

ナノサイズのレーザ照射痕によるシリコン表面の反射抑制

Reduction of the Silicon Surface Reflectance by Nano-Sized Laser Ablation Pits

坂手 俊介、鈴木 智貴、斉藤 光徳 (龍谷大理工)

Shunsuke Sakate, Satoki Suzuki, Mitsunori Saito (Ryukoku Univ.)

E-mail: msaito@rins.ryukoku.ac.jp

レーザパルスをシリコン (Si) 板に照射しアルカリエッチングを行うと、Fig.1 の(a),(b) に示すようなナノメートルサイズのアブレーション痕や六角形の孔が形成される。^{1,2)} 本研究では 200nm のピッチでレーザ(波長 532nm、パルス幅 550ps、エネルギー4μJ、8800 パルス/s)を照射し、Fig.1(c)のように幅 600nmの線状アブレーション痕の配列を形成して、赤外域の透過特性を調べた。

無偏光の赤外線を様々な角度 θ で Si 板(厚さ 0.7mm)に入射させると、Fig.2 のように短波長域では線の周期 s が小さいほど強い散乱が生じたが、6 μm 以上の波長域ではアブレーションを行う前(灰色線)より高い透過率が得られた。透過率が高くなる波長は入射角によって変化し、散乱の強い 2~6 μm 帯にもピークが現れた。

透過率変化の原因を調べるため、直線偏光の赤外線で測定を行うと、Fig.3 のように線に垂直な偏光では透過スペクトルに振動が見られたが、平行な偏光では見られなかった。このことから、周期性を持つグレーティング構造において電子が関与する表面プラズモン現象が起こっていると推定される。Fig.3(a)のように Si 板を線の方向を軸として傾けると、ピークが 2 つに割れて移動した(矢印)。一方、Fig.3(b)のように線に垂直な軸で傾けたときは、光の進行方向から見た間隔 s に変化がないので、ピーク移動は見られなかった。Fig.3(c)は、Si 表面で光線 A と C が B と干渉するモデルである。Si 表面での実効屈折率を n_{eff} とすると、光路差は $s(n_{\text{eff}} \pm \sin\theta)$ となるので、 $s=4\mu\text{m}$ 、 $n_{\text{eff}}=1.2$ と仮定してスペクトルの凹凸を計算すると、Fig.3(a)の灰色線と点線のように実験値(黒線)と似たピーク移動が見られた。

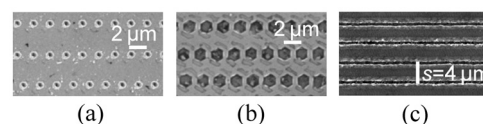


Fig. 1 SEM images of (a) nano-sized ablation pits and (b) hexagonal holes that appeared on the (111) Si surface after the pulsed-laser irradiation and alkaline etching. (c) Ablation lines consisting of connected pits (irradiation at 200 nm pitch).

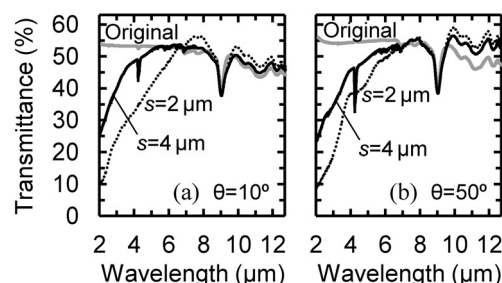


Fig. 2 Infrared transmittances of the Si plates that were measured before (the gray lines) and after the grating formation (2 or 4 μm period). A non-polarized beam with the incident angle of (a) 10° or (b) 50° was used for the measurements.

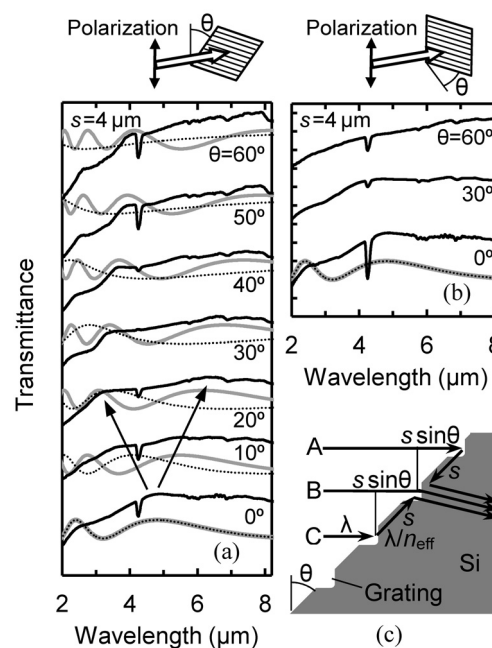


Fig. 3 (a), (b) Transmission spectra (the black lines) for the linear polarization that is vertical to the grating ($s=4\mu\text{m}$). The gray and dotted lines show the theoretical peak wavelengths. The Si plate was inclined at an angle θ , as illustrated above the graphs. (c) Theoretical model of the Si surface.

1) M. Saito and S. Kimura, *AIP Adv.* **7**, 025018 (2017).

2) 鈴木, 斉藤, 第66 回応用物理学会春季講演会(2019)9p-PB2-3.