

プロジェクト名：静電噴霧法を用いた有機光電変換素子の効率向上に関する研究

プロジェクト代表者：福田武司（理工学研究科・助教）

## 1 はじめに

本プロジェクトでは、静電塗布法という有機デバイスの新しい成膜プロセスに関して研究を行った。有機デバイスは、ウェットプロセスで低コストに量産が可能であることから、次世代のプリンタブルエレクトロニクスとして幅広い分野の応用が期待されている。特に、有機ELは次世代のディスプレイや照明、有機光電変換素子は次世代の撮像素子や太陽電池などのへ適用可能であることから、多くの研究機関で精力的な研究開発が進められている。

一般的な有機素子の作製方法には「真空蒸着法」と「印刷法」が用いられる。「真空蒸着法」は、有機層の積層が容易で良好な特性を実現出来るので実用化には近いと言われているが、大面積化が困難で製造コストが高いなどの欠点がある。そこで、将来的に低コストかつ大型の有機光電変換素子を実現するためには「印刷法」が必須になる。しかし、「印刷法」では有機層の積層化が困難であるという問題がある。本研究で用いた静電塗布法は、有機材料を含む溶液がサブミクロンオーダーの微小な液滴になるので基板に塗布する前に乾燥できる点が最大の特長である。そのため、基板上に既に成膜してある下地の有機層を溶かさずに有機層を積層できると考えられる。そこで、本稿では静電塗布装置の立ち上げ、積層化の検討、そして光電変換素子について研究を行った内容を報告する。

## 2 静電塗布法の原理

静電塗布法は通常のウェットプロセスと同様に、機能性ポリマーを有機溶媒に希釈した有機溶液を成膜する手法であり、図1に示すように数kV程度の高電圧を有機溶液に印加して、正に帯電させたポリマー溶液をスプレー状に噴射する現象を利用した方法である。ポリマー溶液を充填したプラスチックシリンジの先端にある金属ノズルに高電圧を印加すると、静電気力でポリマー液滴が噴射される。噴射されたポリマー液滴は全て正に帯電しているので、液滴同士がクーロン反発力によって微細化を繰り返しながら空間に広がっていく。

一定以下の大きさに微細化された有機液滴は溶媒が蒸発した状態で電極に到達して薄膜を形成する。

静電塗布法は、以上のような特徴を有していることから、図2に示すような簡易の実験系を構築することで、真空蒸着法のように下地の有機層を溶かさずことなく有機薄膜を形成することが可能である。そのため、高効率な有機光電変換素子を実現するために重要な積層化が可能であると考えられる。

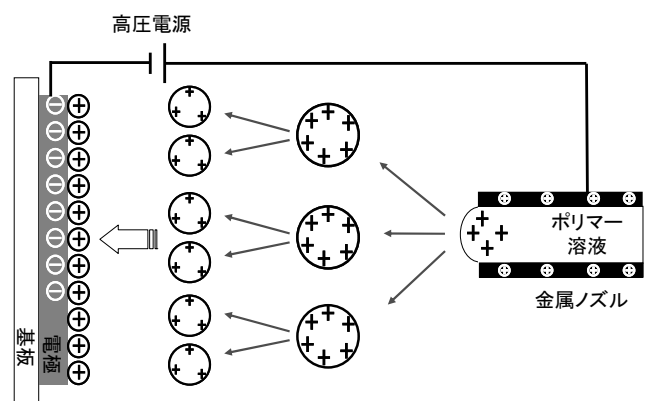


図1 静電塗布法の原理

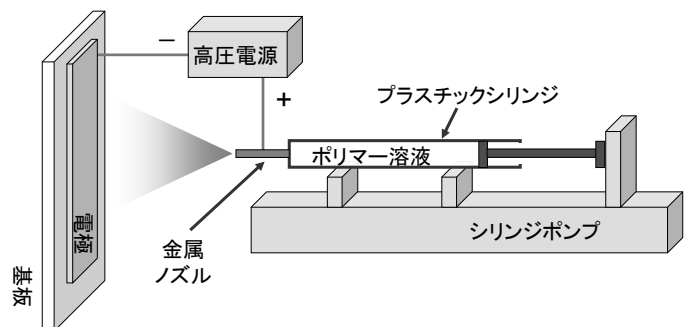


図2 静電塗布装置の概略図

### 3 有機層の積層化

スピコート法を用いて透明電極上に Poly(9,9-di-n-octylfluorenyl-2,7-diyl) (PFO) を形成し、その上から poly[9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl]-co-1,4-benzo-(2,1,3)-thia diazole (F8BT) を静電塗布法で成膜した。ここで、どちらの有機材料もクロロホルムで希釈されることから、発光スペクトルで両者の発光が観測されるかで積層化ができていないかを評価した。

