フェムト秒レーザーによる SiO_x 上のナノ構造生成過程

Formation process of nanostructures on SiO_x with femtosecond laser pulses

○宮地 悟代[1]，(B)高谷 竜禎[1]，Jürgen Ihlemann[2]

Tokyo Univ. of Agriculture and Technology[1], Laser-Laboratorium Göttingen e. V.[2],

○Godai Miyaji[1], Tatsutoshi Takaya[1], Jürgen Ihlemann[2]

E-mail: gmiyaji@cc.tuat.ac.jp

ガラスは可視光領域で透明であり、化学的に安定で取り扱いやすく安価であることから光学デバイスの材料として広く利用されている。これまで高強度のフェムト秒(fs)レーザー照射によるアブレーションによって、その表面に入射レーザー波長の 1/4 程度(~200 nm)の周期の微細構造を形成できることが報告されているものの、照射領域全体に均一に形成することが難しかった。一方、宮地らはこれまでに fs レーザーによる固体表面の周期構造生成の物理メカニズムを理解し、種々の固体に均一で直線性の良いナノ構造を形成してきた。そこで本研究では、明らかにしてきた物理メカニズムを基に、SiOx ($x \sim 1$) 表面にナノ構造を生成できたのでその生成過程について調べた。

加工ターゲットとして、図 1(a)に示すように溶融石英基板上に、厚み 1.4 μm で成膜した SiOx (x ~ 1)を用いた[1]。この材料は SiO_2 よりも屈折率が高く、特に紫外域で強い吸収がある。また、酸素雰囲気中でアニールすることにより、容易に SiO_2 にすることができる[2]。この表面に Ti:sapphire レーザー増幅システムの出力光（800nm, 100fs, 10Hz）を多数パルス重ねて照射した。ここで、フルーエンスは $F = 750$ mJ/cm^2、パルス数は $N = 500$ とした。照射後の表面形状を走査型電子顕微鏡（SEM）で観測した結果を図 1(b)に、その空間周波数スペクトルを図 1(c)に示す。これらの図に示すような周期 220 – 300 nm で、偏光方向に垂直方向の線状構造を有するナノ構造が照射領域全体に観測された。これは、SiO_2 よりも高い非線形光吸収係数を有する SiOx ($x \sim 1$)の表面でレーザー光が吸収されて高密度の電子が励起され、表面プラズモンポラリトンの光近接場によってナノアブレーションが誘起されたことを示している。

[1] J. Ihlemann, J. Meinertz, and G. Danev, Appl. Phys. Lett. **101**, 091901 (2012).

[2] L.J. Richter, C.M. Beckmann, J. Meinertz, J. Ihlemann, JLMN **13**, 249-253 (2018).

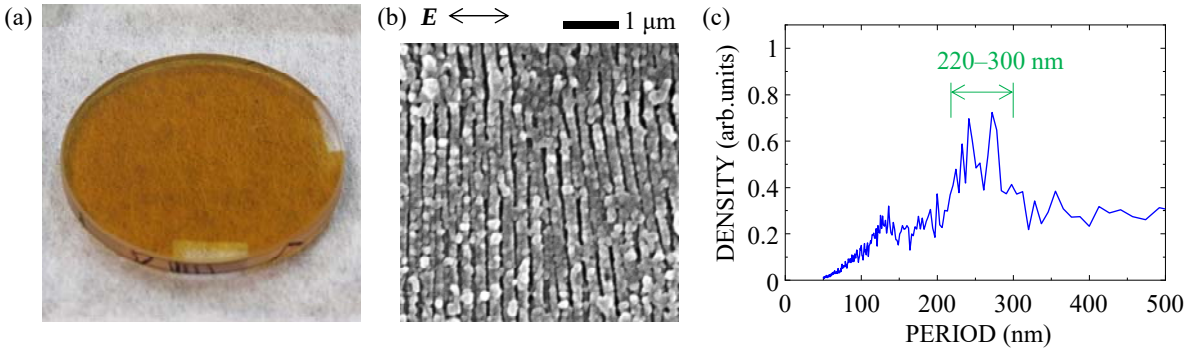


Fig. 1 (a) Photograph of SiO_x ($x \sim 1$) on a fused silica substrate. (b) SEM image and (c) frequency spectrum of the SiO_x ($x \sim 1$) surface irradiated with the femtosecond laser pulses at $F = 750$ mJ/cm^2 and $N = 500$. The arrow ***E*** denotes the polarization direction of the laser pulses.

© 2019年 応用物理学会