



Investigation of anisotropic charge transport in conjugated polymer based organic FETs by controlling the molecular orientation in large area ribbon-shaped floating films

著者	Tripathi Atul Shankar Mani
発行年	2019-03-25
その他のタイトル	大面積リボン状浮遊膜の分子配向制御による共役高分子系有機FETにおける異方性電荷輸送の検討
学位授与番号	17104甲生工第335号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00007195

氏名・（本籍）	ATUL SHANKAR MANI TRIPATHI （ インド ）		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	生工博甲第 335 号		
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 25 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	Investigation of anisotropic charge transport in conjugated polymer based organic FETs by controlling the molecular orientation in large area ribbon-shaped floating films （大面積リボン状浮遊膜の分子配向制御による共役高分子系有機FETにおける異方性電荷輸送の検討）		
論文審査委員会	委員長	早瀬 修二 教授	
	論文審査委員	花本 剛士 教授	
	論文審査委員	内藤 正路 教授	
	論文審査委員	パンデイ シヤム スデイル 准教授	

学位論文内容の要旨

導電性高分子(CPs)は有機電界効果トランジスタ (OFET)、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注目集めている有機半導体材料の一つである。電荷輸送の性質と効率性はCPsを用いた有機電子デバイスの性能を左右する。有機エレクトロニクス分野では薄膜中の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OFETの性能を向上させるとして、多くの研究者が試みている。本論文ではリボン状浮遊薄膜転写法 (Ribbon-shaped FTM) による共役系導電性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、次世代電子デバイスと有機電子デバイスの必要性和塗布プロセスによる成膜技術の現状と問題点に関して述べている。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。溶解性を用いたCPの配向に利用する技術とともに、溶液プロセスでの成膜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、導電性高分子材料の紹介と、配向性を用いた薄膜の作製・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、浮遊薄膜転写法に新しく提案したPTFEスライダを使用することにより均一な大面積リボン状の配向膜形成に関して記載している。この方法で薄膜形成する時、濃度、温度と粘度など成膜

条件の配向度と膜質への影響を詳しく調べました。立体規則性が少ないP3HTというCPを利用して配向の仕組みについて説明し、その配向性を簡単に最適化出来ることを記載している。

第四章では、最適化条件で作製された高度に配向したPQT-C12という導電性高分子薄膜の光及び電気特性から配向度と電荷輸送の関係を詳細に調べている。配向度は成膜温度に大きく依存し、最適化することにより高い配向度 ($DR > 2.2$) の薄膜が得られることを記載している。さらに、配向性および異方性電荷輸送に対するPQT-C12高分子の分子量およびその分布 (PDI) の効果を詳細に調査し、高い電荷輸送性能を引き出すことに成功している。

第五章では、リボン型FTMを使ってさまざまな分子構造の異なるCPの分子配向と異方性電荷輸送について説明している。この手法では、高分子の大面积 ($> 2\text{ cm} \times 20\text{ cm}$) かつ均一な薄膜の成膜に成功しているが、その配向度は分子構造に大きく依存することを記載している。特に分子構造に親水性部位がある場合、配向度は小さくなることを明らかにしている。使用した導電性高分子の中で、液晶性を有するPQT-C12は最も高い光学異方性だけではなく、高いデバイス性能を持つ最高の異方性電荷輸送を示すことを明らかにしている。

第六章では、リボン状FTMで位置規則性ポリ(3-アルキルチオフェン)(P3AT)の大面积配向薄膜形成とそれらを活性層に用いたOFETを作製し、配向性・電気特性及び異方性電荷輸送にアルキル鎖の及ぼす影響について調査している。P3ATのスピンコート膜を用いたOFETでは、アルキル鎖の伸長によって移動度が著しく低下することが報告されている。リボン状FTMにより形成されたP3AT配向薄膜では、FTMにより高分子はEdge-ON配向していることにより、面内の電荷輸送に対してアルキル鎖長の影響がほとんど観測されないことを明らかにしている。

第七章では、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あり、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と異方性電荷輸送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。

以上より、論文審査及び最終試験の結果に基づき、論文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。