

単層カーボンナノチューブ・原子層半導体の新物性と応用開拓

Novel Physical Properties and Applications of Single-Walled Carbon Nanotubes and Atomically Thin Semiconductors

京大エネ研, °宮内 雄平

Kyoto University, °Yuhei Miyauchi

E-mail: miyauchi@iae.kyoto-u.ac.jp

カーボンナノチューブの発見から四半世紀以上が経ち、グラフェンや原子層半導体の登場からも 10 年以上が経った現在、これまでに明らかとなったこれらナノ物質のユニークな物性の数々を、いかにして社会に役立つ応用につなげていくかが関連領域の重要課題となっている。例えば、単層カーボンナノチューブ (SWNTs) の光物性については、ここ 15 年ほどの間に大きな結合エネルギーを持つ励起子の形成に由来する光物性の詳細が明らかとなり、近年、それを基礎として、光物性・機能の制御手法とバイオ・量子光応用等の開拓が盛んに進められている[1]。また、単層遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDCs) に代表される原子層半導体においても、この 10 年弱の間に基礎的な励起子光物性の報告が出揃い、将来のオプトエレクトロニクス応用に向けた研究の新展開が注目を集めている。

本講演では、我々が取り組んできた SWNTs[2-6]および TMDCs[7-9]の先端応用に向けた物性研究の最近の展開について議論する。SWNTs については、最近、高温 (> 1000 K) の SWNTs が近赤外領域において高い波長選択性を持つ熱放射体として振る舞うこと、ならびに、それが高温においても励起子が乖離せず安定に存在することに由来することを見出した[5]。このことは、SWNTs が熱を特定の近赤外波長の光のみに高い効率で変換する波長選択熱エミッターの理想的な材料になる可能性を示している。また、SWNTs の幾何構造ごとの励起子スペクトルの違いを利用して単一架橋 SWNTs の非侵襲的構造同定を行い、多数の構造既知の SWNTs について引張試験を行うことで、SWNTs の引張強度と幾何構造の明確な相関を実験的に見出した[6]。この成果は、SWNTs を用いた超軽量高強度材料の実現に向けて、どのような幾何構造の SWNTs を選択合成して利用すべきかの指針を与えるものである。TMDCs に関しては、将来のオプトエレクトロニクス応用に向けた基礎物性研究を進めている。講演では、励起子のバレー緩和機構[7]、光照射下の劣化機構[8]、励起子ドリフト流の生成、分光スペクトル多点計測と機械学習によるデータ解析・予測を援用した新しい原子層試料品質検査・光物性研究手法[9]の研究等を紹介する予定である。

[1] Y. Miyauchi*, *J. Mater. Chem. C* **1**, 6499 (2013). [2] Y. Miyauchi* *et al.*, *Nat. Photonics* **7**, 715 (2013). [3] Y. Miyauchi*, T. Heinz*, *et al.*, *Phys. Rev. B* **92**, 205407 (2015). [4] N. Akizuki, Y. Miyauchi* *et al.*, *Nat. Commun.* **6**, 8920 (2015). [5] T. Nishihara, Y. Miyauchi*, K. Itami*, *et al.*, *Nat. Commun.* **9**, 3144 (2018). [6] A. Takakura, T. Namazu*, Y. Miyauchi*, K. Itami*, *et al.*, *Nat. Commun.*, in press. [7] Y. Miyauchi*, S. Konabe*, *et al.*, *Nat. Commun.* **9**, 2598 (2018). [8] W. Zhang, K. Matsuda, and Y. Miyauchi*, *ACS Omega* **4**, 10322 (2019). [9] K. Tanaka, Y. Miyauchi*, *et al.*, submitted.