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 位相安定な高強度中赤外光パルスの発生と、その電場波形の測定

Generation of CEP-stable intense mid-infrared pulses via dual-wavelength OPA,

and characterization of the mid-infrared waveforms

○金島 圭佑, 石井 順久, 竹内 健悟, 板谷 治郎 (東大物性研)

°Keisuke Kaneshima, Nobuhisa Ishii, Kengo Takeuchi, 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 発展に伴い, **固体を対象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]. 高強 度の THz 波によって >1 MV/cm の電場発生が報 告されている一方 [2], 中赤外光を用いることで > 100 MV/cm の電場発生が報告されており [3], この光源を用いた固体からの高次高調波発生実 験も行われている [4].

高次高調波発生のような,光電場の包絡線では なく振動波形そのものに敏感で,光電場の1周期 よりも短い時間スケールで起こる高強度場現象 を解明するためには,

- ・ ポンプ光を位相安定な高強度長波長パルス,
- プローブ光を、ポンプ光に同期した

サブサイクルの時間幅をもつ短波長パルス, とするサブサイクル分光が有力な手法となる.

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,新奇な手法による位相安 定な高強度中赤外光パルスの発生と,その電場波 形の測定について報告する.

【実験】図1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 4つに分ける.

最上段のビームラインは、中赤外光電場をサン プリングするためのプローブ光の生成に用いら れる.ガス媒質中でのフィラメンテーションによ る広帯域連続光発生と、誘電体ミラーによるスペ クトル選択・パルス圧縮とを組み合わせることに より、パルス幅 6.5 fs の可視パルスを得た [5].

最下段のビームラインで光パラメトリック増 幅器 (OPA) のシード光を生成する. 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 (~1.8 μm) のスペクトル成分を生成 し、続いて 300 mm の合成石英ブロックを通過さ せる.この際,合成石英の3次分散により、シ ド光に波長 1.3 µm を中心とする放物線状の群遅 延が与えられる.分散を受けたシード光を,1mm 厚の BiB₃O₆ (BiBO) 結晶とパルス幅 40 fs のポン プ光を用いた OPA で増幅することで、ポンプ光 と同期した特定の2波長,例えば1.2 µmと1.4 μm, が選択的に増幅される (Dual-Wavelength **OPA**)[6].1mm 厚の LiGaS₂(LGS) 結晶を用いて, 増幅された 2 波長間の差周波を発生させること により, 中心波長 8 µm, パルスエネルギー 5 µJ の高強度中赤外光パルスを得た.

得られた中赤外パルスを,それと同期した可視 パルスを用いた電気光学サンプリング法 (EOS) によって測定した (図 2).得られた結果に対して, 測定の時間分解能に由来する周波数応答特性を 考慮した補正を行った.中赤外パルスの時間幅は 70 fs (~ 2.6 cycle) であった.

【結論】Dual-wavelength OPA を用いて位相安定 な高強度中赤外パルス (5-11 µm, 5 µJ, 70 fs)の発 生に成功した.得られた中赤外パルスを半径 80 µm に集光することで,22 MV/cm の電場が得ら れた.また,中赤外パルスと同期した可視 6.5 fs パルスによる EOS により,中赤外電場波形の測 定に成功した.本レーザーシステムを用いること で,固体を舞台とする高強度場現象のサブサイク ル分光を行うことが可能である.

【参考文献】

- 1. S. Ghimire et al., J. Phys. B 47, 204030 (2014).
- 2. H. Hirori and K. Tanaka, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. **19**, 8401110 (2013).
- 3. A. Sell et al., Opt. Lett. **33**, 2767 (2008).
- 4. O. Schubert et al., Nat. Photon. 8, 119 (2014)
- 5. 金島 他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 12a-A15-4 (2015)
- 金島他,第76回応用物理学会秋季学術講演会, 13p-2G-7 (2015)



Fig. 1. Schematic of the experimental setup. BiBO: 1-mmthick BiBO crystals; LPF: lowpass filter; LGS1: 1-mm-thick LGS crystal; LGS2: 15-µm-thick LGS crystal.



Fig. 2. (a) MIR waveform measured by EOS technique. The gray curve shows a measured waveform and the red shows the calibrated waveform. (b) MIR spectra measured by a MIR spectrometer (black curve) and EOS (red curve). The blue curve shows the group delay of the measured waveform.