シリコンの吸収端波長におけるレーザ光の自己変調

Self-Modulation of a Laser Beam at the Band Edge of Silicon

宮部 拡生、川瀬 陽介、斉藤 光徳（龍谷大理工）
Hiroki Miyabe, Yosuke Kawase, Mitsunori Saito (Ryukoku Univ.)
E-mail: msaito@rins.ryukoku.ac.jp

通常のシリコン(Si)板はバンド端に相当する 1000 nm 以下の波長域で光を通さないが、30 μm 程度に薄くすると、Fig.1(a)のように可視光帯まで透過域が広がり、温度上昇によっても透過域が変化する(灰色線)。さらに Fig.1(b)が示すように、透過域では干渉スペクトルが現れ、レーザ照射などによる温度変化でピーク波長を制御できる。本研究では、これらの現象を利用してレーザ光の自己制御を試みた。

厚さ 50 μm の Si 板に、波長 1064 nm の Nd:YAG レーザビームを 100 μm に集光して通した時の透過率変化を Fig.2 に示す。ペルチェ素子によって Si 板を昇温していくと干渉ピーク波長が移動するため、レーザパワーが 0.1W の時は温度とともに透過率が滑らかに変化した。レーザパワーを上げると、レーザによる加熱が加わるため、(b)のように急峻な変化が現れた。Fig.3 に入力パワーと出力パワーの関係を示す。56ºC や 93ºC では出力が非線形に上昇しており、68ºC では出力光強度が飽和する傾向が見られる。干渉ピークの移動でレーザの吸収率が変化するため、温度上昇に正または負のフィードバックがかかり、非線形特性が現れるものと考えられる。

このようにレーザ光が Si に吸収されることで自己制御機能が生じるが、Fig.1(a)が示すように、短波長のレーザほど吸収が大きくなるので、次に波長 940 nm の半導体レーザビームで実験を行った。パルス幅 50ms のレーザビーム(1 W)を集光して、厚さ 30 μm の Si 板に照射すると、出力パルスは Fig.4(a)の黒線のように強度が時間とともにしだいに弱くなる波形となった。波長 830 nm の半導体レーザでは、Fig.4(b)のように 100ºC で 50%以上の強度変化が見られた。

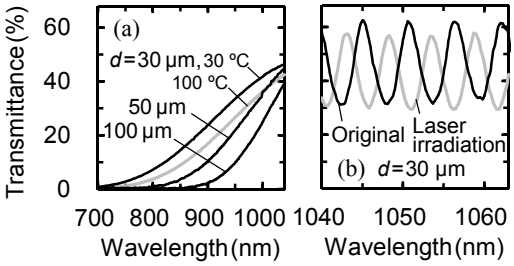

Fig. 1 Transmission spectra of Si plates at (a) the band edge or (b) the transmission range. *d* denotes the plate thickness. Measurements were conducted at 30 ºC except for the gray line (100 ºC) in (a). The gray spectrum in (b) was measured during the laser (940 nm wavelength) irradiation process.

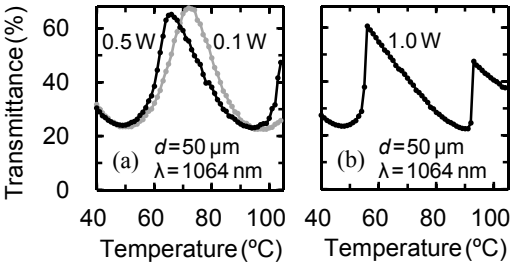

Fig. 2 Temperature dependence of the laser beam (1064 nm) transmittance. The Si plate thickness was 50 μm. The laser power was (a) 0.1, 0.5, or (b) 1.0 W.

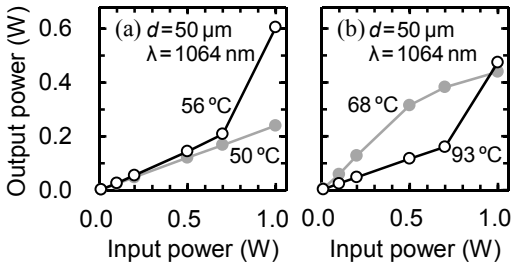

Fig. 3 Input-output characteristics of the laser beam (1064 nm) that passed through the Si plate (50 μm) of (a) 50, 56, (b) 68, or 93 ºC.

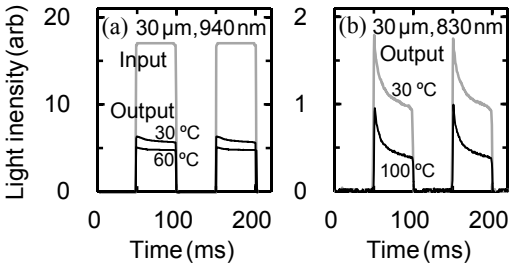

Fig. 4 Temporal change of the laser pulse shape that was caused by the transmission through the Si plate (30 μm, 30–100 ºC). The laser wavelength was (a) 940 or (b) 830 nm. The input power was 1 W.

© 2018年 応用物理学会