーザーの伝播方向に沿って破断した面の走査型電子顕微鏡像を示す。構造変化領域を拡大すると、直径 30-50 nm の空孔が生じていることが確認された。これらの空孔の生じた領域が周期的に並ぶことにより、複屈折が生じていると考えられる。また、空孔の大きさは照射エネルギーや掃引速度に依存せず、分布した領域の大きさや範囲が変わっていることが明らかになった。今後、空孔の空間分布が複屈折領域の透過率や複屈折の大きさに及ぼす影響を調べ、光デバイスへの応用に最適なレーザー描画条件を見出す。

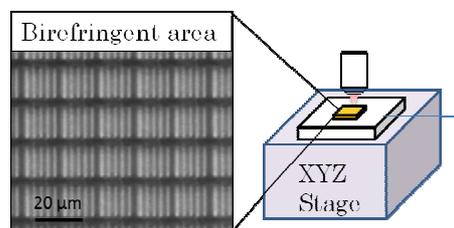


Fig. 1 Polarization optical microscope image of femtosecond laser induced lines inside a silica glass plate.

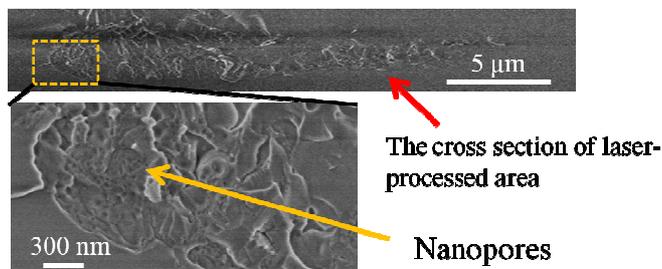


Fig. 2 Scanning Electron Microscope images on the surface of the fs-laser induced modification along the laser propagation axis.

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) Photonics West 2015, LASE: “The effect of femtosecond laser processing conditions on the properties of a polarization imaging filter inside a silica glass” ポスター発表.

6. 関連特許 (Patent)

なし。