

超高速光波形計測へ向けた 共通光路周波数領域光相関システム Common Path Frequency Domain Optical Correlation System for Ultrafast Optical Waveform Analysis

埼玉大理工 ○福士 海渡, 八木 達椰, 塩田 達俊

Saitama Univ. ○Kaito Fukushi, Tatsuya Yagi, and Tatsutoshi Shioda

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

1. はじめに

フェムト秒のオーダーで生じる不可逆な化学反応素過程など一度しか生じない現象の解析のために、ワンショット計測が可能な超高速光波形計測技術が必要である。既存手法の光サンプリングオシロスコープなどは繰り返し測定を前提とし、計測対象波形が周期波形に限定され、ワンショット計測は不可能である。そこで、我々は周波数領域光相関法 (FDOC) を提案した¹⁾。この手法では、周波数領域で取得した入力信号の相関値を逆フーリエ変換することで入力信号を取得する。同手法では、光 SSB 変調器の 1 次単側波変調による縦 1 モードの周波数シフトを周波数走査に利用し、信号と参照光路が異なる経路を伝搬する光回路を提案してきたが、2 光路における光の伝搬時間の差が計測に影響を与える可能性がある。この影響を除去するためには、周波数領域の相関を得る光回路を共通光路で実現することが有効である²⁾。今回、光 SSB 変調器を+1 次と-1 次の周波数シフトが生じる条件にし、安定した過渡波形計測を目指した結果について報告する。

2. 提案手法の原理と実験

実験系を Fig.1 に示す。1 台目の強度変調器 (IM) でピコ秒周期の正弦波信号波形を光振幅に載せ、2 台目の IM で ΔT 秒の時間切り出しを行い、切り出し信号を作成する。これを光 SSB 変調器が含んだループ回路へ導くと、光 SSB 変調器では、変調周波数 ($\pm \Delta f$) だけ周波数シフトした波形が同時に発生する。これを 2 周回目以降も繰り返し、観測される周回数 (n) 毎に干渉出力波形 $I(n\Delta f)$ は式(1)のように表される。

$$I(n\Delta f) = (n+1)R(0\Delta f) + 2 \sum_{k=1}^n (n+1-k) \text{Re}[R(2k\Delta f)] \quad (1)$$

ここで、 $R(\Delta f)$ は相関値を表す。これにより $\text{Re}[R(2n\Delta f)]$ を周波数掃引量の小さい順に解析的に求めることができるとわかる。

この原理を実証するために、Fig.1 のように 20GHz の正弦波信号を $\Delta f = 6.25\text{GHz}$ 、 $\Delta T =$

1ns という条件で実験を行い、観測した周波数領域の相関値を Fig.2 に示す。この相関値を逆フーリエ変換して取得した時間波形を Fig.3 に示す。20GHz のフィッティングをした結果、0.99 という相関係数となり、提案手法で波形計測が可能であることが示された。

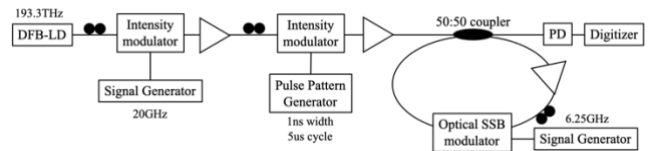


Fig.1 Experimental setup.

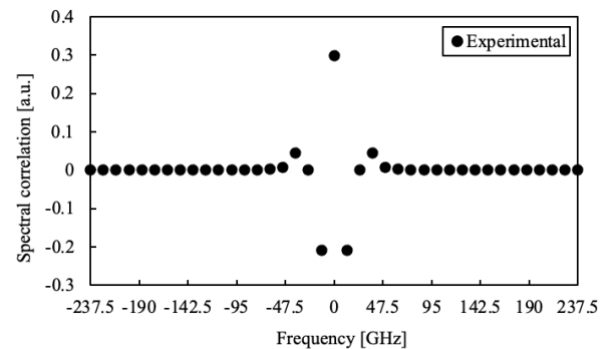


Fig.2 Experimentally observed FDOC signal.

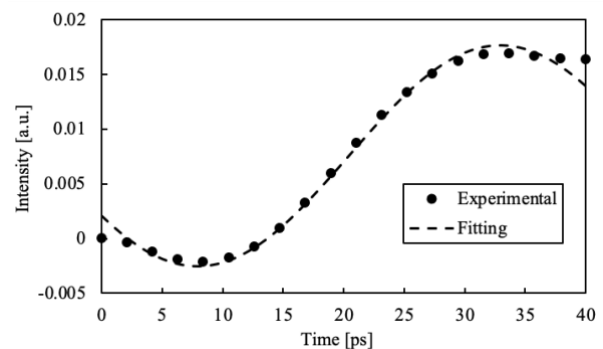


Fig.3 Obtained waveform that proves the proposed system.

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 21H01837 と科研費 20H02158 の助成を受けて進められた。

参考文献

- 1) M. Miki, *et al.*, *Optics & Photonics Japan 2020*, 16aC2 (2020).
- 2) K. Fukushi, *et al.*, *Optics & Photonics Japan 2021*, 27aC9 (2021).