

光波駆動走査トンネル分光法のための広帯域中赤外パルスの振幅制御 Amplitude control of mid-infrared pulses for ultrafast scanning tunneling spectroscopy

筑波大数理¹, °茅野壮¹, 嵐田雄介¹, 茂木裕幸¹, 吉田昭二¹, 武内修¹, 重川秀実¹

Univ. of Tsukuba¹, °Sou Kayano¹, Yusuke Arashida¹, Hiroyuki Mogi¹, Shoji Yoshida¹,

Osamu Takeuchi¹, and Hidemi Shigekawa¹

E-mail: arashida.yusuke.kb@u.tsukuba.ac.jp, hidemi@ims.tsukuba.ac.jp

光が持つ電場によってトンネル電流を駆動する光波駆動(LWD)走査トンネル顕微鏡法(LWD-STM)によってナノスケールの超高速現象への研究は新しい展開を呈している[1]。本研究室ではパルス幅 30 fs 未満の広帯域中赤外(MIR)パルスを使用した LWD-STM に成功している[2]。走査トンネル分光法(STS)によって固体表面の電子状態密度スペクトルの超高速変化をより詳細に理解するためには瞬時的に電流電圧(I-V)特性を取得する必要がある。本研究では電圧可変グレーティングを用いてレーザー基本波の反射強度を制御することで波長変換後の広帯域 MIR パルスの時間波形を変化させずに振幅のみを滑らかに制御すること成功した。この MIR パルスを STM 探針先端に照射することで近接場を精密に制御できることを実証した。

実験では、制御された広帯域 MIR パルスを用いて、STM 探針における光電子波形の測定[2]を行った。光源には光パラメトリックチャープパルス増幅器 (OPCPA) の基本波 (波長 680 nm – 940 nm, パルス幅~ 8.5 fs, 繰返し周波数 4 MHz, パルスエネルギー 0.8 μ J) を使用し、電圧可変グレーティングに反射させたのち、厚さ 30 μ m の GaSe 結晶に入射することで光整流効果により広帯域 MIR パルスを発生させた。グレーティングの溝の深さを電圧制御することでレーザー基本波の 0 次光(反射)の強度を変化させることが可能である。Fig. 1 に示すのは、強度変調された広帯域 MIR パルスが探針先端に作る近接場の時間波形である。正負非対称の広帯域な波形を維持したまま振幅を制御することに成功しており、LWD-STIS におけるトンネル電流の変化をより高い精度と時間分解能で検出することが可能となったと言える。

[1] T. L. Cocker, Nat. Photon. 7, 620 (2013). [2] Y. Arashida, ACS Photon. 9, 3156, (2022).

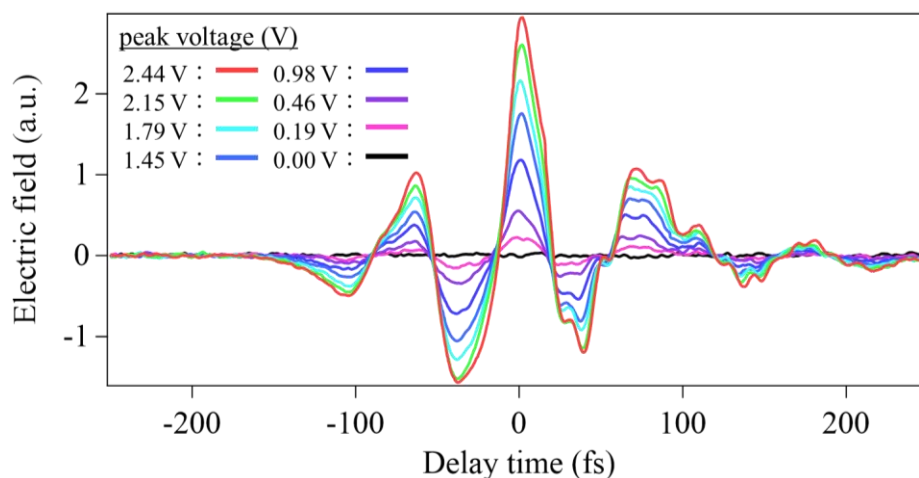


Fig. 1 ultrafast modulation of photoemission current by MIR pulses under different voltage applied to a grating modulator