

高強度テラヘルツ電場による電子・イオン制御

Control of electrons and ions using intense terahertz electric field

横浜国立大学工 〇片山 郁文

Yokohama National Univ., °Ikufumi Katayama

E-mail: katayama-ikufumi-bm@ynu.ac.jp

テラヘルツ領域には、強誘電ソフトモード、超伝導ギャップ、磁気励起など物質中の集団励起が数多く存在するため、酸化物をはじめとして、数多くの物質のテラヘルツ応答が盛んに研究されている。特に近年では超短パルスレーザー技術の進歩により、高強度のテラヘルツパルスを発生させることが可能となり、テラヘルツ波を用いた電子やイオン制御なども可能となってきている。本講演ではその例として、イオン伝導体における可動イオンの運動を制御する研究と、金属ナノギャップにおける電子のトンネリング制御について報告する。これらの結果は、テラヘルツ波パルス波形の精密制御によって、物質中の伝導制御を超高速で行えることを示している。

イオン伝導体は、イオンが電流を担う物質のことであり、近年では電池材料等への応用が進んでいる。イオンは電子に比べると速度が遅く、その伝導は結晶中に存在するポテンシャルの極小点間を熱的にイオンがホッピングすることによると考えられている。また、トラップされたイオンはテラヘルツ領域に吸収ピークを生じることが知られている。我々はこの物質をテラヘルツパルスによって強励起することによってイオンの制御が可能であると考え、高強度テラヘルツパルスによる非線形分光を試みた[1]。試料としては β アルミナを用い、非線形テラヘルツ吸収分光及びテラヘルツ誘起電流を測定した。その結果、イオンの吸収ピークは高強度テラヘルツ波照射下で減少するとともに、電場の向きに依存した電流が観測できることを明らかにした。これらの結果は、イオンの位置や運動がテラヘルツ電場によって超高速に制御できることを示している。

さらに、同様にテラヘルツ電場を利用して、電子の運動を制御した研究を紹介する[2]。本研究ではトンネル接合が極めて強い非線形性を有していることに着目し、走査型トンネル顕微鏡にテラヘルツ波を照射して、トンネル電流を駆動する実験を行った。走査型トンネル顕微鏡においては、試料、探針間の距離を精密に制御することが可能であることから、定量的な議論を行うことが可能となる。その結果、テラヘルツ電場の方向や位相によって、電子の超高速トンネリングの方向や量を自在に制御できることが明らかとなった。実験結果を解析することにより 1 万個以上のトンネル電子が、単一のテラヘルツパルスによって誘起されていることや、試料探針間に 16 V/nm もの高電圧が印加されていることが分かった。このようにテラヘルツ波と走査型トンネル顕微鏡を組み合わせることで、ナノスケールのテラヘルツ物性の観測や制御が可能となるものと期待され、酸化物をはじめとする機能性物質の研究にも利用できる可能性がある。

[1] 南ほか、第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 (2017).

[2] K. Yoshioka et al., Nat. Photon. **10**, 762 (2016).