

17p-A3-5

偏光渦フェムト秒レーザーパルスによる 石英ガラス内部へのナノ構造形成

Nanostructure formation inside fused silica by using polarization vortex
femtosecond laser pulses

京大院工¹, 京大産連² ○久保田 翔¹, 下間 靖彦¹, 坂倉 政明², 三浦 清貴¹
Kyoto Univ.¹, Kyoto Univ.SACI², °Kubota Sho¹, Yasuhiko Shimotsuma¹, Masaaki
Sakakura², Kiyotaka Miura¹

E-mail: k.sho@func.mc.kyoto-u.ac.jp

偏光渦フェムト秒レーザーパルスを液晶位相変調器により発生させ、石英ガラスとの相互作用を明らかにした。具体的には、ラジアル偏光またはアジマス偏光のフェムト秒レーザーパルスにより、偏光依存ナノ周期構造を石英ガラス内部に誘起し、SEM および偏光顕微鏡を用いて評価した。

【緒言】

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、照射部に酸素欠陥からなるナノ周期構造が形成される。これにより、等方性の材料であるガラスにおいて、局所領域に構造的複屈折が誘起される[1]。ナノ周期構造の形成メカニズムは、レーザー照射によってプラズマ電子が発生し、このプラズマ電子波がレーザー光と干渉するためと考えている。また最近、不均一に形成した過渡的なナノプラズマが関与するモデルも検討されている[2]。本研究では、光軸に対して対称な偏光分布を持つ偏光渦に着目し、ナノ周期構造の形成し、偏光状態との関係を明らかにした。

【実験】

フェムト秒パルスを $\lambda/2$ 板を通過させた後、透過型の位相変調器によって、ラジアル偏光(または、アジマス偏光)を発生させた(Fig. 1)。これは、液晶の分子配列のねじれに応じて、入射レーザー光の偏光方向が回転することを利用している。このフェムト秒パルス(パルス幅 70 fs、波長 800 nm、繰り返し周波数 250 kHz)を、対物レンズ(NA=0.8, 50×)に導光し、石英ガラスの表面から 100 μm 内部に 1 秒間集光照射した。レーザー照射後、光学顕微鏡、偏光顕微鏡で観察した後、研磨により集光部を表面に露出させ、SEM により詳細に調べた。

【結果と考察】

ラジアル偏光では、石英ガラス内部に同心円状に酸素欠陥からなるナノ周期構造(Fig. 2(a))ができ、アジマス偏光では、放射状にナノ周期構造(Fig. 2(b))が形成されることを見出した。アジマス偏光の照射部の周期構造は、欠陥構造領域の中央における間隔は約 200 nm だった。この値は、同一照射条件での直線偏光により形成されるナノ周期構造の周期と同じであり、軸対称の偏光状態であっても、石英ガラス内部の集光部近傍には、電場に垂直な

方向にナノ周期構造が形成されることを示唆している[3]。照射部の複屈折測定(測定波長 546 nm)の結果、直線偏光で誘起される位相差(リタデーション; δ)は、照射エネルギーが 0.8 μJ まではパルスエネルギーの増加とともに δ 値は増加することを確認した。このことから、形成される酸素欠陥量も増加していると考えられる。一方、0.8 μJ 以上では、エネルギー増加とともに δ 値は減少した。これは、ナノ周期構造の周期が乱れ、見かけ上間隔が広がったためと考える。ラジアル偏光による実験において、集光部近傍の δ 値の分布を評価した。偏光特異点により、ビームプロファイルの中央部の強度がゼロとなるため、 δ 値もリング状に分布した。 δ 値は、パルスエネルギーを増加しても大きく変化しなかったが、その分布の半値幅は、パルスエネルギーの増加とともに広がった。これは、偏光特異点によるものと考えられる。

【結言】

ラジアル偏光およびアジマス偏光のフェムト秒レーザー光により、石英ガラス内部に軸対称なナノ周期構造を形成した。直線偏光の場合と同様に、軸対称の偏光状態であっても、石英ガラス内部の集光部近傍には、電場に垂直な方向にナノ周期構造が形成されることがわかった。

[1] Y. Shimotsuma et al., *Adv. Mater.* 22 (2010) 4039.

[2] V. R. Bhardwaj et al., *Phys. Rev. Lett.* 96 (2006) 057404.

[3] C. Mauchair et al., *Opt. Express* 20 (2012) 12997.

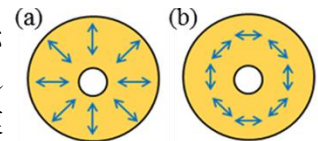


Fig. 1 Electric field distribution of polarization vortex laser pulse (a) radial and (b) azimuth polarization.

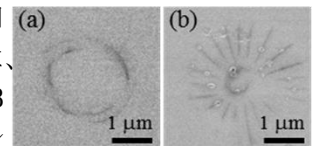


Fig. 2 Backscattering electron images of the polished sample surface to the depth of focal spot location after (a) radial or (b) azimuth polarized femtosecond laser irradiation.