

シリコンの吸収短波長における レーザ光の自己変調

宮部 拓生
Hiroki MIYABE
電子情報学科 4年

1. はじめに

私は、2018年9月18~21日に名古屋国際会議場で開催された「2018年第79回応用物理学会秋季学術演会」に参加し、20日に「シリコンの吸収短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)」というテーマでポスター発表を行った。

2. 研究背景

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、図 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)。さらに図 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。

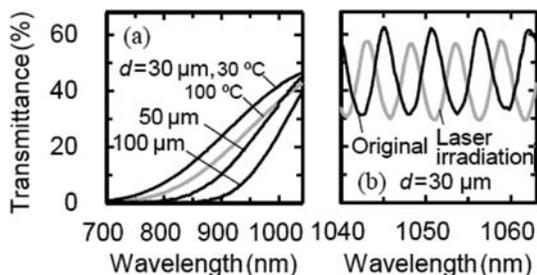


図 1 Si 板の透過スペクトル。(a) と (b) の透過域はバンドエッジ付近である。d は Si 板の厚さを示す。(a) の測定ではグレー線 (100°C) を除いて 30°C で行った。(b) のグレー線は (波長 940 nm) レーザ照射の過程で測定した。

3. Nd:YAG レーザによる入出力特性

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図 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 0.1 W 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。図 3 に入力パワーと出力パワーの関係を示す。56°C や 93°C では出力が非線形に上昇しており、68°C 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。

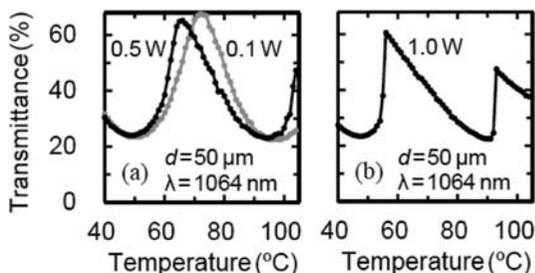


図 2 レーザ光 (1064 nm) 透過率の温度依存性。Si 板の厚さは 50 μm 。レーザパワーは (a) 0.1, 0.5 または (b) 1.0 W。

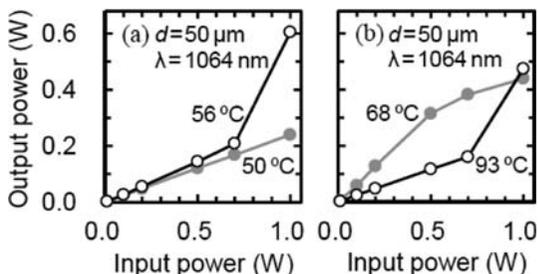


図 3 Si 板 (50 μm) でのレーザ光の入力出力特性。温度は (a) 50, 56 (b) 68, 93°C である。

4. 半導体パルスレーザーの自己変調

このようにレーザー光が Si に吸収されることで自己制御機能が生じるが、図 1 (a) が示すように、短波長のレーザーほど吸収が大きくなるので、次に波長 940 nm の半導体レーザービームで実験を行った。パルス幅 50 ms のレーザービーム (1 W) を集光して、厚さ 30 μm の Si 板に照射すると、出力パルスは図 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 の半導体レーザーでは、図 4 (b) のように 100 $^{\circ}\text{C}$ で 50% 以

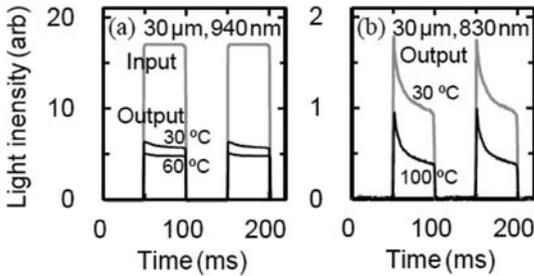


図 4 Si 板 (30 μm , 30-100 $^{\circ}\text{C}$) の透過によるレーザーパルスの時間的変化。レーザーの波長は (a) 940 nm, (b) 830 nm. 入力パワーは 1 W.

上の強度変化が見られた。

5. まとめ

基板の温度を適当に設定すると、レーザー光の入出力特性が、急激な上昇や飽和などの非線形特性を示すことがわかった。また厚さ 30 μm の薄型 Si 板に波長 830 nm のレーザーを照射することで、変調率 60% の自己変調を実現した。基板をさらに薄くすれば 700 nm 付近の可視光も通ると予想され、さらに顕著な自己変調が起きるものと期待される。

6. おわりに

今回初めての学会に参加し、発表を通して様々な質問や意見を頂いた。また、他大学や企業の研究者の発表を聞くなどの貴重な経験ができた。これらの経験は今後の研究活動に活かしていきたいと思う。

最後になりましたが、今回の発表にあたりご指導をいただきました斉藤光徳教授をはじめ、斉藤研究室の皆様、この場を借りて厚く御礼申し上げます。