

高繰り返し二波長同期光コムによる高速・高感度 非同期光サンプリング手法の開発

High-speed and high-sensitivity asynchronous optical sampling method using dual-wavelength
synchronous optical combs with high repetition rate

°(B4)小森 孟¹, Prasad Koviri¹, 石関 政洋¹, 田 昊晨^{1,2}, Thomas R. Schibli³, 加藤 峰士^{1,4},
浅原 彰文^{1,4}, 清水 亮介^{1,4}, 美濃島 薫^{1,4}

¹電通大 情報理工, ²JSPS 外国人特別研究員, ³University of Colorado Boulder,

⁴電通大 量子科学研究センター

°Hajime Komori¹, Prasad Koviri¹, Masahiro Ishizeki¹, Haochen Tian^{1,2}, Thomas R. Schibli³,
Takashi Kato^{1,4}, Akifumi Asahara^{1,4}, Ryosuke Shimizu^{1,4}, and Kaoru Minoshima^{1,4}

¹Graduate School of Informatics and Engineering, UEC, ²JSPS International Research Fellow,

³University of Colorado Boulder, ⁴Institute for Advanced Science, UEC

*E-mail: k.minoshima@uec.ac.jp

時間分解計測法は様々な超高速現象測定や超高速信号取得に用いられる。従来、ポンプ・プローブ法に代表される超高速時間分解測定では機械ステージによる遅延時間走査を用いるが、測定時間ダイナミックレンジや取得速度の限界、波面誤差などの課題があった。これに対し、非同期光サンプリング(ASOPS)法では、繰り返し周波数 f_{rep} がわずかに異なる2つの超短パルスレーザーを用いることで、高精度波面を維持したまま時間遅延が自動掃引される。さらに、光コムを利用することで、高安定・高速・高時間分解能・広時間ダイナミックレンジな時間分解測定が可能となる。これまで我々は、Er と Yb ファイバコムによる二波長同期コム光源を用いた ASOPS 法を開発し、異なる波長帯パルスの相互相関検出を報告した[1]。しかし、観測対象の時間スケールに対する測定のデッドタイムが大きく、効率や感度に課題があった。そこで本研究では、高繰り返しかつ高出力な光コムを用いることで高効率・高感度な ASOPS 法の開発を行った。

図 1(a)に開発した二波長同期光コムを用いた ASOPS 法の実験構成を示す。Er コム(中心波長 1560 nm、 $f_{\text{rep,Er}} = 107$ MHz、パルス幅 1.6 ps)と Yb コム(中心波長 1050 nm、 $f_{\text{rep,Yb}} = 750$ MHz、パルス幅 100 fs)[2]は、 f_{rep} を安定化制御することで、わずかに f_{rep} が異なる状態($\Delta f_{\text{rep}} = 7f_{\text{rep,Er}} - f_{\text{rep,Yb}}$)で通倍同期した。Er、Yb コム光を BBO 結晶に集光して波長 630 nm の和周波光を発生し、ASOPS 相互相関波形(図 1(b))を取得した。その結果、Er パルス幅で決まる時間分解検出を実証した。このとき、データ時間範囲約 10 ps の信号取得において、典型的な $f_{\text{rep}} \sim 100$ MHz のモード同期レーザーを用いた場合は測定実時間として 9.4 ns が必要であった[1]が、今回、Yb コムに 750 MHz 高繰り返し光コムを用いたことにより測定実時間 1.3 ns となり、大きくデッドタイムを低減しデータ取得の高効率化を実現した。講演では、微弱 Er コム光検出による高感度測定についても議論する。開発した手法は光励起過渡応答や量子科学実験での高速・高感度測定への応用が期待される。

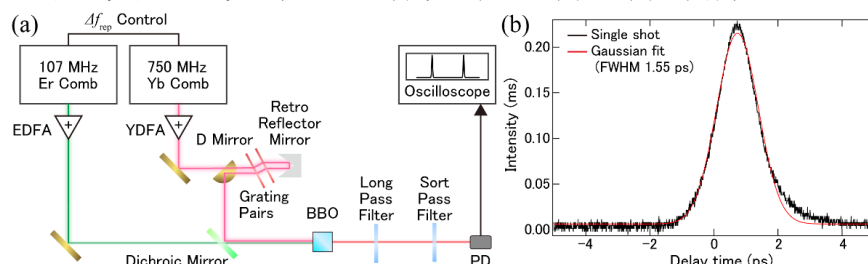


図 1 (a) 二波長同期光コムを用いた ASOPS 系の実験構成図, (b)取得した相互相関信号

[1] 佐久間、大島、長谷川、浅原、清水、美濃島, 第 82 回応用物理学会秋季講演会 10p-N106-6, (2021).

[2] B. Xu, H. Yasui, Y. Nakajima, Y. Ma, Z. Zhang, and K. Minoshima, Opt. Express 25, 11910-11918 (2017).