

U字型チエノアセン有機半導体の自己組織化を利用した 溶液プロセスによる有機電界効果トランジスタの開発

Self-Assembly of U-shaped Sulfur-Annulated Organic Semiconductor Molecules for Solution-Processed Organic Field-Effect Transistors

H29海自74

派遣先 先端技術材料国際会議2017(シンガポール・マリーナ地区)

期 間 平成29年6月18日～平成29年6月23日(5日間)

申請者 九州大学 大学院工学府 物質創造工学専攻

修士2年 森 達 哉

海外における研究活動状況

研究目的

本研究では、有機電界効果トランジスタの活性材料として高い電荷輸送特性を示す有機半導体の開発を行った。従来の設計指針である棒状一次元分子とは異なる、全体がU字を模したチエノアセン分子を新規に設計・合成した。溶液プロセスを用いて作製した薄膜および単結晶の自己組織化構造を評価し、電荷輸送特性との関連を評価した。

海外における研究活動報告

1. 国際会議概要

ICMAT2017は今回で9回目を迎える隔年開催の材料研究に関する主要な国際会議である。有機および無機半導体材料、グラフェン等の二次元物質、材料物性の理論・シミュレーション、機能性デバイスの製造技術開発など講演分野は多岐にわたる。50か国2000名以上の研究者が参加し、関連分野のみならず他分野の研究者とのディスカッションが可能であり、成果発信および研究促進において非常に有意義な国際会議である。

2. 研究概要

有機電界効果トランジスタは有機物由来の柔軟性や軽量性などの特徴を活かした、従来のシリコントランジスタでは不可能な次世代電子機器の駆動素子として期待されている。有機半導体材料は分子修飾によって有機溶媒への溶解性を付与することが出来るため、溶液プロセスによる大気下での連続塗膜など、従来の真空プロセスに比べて大幅にコストを抑えた素子生産が可能になる。しかしながら、実用に則した薄膜状態におけるデバイス特性低下など解決すべき課題は残されており、さらなる発展が望まれている研究分野である。

本会議では、材料開発と素子作製プロセスの両面からの課題解決への取り組みおよびその成果を報告した。高い電荷輸送特性と溶液プロセス適合性を兼ね備えた優れた材料となることを期待して、アルキル鎖を導入したチエノアセン分子を設計・合成した。従来の一直線状に π 共役骨格及びアルキル鎖が伸長した棒状分子とは異なる、アルキル鎖を位置選択的に導入した屈曲型分子を開発した。大面積の連続塗膜を指向し、ディップコート法による製膜を試みた。溶液に基板を浸漬・引揚を行うだ

けの簡便な製膜方法あり、加えて電荷輸送特性に大きく影響を与える分子配向性を制御できるという大きな利点がある。

ディップコート法を室温大気下で適用した所、シリコン基板上にcmオーダーの広範囲に薄膜が形成された。偏光顕微鏡および原子間力顕微鏡によりモルフォロジー解析を行ったところ、引き上げの影響を顕著に反映したとみられる一方向的な分子配向を示唆する結果が得られた。また、X線回折測定により、薄膜中で分子は二分子膜様のラメラ構造を構築していることが明らかになった。さらに、このディップコート薄膜を活性層とする薄膜トランジスタの作製を行ったところ、有機半導体の移動度のベンチマークとされるアモルファスシリコンを超える高いキャリア移動度が得られた。さらに、基板引揚方向に対して平行および垂直方向とで極めて大きな異方的電気伝導性を示すことが明らかになり、基板引揚による影響がミクロな分子配列からマクロな固体物性にまで顕著に反映された結果となった。

今回の研究では、従来の有機トランジスタ材料の枠に当てはまらない屈曲型分子が特異的な自己組織化能に基づき高い電荷輸送特性を示すということを明らかにした。この知見を深化させることで、新しい有機半導体材料の設計指針を確立できるのではないかと考えられる。

3. 会議の成果・今後の展望

今回の口頭発表を通して、自身の研究成果を広く発信することができたと考えている。また的確なフィードバックおよびディスカッションを行うことができ、改善案、研究指針を定めることができた。また、ノーベル賞受賞者である天野浩、コンスタンチン・ノボセロフ、フレイザー・ストッダートや、有機エレクトロニクス分野の第一線で活躍するZhenan Bao (Stanford大) や瀧宮和夫 (東北大) 尾坂格 (広島大) の講演を聴講した。当該分野の最先端の研究に触れ研究に有意な情報を得ることが出来ただけでなく、大いに刺激を受け今後の研究活動への意欲が掻き立てられた。関連他分野の研究に触れることで、自身の研究分野の立ち位置および課題を広い視点で把握することができた。

本国際会議参加における経験や得られた知見を最大限活用し、今後とも魅力的な有意義な研究を展開できるよう邁進していきたい。

この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

Solution-grown unidirectionally oriented crystalline thin films of a U-shaped thienoacene-based semiconductor for high-performance organic field-effect transistors
J. Mater. Chem. C, **2017**, 5, 5872-5876.
DOI: 10.1039/C7TC01836C