

単層カーボンナノチューブにおける THz 高調波発生

THz high harmonic generation from single wall carbon nanotubes

首都大理工¹, 京大理², iCeMS³, ○西留 比呂幸¹, 永井 恒平², 一ノ瀬 遥太¹, 福原 健吾¹,
野崎 純司¹, 枝 淳子¹, 蓬田 陽平¹, 柳 和宏¹, 田中 耕一郎^{2, 3}

TMU¹, Kyoto Univ.², iCeMS³,

°Hiroyuki Nishidome¹, Kohei Nagai², Yota Ichinose¹, Kengo Fukuhara¹, Junji Nozaki¹, Junko Eda¹, Yohei Yomogida¹, Kazuhiro Yanagi¹, Koichiro Tanaka^{2, 3}

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

はじめに：近年、中赤外やテラヘルツ (THz) 領域の高出力レーザーの発展により、固体における非線形光学現象の測定が可能になりつつある¹。非線形光学現象の一つに高調波発生(HHG)があり、THz レーザーを用いた HHG は、これまで半導体結晶(ZnO²等)や二次元層状物質(グラフェン³, MoS₂⁴等)で観測されている。原子気体系においては、HHG の背景はよく理解されているが、固体中における HHG の機構の正確な理解は、固体中では多くのパラメータが関係するためできていない。そこで、今回私達は、単層カーボンナノチューブ(SWCNT)に着目して HHG の研究を行った。SWCNT を選んだのは、これが高強度の THz 光に対して安定な物質であり、その上、巻き方によって様々なバンドギャップを持つため、種類を変えることで系統的に電子状態を変えて測定が可能であるからである。本研究では、SWCNT の種類を系統的に変えて HHG の変化を測定し、電子構造の HHG 発生に与える影響を調べた。

実験方法：金属型、直径 1.4nm の半導体型、直径 1.0nm の半導体型、半導体型の単一カイラリティ(6,5)の 4 種類の SWCNT 薄膜を用意した。ここに中心波長 4800nm(≈ 60 THz)の THz レーザーを照射し、HHG の観測を行った。

実験結果：図 1 に結果を示す。測定試料の中でバンドギャップが最も大きい(6,5)と次に大きい直径 1nm の半導体型からは、はっきりとした HHG が、直径 1.4nm の半導体型からは、5 次の HHG が、わずかに観測された。これに対して、ギャップがない金属型は、HHG の観測を行うことができなかった。この結果から、バンドギャップの大きさが HHG に顕著な寄与を与えていることが示唆されている。

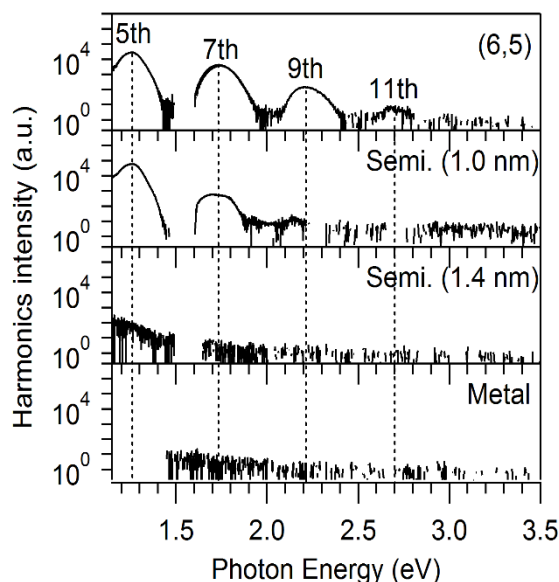


図.1 異なる電子構造を持つ SWCNT ごとの、THz レーザー(4800 nm≈ 60 THz)による HHG スペクトル。

- [1] K. Tanaka, 光物性研究会チュートリアル (2017) [2] S. Ghimire et al., Nature Physics, 7, 138 (2010)
[3] N. Yoshikawa et al., Science 356, 736 (2017) [4] H. Liu et al., Nature Physics, 13, 262 (2016)