

層間フラストレーションを用いた大面積単一分子層 有機半導体超薄膜の作製と薄膜トランジスタへの応用

Large-Area Single-Bilayer Organic Semiconductor Ultrathin Films Achieved via Interlayer Frustration and its Application into Thin-Film Transistors

東大院工¹, 産総研 FLEC², 日本化薬³, 高エネ研⁴ ◦ 荒井 俊人^{1,2}, 井上 悟^{2,3}, 浜井 貴将^{1,2},
峯廻 洋美², 熊井 玲児⁴, 長谷川 達生^{1,2}

Univ. of Tokyo¹, AIST FLEC², Nippon-Kayaku³, KEK⁴, ◦Shunto Arai^{1,2}, Satoru Inoue^{2,3}, Takamasa
Hamai^{1,2}, Hiromi Minemawari², Reiji Kumai⁴, Tatsuo Hasegawa^{1,2}

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

有機半導体溶液の塗布により有機薄膜トランジスタを構築するプリンテッドエレクトロニクスにおいて、近年、パイ電子骨格を直鎖アルキル基とフェニル基で非対称に置換した Ph-BTBT-C_n が、高均質な薄膜形成とこれにもとづく高い半導体特性により注目されている。これら分子材料は、パイ電子骨格の対が2次的に凝集して得られる半導体層がアルキル鎖層により上下から挟まれた、「2分子膜」を基本単位とする結晶構造を有している[1]。このような層状構造が高い層状結晶性の原因となる一方、単結晶薄膜では、2分子膜の積層数に比例した膜厚増加とともに、絶縁性のアルキル鎖層をまたぐキャリア輸送に由来したアクセス抵抗が増加し、デバイス特性が著しく悪化していくことが明らかになっている[2]。

われわれはこれら薄膜の膜厚制御のため、アルキル鎖長の可変性を積極的に活用した新たな薄膜作製技術を開発した。すなわち薄膜作製において、アルキル鎖長が異なる2種の分子材料 (Ph-BTBT-C_n と Ph-BTBT-C_{n'}, $n \neq n'$) を含む半導体溶液を用いることにより、2分子膜どうしの積層が阻害される層間フラストレーションを導入した。結果、ウエハースケールにわたって膜厚が2分子膜1層のみからなる超高均質な大面積超薄膜が得られることが分かった (Fig. 1)。

得られた薄膜について、膜厚の均質性を X 線反射率法により調べた。結果、2分子対のパイ電子骨格による半導体層が、アルキル鎖により挟まれた層構造をとること、また長鎖アルキル基が積層へのフラストレーションとして働いていることが確認された (Fig. 2)。さらに薄膜面内の高い結晶性を、高分解能 AFM 観察、及び面内 X 線回折により確認した。講演では、上記を用いた薄膜トランジスタ特性、及び上記以外のパイ電子骨格系を用いた同様な薄膜形成についても紹介する。[1] S. Inoue, et al., *Chem. Mater.* **27**, 3809 (2015). [2] T. Hamai, S. Arai, H. Minemawari, S. Inoue, and T. Hasegawa, submitted.

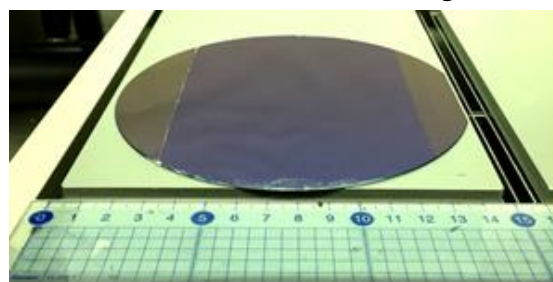


Fig. 1 Large-area single-bilayer ultrathin film.

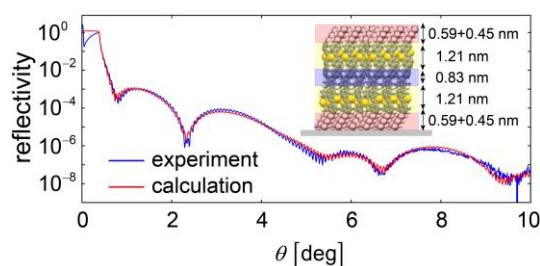


Fig. 2 X-ray reflectivity of the ultrathin film.