

12 GHz フェムト秒モード同期レーザーを用いた光パルスフーリエ合成

Fourier synthesis of optical pulses with a 12-GHz femtosecond laser

東大物性研¹, JST ERATO², °遠藤 護^{1,2}, 谷 峻太郎^{1,2}, 小林 洋平^{1,2}

ISSP, Univ. Tokyo¹, JST ERATO², °Mamoru Endo^{1,2}, Shuntaro Tani^{1,2}, Yohei Kobayashi^{1,2}

E-mail: yohei@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】任意波形を持つ光電場を作り出す技術は、超高速光通信からコヒーレント制御、レーザーレーダーなどの多岐にわたる分野への応用が期待される[1]。特に、モード同期レーザーなどの各縦モードに対し、独立な強度変調・位相変調を施すことで任意波形を生成する光パルスフーリエ合成、すなわち line-by-line optical arbitrary waveform generation (OAWG)は、ピコ秒以下の超短パルスから duty 比が 100%の波形まで、真の意味での任意波形を生成することができる。モード同期レーザーの縦モード間隔は一般的に GHz 以下と狭くモード分解が困難であるため、連続波レーザーに変調をかけて 10 GHz 以上のモード間隔を作り出す手法や、高分散素子(Virtually-imaged phase array など)によってモード分解する手法、またはそれらを組み合わせた手法が取られている[2]。これまでの実験は、主に波長領域が 800 nm や 1.56 μm の光源が使用されている。私達は、カーレンズモード同期レーザーをベースとした波長 1 μm 帯での OAWG を目指している。その理由として、カーレンズモード同期レーザーは数百 fs 以下のパルスを生成可能であり、OAWG によって得られる波形の自由度が上がるためである。また、1 μm 帯では Yb 添加ファイバー増幅器が使用できるため、W クラスの出力を達成することができるという利点もあり、実応用に適している。本発表では繰り返し周波数 12 GHz のカーレンズモード同期レーザーの縦モードを光バンドパスフィルタで抜き出し、1 から 6 モードのみからなる光電場の生成実験を行ったので、これを紹介する。

【実験】実験系の概略図を Fig. 1(a)に載せる。(a)

元になる光源は繰り返し周波数を 12 GHz に設定したカーレンズモード同期レーザーである。このレーザーは 976 nm, 1 W のレーザーダイオードによって励起され、発振中心波長は 1076 nm、スペクトル幅は 12 nm である。この出力はシングルモードファイバーにカップルした後、サーキュレーター、YDFA を通した後グレーティングを用いた光バンドパスフィルタ(OBPF)へと入射される。OBPF の分解能は 2 GHz に設計されているため、12 GHz のモード同期レーザーの縦モードを明瞭に分解することが可能である。焦点面にはハの字型のスリットを取り付けた銀ミラーが配置されており、所望の縦モードを打ち返すことができる。また、スリットを垂直方向に移動させることでスリット幅を変え、バンド幅すなわち打ち返す縦モードの数を選ぶことも可能である。

打ち返された光は再度合成されシングルモードファイバーに入射する。入射光は YDFA とサーキュレーターを通過した後、高速フォトディテクタ (帯域 44 GHz) で検出され、サンプリングオシロスコープ (帯域 50 GHz) によって波形を取得する。また、光スペクトラムアナライザによって光スペクトルも観測できる。Figure 1(b)に光バンドパスフィルタ後の光スペクトルを載せる。また、縦モードを 1~5 本抜き出したときの時間波形を Fig. 1(c)に載せる。モード同期レーザーの縦モード 1 本を取り出した時、その時間波形は連続波レーザーのそれと等しくなる。また、縦モードの本数を増やしていくと、徐々にピークが成長していく様子が観察できる。今回の実験ではスリットを用いているため任意のモードを取り出すことはできず、また位相変調も施すことができない。今後の実験ではスリットを空間位相変調に置き換え、任意波形生成の実現を目指す。

[1] Cundiff, Steven T., and Andrew M. Weiner. "Optical arbitrary waveform generation." *Nature Photonics* 4.11 (2010): 760-766.

[2] Metcalf, Andrew J., et al. "Fully programmable two-dimensional pulse shaper for broadband line-by-line amplitude and phase control." *Optics express* 21.23 (2013): 28029-28039.

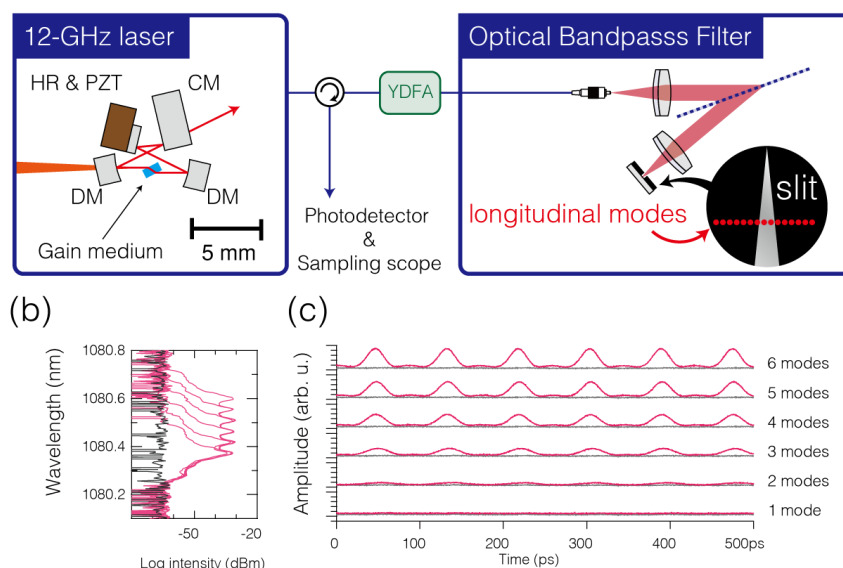


Figure 1(a) Experimental apparatus. (b) Output optical spectra with the optical bandpass filter. (c) Output pulse trains.