

## STM 探針先端における近接場サブサイクル中赤外波形の計測

○石川 雅士, 五十嵐 一步, 山本 祐揮, 嵐田 雄介, 吉田 昭二, 武内 修, 重川 秀実\*

筑波大数理物

### Observation of sub-cycle near-field mid-infrared waveform on a tip of STM

○Masashi Ishikawa, Ippo Igarashi, Yuki Yamamoto, Yusuke Arashida, Shoji Yoshida, Osamu Takeuchi, and Hidemi Shigekawa\*

Univ. Tsukuba

#### 1. 背景

近年、電子-格子相互作用のような速い現象を局所的に観察する方法として、原子レベルの空間分解能と高い時間分解能を有する THz-STM に注目が集まっている[1]。しかしその時間分解能はプローブ光のパルス幅に制限されピコ秒程度に留まっていた。我々はフェムト秒スケールで起こる電子系の非平衡ダイナミクスを観察するためにサブサイクル中赤外(MIR)パルスを用いた MIR-STM を開発している。この手法では探針先端に生じる近接場の波形の正負非対称性がトンネル電流を制御するために重要であるが、これまで測定する方法が無かった。本研究では THz-STM で行われている光電子法[2]を応用することで中赤外領域での近接場波形の取得に成功した。

#### 2. 実験系

光源として光パラメトリック増幅器(OPCPA)の基本波(波長 640 nm – 980 nm, パルス幅 ~ 8 fs, 繰り返し 4 MHz, パルスエネルギー 1 uJ)を厚さ 30 μm の GaSe 結晶に入射し光整流効果により中赤外パルスを生じさせた。真空チャンバー内においてサブサイクル中赤外パルスを実現した上で基本波と共に Pt/Ir 探針先端に照射し、探針-Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 試料間に 10V のバイアス電圧をかけた状態での光電子分光波形を得た。探針-試料間の距離は数 100 nm であり、トンネル電流が流れない条件で実験を行った。

#### 3. 実験結果

Figure 1 はダイヤモンド光学窓を透過して真空チャンバー内で光伝導アンテナ(PCA)の電流量を測定することで得た中赤外パルスの時間波形である。横軸は中赤外と基本波の遅延時間である。正負の非対称性が強

く表れており、数十フェムト秒以下のパルス幅を達成した。Figure 2 は光電子測定によって得られた波形である。Figure 1 と同様のサブサイクルかつ時間幅での変調を実現することができた。これにより従来の THz-STM に比べ、1 桁以上の時間分解能でのトンネル電流の変調を可能にすることが期待できる。

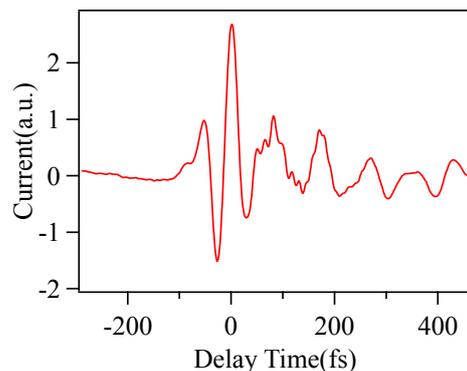


Fig. 1. PCA による中赤外パルスの時間波形

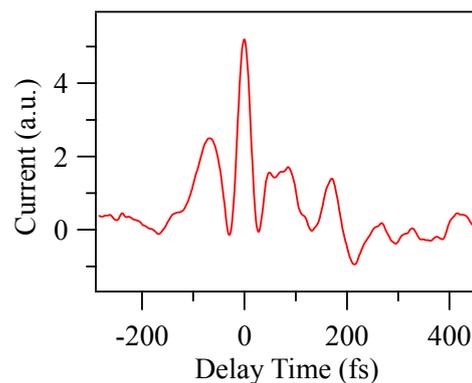


Fig. 2. 光電子法による近接場波形

#### 文 献

- 1) T. L. Cocker, *et. al.*, Nat. Photon. 7, 620 (2013).
- 2) S. Yoshida, *et. al.*, ACS Photonics 6, 1356 (2019).

\*E-mail: hidemi@ims.tsukuba.ac.jp