

摩擦力顕微鏡で見た余剰アルキル鎖生成に伴う摩擦増大効果とその起源 Enhanced Friction Effects and its Origins with Forming Extra Alkyl Chains by Friction Force Microscopy

東大工¹, 山形大 ROEL², 科学大³, 東大新領域⁴

○宮田 稜¹, 若崎 優作¹, 鈴木 陸央², 井上 悟¹, 松井弘之², 杉本宜昭⁴, 中嶋 健³,
長谷川 達生¹

U. Tokyo¹, ROEL², Sci. Tokyo³, GSFS U. Tokyo⁴, °Ryo Miyata¹, Yusaku Wakasaki¹, Rikuo Suzuki²,
Satoru Inoue¹, Hiroyuki Matsui², Yoshiaki Sugimoto⁴, Ken Nakajima³, Tatsuo Hasegawa¹

E-mail: miyata-ryo349@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

π 電子骨格と長鎖アルキル基を連結した棒状の有機半導体は、溶液法のもとで分子が層状に自己集積する性質に優れ、アルキル鎖が緻密に層状秩序化した均一な表面をもつ分子結晶を構築できる[1]。これらの性質に基づき、アルキル鎖長が異なる2種分子の混合溶液を用いて製膜すると、2種の鎖長差に応じた余剰アルキル鎖を分子層表面に人工的に接続させた系を用意することができる[2]。我々はこれまで、原子間力顕微鏡 (AFM) による摩擦力評価を通して分子運動性の高い余剰アルキル鎖の生成が摩擦増大をもたらすことを明らかにしてきた[3]。今回、2種分子の混合条件を変化させて余剰アルキル鎖の秩序状態と摩擦特性との相関を調べるとともに、摩擦力の速度・温度依存性評価から分子運動性を伴った余剰アルキル鎖の生成による摩擦増大の起源を明らかにしたので報告する。

本研究では典型的なアルキル置換有機半導体である Ph-BTBT- C_n (図 a) を使用し、鎖長の異なる2成分の混合溶液を用いてブレードコート法により単結晶膜を作製した。このとき、2種の混合条件に応じて結晶表面上の余剰アルキル鎖を密度と鎖長を制御することが可能である(図 b)。図 c に短鎖側の鎖長を $n = 6$ に固定し、長鎖側の鎖長 n' と長鎖モル分率 ϕ_{long} を変えて作製した分子膜の摩擦係数の結果を示す。結果、摩擦係数は ϕ_{long} の増加とともに $0 < \phi_{\text{long}} < 0.3$ では増加し、 $0.3 < \phi_{\text{long}} < 1.0$ では次第に減少するなど n' に依存しない振舞いを示した。ここで、 $(n, n') = (6, 12)$ の混合膜と $n = 6$ の単成分膜を対象として、異なる温度のもとで AFM 探針のすべり速度に対する摩擦力変化を調べた結果を図 d に示す。すると、速度増加に対して摩擦力は増加し、温度増加に対して摩擦力は減少することが分かった。また、摩擦力の速度・温度依存性は混合膜において顕著に現れたことから、余剰アルキル鎖の分子運動性が摩擦変化に密接に関与していると考えられる。講演では、余剰アルキル鎖を伴う分子層表面の秩序状態を明らかにするとともに、余剰アルキル鎖がもたらす摩擦発生の起源について議論する。

[1] 長谷川・井上、応用物理 **91**, 613 (2022). [2] S. Arai, *et al. Adv. Mater.* **30**, 1707256 (2018). [3] 宮田等, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 25p-1BC-8 (2024).

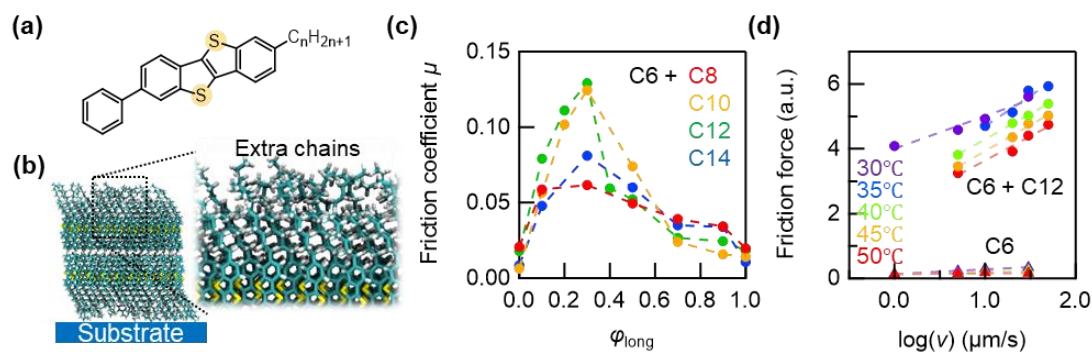


Fig. (a) Chemical structure of Ph-BTBT- C_n . (b) The molecular packing of the two-component film of Ph-BTBT- C_n . (c) The friction vs. applied load curves for $n = 6 \sim 14$ and $(n, n') = (6, 12)$. (d) Velocity dependence of friction force with different temperatures for the one-component film of $n = 6$ (triangle) and the two-component film of $n = 6$ and $n' = 12$ at $\phi_{\text{long}} \sim 0.3$ (circle).