

# 太陽電池講座 (第9講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 97 [2], 61-64 (2024)

## 半導体ポリマーの結晶性および配向性制御と有機薄膜太陽電池の高効率化

尾坂 格<sup>\*,†</sup>

\*広島大学大学院先進理工系科学研究科 広島県東広島市鏡山1-4-1 (〒739-8527)

† Corresponding Author, E-mail: iosaka@hiroshima-u.ac.jp

(2023年9月28日受付, 2023年10月2日受理)

### 要 旨

有機薄膜太陽電池は、塗布プロセスで作製でき、軽量、フレキシブル、光透過性といった特長をもつことから、次世代型太陽電池として期待されている。本講座では、筆者グループにおける有機薄膜太陽電池発電材料の開発、今後の展望について解説する。材料開発については、とくにエネルギー変換効率の向上に向けた、材料の結晶性や配向性制御について紹介する。

キーワード：カーボンニュートラル、有機薄膜太陽電池、有機半導体、ポリマー、結晶、配向

### 1. はじめに

カーボンニュートラル実現に向けて、次世代型太陽電池の開発は重要な課題である。とくに、従来のシリコン太陽電池では困難な場所に設置可能な太陽電池技術の開発が望まれている。有機薄膜太陽電池(OPV)は、有機半導体の薄膜を発電層として用いた太陽電池技術であり、低温な塗布プロセスによりプラスチック基板に作製することができるため(図-1a)、軽くてフレキシブルという特性をもつ。さらに、発電層の厚みが100~300 nmときわめて薄いため、光透過性をもつ。また、同様のフレキシブル型として知られるペロブスカイト太陽電池のように発電層に可溶性の鉛系化合物を用いないため、環境にもやさしい。OPVはこのような特長をもつことから、建物の壁などの垂直面や、建物のみならず自動車用の窓など光透過性が求められる場所、農業用ビニールハウスやテントなど曲面や耐荷重性の低い場所など、従来は設置が困難であった場所への導入が期待されている。また、ウェアラブル電源や、室内光など低照

度下での特性がよいため各種センサー用電源などへの応用も期待されている。

OPVの発電材料として、一般に $\pi$ 共役系ポリマー(半導体ポリマー)がp型半導体(ドナー)、PCBMなどのフラーレン材料や低分子系色素型材料(非フラーレン材料)がn型半導体(アクセプター)として用いられる<sup>1,2)</sup>。近年、分子設計とそれを具現化するための合成法の技術が進歩したことで、多様な発電材料が開発され、20%に近いエネルギー変換効率を得られるようになっている<sup>3)</sup>。

OPVの変換効率向上には、半導体ポリマーの電荷輸送性の向上が重要である。半導体ポリマーの電荷輸送は、ポリマーの $\pi$ 共役主鎖内の共有結合を介した輸送パスと、スタックした主鎖間の $\pi$ - $\pi$ 相互作用を介した輸送パスがある。そのため、電荷輸送性の向上には、ポリマー主鎖の配向制御が必要である<sup>4)</sup>。半導体ポリマーのおもな配向様式として、主鎖の $\pi$ 共役平面が基板に対して“立つ”エッジオン配向と、“寝る”フェイスオン配向がある(図-1)<sup>4)</sup>。エッジオン配向では、主鎖方向と $\pi$ スタック方向がともに基板に平行となるため、基板面内方向の電荷輸送性が高い。一方、フェイスオン配向では、主鎖方向は基板に平行だが、 $\pi$ スタック方向は基板に垂直になるため、エッジオン配向に比べると基板面外方向の電荷輸送が高くなる。そのため、デバイスの構造上、有機トランジスタなどではエッジオン配向、OPVではフェイスオン配向を形成することが望ましいと考えられる。

本稿では、筆者らの半導体ポリマーの配向制御に関連する研究について、とくにチアゾロチアゾールというヘテロ芳香環を有するポリマー群に焦点を当て紹介する。

### 2. 側鎖の設計による配向制御

チアゾロチアゾールは、チアゾール環が二つ縮合した電子欠損性のヘテロ芳香族である。これを、ポリチオフェンに組み込んだポリマーは、ドナー・アクセプター型的主鎖構造となるため、非常に強い分子間相互作用をもつ<sup>5)</sup>。そのため、PTzBT

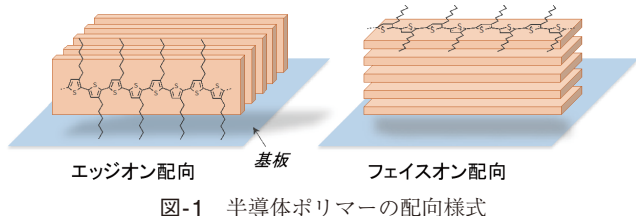


図-1 半導体ポリマーの配向様式



【氏名】 おさか いたる  
【現職】 広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授  
【趣味】 ゴルフ  
【経歴】 2002年に筑波大学にて博士(工学)取得。同年、富士フイルム㈱に入社。2006年より米国カーネギーメロン大学博士研究員。2009年広島大学助教、2013年理化学研究所上級研究員を経て、2016年より現職。2013年高分子学会日立化成賞、2022年日本化学会学術賞受賞。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/