

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高性能有機電界効果トランジスタ: 添加剤による性能向上およびメモリへの応用
Title(English)	High-Performance Organic Field-Effect Transistors: Additive Strategy and Memory Application
著者(和文)	何宛兒
Author(English)	Waner He
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12591号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:道信 剛志,VACHA MARTIN,松本 英俊,石川 謙,早水 裕平
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12591号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	HE Waner		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	道信 剛志	教授	審査員	早水 裕平	准教授
	審査員	Vacha Martin	教授			
		松本 英俊	教授			
		石川 謙	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「High-Performance Organic Field-Effect Transistors: Additive Strategy and Memory Application（高性能有機電界効果トランジスタ：添加剤による性能向上およびメモリへの応用）」と題し、英文で6章から構成されている。

第1章「General Introduction（序論）」では、有機電界効果トランジスタについて、素子構造と作動原理および測定データの解析方法を記述している。その後、優れたトランジスタ特性を与える有機半導体高分子の設計指針について整理している。また、半導体層に添加剤を加える方法論について紹介している。添加剤を p 型ドーパントと n 型ドーパントに分類した後、それぞれのドーピングの機構について述べている。最後に、添加剤およびドーパントを用いて移動度の向上や極性の制御に成功した有機電界効果トランジスタの例を紹介している。

第2章「Tetramethylammonium Iodide Additive for Enhancing the Charge Carrier Mobilities of Conjugated Polymer Semiconductor Based on Diketopyrrolopyrrole and Benzodithiophene-4,8-dione Unit（ヨウ化テトラメチルアンモニウムを添加することによるジケトピロロピロールとベンゾジチオフェン-4,8-ジオン構造から成る半導体高分子の電荷移動度の向上）」では、ジケトピロロピロールとベンゾジチオフェン-4,8-ジオンからなる両極性の半導体高分子を用いて湿式法で電界効果トランジスタを作製している。まず、熱アニーリングによる結晶化の効果を検証し、200℃で熱処理すると正孔移動度と電子移動度が共に最も高くなることを明らかにしている。次に、ヨウ化テトラメチルアンモニウム（TMAI）を少量添加すると移動度が向上することを見出している。TMAI を添加した高分子薄膜において、高分子の face-on 配向の割合が減少すること、チャンネル抵抗が減少することを実験的に明らかにし、それらが移動度の向上に寄与していると結論付けている。

第3章「Directional Tuning of Carrier Polarity in Ambipolar Organic Transistors Based on Diketopyrrolopyrrole and Bithiophene Imide Dual Acceptor Semiconducting Polymer Through Ionic Additive Strategy（イオン性添加剤を用いたジケトピロロピロールとビチオフェンイミド半導体高分子から成る両極性有機トランジスタの直接的極性制御法の開発）」では、 π スペーサーが異なる2種類の両極性半導体高分子から成る電界効果トランジスタに対して、半導体層にヨウ化テトラメチルアンモニウム（TBAI）を添加した際の極性変化について調査している。フランを π スペーサーとした半導体高分子の場合、TBAI を添加すると p 型特性が大きく向上したのに対し、セレノフェンを π スペーサーとした半導体高分子の場合、n 型特性が向上した。エネルギー準位の変化や接触抵抗、薄膜モルフォロジーを詳細に調べ、接触抵抗の変化が極性変化に大きく寄与していることを見出している。

第4章「Realizing Effective Doping with p-Type and Ionic Dopants for Quinoid Pyrazine-Derived Polymer Semiconductors（p 型ドーパントおよびイオン性ドーパントを用いたキノイド型ピラジン高分子半導体の効果的ドーピング法の開発）」では、 π スペーサーが異なる3種類の半導体高分子に対して、TBAI、 $\text{Zn}(\text{C}_6\text{F}_5)_3$ 、テトラニトロフルオレノンを添加した際のトランジスタ性能について網羅的に調べている。 π スペーサーとしてフランまたはセレノフェンを用いた場合は添加剤によってトランジスタ移動度は低下したが、 π スペーサーとしてピリジンを用いた場合はどの添加剤を加えても移動度が向上することが分かった。接触抵抗測定および移動度の温度依存性によって実験結果を裏付けると共に、DFT 計算からもピリジン環と添加剤の相互作用を明らかにしている。

第5章「Organic Field-Effect Transistor Memories Based on Solution-Processed Semiconductors and Donor-Acceptor Electret Polymer Dots（湿式法で作製した有機半導体層およびドナーアクセプター型のエレクトレット層に基づくトランジスタメモリの開発）」では、ドナーアクセプター型の架橋高分子微粒子をエレクトレット層として用いたトランジスタメモリを作製している。用いたエレクトレット層は正孔も電子も捕捉することができることをケルビンプローブ顕微鏡観察より明らかにしている。エレクトレット層と半導体層を共に湿式法で作製できるため、次世代の多層膜デバイスを作製する際に有用である。

第6章「General Conclusion and Outlook（結言および展望）」では、本論文を総括すると共に、今後の展望を述べている。

これを要するに、本論文は有機半導体高分子のトランジスタ移動度の向上およびトランジスタメモリの性能向上を実現するための新たな設計指針を示しており、学術上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（学術）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。