

## 近赤外及びサブサイクルの中赤外・THz パルスを同軸に組み合わせた 位相制御可能なマルチレーザーシステム

Phase-controllable multi-laser system with coaxially combined near-infrared  
and subcycle mid-infrared and THz pulsed beams

○梅田 直輝, 嵐田 雄介, 茂木 裕幸, 石川 雅士, 畑中 陽, 武内 修,  
吉田 昭二, 重川 秀実 (筑波大学数理科)

○Naoki Umeda, Yusuke Arashida, Hiroyuki Mogi, Masashi Ishikawa, Akira Hatanaka, Osamu Takeuchi,  
Shoji Yoshida, and Hidemi Shigekawa (Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba)

### 1. 研究背景と目的

近年のテラヘルツ (THz) パルスの高強度化の技術革新により, THz 電場を用いた分子振動, 超伝導準粒子, 電荷密度波, ポーラロンなどの素励起の超高速制御が注目され盛んに研究されている[1,2,3]. 中赤外 (MIR) 周波数領域に共鳴エネルギーを持つこれら現象のダイナミクスを, より詳細に理解し新しい可能性を拓くには, THz パルスと同時に広帯域な MIR パルスを導入する必要がある. 本研究では, キャリアエンベロップ位相 (CEP) 制御されたサブサイクル (ワンサイクル以下) の MIR パルス光および THz パルス光を, それらの帯域を維持したまま同軸に組み合わせて利用することが可能な新しい光学システムを実現することに成功した. さらに, MIR パルス電場波形の強度だけでなく位相の情報を得る為に, パルス幅 8 fs の近赤外 (NIR) 光も同軸に組み合わせた (Fig. 1) [4].

### 2. 実験方法

基本光源として Ti:S ベースの光パラメトリックチャープパルス増幅器 (OPCPA) を使用した. 波長範囲は 660 ~ 940 nm, パルス幅 8 fs, 繰返し周波数 4 MHz の基本波から, GaSe 結晶を用いた光整流効果によりサブサイクル MIR パルスを既に開発している[5]. THz パルスの発生には OPCPA のポンプビーム (中心波長 1030 nm) の一部を分割し, LiNbO<sub>3</sub> 結晶を用いた光整流効果を利用した[6]. 合波後の MIR・THz パルス光を光伝導アンテナ (PCA) に集光し, 8 fs の NIR パルスをプローブ光として導入することで電場を計測した.

### 3. 結果

Figure 2 は, 合波後のパルスの電場の時間波形である. 帯域 1 THz で振動する電場の中に帯域 30 THz で急峻に振動するサブサイクル MIR 電場が確認できる. MIR と THz パルスの間の遅延時間は任意に変化させることが可能であり, 電場

の位相に敏感に応答する量子過程をダイナミックに駆動・制御しながら解析することが可能になる. 本システムを用いることで, 固体中の魅力的な準粒子が生み出す超高速電場駆動現象の新たな分光学的研究の実現が期待される.

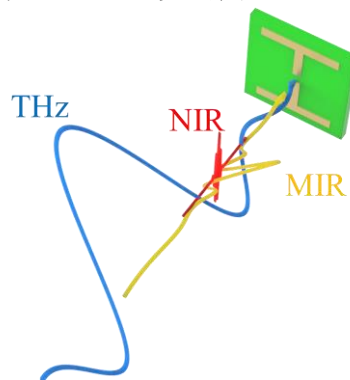


Fig. 1 マルチレーザーシステム概要図

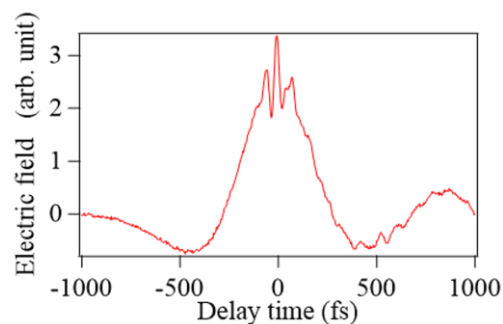


Fig. 2 PCA で検出した MIR と THz の合波時間波形

参考文献:

- 1) T. L. Cocker, *et al.*, *Nat. Photon.* **7**, 620 (2013).
- 2) M. Woerner, *et al.*, *EPJ Web of Conferences*, **205**, 05007 (2019).
- 3) P. Gaal, *et al.*, *Nature*, **450**, 1210 (2007).
- 4) Yusuke Arashida, Naoki Umeda, *et al.*, *Applied Physics Express* **15**, 092006 (2022).
- 5) K. Yoshioka, *et al.*, *Opt. Lett.* **44**, 5350 (2019).
- 6) H. Hirori, *et al.*, *App. Phys. Lett.* **98**, 091106 (2011).