

時間分解 STM の開発と超高速ダイナミクスの計測

吉田 昭二

筑波大学・数理物質系

Ultrafast dynamics measured by time-resolved STM

Shoji Yoshida

Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

光励起下での物質の非平衡状態の研究において、原子スケールおよびフェムト秒スケールの時間分解能で電子状態を観測することは極めて重要である。近年、THz 電場パルスをバイアスとして使用することでサブピコ秒の時間分解能を備えた新しい走査型トンネル顕微鏡技術 THz-STM が開発され、原子スケールおよびフェムト秒スケールの時空間分解能で電子状態のダイナミクスを観測することが可能になりつつある^[1-3]。THz-STM では図 1 に示すようなモノサイクルの THz パルスを STM トンネル接合に照射する(図 2)。THz 電場がトンネル電圧を変調することでサブピコ秒の時間スケールで過渡的なトンネル電流が流れるため、これをプローブとして用いた時間分解計測が可能となる。我々の開発した装置では THz 発生に使用する光パルス(波長 1035nm, パルス幅 300fs)の一部をポンプ光としてトンネル接合を励起し、引き起こされる電子状態変化を THz 電流によってプローブする。図 3 に Bi₂Se₃ 表面で得られた時間分解スペクトルを示す。入射 THz 波形とは異なるが、THz 波形に近いスペクトル形状が得られている。この形状は探針先端の近接場の時間波形に対応し、遅延時間ゼロ付近では光パルスによって励起されたホット電子が THz 電場によってトンネリングすることで大きな THz 電流が観測される。さらに、THz 強度を変化させながら THz 電流を計測することでサブ ps の時間分解能で光励起の電子状態を STS のように測定することも技術的に可能になってきた。講演ではこれら手法の詳細と最近の測定結果について紹介する。

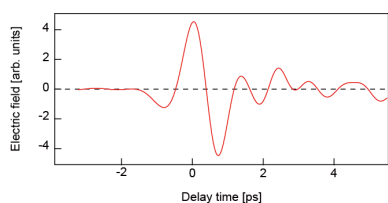


図 1 THz 電場の時間波形

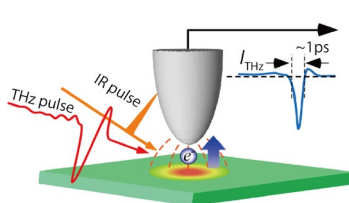


図 2 時間分解 THz-STM の模式図

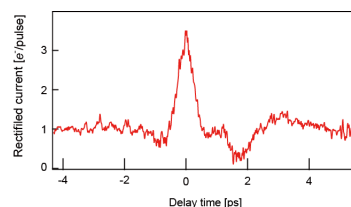


図 3 Bi₂Se₃ 表面での時間分解
スペクトル

[1] T. L. Cocker *et al.*, Nature Photonics, 7, 620-625 (2013)

[2] K. Yoshioka, *et al.*, Nature Photonics, 10, 762-765 (2016)

[3] S. Yoshida, *et al.*, ACS Photonics, DOI: 10.1021/acsp Photonics.9b00266.