

固体のサブサイクル分光に向けての 3.5 μm 帯 CEP 安定中赤外パルス電気光学サンプリング

Electro-optic sampling of CEP-stable MIR pulses at 3.5 μm for sub-cycle spectroscopy in solids

東大物性研 ○夏 沛宇, Faming Lu, 金島 圭佑, 石井 順久, 金井 輝人, 板谷 治郎

ISSP, the University of Tokyo ○P. Xia, F. Lu, K. Kaneshima, N. Ishii, T. Kanai, and J. Itatani

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

高強度長波長パルス光源の登場によって、10 MV/cm を越える強電場を固体に非破壊的に印加し、固体高調波発生[1]といった極端非線形現象の研究が可能となった。このような高強度領域では、光電場の 1 周期以内で固体中のキャリアダイナミクスに伴う光学応答が劇的に変化していると考えられる。そこで長波長パルス光源の 1 周期より十分短い光パルスをプローブとして用いるポンプ・プローブ分光（サブサイクル分光）が有用な手法となることが期待できる。われわれはこれまでに、波長 3.5 μm 帯の CEP 安定な高強度中赤外パルスを最短 21 fs (サブ 2 サイクル) で発生させることに成功している(Fig. 1(a)) [2]。本研究では、波長 3.5 μm の 1 周期(12 fs)より十分短いプローブ光発生および中赤外パルス波形の電気光学サンプリング検出(EOS)を行うことで、3.5 μm 帯のサブサイクル分光が可能かどうかを検証した。

サブサイクルプローブ光発生のために、Kr 封入ガスセル中での白色光発生を行った[3]。中赤外レーザーの励起光源であるチタンサファイアレーザー出力の一部(0.4 mJ, 70 fs)で白色光を発生させて、チャープミラーによる分散補償等により可視極短パルス光(1.3 μJ , 6.5 fs)を得た (Fig. 1(b))。次に Fig. 1(c)に示される光学系で EOS を行った。プローブ光が可視域にあり、かつ中赤外光が広帯域であるため、位相整合やサンプリング周波数帯域を十分に確保するために、屈折率が可視から中赤外まで比較的緩やかな BBO 結晶[4]を EOS で用いた。代表的な EO 結晶である GaSe や ZnTe を採用して 3 μm 帯まで EOS を行った先行研究[5]はあるが、BBO を中赤外領域で採用したのは本研究が初めてである。これまで 60 fs のマルチサイクル中赤外パルス波形の検出に成功しており、サブサイクル分光は十分に実現可能であると考えられる。

[1] S. Ghimire, *et al.*, Nat. Phys. **7**, 138–141 (2011). [2] F. Lu, *et al.*, Opt. Lett. **43**, 2720-2723 (2018).

[3] K. Kaneshima, *et al.*, High Power Laser Science and Engineering. **4**, e17 (2016).

[4] G. Tamošauskas, *et al.*, Opt. Mater. Express, **8**, 1410-1418 (2018). [5] A. Sell, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **93**, 251107 (2008).

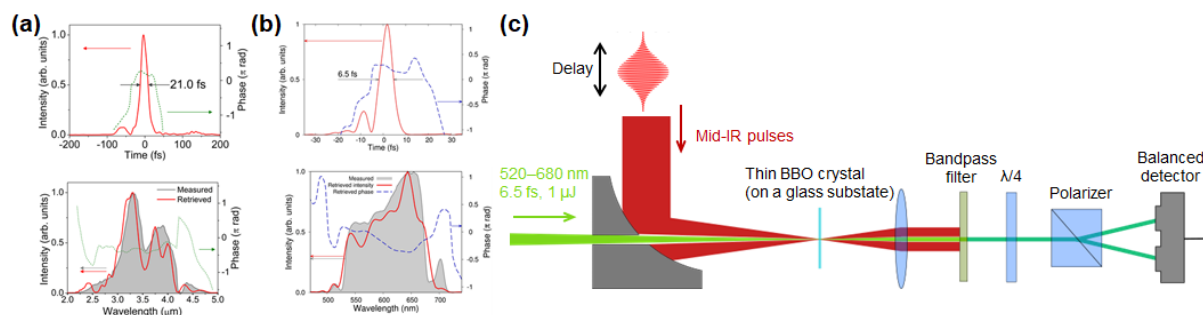


Fig. 1 Temporal and spectral profiles of (a) sub-two-cycle mid-IR pulses and (b) visible probe pulses retrieved from an SHG-FROG. (c) Experimental setup for electro-optic sampling of mid-IR pulses by using a 10- μm -thick BBO crystal.