

光周波数コムシンセサイザ/アナライザを用いた 超高速光波形計測における計測時間領域拡張の原理検証 Time Scale Expansion of Picosecond Waveform Analysis Using Optical Frequency Comb Synthesizer/Analyzer

埼玉大理工, °長谷川 尊士, 宮本 貴幸, 塩田 達俊

Saitama Univ. °Takashi Hasegawa, Takayuki Miyamoto, and Tatsutoshi Shioda
E-mail: tshioda@mail.saitama-u.ac.jp

1 はじめに

分子の励起状態や化学反応の測定にはフェムト秒光パルスをプローブとする時間分解分光が有効な手法として行われてきた。しかし光路長の操作といった繰り返し計測を前提とするため不可逆反応の計測は不可能であった。そこで、フェムト秒の時間分解能で数 10 ピコ秒の計測時間をもつシングルショット任意光波形制御/計測技術の実現をするために、まず我々は光周波数コムシンセサイザ/アナライザを開発した。そして、光パルスシンセサイザ(OPS)により光周波数コムの縦モードの振幅と位相を制御・計測することで、高速な任意の時間波形を最大 6.4 THz 帯域の帯域で制御できることを示した[1-4]。しかし、OPS の基板サイズの制約から時間分解能と制御時間領域の比は 32 程度に制限される。また、同手法をシングルショット計測に拡張する場合、単純にはその計測制御時間を積算時間とするデジタイザが必要となる。これらの問題を解決するために前者に対しては 200 GHz コムのピーク間を 25 GHz でサンプリングすることで計測時間を 5 ピコ秒から 40 ピコ秒へ拡大することを目指す。また、後者に対しては 40 ピコ秒の時間窓で信号光を切り出して 1 GHz デジタイザでシングルショット計測することで、疑似的な 25 GHz(40 ps)デジタイザでのシングルショット計測を実現する。

2 実験方法

実験系を Fig. 1. に示す。DFB-LD(周波数 193.3000 THz)を光源とし光周波数コム発生器(OFCG)で 25 GHz 間隔の光周波数コムとした後、信号光(Fig. 1. 上側)と参照光(Fig. 1. 下側)に分波した。信号光はカラーレス AWG の周回性を利用して 200 GHz 間隔のコムとし、吸収の

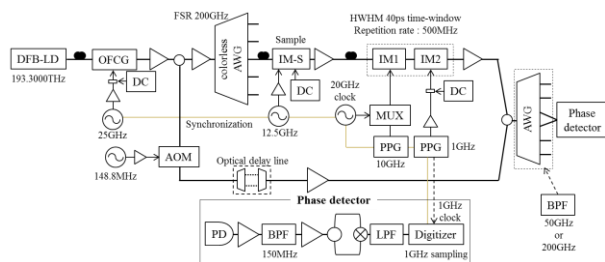


Fig. 1. Experimental setup.

サンプルとして強度変調器(IM-S)で 12.5GHz の正弦波の強度変調を与えた。吸収を与えた信号光を IM1 と IM2 で半値幅 40 ps, 繰り返し周波数 500 MHz の時間窓切り出しを行った。参照光は音響光学変調器(AOM)で 148.8 MHz の周波数シフトを与えた。時間窓切り出しした信号光と周波数シフトした参照光を合波し BPF で 50 GHz または 200 GHz 間隔の隣接 2 波を取り出し 2 波長同時ヘテロダイン検波法を用いて相対位相を 1 GHz デジタイザで計測した。

3 実験結果

Fig. 2. に IM-S に入力する RF 信号をオンまたはオフにした時それぞれで得られたスペクトルから再現した時間波形を示す。さらに Fig. 3. に、Fig. 2. の波形を 5 ps ごとに積分し透過率を求めた波形を示す。これらの結果から 200 GHz 間隔のコムモード間を 25 GHz 間隔で取得することで 40 ps にわたる波形の変化を観測できることがわかった。以上よりシングルショット光波形計測へ向けた原理確認実験としてピコ秒計測時間レンジの拡大を実証した。

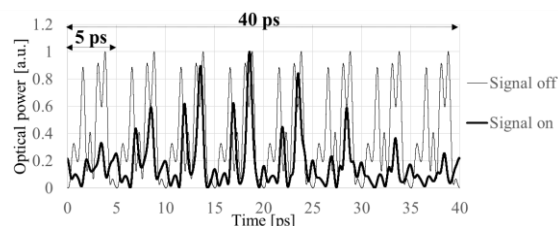


Fig. 2. Signal on/off into sample waveform.

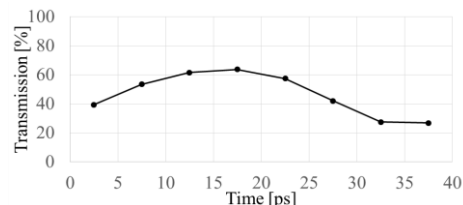


Fig. 3. Transmission.

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16H03879 と科研費 15K13372 の助成を受けて進められました。

参考文献

- [1] T. Shioda, et al. *Opt. Commun.* vol. **23**, 4733 (2010).
- [2] T. Yamazaki, et al. *J. Opt. Soc. Am. B* **29** (7), 1707 (2012).
- [3] T. Shioda, et al. *Opt. Lett.*, **37** (17), 3642 (2012).
- [4] T. Yamazaki, et al. *CLEO-PR*, TuF2-5 (2013).