

氏名・(本籍)	MANISH PANDEY (インド)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	生工博甲第 298 号
学位授与の日付	平成29年 9月 22日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Controlling the Orientation of Semiconducting Polymers in Floating Film for Anisotropic Charge Transport in Organic Field Effect Transistor (有機電界効果型トランジスタにおける異方性電荷移動のための浮遊薄膜内の半導体高分子の配向制御)
論文審査委員会	委員長 教授 早瀬 修二 教授 大村 一郎 准教授 パンデイ シヤム スデイル 教授 金藤 敬一

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

共役系高分子(CPs)は薄膜トランジスタ、太陽電池、発光ダイオードなど次世代の電子デバイスの潜在的な用途のために最も調査されている半導体材料の一つである。電荷輸送の性質と効率は CPs を用いたデバイスの性能を左右する。過去 20 年間の CPs の研究では薄膜中の CPs の形態がデバイス性能に影響を与える決定的な要因の一つである。この観点から、CPs を一方向に配列させることはデバイス全体の性能を向上させるとして、多くの研究者が試みている。本論文では浮遊薄膜転写法 (FTM) による共役高分子薄膜の分子配向性に関する洞察と、それらを用いた有機電子デバイス、特に OFET における電荷輸送の改善を提案している。

第一章では、有機半導体としての CPs の基本的な役割を理解し、それらの巨視的な配向について議論している。共役高分子の配向に利用する技術とともに、溶液プロセス技術に関連する問題を詳細に記載している。この章では本論文の目的を理解するために必要な基本的な知識を提供している。

第二章では、共役高分子材料の紹介と、配向薄膜の作製・形態評価のための種々の実験手法、及び OFET の作製・評価について記載している。

第三章では、よく知られているチオフェン系高分子の配向の仕組みについて記載し、その配向性を簡単に最適化出来ることを記載している。高分子主鎖の性質と配向性の関連を明らかにするためにチオフェン系高分子を選択し、CPs 固有の液晶性が、薄膜形成過程において配向性に関連することを議論している。

第四章では、最適化条件で作製された高度に配向した NR-P3HT 薄膜の光及び電気特性を記載した。高度に配向した薄膜は顕著な光吸収極大の長波長シフトおよびナノ繊維状ドメインの形成を示した。一般的なスピコート法により形成される等方的な薄膜に比べ、2桁以上の電荷移動度の向上を示したことを報告している。

第五章では、2つの異なる対照的な特性を有する CPs を混合することで、電荷輸送特性のさらなる向上を検討した。剛直な CP である PBTTT を組み込むことで高分子の絡み合いを抑制し、柔軟な NR-P3HT の OFET のデバイス性能の向上を試みた。NR-P3HT と PBTTT の混合により、その電荷移動度は $10^{-1}\text{cm}^2/\text{Vs}$ に達し、高分子の配向性と膜の微視形態が相乗的に関与していることを明らかにした。

第六章では、FTM によって PBTTT 配向膜を作製することを試みた。配向度は 10 以上を達成し、配向方向の電荷移動度は最大で $1.2\text{cm}^2/\text{Vs}$ を平均で $0.4\text{cm}^2/\text{Vs}$ の高い移動度を達成した。同様のデバイス構造の PBTTT の OFET でこれまで報告されている移動度の中で、最も高い移動度を報告している。

第七章では、積層堆積法を用いた多層配向薄膜の作製について FTM の利点について探索した。FTM による上層は下地層の形態を乱すことなく堆積し、配向性を保持したまま多層化出来ることを示した。2つの異なる CPs 配向膜の直交積層も実現し、将来の異方的オプトエレクトロニクスデバイス製造の可能性を示している。

第八章では、論文全体の総括と、本研究の今後の展望について記載している。

学位論文審査の結果の要旨

本論文はコストを効果的かつ工業的に実行可能な新規製膜方法とそれを利用したデバイス構造の提案しており、工学的に重要な知見を与えている。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、配向機構、電荷輸送機構、目的と目標及び応用性、平行方向と垂直方向の光吸収スペクトルシフトの理由などについて様々な質問されたがいずれも筆者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。