

ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出
2018 年度採択研究代表者

2019 年度 実績報告書

宮内 雄平

京都大学エネルギー理工学研究所
准教授

ナノ物質科学を基盤とするサーモエレクトロニクス創成

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、半導体型カーボンナノチューブの熱励起子物性を基盤として選択吸収・放射膜の新しい技術概念を創成することを第一のねらいとし、さらにより広い視座からは、これまでほとんど研究されてこなかった、ナノ物質における熱と励起子に関わる物理現象や物質機能を見出すことで新しい科学技術体系を創成することを目指している。2019 年度より、2グループの追加によって研究体制を強化し、1. ナノ物質の励起子熱光物性物理の解明、2. 熱・光・励起子制御のための複合ナノ構造作製、の2つの項目について、4グループ体制で研究を行った。2019 年度は、熱励起子生成の理論と実験の比較から、光加熱条件下での単一架橋カーボンナノチューブ熱放射の物理の解明を進めた。高純度で単一構造にまで分離した試料の基礎光物性としては、構造ごとに異なる蛍光量子収率を持つことが明らかとなった。また、構造分離カーボンナノチューブを用いて、数ミリメートルサイズのナノチューブ集積自立薄膜(下図)を作製し、ナノチューブ薄膜における熱励起子放射現象の観測に成功した。ナノチューブ薄膜の熱伝導シミュレーションフレームワークの構築についても、理論モデル化およびフォノン物性実験の両面から進めた。これらの研究項目について、概ね遅延なく進展が得られている。さらに、実験において、研究計画時には想定していなかった重要な新現象(非公開)が見出されたため、次年度以降の研究計画について、それらを反映した拡充を行った。



作製した直径 3 mm サイズの構造分離カーボンナノチューブ集積自立薄膜

【代表的な原著論文】

1. Xiaojun Wei, Takeshi Tanaka, Shilong Li, Mayumi Tsuzuki, Guowei Wang, Zhihui Yao, Linhai Li, Yohei Yomogida, Atsushi Hirano, Huaping Liu, and Hiromichi Kataura, "Photoluminescence quantum yield of single-wall carbon nanotubes corrected for the photon reabsorption effect", Nano Letters, vol. 20, No. 1, pp.410–417, 2020.

2. Masaaki Tsukuda, Keisuke Ishizeki, Kengo Takashima, and Takahiro Yamamoto, "Random stick network analysis of electronic transport in carbon nanotube thin films", Applied Physics Express, Vol. 12, No. 5, 055006, 2019.

3. Takumi Inaba and Yoshikazu Homma, "Chirality dependence of electron-phonon matrix elements in semiconducting single-walled carbon nanotubes", AIP Advances vol. 9, 045124, 2019.

§ 2. 研究実施体制

(1) 京大グループ

- ① 研究代表者:宮内 雄平 (京都大学エネルギー理工学研究所 准教授)
- ② 研究項目
 - ・単一架橋カーボンナノチューブにおける熱励起子現象の解明
 - ・ナノチューブ複合構造の開発

(2) 法政大グループ

- ① 主たる共同研究者:小鍋 哲 (法政大学生命科学部環境応用化学科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・単一架橋カーボンナノチューブにおける熱励起子現象の解明
 - ・カーボンナノチューブにおける熱励起子現象の増強

(3) AIST グループ

- ① 主たる共同研究者:片浦 弘道 (産業技術総合研究所ナノ材料研究部門 首席研究員)
- ② 研究項目
 - ・熱励起子応用に最適な高純度カーボンナノチューブ試料の作製

(4) 東京理科大グループ

- ① 主たる共同研究者:山本 貴博 (東京理科大学工学部教養 教授)
- ② 研究項目
 - ・複合構造の熱伝導シミュレーションの方法論の構築