

時間分解 THz-STM を用いたサブピコ秒電子ダイナミクスイメージング

Sub-ps electron dynamics in nanoscale probed by time-resolved THz-STM

吉田 昭二
Shoji Yoshida

筑波大学・数理物質系

Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

近年フェムト秒の高い時間分解能と、原子~ナノスケールの高い空間分解能を両立する超高速顕微鏡の開発が盛んに進められている。その中でも、THz パルスと走査トンネル顕微鏡(STM)を組み合わせた時間分解 THz-STM は、単一分子の振動ダイナミクス¹⁾や単一量子ドット中の光励起キャリアダイナミクス²⁾の計測から原子レベルの高い空間分解能とサブ ps の高い空間分解能が実証されており非常に注目されている^{3),4)}。

図 1 に THz-STM 装置の概要図を示す。単一サイクルの THz パルスを STM トンネル接合に照射すると、STM 探針がアンテナとして働くために探針直下に強く増強された THz 近接場が形成される。この THz 近接場によってピコ秒以下のパルス幅を持つ超高速トンネル電流(THz 電流)が駆動されるため、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。本講演では、時間分解 THz-STM を用いた計測例として C₆₀ 有機薄膜中の超高速電子ダイナミクスの計測について紹介する⁵⁾。図 2 に試料として用いた Au(111)上 C₆₀ 薄膜の STM 像を示す。赤外パルスをポンプ光として STM トンネル接合を励起すると Au(111)表面で光励起されたホットエレクトロンが C₆₀ 薄膜の LUMO に注入される。この光注入された電子のダイナミクスを観察するために THz 電流をプローブとしたポンプ-プローブ時間分解計測を行った。図 3 に図 2 の A、B 点で測定された結果を示す。ステップ直上の A では電子密度の早い減衰(寿命 3.8ps)に対応した THz 電流の指数的減衰が観測される一方、ステップ直下の B ではサブ ps の早い立ち上がりと遅い減衰(寿命 20ps)が観測されステップ直下での電子の蓄積が示唆される。本講演ではさらに詳細な解析結果をもとに議論を行う。

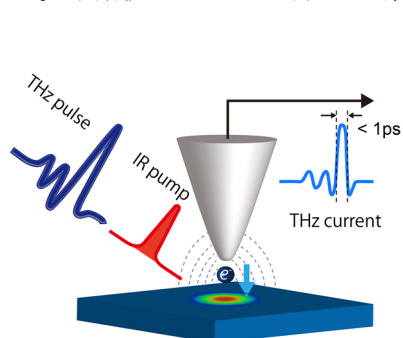


図 1. 時間分解 THz-STM

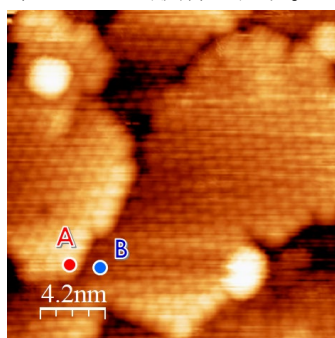


図 2. C₆₀/Au(111)表面の STM 像

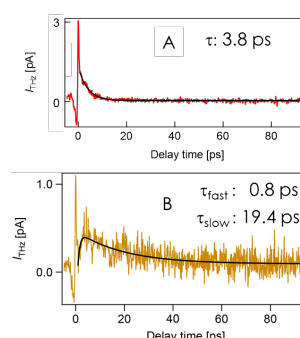


図 3. 図 2 の A、B 点における時間分解計測結果

- 1) T. L. Cocker et al., Nature, 539, 263-267 (2016)
- 2) T. L. Cocker et al., Nature Photonics, 7, 620-625 (2013)
- 3) K. Yoshioka, et al., Nature Photonics, 10, 762-765 (2016)
- 4) S. Yoshida, et al., ACS Photonics, 6, 1356 (2019)
- 5) S. Yoshida, et al., ACS Photonics, 8, 315 (2021)