

二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出
2015 年度採択研究代表者

2019 年度 実績報告書

西原 寛

東京大学大学院理学系研究科
教授

有機・無機複合二次元物質、配位ナノシートの創製と電子・光・化学複合機能の創出

§ 1. 研究成果の概要

<ビス(ジチオラト)白金錯体ナノシートの合成方法の開発>

金属イオンと配位子からなる配位ナノシート(Coordination Nanosheet; CONASH)の一つであるビス(ジチオラト)ニッケル錯体ナノシート NiDT はトポロジカル絶縁体(物質内部は絶縁体だが表面やエッジ部分は電気を通すという特殊な物質)の候補物質であると、計算科学で予測されている。トポロジカル絶縁性を実験的に観測することは重要な課題であるが、NiDT のトポロジカル絶縁性の発現に関わるバンドギャップは小さく、観測が困難である。このバンドギャップは、より重い元素が入っている物質の方が大きくなる。本年度、我々はニッケルよりも重い元素である白金を中心金属とするビス(ジチオラト)白金錯体ナノシート PtDT を合成した。PtDT を合成するにあたり問題となるのは白金イオンが容易に還元されて白金ナノ粒子を形成してしまう点である。この還元反応を抑制するため、配位子のベンゼンヘキサチオール(BHT)を修飾した SnBHT を配位子に用いて、トランスメタル化による錯形成過程を組み込んだ(図1)。この手法により合成した PtDT の構造を粉末 X 線回折を用いて求め、その構造を用いてバンド構造を求めると、NiDT よりもバンドギャップが大きく、室温でもトポロジカル絶縁性を観測できると期待されるほどに開いていることが示唆された。

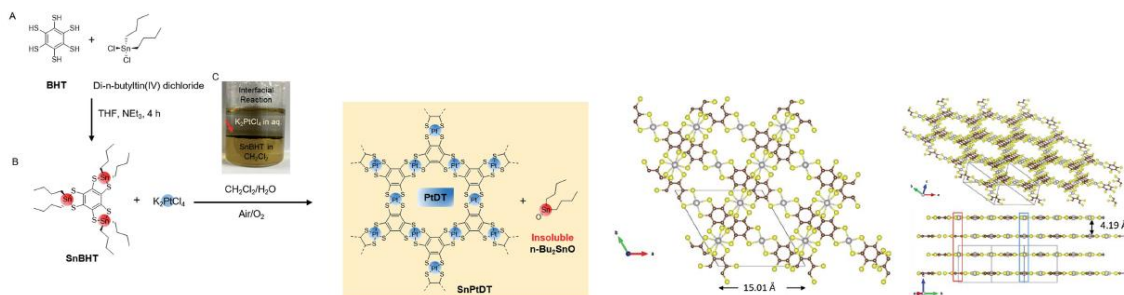


図 1. トランスメタル化を利用した PtDT の液液二相界面合成と PtDT の構造.

<CONASH の有機 LED への応用>

従来の有機 LED (OLED) のホール輸送層としては PEDOT/PSS が使われていたが、PSS は強酸性で水分を取り込みやすく変質しやすい、また強酸性で電極にダメージを与えてしまうという問題があった。今回、導電性の高い NiDT をホール輸送層として、Super-Yellow を発光層として用いた OLED 素子を構築し、素子特性の評価を行った。電流注入により、セル全面から均一に発光していることが確認された。PEDOT/PSS を用いた従来素子との比較において、NiDT を用いた素子は電流量や発光特性はほぼ同程度であったが、負

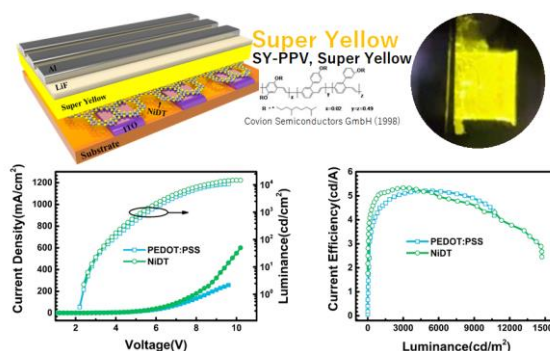


図 2. Super-Yellow を発光層として、NiDT をホール輸送層とした OLED 素子. 電流特性等で、PEDOT/PSS と同等もしくは同等以上の特性向上が得られている。

荷特性が優れており、さらに素子耐久性は約 2 倍に向上していた。これらの特性は NiDT のホール伝導特性の高さや、Super-Yellow とのエネルギー準位の関係、電極へのダメージの少なさなどに起因していると考えられる。

【代表的な原著論文】

1. Tigmansu Pal, Shotaro Doi, Hiroaki Maeda, Keisuke Wada, Choon Meng Tan, Naoya Fukui, Ryota Sakamoto, Shinji Tsuneyuki, Sono Sasaki, Hiroshi Nishihara, "Interfacial transmetallation synthesis of a platinadithiolene nanosheet as a potential 2D topological insulator", Chem. Sci., vol. 10, No. 20, pp.5218-5225, 2019.
2. Shihao Liu, Ying-Chiao Wang, Chi-Ming Chang, Takeshi Yasuda, Naoya Fukui, Hiroaki Maeda, Peihua Long, Kazuo Nakazato, Wen-Bin Jian, Wenfa Xie, Kazuhito Tsukagosh, Hiroshi Nishihara, "Solution-processed organometallic quasi-two-dimensional nanosheets as a hole buffer layer for organic light-emitting devices" Nanoscale, vol. 12, No. 13, pp. 6983-6990, 2020.

§ 2. 研究実施体制

(1) 西原グループ

- ① 研究代表者: 西原 寛 (東京大学大学院理学系研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・配位ナノシートの創製、物性機能解明と化学デバイスへ応用

(2) 塚越グループ

- ① 主たる共同研究者: 塚越 一仁 (物質・材料研究機構国際ナノアーキテクニクス研究拠点
MANA 主任研究者)
- ② 研究項目
 - ・配位ナノシートのデバイス物理および半導体融合デバイスの作製

(3) 佐々木グループ

- ① 主たる共同研究者: 佐々木 園 (京都工芸繊維大学繊維学系 教授)
- ② 研究項目
 - ・配位ナノシートの精密構造解析と構造—機能相関