

フェムト秒レーザーにより SiO₂ 表面に形成した均一なナノ構造とその反射・透過特性

Homogeneous nanostructures on SiO₂ formed with femtosecond laser pulses and their reflection/transmittance properties

東京農工大¹, ゲッチングナノ工学研² ○枝窪 南¹, Jürgen Ihlemann², 宮地 悟代¹

Tokyo Univ. of Agriculture and Technology¹, Institut für Nanophotonik Göttingen e.V.²,

○Minami Edakubo¹, Jürgen Ihlemann², Godai Miyaji¹

E-mail: s204461r@st.go.tuat.ac.jp

光の波長よりも小さな周期を持つ構造は屈折率を制御できるため、反射防止表面や構造複屈折素子などに応用されている。SiO₂ のようなガラスは可視光領域で透明であり、化学的に安定、安価であることから、ナノ構造を有する SiO₂ をレーザーで簡便に作製できれば光学デバイスへの応用が期待される。これまで、SiO₂ よりも非線形光吸収係数が高く、大気中でのアニールにより SiO₂ に変化する特徴を持つ SiO_x (x~1) にフェムト秒(fs)レーザーを集光照射することにより、表面にナノ構造を生成できることを示した[1]。本研究では、均一で直線性の良い SiO₂ ナノ構造体を形成し、その表面の反射率と透過率を測定した。

加工ターゲットとして、熔融石英基板上に厚み~1.2 μm で成膜した SiO_x (x~1) を用いた。均一なナノ構造を 2 ステップ法[2]により形成した。その SEM 画像と空間周波数スペクトルを Fig.1 に示す。図より、第 1 ステップで周期約 1 μm の干渉パターンが形成され、第 2 ステップでパルス数 $N = 20$ のときには干渉パターンに沿って周期~240 nm でほぼ単一周波数のナノ構造形成を確認できる。

レーザー照射後、大気中で 1000°C, 144 時間アニールを行った。Fig.2 にアニール前後のレーザー未照射部分のターゲットの透過スペクトルを示す。図より、アニールによって SiO_x が SiO₂ に変化したことが分かる。この SiO₂ 表面を光学顕微鏡で観察したところ、均一なナノ構造が形成されている表面は反射率が極めて低く、透過率がほぼ 100%であることがわかった。以上より、2 ステップ法により形成した均一なナノ構造を有する SiO₂ 表面は、散乱の少ない無反射表面であることが分かった。

[1] T. Takaya *et al.*, *Nanomaterials* **10**, 1495(2020).

[2] K. Miyazaki, G. Miyaji, *J. Appl. Phys.* **114**, 153108 (2013).

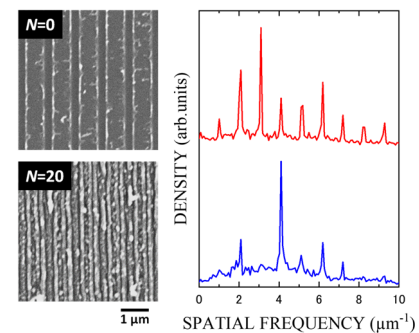


Fig. 1 SEM images and the frequency spectrum of SiO_x surface after irradiation of the fs laser pulses at $F \sim 500 \text{ mJ/cm}^2$ and $N = 0, 20$. N is the number of pulses in the second step.

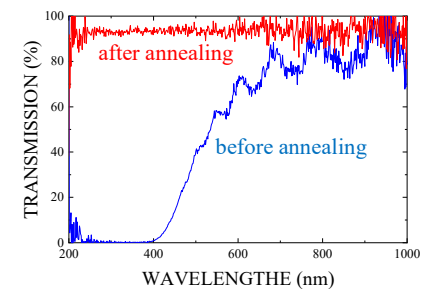


Fig. 2 Transmission spectra of a 1.2-μm-thick SiO_x film on fused silica. Blue line is before annealing and red line is after annealing 144 h at 1000°C in air.