

表面偏析単分子膜による有機薄膜トランジスタの移動度向上

Enhanced mobility in organic thin film transistor by surface segregated monolayer

東大院工¹, 理研 CEMS² ◦真弓 智裕^{1,2}, 但馬 敬介²

Univ. of Tokyo¹, RIKEN CEMS² ◦Tomohiro Mayumi^{1,2} and Keisuke Tajima²

E-mail: mayumi@light.t.u-tokyo.ac.jp

有機薄膜トランジスタの電荷移動度を向上させる一般的な指針として、多結晶膜の結晶サイズを大きくすることが挙げられる。これまでに有機半導体溶液の塗布中に核生成と結晶成長を精密に制御することで、単結晶薄膜の形成と高移動度が達成されている。¹しかし溶液塗布時の結晶化制御は動的であり、溶媒の蒸発や混合など複雑な物質移動を精密に制御する必要がある。より容易な手法としては、有機薄膜形成後の熱処理が考えられるが、材料の流動化によって脱濡れ(dewetting)を起こすなど、均一で結晶性の高い薄膜の形成が問題となる。本研究では、当チームで開発した表面偏析単分子膜(SSM)²によって表面エネルギーを下げることで膜の均一性を保ち、熱処理による薄膜中の結晶成長の制御を可能にすることを目的とした。

フッ素化アルキル基を付加した BTBT 誘導体(F-BTBT)と C₈-BTBT の混合溶液を SiO₂/Si 基板上にスピコートし、SSM を持つ C₈-BTBT 薄膜を作製した(Fig. 1)。F-BTBT が表面に偏析していることは XPS で確認した。この薄膜を 110 °C で熱処理した後に光学顕微鏡および AFM で観察したところ、薄膜は均一で欠陥がなく、表面には分子高さのステップテラス構造が現れた。偏光顕微鏡により、結晶サイズは 100 μm から、大きいものでは 1 mm 近くあることが分かった。この結果から、SSM が熱処理による薄膜の脱濡れを防ぎ、結晶化を促進することが示された。

さらに、結晶成長の方向を制御するために、温度勾配を付けた熱処理を行った。その結果、結晶が勾配の向きに成長し、結晶サイズは数 mm に達した(Fig. 2a)。また分子レベルで平坦な領域も数十 μm と大きくなった(Fig. 2b)。薄膜 XRD の基板回転軸(φ)スキャンにおいて回折強度に異方性が見られ、薄膜全体で温度勾配の方向に結晶方位が揃って成長していることが分かった。

この薄膜の上に Au を真空蒸着して薄膜トランジスタを作製し、ホール移動度を評価した。その結果、チャネル方向に関して移動度の異方性が見られ、勾配と平行の場合は平均 2.74 cm²/Vs (最大 6.41 cm²/Vs)と高い移動度を示し、垂直の場合は平均で 0.79 cm²/Vs (最大 1.38 cm²/Vs)であった。

SSM が大きな結晶を形成したメカニズムを調べるため、加熱中の膜を偏光顕微鏡および XRD で観測した。その結果、105 °C で結晶から液晶、140 °C で液晶から等方相へ相転移し、液晶相では脱濡れが起こらないことが分かった。この結果は、SSM が薄膜中での液晶相を熱力学的に安定化したことが、均一で大きな結晶の形成につながったことを示している。

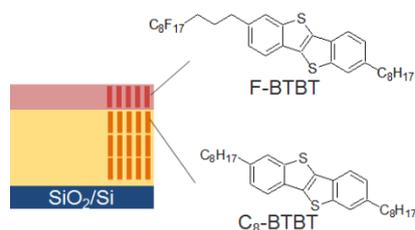


Fig. 1 F-BTBT の SSM を持つ C₈-BTBT 薄膜の模式図

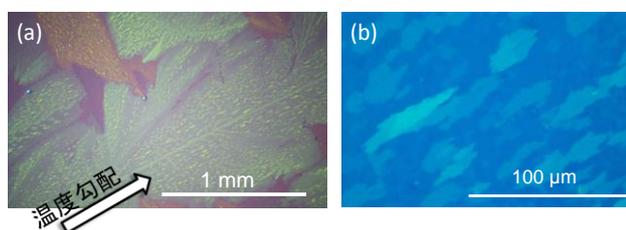


Fig. 2 温度勾配を付けた熱処理後の C₈-BTBT/F-BTBT 膜の(a)偏光顕微鏡および(b)光学顕微鏡像

参考文献 :

1. Minemawari, H. *et al. Nature* **475**, 364-367 (2011).
2. Wei, Q. *et al., J. Am. Chem. Soc.* **131**, 17597-17604 (2009).

謝辞 : BTBT および誘導体は、日本化薬株式会社から提供を受けました。