

## ナノギャップ電極を用いた単一分子・単一原子のテラヘルツ極限センシング

Terahertz spectroscopy of single molecules and single atoms by using nanogap electrodes

東大生研・ナノ量子機構<sup>1</sup>、東京農工大<sup>2</sup> ○平川一彦<sup>1</sup>、杜 少卿<sup>1</sup>、吉田健治<sup>1</sup>、張 亜<sup>1,2</sup>、唐 九君<sup>1</sup>、  
鶴谷 拓磨<sup>1</sup>

IIS and INQIE, Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, TUAT<sup>2</sup> ○Kazuhiko Hirakawa<sup>1</sup>, Shaoqing Du<sup>1</sup>, Kenji Yoshida<sup>1</sup>,

Ya Zhang<sup>1,2</sup>, Chiu-Chun Tang<sup>1</sup>, Takuma Tsurugaya<sup>1</sup>

E-mail: hirakawa@iis.u-tokyo.ac.jp

極微ナノ構造における特徴的なエネルギーや時間スケールの多くが、テラヘルツ (THz) の領域にあり、ナノ構造と THz 電磁波の相互作用は物性解明や制御に非常に重要である。しかし、THz 電磁波の波長はおおよそ 100  $\mu\text{m}$  程度であり、1 nm 以下の寸法の単一分子など極限的に微細なナノ構造とは相互作用が極めて小さい。また、単一分子中の電荷の数は非常に少ないため、THz 電磁波の吸収量も極めて小さいことが予想される。

我々は、通電断線法という技術を用いて、原子スケールのギャップを有する電極を作製し、その間に単一分子を捕獲することにより、単一分子トランジスタを作製している。このナノギャップ電極を THz アンテナとして用いれば、単一分子に THz 電磁波を効率的に集光することができる[1]とともに、THz 電磁波による電流の変化を測定することにより、ダイナミックなプロセスの情報を得ることができる。図1はナノギャップ電極を用いて THz 電磁波を単一 C60 分子に照射する測定系で、単一分子トランジスタの動作速度が遅いため、THz 誘起光電流に対して自己相関測定を行う。図2は得られた C60 分子の THz スペクトルで、約 500 GHz、約 1 THz にピークを持っている。この低周波の分子振動モードは、C60 分子が金電極の表面で重心運動する固有数波数に対応しており、電子が C60 分子の振動量子を吸収(あるいは放出)してトンネルする vibron-assisted tunneling によるものである。さらに、C82 カゴ分子中に金属原子 1 個が入った金属内包 Ce@C82 分子を同様に測定したところ、Ce 原子が C82 カゴ分子内で振動する信号も観測された。

このことは、テラヘルツ分光が、サブピコ秒の時間分解能とサブ nm の空間分解能の両方を持つことが可能であることを示しており、新しい THz ナノサイエンスの局面が拓かれたと言える。(参考文献)

[1] K. Yoshida, K. Shibata, and K. Hirakawa, Phys. Rev. Lett. **115**, 138302 (2015).

[2] S.Q. Du, K. Yoshida, Y. Zhang, I. Hamada, and K. Hirakawa, Nature Photonics **12**, 608 (2018).

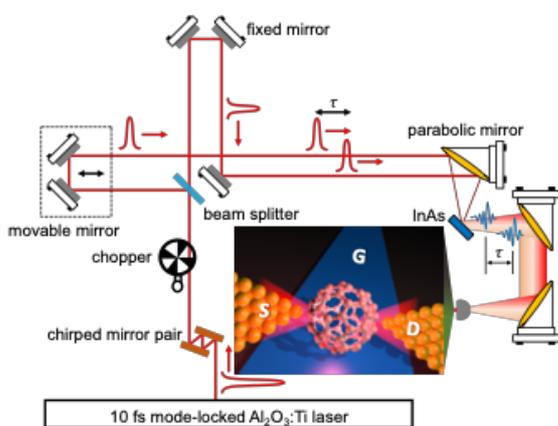


図1 単一分子テラヘルツ分光系

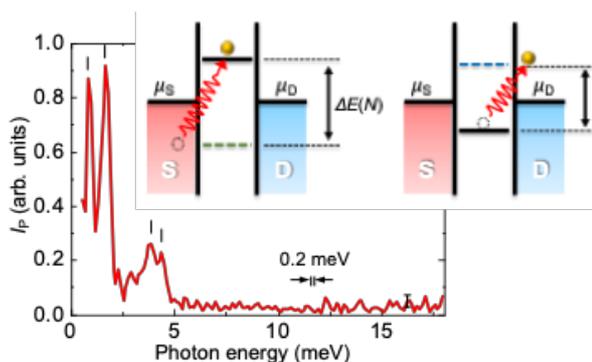


図2 C60単一分子のテラヘルツスペクトル