

THz - STM が実現するトンネリング電子のナノ空間超高速制御

横浜国大院工^A, ルクスレイ^B, 筑波大数理物質^C

吉岡克将^A, 片山郁文^A, 南康夫^A, 北島正弘^{A,B}, 吉田昭二^C, 重川秀実^C, 武田淳^A

Ultrafast Manipulation of the Electron Transfer with Single Tunnel Junction via Monocyclic THz Electric Field

^AYokohama National Univ., ^BLxRay Co. Ltd., ^CTsukuba Univ.

K. Yoshioka^A, I. Katayama^A, Y. Minami^A, M. Kitajima^{A,B}

S. Yoshida^C, H. Shigekawa^C and J. Takeda^A

超短パルスのキャリアエンベロープ位相 (CEP) 制御技術は、従来のエレクトロニクスを凌駕する超高速電子制御を可能にした[1,2]。こうした CEP 制御の舞台に必要な条件は、系が大きな非線形性を有し、かつ外場を準静電場とみなせる程高速に応答することである。一方、我々はランダムなナノ構造薄膜において、トンネリング電子の非線形応答を高強度 THz 電場によって駆動できることを見出した[3]。トンネル接合における電子の振る舞いは上述の条件を満たすため、CEP に強く依存した応答を示すものと期待される。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リング電子の測定を行った。

STM の探針には電解研磨した Pt/Ir を用いており、先端の曲率半径は 50 nm 程である。試料に原子レベルで平坦な Highly Ordered Pyrolytic Graphite (HOPG)を用いることによって安定したトンネル接合を実現した。THz 波はパルス面傾斜法により LiNbO₃ から発生させ、EO サンプリングによって検出した。THz 波を制御する方法として、電場強度に対してはワイヤグリッド偏光子、CEP に対しては 2 枚のレンズペアをそれぞれ用いた。

図 1 にトンネリング電子の THz 電場強度及び CEP 依存性を示す。挿入図は、CEP が $\varphi = 0$ と $\varphi = \pi$ 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、トンネリング電子は電場に対して非線形に増加するが、互いに正負が逆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。詳細については当日報告する。

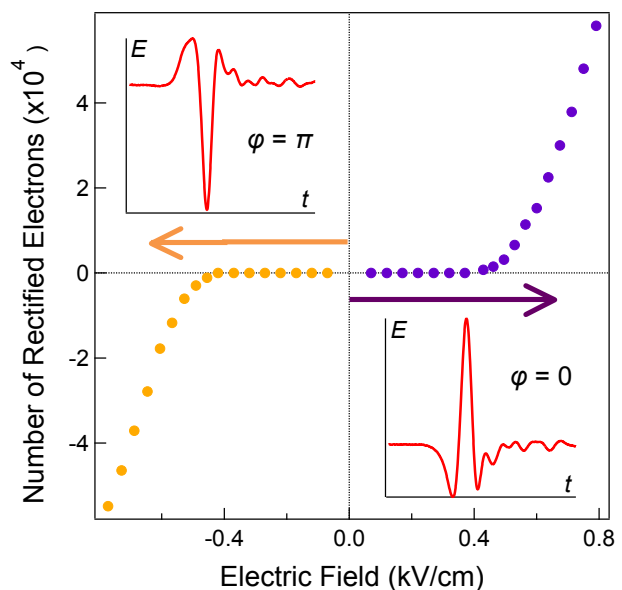


図 1 探針-試料間におけるトンネリング電子の THz 電場強度及び CEP 依存性

- [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).