図3に紫外線で作製した有機薄膜を励起したときの発光スペクトルを示す。PFO と F8BT からの発光はそれぞれ 450nm と 550nm 付近のピークを示している。この結果、PFO と F8BT の両方の発光が観測されたことから、積層化に成功したことが分かる。また、図4にガラス基板上に成膜した F8BT 単層膜の原子間力顕微鏡写真を示す。成膜条件を最適化することで表面粗さは約 5nm 程度まで減少し、スピコート薄膜と同程度の表面粗さを実現した。

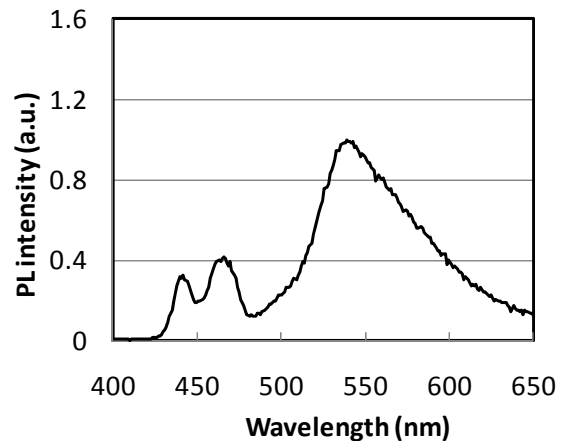


図3 積層膜の発光スペクトル

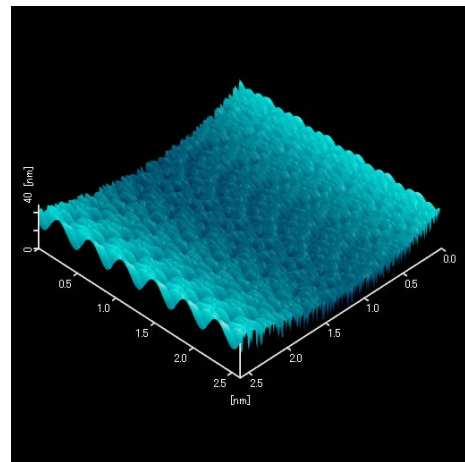


図4 F8BT 単層膜の原子間力顕微鏡写真

### 4 光電変換素子

本手法を用いた有機光電変換素子の一例として、ガラス基板/F8BT/アルミニウムという構造の素子を作製した。図5に 3.3mW/cm<sup>2</sup> の青色 LED 照射時の電流密度を示すが、青色光照射によって光電流を発生していることが分かった。

### 5 まとめと今後の展望

本プロジェクトの成果により、表面平坦性の良好な有機薄膜および同種溶媒で希釈した有機材料の積層化に成功した。また、デバイス化の初期段階として単層型の有機光電変換素子を実証した。今後はこの技術を活用し、従来のウェットプロセスでは実現が困難であった微細構造を制御した有機薄膜を用いた有機太陽電池や有機 EL に研究を展開していく。

### 6 関連発表

- [1] T. Fukuda, T. Suzuki, R. Kobayashi, Z. Honda, and N. Kamata, Thin Solid Films, in press (doi:10.1016/j.tsf.2009.07.020)
- [2] 福田 武司, 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌:M&BE, vol.20, pp.71-76 (2009).
- [3] 浅木 裕隆, 小林 諒平, 福田 武司, 鎌田 憲彦, 信学技報, vol.108, pp.81-84 (2009).
- [4] 鈴木 崇史, 福田 武司, 鎌田 憲彦, 信学技報, vol.108, pp.77-80 (2009).
- [5] 福田 武司, 浅木 裕隆, 鎌田 憲彦, 月刊ディスプレイ, vol.15, pp.16-20 (2009).

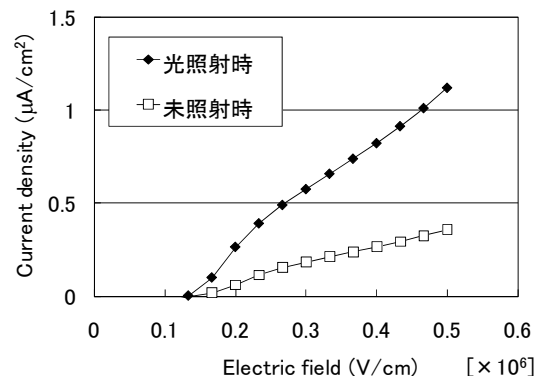


図5 電流密度-電界強度特性