

高繰り返しシングルショット分光による Si のキャリア生成・長寿命緩和の同時計測

Simultaneous Measurement of Carrier Generation and Long-Lived Relaxation of Si using High Repetition-rate Single-Shot Spectroscopy

横国大院理工

○(D1)小林真隆, 嵐田雄介, 武田淳, 片山郁文

Yokohama National Univ.

○(D1)M. Kobayashi, Y. Arashida, J. Takeda and I. Katayama

E-mail: katayama-ikufumi-bm@ynu.ac.jp

我々は、長寿命成分を有する系において超高速光応答の時間波形をリアルタイムで測定するため、チャープパルスシングルショット法とフォトリック時間伸長法[1,2]を組み合わせた高繰り返しシングルショット分光技術を開発している[3]。今回、音響光学素子 (AOM) を用いて励起光の強度を制御し、高繰り返しシングルショット分光システムに組み込むことで、Siにおけるサブピコ秒の時間領域で生じる超高速光応答が、引き続いて生じるマイクロ秒のキャリア緩和に伴って変化する様子の全ダイナミクスを70,000 fpsを超えるフレームレートで観測した。

実験では、Yb:KGW再生増幅レーザー (中心波長1028 nm, 繰り返し75 kHz, パルス幅290 fs, 出力0.2 mJ)を用い、光パラメトリック増幅器 (OPA) を通して1300 nmのプロブ光を発生させた。発生したプロブ光は回折格子対を用いて40 ps程度のパルス幅に伸張した。ポンプ光は基本波の1028 nmを使用し、AOMを用いてパルス数およびパルス間隔を制御した上でプロブ光と共に1 mm厚のSiに照射し、Siの過渡透過率の時間情報を波長にマッピングした。プロブ光は試料透過後に長さ3 mのチャープファイバブラッググレーティング(CFBG)を通し2 ns程に時間的に拡張し、帯域12.5 GHzのオシロスコープと高速フォトダイオードを用いてパルス波形を検出した。AOMをポンプ光10パルス分に相当する7.5 kHz周期 (~130 ms) の矩形波で駆動し、そのDuty比を変化させることによって、照射するポンプ光のパルス数を制御した。

Fig. 1 にDuty比10% (Fig. 1(a)) および50% (Fig. 1(b)) におけるシングルショット過渡透過率変化の結果 (100フレーム)を示す。どちらの場合も、先行研究[4]と同様に、ポンプ光照射後30 psを超える長寿命緩和が見られるが、過渡透過率の変化量はDuty比によって異なることがわかった。この結果は、~マイクロ秒の寿命を持つキャリアがフェムト秒で生じるキャリア応答にも寄与していることを示唆しており、本手法により初期過程~長寿命緩和を含む全キャリアダイナミクスの評価が可能であることを示している。

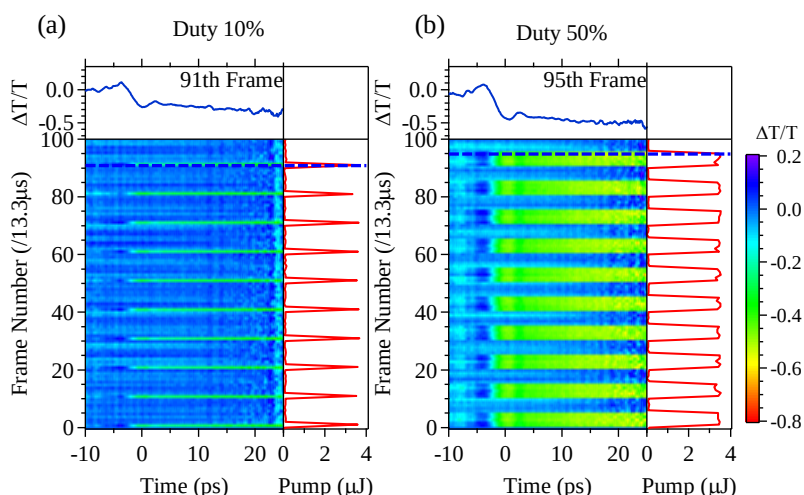


Fig. 1 Normalized transient transmission changes ($\Delta T/T$) of Si observed at duty cycles of 10% (a) and 50% (b). (bottom left). The vertical axis corresponds to the probed frame number repeated every 13.3 μ s (75 kHz), and the horizontal axis is the pump-probe delay time. An example of the transmission change at a given frame is shown in the upper most graph. The right-most trace indicates the pump profile applied to each duty cycle.

- [1] S. Gupta *et al.*, Appl. Phys. Lett. **94** (2009) 041105.
- [2] K. Goda *et al.*, Nature **458** (2009) 07980.
- [3] Kobayashi, M. *et al.*, Sci. Rep. **6** (2016) 37614.
- [4] A. J. Sabbah *et al.*, Phys. Rev. B, **66** (2002) 165217.