

有機半導体単層 2 分子膜の構築と高性能薄膜トランジスタへの応用

Formation of Single Molecular Bilayers of Organic Semiconductors and Application to High Performance Thin-Film Transistors

東大院工¹ °荒井 俊人¹, 長谷川 達生¹

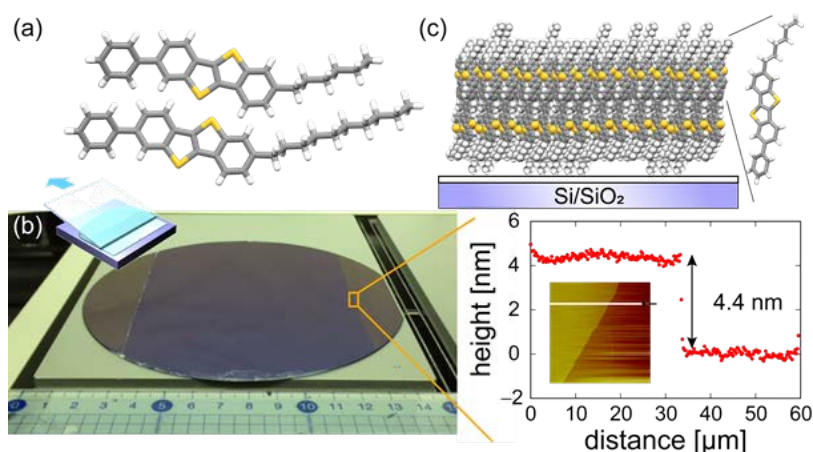
Univ. of Tokyo¹, °Shunto Arai¹, Tatsuo Hasegawa¹

E-mail: arai@ap.t.u-tokyo.ac.jp

印刷法により薄膜デバイスを構築するプリンテッドエレクトロニクスにおいて、電子機能の源となる π 電子骨格をアルキル基により置換し、溶解性や製膜性を向上させる材料開発が幅広く行われている。最近、 π 骨格を直鎖アルキル基により非対称に置換したある種の有機分子において、分子どうしが配向し横繋がり配列した分子層をなし、向きの異なるこれら分子層が対をなす 2 分子膜構造の形成によって、層状結晶性（すなわち、きわめて薄い薄片状結晶の形成能）の著しい増強が見られることが明らかになってきた[1,2]。これら 2 分子膜型有機半導体を用いると、簡易な塗布法のみにより、広い面積にわたって分子積層数が一定の、高品質な半導体単結晶薄膜の形成が可能である[3]。このような例外的に高い層状結晶性に加えて、分子の構成要素である直鎖アルキル基の長さが制御可能という特徴に着目し、これを活用することで、われわれは分子レベルで膜厚が均質な超極薄の単層 2 分子膜を自在に構築する手法の開発に成功した[4]。

有機半導体として BTBT 骨格の両端をそれぞれフェニル基とアルキル基で非対称に置換した Ph-BTBT-C_n を用いた(図(a))。アルキル鎖の短い Ph-BTBT-C_n と長い Ph-BTBT-C_m ($n < m$) を一定割合で混合した溶液をブレードコート法により徐々に乾燥・結晶化させていくことで、100 cm² 以上の広い領域にわたって膜厚が均質な単層 2 分子膜を構築できた(図(b))。その層形成プロセスは、高い層状結晶性のためアルキル鎖長が異なる 2 種の分子が混ざりあった 2 分子膜の形成が先に進行し、形成された膜表面には末端アルキル基による凹凸が残るため、その後生じる層間の積層が抑制されるフラストレーション効果が生じていると考えられる(図(c))。得られた薄膜は少数の結晶ドメインからなり、最大で 10 cm² を超える単一ドメインが得られた。また得られた薄膜をもとに作製した TFT は 6 cm²/Vs を超える電界効果移動度を示した。講演では薄膜構築法の詳細、最近の進展と今後の展望について議論する。

[1] S. Inoue *et al.*, *Chem. Mater.* **27**, 3809 (2015), [2] H. Minemawari *et al.*, *Chem. Mater.* **29**, 1245 (2017), [3] T. Hamai *et al.*, *Phys. Rev. Appl.* **8**, 054011 (2017), [4] S. Arai *et al.*, *Adv. Mater.* **30**, 1707256 (2018).



図(a) Ph-BTBT-C_n の分子構造。
(b) 大面積単層 2 分子膜の構築。厚みは結晶の c 軸長(単層の 2 分子膜厚み)に対応する。
(c) 層間フラストレーション効果の模式図。