

光波駆動 STM のための高繰り返しサブサイクル中赤外パルス発生 Generation of high-repetition rate sub-cycle mid-infrared pulses applicable to lightwave-driven STM

横浜国大院工¹, 筑波大数理物質²

吉岡克将¹, 五十嵐一步², 吉田昭二², 嵐田雄介², 片山郁文¹, 武田淳¹, 重川秀実²

Yokohama National Univ.¹, Univ. of Tsukuba²

K. Yoshioka¹, I. Igarashi², S. Yoshida², Y. Arashida², I. Katayama¹, J. Takeda¹, and H. Shigekawa²

E-mail: katayama@ynu.ac.jp, jun@ynu.ac.jp, hidemi@ims.tsukuba.ac.jp

キャリアエンベロープ位相(CEP)が制御された THz パルスと走査型トンネル顕微鏡の融合(THz-STM[1-3])は、THz 領域における興味深い超高速応答を原子レベルの空間分解能で調べることを可能にした。一方で、近年の中赤外領域における CEP ロック光源の開発は目覚しく、例えば、固体からの 22 次に達する高次高調波発生とその制御[4]といった新しい現象が報告されている。中赤外パルスと STM を融合させることができれば、したがって、THz-STM に比して時間分解能を遥かに向上させることができるだけでなく、中赤外領域特有の分子内振動や格子振動・電荷移動などの現象を原子レベルで観察し操作することが可能になる。しかし、そのためには厳しい要請が中赤外パルスに課されることとなる。具体的には、①ロックされた高い CEP 安定性を有する広帯域なモノサイクルもしくはサブサイクルパルスであり、②電子トンネリングを誘起できる程度の高電場尖頭値を有し、③高い SN 比でトンネル電流を検出するために高繰り返しパルスでなければならないが、これらを同時に実現する中赤外光源はこれまでに報告がない。我々は、高強度かつ高繰り返しサブ 10 fs レーザーを光源とした光整流を用いることにより、上記の条件を全て満たす中赤外パルスの発生に成功したので報告する。

光源には optical parametric chirped pulse amplifier (OPCPA)から出力された、パルス幅 8.2 fs、繰り返し周波数 4 MHz、平均出力 4.3 W、中心周波数 850 nm の近赤外パルスを用いた。中赤外パルス発生には、20 μm 厚の GaSe 結晶におけるタイプ I 位相整合による光整流を用いた。図 1 に GaSe による EO サンプリングを用いて計測した中赤外パルスの実時間波形を示す。パルス幅は 31 fs であり、挿入図のフーリエスペクトルから算出された中心周波数が 27.5 THz であることから、0.85 サイクルのサブサイクルパルスが発生していることが分かる。電場尖頭値は 190 kV/cm であり、トンネル電子を駆動するのに十分な強度を有している。また、CEP 揺らぎは 5.6 時間の連続計測において 48 mrad であり非常に高安定であった。以上より、光波駆動 STM のための理想的な中赤外光源が実現したことになる[5]。

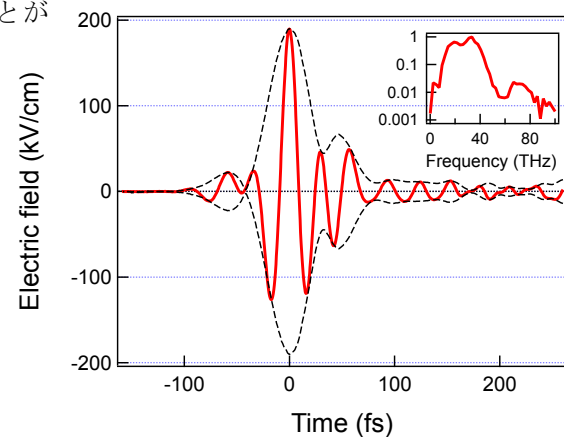


Figure 1. Waveform of a sub-cycle MIR pulse.

- [1] T. L. Cocker *et al.*, Nat. Photonics **7**, 620 (2013).
- [2] K. Yoshioka *et al.*, Nat. Photonics **10**, 762 (2016).
- [3] S. Yoshida *et al.*, ACS Photonics (2019).
- [4] O. Schubert *et al.*, Nat. Photonics **8**, 119 (2014).
- [5] K. Yoshioka *et al.*, *submitted*.