

フェムト秒レーザーによる GeO_2 ガラス内部への局所複屈折制御Manipulation of self-assembled form birefringence in GeO_2 glass by femtosecond pulse京大院工¹, 京大産連本部² ○浅井 大我¹, 下間 靖彦¹, 坂倉 政明², 三浦 清貴¹Kyoto Univ.¹, Kyoto Univ. SACI.² ○Taiga Asai¹, Yasuhiko Shimotsuma¹,Masaaki Sakakura² and Kiyotaka Miura¹

E-mail: t.asai@func.mc.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】

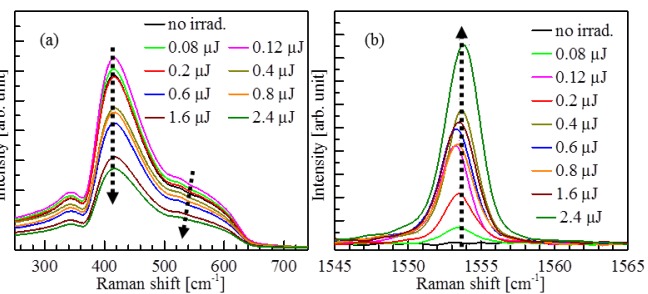
フェムト秒レーザーを石英ガラス内部に集光照射すると、その集光部にナノ周期構造が形成し、等方性材料であるガラス内部に空間選択的に複屈折を発現させることが可能である[1]。これを応用することにより5次元(XYZ+偏光+位相)光メモリやリアルタイムで偏光状態を計測可能な偏光イメージングセンサーへの応用が期待される。今回、 GeO_2 ガラスを溶融急冷法で作製し、そのガラス内部にフェムト秒レーザーを集光照射し、その焦点近傍にナノ周期構造が形成するかを評価した。

【実験】

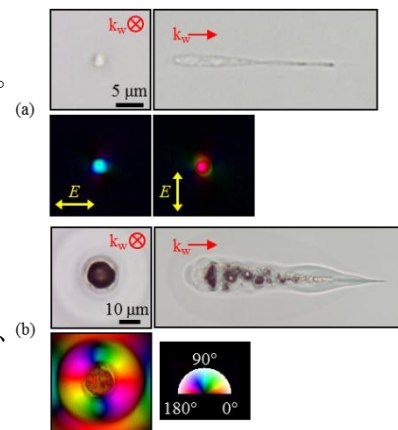
Ptルツボにて GeO_2 (99.999 %)を1600 °Cで3時間溶融し、その後、室温まで急冷して GeO_2 ガラスを作製した。結晶の析出がないことを XRD で確認した。作製したガラス内部に50倍の対物レンズ (NA=0.80) を通してフェムト秒レーザーパルスを集光照射した。照射レーザー条件は、繰り返し周波数250 kHz、照射時間 1 s、パルスエネルギー80 ~ 2400 nJ で行った。焦点近傍を顕微ラマン分光測定や偏光顕微鏡を用いて評価した。

【結果と考察】

XRD 測定の結果、作製した試料はガラスであることを確認した。レーザー照射後の焦点近傍を顕微ラマン分光により評価した。415 cm^{-1} 、525 cm^{-1} にそれぞれ Ge-O-Ge の対称伸縮振動、 $(\text{GeO})_3$ の平面三員環(D2)によるピーク(Fig. 1a)、850 cm^{-1} 、950 cm^{-1} に非対称伸縮振動による TO-LO 分裂 によるピークが検出された。415 cm^{-1} および525 cm^{-1} のピーク強度は、パルスエネルギーの増加に伴い減少するが、1555

Fig. 1 Raman spectra of GeO_2 glass before and after fs laser irradiation

cm^{-1} のピーク強度は反対に増加した。また、 O_2 によるものと考えられる1555 cm^{-1} 付近にピークが観察され、パルスエネルギーの増加に伴いピーク強度は増加し、Juodkakis らの結果とよく一致した(Fig. 1b) [2]。なお、80 nJ の場合においても、わずかに O_2 に由来したピークが観察された。このことから、照射部は、金属 Ge と O_2 ガス分子に分解すると考えられ、その傾向は、照射パルスエネルギーの増加に伴って顕著になる。偏光顕微鏡による観察結果(Fig. 2)から、2.4 μJ の場合、照射部中央は Ge と O_2 に分離し、その周辺は粘性が低下して熱膨張した領域、さらにその外側に粘度が高く、応力が緩和されていないことに由来した境界が観測された[3]。一方、200 nJ の場合、集光部には、照射レーザーの偏光に垂直な方向に複屈折の遅軸が見られ、石英ガラスで見られた構造的複屈折と同様の現象が誘起されていると考えられる。以上の結果から、 GeO_2 ガラスの場合、集光照射エネルギーに応じて、その集光部の構造は、Ge と O_2 に分解したり、ナノ周期構造が形成したりすることを見出した。また、ナノ周期構造は、酸素欠陥形成を乗り越えて、Ge-O が解離した Ge から構成されると示唆される。

Fig. 2 Characteristic micrographs of the induced GeO_2 glass by focused femtosecond laser pulses with pulse energy of 200 nJ (a) and of 2.4 μJ (b), taken with optical (upper) and polarization(lower) microscopes.

参考文献

- [1] Y. Shimotsuma et al., Adv.Mater., 22 (2010) 4039.
- [2] L. Bressel, Non-Cryst. Solids, 357 (2011) 2637.
- [3] M. Sakakura et al., Appl. Phys. Lett., 93 (2008) 231112.