

Si 基板上のナノサイズの溝の鋳型としての活用 (2) :

36.3 cm²/V・s と高い移動度を持った D・A 共重合体の作製

2014 年 12 月 26 日

導電性高分子でも既に a-Si を凌駕する高移動度が達成されているが, Sirringhaus¹⁾は高分子 FET の特長が最大限に活かせる用途としてフレキシブル有機 EL のバックプレーン用 FET が最適と考え, 要求される移動度は 5-10 cm²/V・s と見積もっている。

高移動度を示す導電性高分子の主なものは D・A 型でかつ, 主鎖骨格がジケトピロロピロール(DPP), イソインジゴ(IID)およびインダセノジチオフェン(IDT)のものが多く (図 1), IID 骨格のものでホール移動度 14.4 cm²/V・s を²⁾, DPP 骨格のもので電子移動度 6.3 cm²/V・s を達成している³⁾。いずれも有機溶媒への可溶性を付与するために大きなアルキル分岐鎖を持っているが, 平面性を維持し π - π スタッキング距離は 3.6-3.7 Å と小さい。

Luo ら⁴⁾は, Si/SiO₂ 基板上をスクラッチして作製した溝をキャピラリーとして活用し, 延伸配向した D・A 共重合体(PCDTPT) (図 1) を得, 36.3 cm²/V・s という高いホール移動度を達成している。溶液に溶解させた PCDTPT を Si/SiO₂ 基板をダイヤモンドを塗布した布でラビングすることによりナノサイズの溝 (幅にはバラツキあり) を作成し, この上に FET のソース(S)およびドレイン電極(D)を蒸着させている (図 2)。2 枚の Si/SiO₂ 基板を有機化合物で処理したガラススペーサーで挟んでいる。有機化合物としてはフェニルヘキシルトリクロロシラン(PTS)で処理した場合に毛細管現象が最も強く働き, 乾燥中に PCDTPT が鋳型の中で延伸・配向する。溶媒 (クロロベンゼン) の乾燥には 5 時間かけている。乾燥速度を遅くすることにより分子鎖がほぐれ, より延伸しやすいためである。また, セルを傾けることにより毛細管現象に加え重力の力も利用することにより延伸・配向をより促進することが出来る。

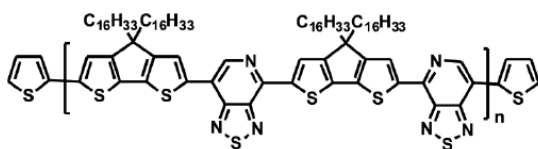
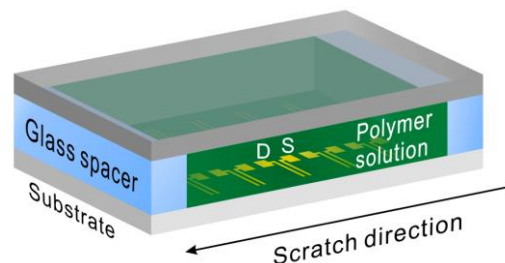


図 1 PCDTPT

図 2 上下に Si/SiO₂ 基板, 表面処理をした硝子スペーサーからなる装置

微小角入射広角 X 線散乱(GIWAXS)法により図 3 に示す結晶構造を持っているとしている。 π - π スタッキング間距離は 3.5 Å と短い。D-S 間距離, 即ちチャネル長が移動度に

大きく影響する（図 4）。チャネル長が長いほど移動度が向上し、 $140\ \mu\text{m}$ では $36.3\ \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ と非常に高い移動度を示す。 $1/L$ をゼロに外挿すると移動度の値は $47\ \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 程度になる。

PCDTPT の分子量も移動度に影響を及ぼすことが分かっている⁵。上記の結果は $M_n = 140\ \text{kDa}$ のものであるが、 $M_n = 50\ \text{kDa}$ の分子量ものを用い同じ装置で延伸・配向させることにより、チャネル長 $140\ \mu\text{m}$ で $52.7\ \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ の移動度を得ている。 $1/L \rightarrow 0$ で $71\ \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ の値が得られる。

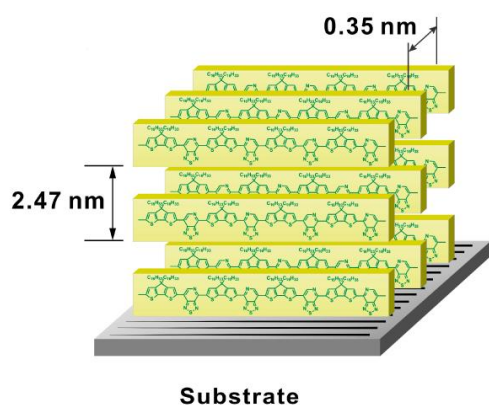


図 3 PCDTPT の結晶構造

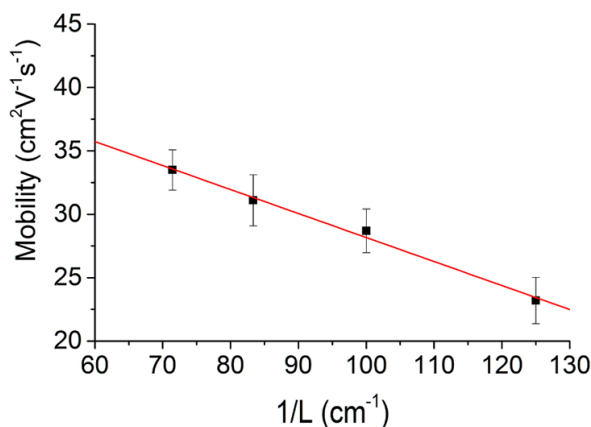


図 4 チャネル長と移動度の関係

本手法は有機溶媒に可溶性導電性高分子全般に適用可能であり、今後類似の手法が進み、さらに高い移動度が報告されると予測される。また、このアイデアを適用した工業的な生産方法も開発されることが期待できる。移動度が $50\ \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 以上の導電性高分子を用いたデバイスが市場に出るのも夢ではないかも知れない（初夢に終わらないことを願って！）。

参考文献

- ¹⁾ H. Sirringhaus, Adv. Mater. 2014, 26, 1319
- ²⁾ G. Kim et al., J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 9477
- ³⁾ B. Sun et al., Adv. Mater. 2014, 26, 2636
- ⁴⁾ C. Luo et al., Nano Lett. 2014, DOI: 10.1021/nl500758w
- ⁵⁾ H.-R. Tseng et al., Adv. Mater. 2014, 26, 2993

以上

HP のトップへ：<http://www5d.biglobe.ne.jp/~hightech/>