

2023 年度年次報告書

原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能

2020 年度採択研究代表者

丸山 茂夫

東京大学 大学院工学系研究科
教授

単層 CNT に基づく一次元ヘテロナノ構造の制御合成と物性・機能設計

主たる共同研究者:

井ノ上 泰輝 (大阪大学 大学院工学研究科 助教)

末永 和知 (大阪大学 産業科学研究所 教授)

研究成果の概要

本年度は、多様な物質を含む一次元ヘテロ構造の形成に関して研究を進めた。丸山グループでは、薄膜構造において窒化ホウ素ナノチューブ (BNNT) 層の合成条件の改善を行うとともに、電子顕微鏡観察やフーリエ変換赤外分光、ラマン散乱分光などを組み合わせ、内層の CNT をプローブとして BNNT の合成効率を簡便に評価する手法を確立した。また、遷移金属ダイカルコゲナイドに関して、内層と外層のカルコゲンが異なる“ヤヌス”構造を持つナノチューブ合成を進めた。熱による置換反応では、 MoSe_2 からのヤヌス構造化の制御が難しい一方で、室温での水素プラズマ援用により MoS_2 のヤヌス構造化を選択的に進行することができ、ラマン分光や電子顕微鏡の元素マッピングからもヤヌス構造を評価した。

末永グループでは、高エネルギー電子分光の発展の一例として、局所的なコア準位測定実験を行なった。ツイスト 2 層グラフェンはモアレ超格子を形成し、ねじれ角に依存した電子および光学的性質を示す。局所的な原子配置の違いによる局所的性質の解明への第一歩として、電子顕微鏡内の電子エネルギー損失分光法を用いて、ツイスト 2 層グラフェンにおける未占有のファンホーブ特異点への局所的な励起を実証し、角度依存性や原子配置に起因するコア準位の変動を観測した。

井ノ上グループでは、電子デバイスへの応用に向けて、大面積に配向した一次元ヘテロナノ構造の形成プロセスの開発を行った。前年度までに開発した転写法により、水晶基板上で合成した配向単層 CNT をトレンチ構造 SiO_2/Si 基板へと転写し、架橋配向 CNT を得た。これをテンプレートに用いて BNNT の成長を行った。ラマンマッピング測定により BNNT 成長後の G バンドのアップシフトを確認した。さらに、配向 CNT@BNNT を平坦な SiO_2/Si 基板へと転写し、電極を形成することでバックゲート型電界効果トランジスタ (FET) を作製した。この FET について、ドレイン電流のゲート電圧依存性を得ることに成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Wang[‡], D. Levshov^{‡*}, K. Otsuka, B. Zhang, Y. Zheng, Y. Feng, M. Liu, E. I. Kauppinen, R. Xiang, S. Chiashi, W. Wenseleers, S. Cambre, S. Maruyama*, Evaluating the efficiency of boron nitride coating in single-walled carbon nanotube-based 1D heterostructure films by optical spectroscopy, *ACS Nano*, (2024), **18**, 9917-9928.
- 2) M. Liu, R. Senga*, M. Koshino, Y.-C. Lin and K. Suenaga* “Direct Observation of Locally Modified Excitonic Effects within a Moiré Unit Cell in Twisted Bilayer Graphene” *ACS Nano*, (2023), **17**, 18433-18440.