

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2020 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

廣谷 潤

京都大学 大学院工学研究科
准教授

電子・正孔を情報担体とするフレキシブルサーマルデバイスの創製

§ 1. 研究成果の概要

2年目は、①金属型原子層材料 MXene の単層剥離手法の確立、②ナノ厚さの原子層材料に対する異方性熱伝導率計測手法である周波数領域サーモフレクタンス法の開発、③カーボンナノチューブを用いた熱流センサのための P 型ドーパント探索の3点を主に実施した。

まず1点目の金属型原子層材料 MXene の単層剥離手法の確立について、金属型原子層材料である MXene を1層で剥離する手法を開発した。購入した MXene は層間の残留金属の影響により従来の溶液中での剥離が困難である課題があったが、力学的にマイルドな in-situ エッチング反応を用いることで、MXene 層間の残留金属を除去しつつ、数マイクロサイズの MXene を得る方法を確立することができた。また MXene 薄膜を作製し、その電気伝導率と透過率の関係を明らかにしつつ、導電膜応用のポテンシャルを示すことができた。¹⁾

次に2点目のナノ厚さの原子層材料に対する異方性熱伝導率計測手法である周波数領域サーモフレクタンス法の開発については、150MHz までの高周波領域におけるレーザー加熱システムを構築することができた。通常の pump-probe 光の周波数領域サーモフレクタンス法だけでなく、ヘテロダインによる差周波による計測系とすることで、これまで 20MHz 以上の高周波加熱による S/N 比低下の問題を回避しつつ、より高周波で加熱するシステムを構築することができた。構築したシステムを熱伝導率が既知の材料(酸化シリコン、酸化アルミニウム、シリコン、ダイヤモンド)に対して熱計測を行い、その有効性を確認することができた。

最後に3点目のカーボンナノチューブを用いた熱流センサのための P 型ドーパント探索について述べる。これまで CNT の材料そのものは 600°C 程度の高温でも安定であるが、ドーピングに用いる分子で P 型安定なものが 100°C 程度まで安定なものしか存在していなかった。今回、高純度で分離した半導体 CNT 薄膜トランジスタに対して、200°C 程度まで安定な P 型ドーパント(1,4,5,8,9,11-hexaazatriphenylene-hexacarbonitrile)を発見することができた。²⁾

【代表的な原著論文情報】

- 1) Emi Saita, Masaki Iwata, Yuki Shibata, Yuki Matsunaga, Rie Suizu, Kunio Awaga, Jun Hirovani, and Haruka Omachi, “Exfoliation of Al-Residual Multilayer MXene Using Tetramethylammonium Bases for Conductive Film Applications”, *Frontiers in Chemistry*, 10, 841313, pp.1-8, (2022).
- 2) Yuki Matsunaga, Jun Hirovani, Haruka Omachi, “Highly temperature-tolerant p-type carbon nanotube transistor doped with 1,4,5,8,9,11-hexaazatriphenylenehexacarbonitrile”, *AIP Advances*, 12, 045322, pp.1-6, (2022).