

Ph-BTNT- C_n 単結晶薄膜における異方的伝導特性の起源

Origin of Anisotropic Carrier Transport in Ph-BTNT- C_n Single-Crystal Films

東大院工¹, 産総研² ○荒井 俊人¹, 井上 悟¹, 東野 寿樹², 長谷川 達生¹

Univ. Tokyo¹, AIST², °Shunto Arai¹, Satoru Inoue¹, Toshiki Higashino², Tatsuo Hasegawa¹

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

塗布型有機薄膜トランジスタ (OTFT) 用半導体として、 π 共役骨格を直鎖アルキル基で置換することで製膜性や半導体特性を改良した材料が幅広く用いられている。これまでに、ベンゾチエノベンゾチオフェン (BTBT) 系およびベンゾチエノナフトチオフェン (BTNT) 系の π 共役骨格の片側へ比較的長いアルキル鎖を導入、ときにフェニル基を非対称置換することで、高性能 OTFT 構築に理想的な 2 分子膜型層状ヘリンボーン構造が得られることが明らかとなった。これら 2 分子膜型有機半導体において、より高いデバイス性能を実現するためには、伝導キャリアが 2 分子膜層内および層間をどのように流れるか理解し、適切にモデル化することが必要である。これまで、我々は代表的な 2 分子膜型有機半導体である Ph-BTBT- C_{10} を対象とし、分子膜の積層化に伴い、電極-チャンネル層間のアルキル鎖層がトンネル障壁として機能し、層間アクセス抵抗を生み出すことでデバイス移動度を低下させることを明らかにした[1]。今回、このアクセス抵抗の影響を最小化するため、極薄半導体層を用いて OTFT を作製し、その特性を系統的に調べることで薄膜層内のヘリンボーン型分子配列と伝導特性の関係を明らかにしたので報告する。

本研究では、BTNT 骨格の 3, 9 位をそれぞれアルキル基とフェニル基で非対称に置換した Ph-BTNT- C_n ($n = 8, 10, 12$) (図 1, [2, 3]) を用いた。本材料は BTNT 骨格に対する直鎖アルキル基の置換位置制御により、高い層状結晶性を保持しつつ、耐熱性と有機溶媒への溶解性を両立した優れた有機半導体である[2]。Ph-BTNT- C_n の分子積層数を制御した単結晶薄膜は、ブレードコート法により作製した[1]。得られた薄膜の高さプロファイル測定から、単結晶の c^* 軸方位が基板に対して垂直に積層していることを確認した。そこで、膜厚が c^* 軸長と同一の単層 2 分子膜単結晶領域を切り出し、

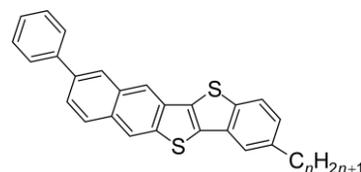


図 1. Ph-BTNT- C_n の分子構造。

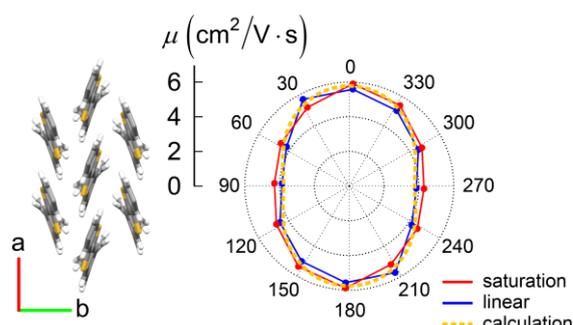


図 2. ヘリンボーン型分子配列(左)と、 $n = 10$ の薄膜における異方的伝導特性(右)。

面内 X 線回折により結晶方位を決定した。この極薄膜単結晶を用いてボトムゲート・トップコンタクト型の OTFT を作製し、結晶方位に依存した異方的な伝導特性を測定した (図 2)。得られた異方性は分子間トランスファー積分を用いた強束縛計算により良く記述できることを明らかにした (図 2)。本研究で用いた材料は日本化薬株式会社より提供頂いた。ここに謝意を表す。

[1] T. Hamai *et al.*, *Phys. Rev. Appl.* **8**, 054011 (2017)., [2] S. Inoue *et al.*, *Chem. Mater.* **30**, 5050 (2018).,

[3] T. Higashino *et al.*, *Chem. Lett.* **48**, 453 (2019).