

光パルスシンセサイザを用いた短光パルスの微分処理 Differential processing of optical short pulses using pulse synthesizer

農工大¹, 慶応大理工², NTT フォトニクス研³

○関 智史¹, 喬維凡¹, 柏木 謙¹, 津田裕之², 竹ノ内弘和³, 黒川 隆志¹

Tokyo Univ. of A & T.¹, Keio Univ.², NTT Photonics Labs.³

○S. Seki¹, W. Qiao¹, K. Kashiwagi¹, H. Tsuda², H. Takenouchi³, and T. Kurokawa¹

E-mail: kkash@cc.tuat.ac.jp

1. はじめに

これまで時空間変換処理に基づく短光パルスの微分フィルタリングが提案されている[1,2]。この微分処理はパルスの chirp 測定などに応用できる。しかし従来の構成は、空間光学系でメカニカルな部分があること等の問題があった。

本稿では、光パルスシンセサイザ(OPS)を用いた微分フィルタを提案し、短光パルスの微分処理を行ったので報告する。

2. 微分フィルタの原理

本稿では、微分フィルタとしてステップ型位相オンリーフィルタを提案する。ステップ型位相オンリーフィルタは、強度透過率が周波数 ω にらず一定で、入射パルスの中心周波数 ω_0 を境に π の位相差を与える。

位相オンリーフィルタを実現するために用いた OPS の構成を Fig. 1 に示す。OPS はアレイ導波路格子(AWG)、強度変調器(IM)、位相変調器(PM)から構成されるデバイスである。OPS に繰り返し光パルスを入射すると、AWG で一定周波数間隔の光に分波される。分波された光は出力チャンネルの IM と PM により強度・位相変調される。IM、PM の変調量は、各変調器に流す電流の大きさによって制御される。変調された光はミラーで反射され、AWG で再び合波される。位相オンリーフィルタを実現するには、IM によって強度透過率を一定にし、PM によって入射パルスの中心周波数を境に π の位相差を与えればよい。

3. ステップ型位相オンリーフィルタ実現方法

位相オンリーフィルタを設定するための変調器電流を特定するために、Fig. 2 のような系で実験した。

まず LN 位相変調器 2 台を用いて 10 GHz 間隔 30 本の光周波数コムを生成する。生成したコムを一台目の OPS(OPS#1)に入射し、OPS#1 の各チャンネルの強度変調器によってコムの強度を揃える。強度の揃ったコムを二台目の OPS(OPS#2)に透過させると、OPS の透過率の波長依存性によりコム成分の強度にばらつきが生じる。そこで OPS#2 の各チャンネルの強度変調器によって出射光のコムの強度を揃える。この操作により OPS#2 の強度透過率が一定となる強度変調器電流を特定できる。

続いて位相変調器電流を特定するために、ビート信号を用いた位相差の測定を行う。OPS#1 の強度変調器によって 2 つのチャンネルの光のみ取り出し、OPS#2 に入射して出射光の時間波形を観測すると、2 つのチャンネルの差周波数に対応するビート光を観測できる。このビート光の位相はチャンネル間の位相差に対応する。9:1 カプラと光スイッチにより OPS#2 に入射する前のビート光も交互に観測し、OPS#2 前後の波形を比較する。OPS#2 前後の波形の位相差は 2 つのチャンネル間の位相差変化に対応するので、位相変調器により位相差変化を 0、または π に調整する。取り出す 2 つのチャンネルの組み合わせを様々に変えることで、中心周波数を境に位相差変化が π となるように調整する。

この操作により OPS#2 で中心周波数を境に π の位相差を与える位相変調器電流を特定できる。

4. OPS を用いた短光パルスの微分処理実験

前節の方法で特定した変調器電流で短光パルスの微分処理実験を行った。実験は前節と同じ Fig.2 の系で行った。LN 変調器 2 台で 10 GHz 間隔、30 本の周波数コムを生成して OPS#1 に入射した。続いて OPS#1 の強度・位相変調器に流す電流を調整し、パルス幅 10 ps のガウシアンパルスを生じた。生成したパルスをステップ型位相フィルタとして動作する OPS#2 に入射し、出射される光を観測した。光スイッチにより OPS#2 透過前後の光を交互に切り替えながら、光サンプリングオシロスコープで観測した。

実験結果を Fig. 3 に示す。OPS#2 透過後の波形は、OPS#2 前のパルス波形を元に計算した位相オンリーフィルタのシミュレーション結果とおおよそ一致した。測定結果がシミュレーションと比べて少し異なった原因としては、位相変調器電流を求める際に測定するチャンネル間の位相差が機器の仕様上約 ± 0.02 rad の測定誤差を含んでおり、中心周波数から離れるにつれて誤差が累積されるためと思われる。

以上より、光パルスシンセサイザを用いて位相オンリーフィルタを実現できることが確認できた。今後はこの微分処理を短光パルスの chirp 測定に適用する予定である。

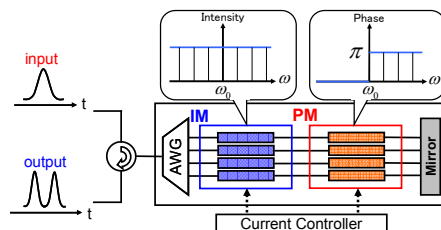


Fig. 1 Schematic diagram of optical pulse synthesizer

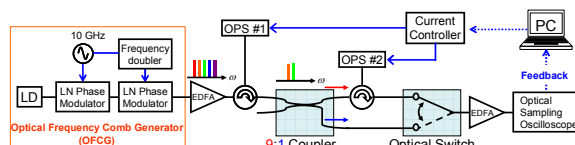
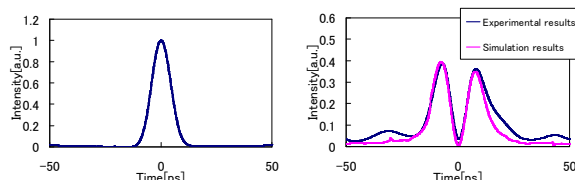


Fig. 2 Experimental setup for differential filter



(a) Input waveform (b) Output waveform and simulation
Fig. 3 Measured input and output waveforms

参考文献

- [1] H. Takenouchi et al., Electron. Lett., **34**, 1245, 1998.
- [2] 河辺ら, 54 回応物学会, 27a-ZS-4, 神奈川, 2007.