

# シングルショット超高速波形計測のための高速光周波数コムアナライザ

## High-speed Optical Frequency Comb Analyzer for Single-shot Ultrafast Waveform Measurement

埼玉大理工 〇多田 浩明, 湯田 怜央奈, 今井 颯, 三木 真人, 塩田 達俊

Saitama Univ. 〇Hiroaki Tada, Leona Yuda, Hayate Imai, Masato Miki, and Tatsutoshi Shioda

E-mail: tshioda@mail.saitama-u.ac.jp

### 1. はじめに

化学反応の中間状態におけるピコ秒オーダーのダイナミクスを解明することは、基礎科学だけでなく化学工業の反応制御における研究を推し進める上で重要である。このような計測は計測機器の応答速度(10ps)に制限されるが、我々は新たな手法としてフェムト秒の時間分解能を持ち、かつ計測機器の応答速度に制限されない光周波数コム(OFC)シンセサイザ/アナライザを開発した[1-3]。この手法では光周波数コムの振幅・位相スペクトルを2波長同時ヘテロダイン検波によって計測し、フーリエ変換によって時間波形を復元することで実現される。2波長同時ヘテロダイン検波では未知の2波長間の振幅と位相の関係を Eq.(1)の DC 電圧に含まれる $\alpha$ ,  $\Delta\phi$ から取得することができる。

$$V_{DC} = bias. + \alpha(\Delta\phi + \beta\Delta L) \quad (1)$$

しかし、従来の光周波数コムアナライザにシングルショット計測を適応するためには、計測する数百の縦モードと同数の DC 電圧の一括取得が必要という問題が発生する。そこで周波数領域に広がる振幅・位相情報を含む DC 電圧を時間的に多重化することでこの問題を解決した。今回は“シングルショット”光周波数コムアナライザの検証として 375GHz (25GHz×15modes)における振幅・位相スペクトルを測定し、2.7ps 分解能、40ps 時間レンジの超高速波形計測を行った結果について報告する。

### 2. 実験方法・結果

実験系を Fig. 1 に示す。25GHz で駆動した光周波数コム発生器(OFCG)に DFB-LD からのレーザを入射した。上側を信号光、下側を参照光とする。信号光では2台の強度変調器(IM)を用いて、計測時間レンジの40ps 矩形窓で信号光を切り出す。その後、WaveShaper (WS:Finisar corp.)によって信号光に2.7ps の群遅延を与えた。この信号光と 375GHz に帯域制限した参照光を合波し、25GHz のチャンネル間隔を有する AWG によって空間的に分解される。AWG の各チャンネルに 8ns ごとに増加する時間遅延を光回路によって与え、フォトダイオード(PD)によって検出した。PD 信号は RF 回路に入力され、Eq.(1)の DC 電圧を 2GS/s のデジタイザによって検出した。8ns ごとに時間多重化した DC 電圧の計測結果を Fig. 2 に示す。この DC 電圧から振幅・位相情報を取得し、フーリエ変換によって得られた時間波形を Fig. 3 に示す。群遅延を付与する前後で Fig. 3

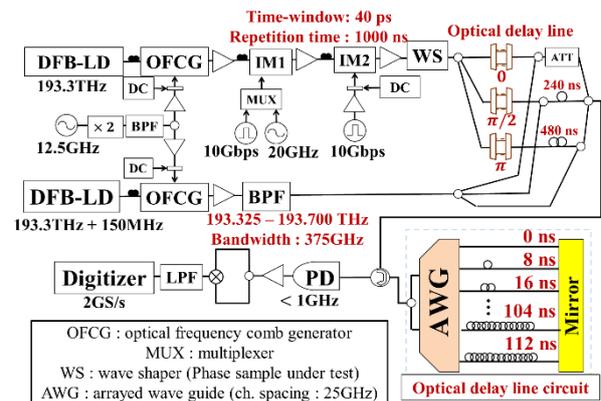


Fig. 1 Experimental setup.

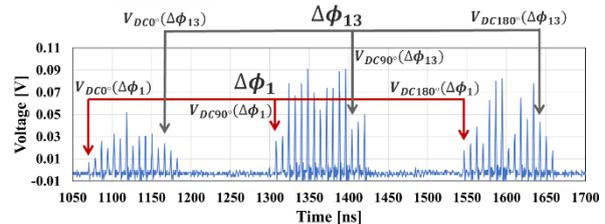


Fig. 2 Time division multiplexed DC voltage.

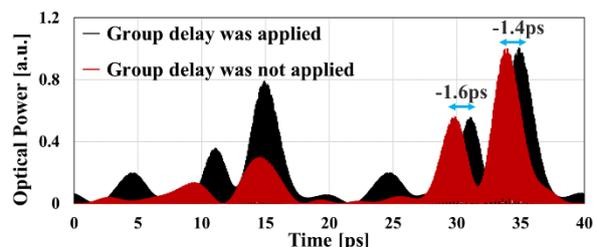


Fig. 3 Experimentally obtained “single-shot” waveform with a 2.7ps time resolution in 40ps time range.

の30ps 付近に2つのピークが確認され、与えた群遅延の影響を反映している結果が得られた。以上から、2.7ps 時間分解能と40ps 計測時間レンジを持つ、シングルショット OFC アナライザの実現を示唆する結果を実験的に確認することができた。

### 謝辞

本研究の一部は、JSAP 科研費 16H03879 と科研費 17K19069 の助成を受けて進められた。

### 参考文献

- [1] T. Shioda, *et al.*, *Opt. Commun.*, Vol. **283**, No. 23, pp. 4733-4740 (2010).
- [2] T. Shioda, *et al.*, *Opt. Lett.*, Vol. **37**, Iss. 17, pp. 3642-3644 (2012).
- [3] T. Yamazaki, *et al.*, *Jpn. J. App. Phys.*, Vol. **53**, pp. 1-5 (2014).