

## 審査の結果の要旨

氏名 衛 慶 碩

本論文（Study on Nanostructure Control in Organic Electronic Devices（有機電子デバイスのナノ構造制御に関する研究））は、有機半導体ドナー/アクセプター界面、有機半導体/電極界面及び絶縁体/絶縁体界面をナノスケールで制御し、これらの界面制御と有機薄膜太陽電池及びFETデバイスの性能との相関を明らかにする事を目的とした研究をまとめたもので、以下の7章から構成されている。

第1章では、研究の背景、目的、及び概要が論じられており、近年までの関連論文の成果や問題点などが詳細に記述され、本論文の研究の意義づけが明確にされている。

第2章では、酸化チタンのナノロッドを新規な手法によって作製し、これとドナー性半導体高分子とを組み合わせた有機薄膜太陽電池を作製し、物質の界面制御と太陽電池性能の相関を明らかにしている。また、SEM像から電極上に一様に酸化チタンナノロッドが作製できているのを確認し、断面TEMからはこのロッドが単結晶に近い高い結晶性を有している事を確認している。このロッド中にドナー分子が一様に浸透することで、ドナーとアクセプターの広い界面を形成すると同時に、結晶性の高いロッド中での高い電子移動度を利用することで、電荷分離効率を維持しつつ電荷輸送の効率化が達成され、高効率な太陽電池デバイスが作製できることが明らかとされた。

第3章では、自発的に有機層/電極界面のバッファ層を構築する新規手法を考案し、有機薄膜太陽電池への応用を検討している。本章では、フッ素原子が低表面エネルギーであることを利用してスピコート中に自発的に界面バッファ層を構築するフラーレン誘導体（F-PCBM）の合成が述べられ、この分子と半導体高分子ならびにPCBMを混合させスピコートで膜を作製すると、F-PCBMが表面に偏析することを明らかにしている。また、この分子は表面でダイポール層を形成し、電極と有機層間の電荷移動に有利に働くことを述べている。実際にF-PCBMを有機薄膜太陽電池に応用し、光電変換効率を向上させることに成功している。

第4章では、F-PCBMの表面の構造規則性について詳細に検討している。ここでは、様々な測定からF-PCBMが表面で単分子に近い膜を形成すること、表面のSFG測定でフラーレンの構造規則性に由来するピークが観察されフッ化アルキル基の偶奇効果も見られることを述べ、F-PCBMが表面で高い構造規則性を有し

ていることを明らかにしている。従来の界面修飾手法はSAMやLB法などと比べ本手法は自発的かつ簡便に作製可能であり、有機半導体表面を修飾する新規手法として様々な応用が期待される。

第5章では、有機半導体表面の高い構造規則性を有機デバイスへ応用する手法として接触転写法を検討している。本手法は熱や圧力を必要としない非常に簡便な手法であり、表面の構造を維持しながら有機層と有機層の積層構造を構築できるものである。この手法を用いて、P3HTとPCBMの積層構造を構築してアンバイポーラ特性を有するFETの作製に成功し、物理混合系より高い移動度を達成している。

第6章では、第5章の接触転写法を利用して、半導体高分子の構造規則性がFETデバイスの性能に及ぼす影響を考察している。側鎖の異なるポリチオフェン誘導体を用いスピコート法で作製したFETデバイスでは、側鎖の長さが長くするに従い分子の構造が乱れ移動度が低下するが、これらの分子にあらかじめ高い構造規則性を有する有機層表面作製し、接触転写法を用いてキャリア輸送に応用することでFETデバイスの移動度が1桁上昇し、さらに側鎖の影響を受けず一定の移動度を達成することに成功している。また、同様の手法をポリチオフェン以外の半導体高分子に応用し、同様の性能向上を観察している。この事は、本接触転写法が有機半導体の電荷輸送性能を向上させる一般的手法として有用であることを示している。またこの手法は容易に積層構造を作製でき、界面の構造、電子状態を制御できる可能性があることから、FETデバイスのみならず、有機太陽電池や有機ELなどの他の有機デバイスへの応用も期待される。

第7章では、本研究の総括、及び今後の展望が論じられている。

本論文における分子設計や配向制御は、今後の有機デバイスの高効率化に向けた新規材料の設計やナノ構造制御手法に新たな指針を与える大変優れた成果であるといえる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。