



薄くて軽くて柔らかく環境に優しい有機半導体デバイス

応用物理物性およびその関連分野

研究者所属・職名 : 有機材料システム研究科・教授

ふりがな まつい ひろゆき

氏名 : 松井 弘之

主な採択課題 :

- [基盤研究\(B\)「不純物ドーブ有機半導体結晶材料の大規模探索と有機トランジスタ応用」\(2022-2025\)](#)
- [基盤研究\(B\)「有機電界効果トランジスタの界面トラップの分類と低トラップ密度界面形成機構の解明」\(2018-2020\)](#)
- [若手研究\(A\)「高分子半導体におけるコヒーレント伝導発現要因の解明と伝導モデルの構築」\(2015-2017\)](#)

分野 : 有機エレクトロニクス

キーワード : 有機半導体、フレキシブルデバイス、印刷、トランジスタ、センサ、ヘルスケア、ロボット

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

有機半導体は炭素や水素などのありふれた元素から成る環境に優しい電子材料であり、有機半導体デバイスは薄くて軽くて柔らかいという特徴を持つ。有機半導体デバイスの一つである有機トランジスタは、電気の流れを制御する働きを持ち、シート型センサやディスプレイ、ヘルスケアセンサ、ロボット用の人工皮膚、無線タグなどへの応用が期待される。しかしながら、無機半導体と比較して性能面で劣るため、有機半導体の性能向上のために本研究に取り組んだ。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

様々な測定手法を駆使して物質の中で起きている目に見えない現象を理解しながら、有機半導体の中で電子が波のように振る舞うバンド伝導の実現、バンド伝導を阻害する欠陥(トラップ)の低減、有機半導体では難しいとされていた化学ドーピング(分子置換)による性能向上などを行った。



図1 有機半導体デバイス



薄くて軽くて柔らかく環境に優しい有機半導体デバイス

応用物理物性およびその関連分野

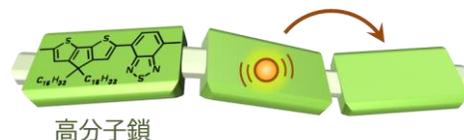
研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

1. 有機半導体の伝導機構は専ら性能が劣るホッピング伝導であるとの考え方が根深い中、有機半導体でも性能が優れたバンド伝導を示しうることを様々な物性計測によって実験的に明らかにした（図2）。
2. 省エネルギーで作製可能なデジタル印刷法による有機トランジスタにおいて、性能を低下させる欠陥（トラップ）を大幅に低減することに成功し、さらにオペアンプやバイオセンサなど様々な回路応用への可能性を実証した（図3）。
3. オペランド電子スピン共鳴測定により有機半導体へのドーピング可能性を示すとともに、ハイスループットシミュレーションを用いた積極的な材料設計へと展開した（図4）。

従来の高分子半導体: ホッピング伝導

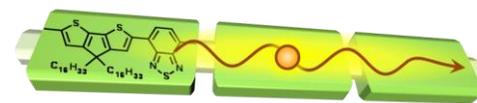
局在した電子 = 動きにくい



高分子鎖

本研究の高分子半導体: バンド伝導

波のように広がった電子 = 動きやすい



高分子鎖

図2 有機半導体のホッピング伝導とバンド伝導

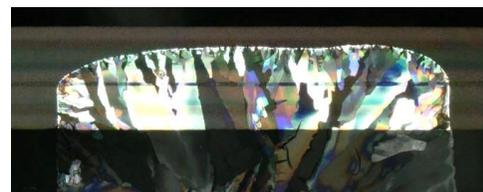


図3 印刷法で作製した低トラップ密度有機半導体結晶薄膜

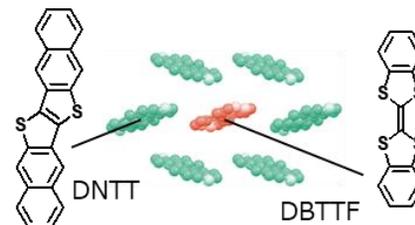


図4 有機半導体への化学ドーピング

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

有機半導体は有機ELディスプレイやヘルスケアセンサ、ロボティクス、スマート農業、有機太陽電池、熱電変換、レーザー、複写機、静電気センサ、インフラ管理など様々な応用へと繋がる基盤技術である。性能が向上すれば、持続可能な社会への実現に向けて大きな貢献ができるものと期待される。



図5 有機半導体の応用展開