125 THz 超高繰り返し超短パルス光の発生

Generation of Ultrashort Pulse Train with 125 THz Repetition Rate

○大饗千彰 [1,2], Trivikramarao Gavara[1], 中川賢一 [1], 美濃島薫 [1,2], 桂川眞幸 [1,2]
電通大 [1], JST, ERATO, 美濃島知的光シンセサイザ [2]
E-mail: ohae@mklab.es.uec.ac.jp

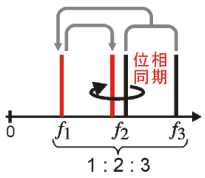
光周波数分周は電気信号制御の基盤技術である周波数分周を光領域に拡張した技術である。光周波数分周で生成される光は，周波数領域では互いに位相同期された高調波光系列（1f, 2f, 3f...）を形成し，その間隔は周波数分周より 6 ケタ大きな 100 THz に達する。また，時間領域では，これらの高調波光の位相と振幅を自在に操作することで 100 THz 以上の非常に高い繰り返しレートを持つ任意の光波を形成するというユニークな特徴を持つ。電気信号の周波数標準の概念を光領域へ拡張した光周波数コムは，高周波数精度・高強度・短パルスなどの特徴から広く応用されている。光周波数分周も同様に高い離散性や超高繰り返し性などの特徴から大きく発展すると考えられ，周波数領域では中赤外から紫外の広帯域で高精度の非線形分光などに利用可能な単一周波数レーザー群，時間領域では，分散の効かない短距離であれば，100 Tbps を超える超高速光通信や光演算と組み合わせた光コンピュータによる超高速演算などの応用が期待される。本論文では光周波数分周を用いて 5 本の位相同期高調波光系列（1f: 2403 nm, 2f: 1202 nm, 3f: 801 nm, 4f: 600 nm, 5f: 481 nm）を生成し，連続発生領域において 125 THz の超高繰り返し超短パルス列の生成に成功したので，その結果を報告する。

まず，図 1a のように光周波数分周を用いて 3 本に位相同期高調波光 1f, 2f, 3f を生成し，これらを元に高次高調波光 4f, 5f を生成して合計 5 本の位相同期高調波光を生成する。図 1b に示したように 3 本の高調波光 1f, 2f, 3f が位相同期が確認され，光周波数分周に成功した。さらに，4f, 5f を生成することで図 1c のように 5 本の位相同期高調波光 を生成した[1]。生成された高調波光は良好な横モードと数十ミリワット以上の出力を持ち，光波形成に要求される位相安定性を持つ。さらにそれぞれの高調波光の位相と振幅を操作し，125 THz の超高繰り返し超短パルス列を生成した。高調波光の位相は光路に挿入した媒質長によって制御され，高調波同士を分離しないことから位相が外乱の影響を受けにくい[2]。図 1d の赤線が形成した繰り返し 125 THz の超短パルス列である。そのパルス幅は 1.6 fs でフーリエ変換限界の超短パルス列（黒線）とほぼ一致する。また，生成された波形は 1 時間の間，ほとんど変化せず，高い安定性を示した[3]。

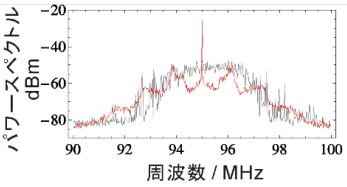
謝辞
本研究は JST, ERATO, 美濃島知的光シンセサイザプロジェクトの助成を受けたものです。

参考文献

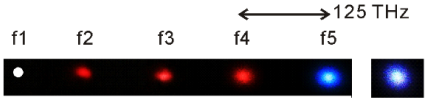
1. N. S. Suhaimi, et al, Opt. Lett. 40, 5802 (2015).
2. K. Yoshii, et al, Light: Sci. Appl. 2, e58 (2013).
3. 大饗千彰 他, レーザー研究 45 (2017).



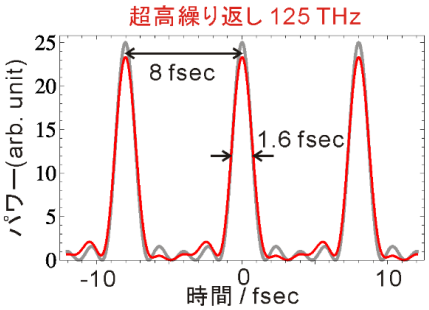
(a) 3分割光周波数分周のスキーム



(b) 光周波数分周時に測定したビート信号のパワースペクトル



(c) 光周波数分周によって生成された位相同期高調波光のビーム形状



(d) 生成した超高繰り返し超短パルス光の波形