

位相制御モノサイクル THz-STM における トンネリング電子の超高速実空間制御 Ultrafast Manipulation of Electrons in a Tunnel Junction using Carrier-Envelope Phase Controlled THz-STM

横浜国大院工¹, 徳島大院工², ルクスレイ³, 筑波大数理物質⁴

°(D)吉岡克将¹, 片山郁文¹, 嵐田雄介¹, 南康夫^{1,2}, 北島正弘^{1,3}, 吉田昭二⁴, 重川秀実⁴, 武田淳¹

Yokohama National Univ.¹, Tokushima Univ.², LxRay Co. Ltd.³, Tsukuba Univ.⁴

K. Yoshioka¹, I. Katayama¹, Y. Arashida¹, Y. Minami², M. Kitajima^{1,3}

S. Yoshida⁴, H. Shigekawa⁴ and J. Takeda¹

E-mail: jun@ynu.ac.jp, katayama@ynu.ac.jp

電子が光電場でコヒーレントに駆動される場合、その運動は超短パルスのキャリアエンベロープ位相 (CEP) に強く依存することが知られており、次世代の超高速電子制御技術として大きな注目を集めている^[1,2]。この手法をトンネル接合に応用すれば、電子運動を原子スケールで超高速制御することが可能になる。一方で、我々はランダムなナノギャップ薄膜において、電子トンネリングを高強度 THz 波によって駆動できることを見出した^[3]。その非線形性の大きさから、トンネル電子は THz 波の CEP に強く依存することが期待される。そこで我々は、走査型トンネル顕微鏡 (STM) における探針-試料間の単一トンネル接合に対して THz 波を照射し、CEP を制御しながらトンネル電子の測定を行った^[4]。

図 1 にトンネル電子の THz 電場強度及び CEP 依存性を示す。挿入図は、CEP が $\phi = 0$ と $\phi = \pi$ の場合における THz 電場波形である。どちらの場合においても、トンネル電子は電場に対して非線形に増加するが、符号が反転していることが分かる。これは、CEP の変調によって電子のトンネリング方向を実空間で制御したことに対応する。さらに、トンネル接合特有の電場増強により、最大で 16 V/nm に達する THz 電場の発生に成功し、6 V/nm 以上においてトンネル電子数の飽和が生じることを見出した。我々の知る限りこの飽和を捉えたのは本研究が初めてである。詳細については当日報告する。

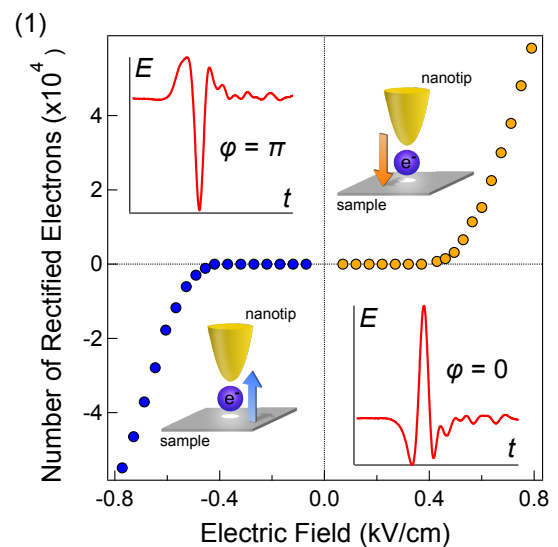


Fig. 1. Number of rectified electrons as a function of the incident peak THz electric field strength. The single-cycle THz waveforms with different phases ($\phi_{\text{CEP}}=0$ and π) were also shown. The inset images show the schematics of the electron tunneling processes through the junction.

[1] M. Krüger *et al.*, Nature **475**, 78 (2011).

[2] A. Schiffrin *et al.*, Nature **493**, 70 (2013).

[3] K. Yoshioka *et al.*, Nano Lett. **15**, 1036 (2015).

[4] K. Yoshioka *et al.*, Nat. Photonics **10**, 762 (2016).