

# 単層カーボンナノチューブにおける THz 高次高調波発生 フェルミレベル依存性

## Fermi-level dependence of THz high-harmonic generation in single-wall carbon nanotubes

首都大理<sup>1</sup>, 京大理<sup>2</sup>, iCeMS<sup>3</sup>, ○西留 比呂幸<sup>1</sup>, 永井 恒平<sup>2</sup>, 一ノ瀬 遥太<sup>1</sup>, 福原 健吾<sup>1</sup>,  
野崎 純司<sup>1</sup>, 枝 淳子<sup>1</sup>, 蓬田 陽平<sup>1</sup>, 田中 耕一郎<sup>2,3</sup>, 柳 和宏<sup>1</sup>

TMU<sup>1</sup>, Kyoto Univ.<sup>2</sup>, iCeMS<sup>3</sup>,

○Hiroyuki Nishidome<sup>1</sup>, Kohei Nagai<sup>2</sup>, Yota Ichinose<sup>1</sup>, Kengo Fukuhara<sup>1</sup>, Junji Nozaki<sup>1</sup>,

Junko Eda<sup>1</sup>, Yohei Yomogida<sup>1</sup>, Koichiro Tanaka<sup>2,3</sup>, Kazuhiro Yanagi<sup>1</sup>

E-mail: yanagi-kazuhiro@tmu.ac.jp

はじめに：近年、テラヘルツ (THz) 光などの中赤外領域の高出力レーザーの発展により、固体においても、物質と光が強く相互作用することで発生する、極端非線形光学現象の観測が可能になった<sup>1</sup>。この代表的な現象が高次高調波発生(HHG)である。しかし固体における HHG の背景は、結晶構造<sup>2</sup>や電子状態<sup>3</sup>など多くのパラメータが関係し、多様な振る舞いを示すため、その本質的な物理背景の理解は十分でない。HHG の発生機構には大きく分けて、バンド間の寄与と、バンド内の寄与の二通りあるが、それがどのように寄与しているかは未だ明確でない。そこで、その発生機構を理解する為、本研究では、キャリア密度と HHG 強度の関係解明を行った。

**実験方法：**キャリア密度を制御する方法として、イオン液体を用いた電界ゲーティング法を用いた。また、試料として、化学的に安定で、過去にフェルミレベル制御を行った実績のある単層カーボンナノチューブ(SWCNTs)を利用した。以前の試験で、明確な HHG を確認した高純度分離された半導体型(6,5)のネットワーク薄膜を用意した。これを金が蒸着されたサファイア基板上に転写しデバイスを作成した。測定は、イオン液体を滴下、印可電圧を変化する事で電子注入を行い、4.8  $\mu\text{m}$  の THz レーザーを照射し、HHG の測定を行った。

**実験結果：**結果を図 1 に示す。図より、ゲート電圧を正にシフトさせるに従って、つまり電子を注入する程、強度が減少することがわかる。このことは、バンド内の寄与は本試料では小さく、バンド間の寄与が支配的であることを示唆している。さらに、次数ごとのフェルミレベル依存性を 0 V 時の強度で規格化したものを図 2 に示す。これから高次程、強度の減少が急であるため、フェルミレベルが次数ごとに異なる影響を与えていることが示唆されている。

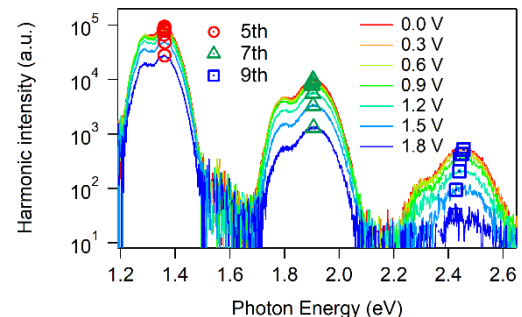


図 1 フェルミレベル (印可電圧) 変化による HHG スペクトルの変化

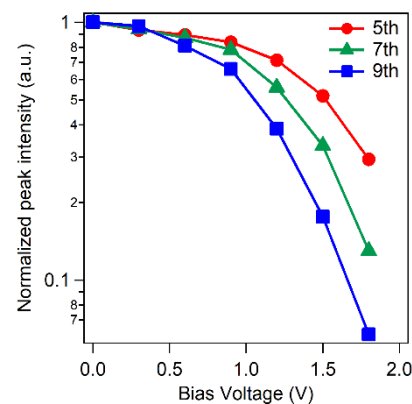


図 2 各次数における HHG 強度のフェルミレベル依存性  
各次数の強度は、0 V 時の各次数の強度で規格化されている

- [1] S. Ghimire *et al.*, Nat. Phys., **7**, 138 (2010)
- [2] Y. S. You *et al.*, Nat. Phys., **13**, 345 (2011)
- [3] G. Vampa *et al.*, Nat, **522**, 462 (2015)