

探針増強テラヘルツ電場による超高速・ナノスケール電子制御

横浜国大院工¹, (株)ルクスレイ², 筑波大学³
吉岡克将¹, ○片山郁文¹, 南康夫¹, 北島正弘^{1,2},
吉田昭二³, 重川秀実³, 武田淳¹

Ultrafast and Nanoscale Control of Electrons in a Tunnel Junction

Yokohama Ntnl. Univ.¹, LxRay Co. Ltd.², Univ. of Tsukuba³
Katsumasa Yoshioka¹, ○Ikufumi Katayama¹, Yasuo Minami¹, Masahiro Kitajima²,
Shoji Yoshida³, Hidemi Shigekawa³, Jun Takeda¹.

テラヘルツ領域には、強誘電ソフトモード、マグノン、超伝導ギャップ、プラズモンなど、巨視的な物性を特徴づける素励起が数多く存在し、物性研究に重要な周波数領域の一つとなっている。しかしながら、テラヘルツ波の波長は 300 μm 前後と非常に長いために、ナノスケールの分光を行うことはこれまで困難であった。そこで我々は、走査型トンネル顕微鏡 (STM) とテラヘルツ分光法を組み合わせることで、テラヘルツ領域の情報をナノスケールで得ることのできる手法を開発することを目指している。今回、STM の探針・グラファイト試料間に高強度のテラヘルツ波を照射したところ、探針増強効果により 16 V/nm という巨大な電場が誘起され、直流電場では到達できない大電流が探針・試料間に流れること、その方向をテラヘルツ電場の極性で制御できることを明らかにしたので報告する[1]。

実験では、パルス幅 100 fs、出力 2 mJ、繰り返し 1 kHz の Ti:sapphire 再生増幅レーザーを使用し、LiNbO₃ 結晶における光学整流効果を利用して高強度のテラヘルツ波を発生させた。このテラヘルツ波は、広帯域のモノサイクルパルスであり、電場の正側と負側が大きく異なる非対称な形をしている。このため、電場強度の強い側の極性で誘起されたトンネル電流を支配的に観測できるものと期待される。実際に、テラヘルツ波を STM に照射したところ、誘起電流の向きはテラヘルツの極性によって操作できることを見出した。誘起電流量は Simmons モデルを用いたシミュレーションで良く再現され、60,000 個にも及ぶ電子が、1 ps 程度の間トンネルしていることが分かった。このことは、テラヘルツ電場による STM 測定が実際に可能であることを示唆しており、今後、物性の制御などへの応用が広がるものと期待される。

[1] K. Yoshioka et al., Nat. Photon., in press.