

テラヘルツ電場駆動トンネル電子により誘起される STM 発光の観測

○木村 謙介¹, 森永 悠太², 今田 裕^{1*}, 片山 郁文^{2*}, 浅川 寛太², 吉岡 克将²,
金 有洙^{1*}, 武田 淳^{1,2*}

¹理化学研究所開拓研究本部, ²横浜国立大学大学院理工学府

Observation of STM-luminescence induced by THz-field-driven tunneling electrons

○Kensuke Kimura¹, Yuta Morinaga², Hiroshi Imada^{1*}, Ikufumi Katayama^{2*},
Kanta Asakawa², Katsumasa Yoshioka², Yousoo Kim^{1*}, Jun Takeda^{1,2*}

¹Cluster for pioneering research, RIKEN, ²Graduate school of engineering science, Yokohama National University

シングルサイクルなテラヘルツ(THz)光パルスが有する高強度な光電場を用いることで、走査トンネル顕微鏡(STM)を超高速に駆動することが可能である¹⁾。THz-STM と呼ばれるこの手法により、サブピコ秒の高い時間分解能で、局所領域における様々な物性ダイナミクスが調べられてきた¹⁻⁴⁾。しかしながら、従来のTHz-STM で測定される物理量は THz 光電場によって駆動されたトンネル電流のみであることから、超高速駆動された電子が物質中でどのようなエネルギー変換過程を辿るのかを調べることは難しい。そこで本研究では、局所領域で生じるエネルギー変換過程を調べる事を得意とする STM 発光分光技術^{5,6)}を、THz-STM 技術に組み合わせることで THz-STM 発光分光法を開発⁷⁾し、STM 探針と金属基板間に形成される局在プラズモンからの発光現象の観測に成功した(Fig.1a)。

本研究で用いた THz 光は、Yb ファイバーレーザー(1030 nm、700 mW、100 kHz)を用いて、パルス面傾斜法により LiNbO₃ 結晶から発生させた。この THz 光を極低温超高真空 STM に導き、STM 内部に備え付けられたレンズを用いて探針に集光した(Fig. 1a)。そして、THz 光により駆動されたトンネル電子により誘起される発光を反対側のレンズでコレレートして STM チャンバー外に導き、グレーティング方式の分光器を通過したのち高感度電荷結合素子(Charge Coupled Device: CCD)で検出した。Fig. 1b は清浄な Ag(111)基板上で測定したトンネル電流の時間変化を示している。THz を STM に照射しているとき(赤の網掛け)、2.6 pA の THz 誘起トンネル電流が観測された。トンネル接合における伝導を記述する Simmons モデル¹⁻²⁾に基づきシミュレーションを行った結果、THz パルスにより 6.5 V の

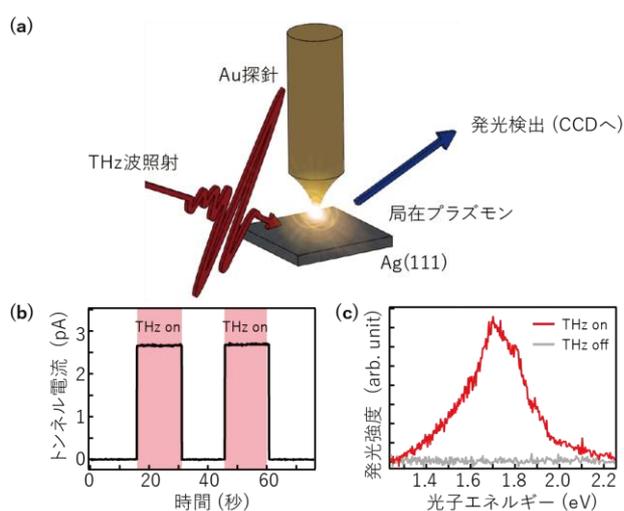


Fig. 1. (a) THz-STM 発光分光法の模式図. (b) トンネル電流の時間変化計測. 赤の網掛け部で THz を照射した. (c) THz-STM 発光スペクトル.

電圧が印加され、瞬間的に 250 μ A の電流が流れていることが明らかになった。Fig. 1c は Fig. 1b で THz 光を照射しているときに取得した STM 発光スペクトルである。THz 照射下では、エネルギー幅が広い発光ピークが観測され、局在プラズモンからの発光と結論付けた。本講演では、THz 誘起トンネル電子によるプラズモン励起機構について詳細に議論する。

文 献

- 1) T. L. Cocker *et al.*, *Nat. Photon.* 7, 620 (2013).
- 2) K. Yoshioka *et al.*, *Nat. Photon.* 10, 762 (2016).
- 3) S. Yoshida *et al.*, *ACS photon.* 8, 315 (2021).
- 4) D. Peller *et al.*, *Nature* 585, 58 (2020).
- 5) H. Imada *et al.*, *Nature* 538, 364 (2016).
- 6) K. Kimura *et al.*, *Nature* 570, 210 (2019).
- 7) K. Kimura *et al.*, *ACS photon.* 8, 982 (2021).

*E-mail: himada@riken.jp; katayama-ikufumi-bm@ynu.ac.jp;

ykim@riken.jp; jun@ynu.ac.jp