

# 理想的な構造の有機薄膜太陽電池を実現

## 結晶成長技術を駆使して光電変換効率を向上



宮寺 哲彦

みやでら てつひこ  
tetsuhiko-miyadera@aist.  
go.jp

太陽光発電工学研究センター  
有機系薄膜チーム  
研究員  
(つくばセンター)

フレキシブルで低コスト化が期待できる有機薄膜太陽電池の研究をしています。これまで材料開発ベースの研究が主流でしたが、私はプロセス開発の観点から高効率化研究を推進しています。有機半導体材料の結晶成長手法を開拓して、構造制御された素子を構築することで理想的な素子構造を実現し、変換効率を向上させることを目指しています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

王 植平、吉田 郵司（産総研）、山成 敏広（次世代化学材料評価技術研究組合）

#### ● 参考文献

Zhiping Wang *et al.*: *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6 (9), 6369-6377 (2014).

#### ● 用語説明

\* 共蒸着法：真空中で、2種類の低分子有機半導体を二つのつぼに入れて加熱し、同時に昇華・蒸発させることで2種類の半導体が混合した層を形成する手法。

#### ● プレス発表

2014年5月8日「結晶成長制御により効率よく電荷が流れる理想的な構造の有機薄膜太陽電池を実現」

● この研究開発は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 個人型研究（さきがけ）の支援を受けて行っています。

### 有機薄膜太陽電池の発電効率向上を妨げる要因

有機薄膜太陽電池はフレキシブルなプラスチックフィルム上に作製でき、製造コストを大幅に低減できるなどの利点から、次世代の太陽電池として注目を集めています。有機薄膜太陽電池の発電層の構造としては、正の電荷を運ぶドナー材料と負の電荷を運ぶアクセプター材料がランダムに混ざったバルクヘテロジャンクション構造(図1a)が主流となっていますが、そのランダムな構造が発電効率の向上の妨げになっていました。そのため、ドナー材料とアクセプター材料がきれいに分離し、電極まで電荷の通り道が繋がった構造(図1b)の実現が望まれていました。

### 有機半導体材料の結晶を制御する手法を開発

バルクヘテロジャンクション構造の有機薄膜太陽電池を作製する手法の一つとして、真空中での共蒸着法\*が挙げられます。私たちは今回、ヘテロエピタキシーと呼ばれる結晶の向きをそろえて結晶成長させる手法を共蒸着法に適用することで、理想的な構造の発電層をもつ有機薄膜太陽電池を実現することに成功しました。

今回の研究内容では、ピフェニルピチオフェン（BP2T）と呼ばれる材料をヘテロエピタキシーの鋳型（テンプレート）層とし、その上にドナー材料である亜鉛フタロシアニン（ZnPc）と

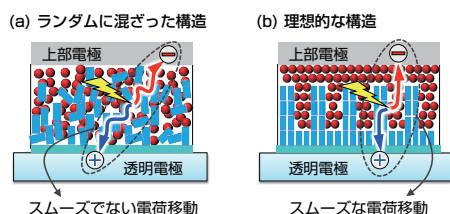


図1 有機薄膜太陽電池の発電層の構造

青色長方形はドナー材料、赤色丸はアクセプター材料

(a) 従来手法によって作製されたランダムに混ざった構造。電極まで電荷の通り道がきれいに繋がっていないため、電荷移動がスムーズに起きない。

(b) スムーズな電荷移動が実現可能な理想的な構造。電極まで電荷の通り道がきれいに繋がっている。

アクセプター材料であるフラレン（C<sub>60</sub>）を共蒸着させて発電層を形成しました(図2)。発電層の形成は以下のステップで行いました。

(1) BP2Tの自己組織化により高結晶性のテンプレート層を形成

(2) ヘテロエピタキシーによってZnPcをBP2T結晶上に成長

(3) C<sub>60</sub>はBP2T結晶の隙間に成長

共蒸着プロセスでは(2)と(3)が同時に行われ、その際、ドナー材料とアクセプター材料が異なる場所に成長していくことで、正負の電荷の通り道が別々に形成された理想的な構造が実現されます。また、ZnPcは高い結晶性をもっていることが確認されました。このように、ドナー材料とアクセプター材料が分離し、高い結晶性をもつ構造が構築されて、効率よく電荷が運ばれる理想的な構造が実現しています。この手法を用いて有機薄膜太陽電池を作製したところ、発電効率が1.85%から4.15%と2.2倍向上し、さらに素子特性のばらつきも減少しました。

### 今後の予定

これまで共蒸着で構造制御をすることは困難でしたが、今回の手法によって構造制御ができることが示されたので、今後、さまざまな有機半導体材料に適用することで有機薄膜太陽電池のさらなる高効率化を目指していきます。

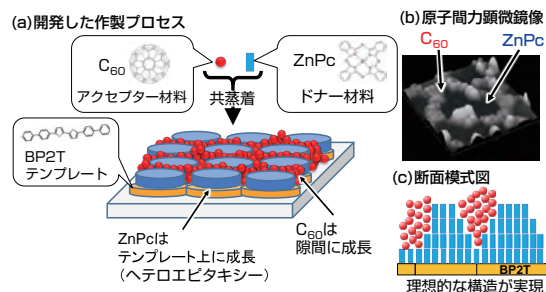


図2 プロセスの詳細と作製した発電層の構造

(a) 今回の研究で開発した作製プロセス

(b) 共蒸着膜（膜厚10 nm）の原子間力顕微鏡像。分子間の相互作用が働き、ドナー材料とアクセプター材料が分かれた、相分離構造を実現。

(c) 形成された薄膜の断面模式図