

広帯域光パラメトリック増幅器による二波長同時増幅を利用した 波長可変かつ位相安定な中赤外光パルス発生

Tunable CEP-stable mid-IR pulse generation via dual-wavelength OPA

○金島 圭佑, 石井 順久, 板谷 治郎 (東大物性研)

○Keisuke Kaneshima, Nobuhisa Ishii, Jiro Itatani (ISSP, Univ. of Tokyo)

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

【背景】 高強度テラヘルツ (THz) 波発生技術の発展により, 固体を舞台とした高強度場物理の研究が盛んに行われるようになってきた [1, 2]. THz 領域の光子エネルギーは固体のバンドギャップよりもはるかに小さいため, 固体を破壊することなく高強度の電場を固体に印加できる. このような状況下において, 極端な非線形応答や, 新奇な過渡状態の出現が観測され始めている. 特に, 位相安定な高強度長波長パルスをポンプ光, それに同期したサブサイクルの時間幅をもつパルスをプローブ光とする「サブサイクル分光」は, 極紫外域のアト秒ストリーク法で実現されているが, 中赤外から THz 領域の高強度光パルスを用いることによって, 可視域のフェムト秒パルスによるサブサイクルプローブが可能となり, 固体中での高強度光電場に対する極端な非線形応答を実時間観測することが期待出来る.

高強度のテラヘルツ光を用いることで 1 MV/cm 程度の電場発生が報告されている一方, 中赤外光を用いることでさらに強い電場の発生が期待でき, すでに 100 MV/cm を越える電場の発生が報告されている [3, 4].

本講演では, 固体中での高強度場現象のサブサイクル分光を目指した, 位相安定な中赤外光パルス発生について報告する.

【実験】 図 1(a) に実験のセットアップを示した. チタンサファイアチャープパルス増幅器の出力を 3 つに分け, それぞれ光パラメトリック増幅器(OPA)のシード光, 1 段目のポンプ光, 2 段目のポンプ光として利用する. 4 mm 厚の YAG 結晶中でのフィラメンテーションを利用して近赤外域 (1.1 ~ 1.8 μm) の周波数成分を生成し, 続いて 150 mm の合成石英ブロックを通過させることで, シード光に波長 1270 nm を中心とする放物線上の群遅延を与える. 分散を受けたシード光を 1 mm 厚の BIBO 結晶と 70 fs のポンプ光を用いた OPA で増幅すると, ポンプ光と同期した特定の 2 波長が選択され, 増幅される (図 1b). 続いて, 波長板を利用して 2 成分の偏光を直交させ, GaSe を用いた差周波発生によって, 中赤外光を得た(図 1c). OPA

において, ポンプ光とシード光との相対遅延を変化させることにより, 増幅される 2 成分間の波長間隔を変化させられる. これにより 2 成分間の差周波として発生する中赤外光も波長可変となる. 発生した中赤外光のパルスエネルギーは, 1 μJ を越える程度であった.

本手法では差周波発生に必要な 2 波長を共通の OPA で増幅できるため, セットアップが簡潔であり, 2 波長間の光路長の揺らぎがないため, 高い位相安定性が期待できる.

【結論】 広帯域な OPA と, 合成石英の群遅延特性を利用することにより, インラインで 2 波長を同時に増幅することに成功した. さらに GaSe を用いた差周波発生により, 固体の高強度場物理に関する研究を行うのに十分な強度の波長可変かつ位相安定な中赤外光の発生に成功した.

【参考文献】

1. T. Kampfrath et al. *Nature Photon.* 7, 680 (2013)
2. M. C. Hoffmann “Nonlinear Terahertz Spectroscopy” in K. E. Peiponen et al. Eds., “Terahertz Spectroscopy and Imaging,” Springer (2013).
3. A. Sell et al., *Opt. Lett.* 33, 2767 (2008).
4. O. Schubert et al., *Nat. Photon.* 8, 119 (2014).

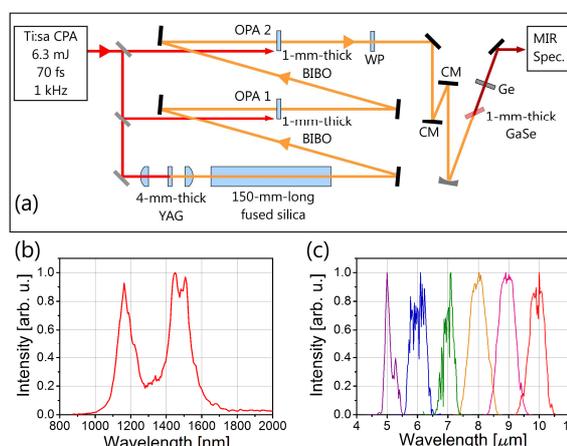


Fig. 1. (a) Schematic of mid-infrared pulse generation. WP, wave plate; CM, chirped mirror. (b) Typical output spectrum of OPA 2 in Fig. 1(a). (c) Obtained MIR spectra (normalized).