

歪み導入による塗布有機半導体単結晶の70%移動度増加効果

70% Mobility Increase in Strained Organic Semiconductor Crystals

○窪孝祥¹, Roger Häusermann¹, 鶴見淳人¹, 添田淳史¹, 岡田悠悟¹, 山下侑¹, 赤松範久²,
 矢戸厚^{2,3}, 三津井親彦¹, 岡本敏宏^{1,3}, 柳澤将⁴, 松井弘之¹, 竹谷純一^{1,5}

(1. 東大院新領域, 2. 東工大資源研, 3. JST さきがけ, 4. 琉球大理, 5. パイクリスタル株式会社)

○T. Kubo¹, R. Häusermann¹, J. Tsurumi¹, J. Soeda¹, Y. Okada¹, Y. Yamashita¹, N. Akamatsu²,
 A. Shishido^{2,3}, C. Mitsui¹, T. Okamoto^{1,3}, S. Yanagisawa⁴, H. Matsui¹, and J. Takeya^{1,5}

(1.The Univ. of Tokyo, 2.Tokyo Tech., 3.JST-PRESTO, 4.Univ. Ryukyus, 5.PI-CRYSTAL Inc.)

E-mail: t-kubo@organicel.k.u-tokyo.ac.jp

有機半導体は、弱い van der Waals 力により緩やかに結合している分子集合であるため、フレキシブル電子デバイスへの利用に最適であるとされている。同時に、その柔軟性を利用すれば小さな外力によって結晶構造を大きく歪ませることが可能であり、この中を流れるキャリアの伝導を大幅に変化させられると期待できる。そこで本研究では、フレキシブル基板上に塗布法によって有機半導体単結晶トランジスタを作製し、その基板を曲げるだけで3%もの一軸性圧縮歪みを導入した。その結果、移動度を70%向上させることに成功したので報告する。

実験では、プラスチック基板上に高移動度半導体材料 C₁₀-DNBDT-NW の塗布単結晶トランジスタを作製した。基板の曲げにより加えた歪みは、単結晶全体を均一に変形させることを X 線回折実験により確認した(Fig. 1)。四端子移動度は圧縮/復元過程で可逆的かつ単調な変化を示し、約3%の圧縮歪みにより平均 9.7 cm² V⁻¹ s⁻¹ から 16.5 cm² V⁻¹ s⁻¹ へと70%の増加を示した(Fig. 2)。この大幅な移動度上昇の機構解明のため、まずは密度汎関数法に基づき歪み下での結晶構造最適化及びバンド計算を行ったが、有効質量の変化は小さく、静的な伝導モデル計算だけでは実験結果を説明できないことが分かった。そこで、歪み下での分子振動のポテンシャルエネルギー曲線を計算したところ、室温での分子振動振幅は~16%程抑えられ、~85 K もの冷却と同じ効果があることが分かった(Fig. 3)。これは移動度の温度依存性と合致し、歪みによる大幅な移動度向上が分子振動の抑制に由来することが定量的に説明できた。

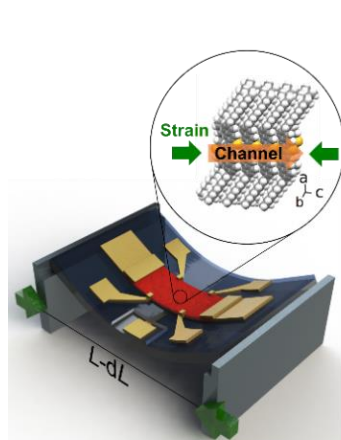


Fig. 1 Strain by bending flexible substrates

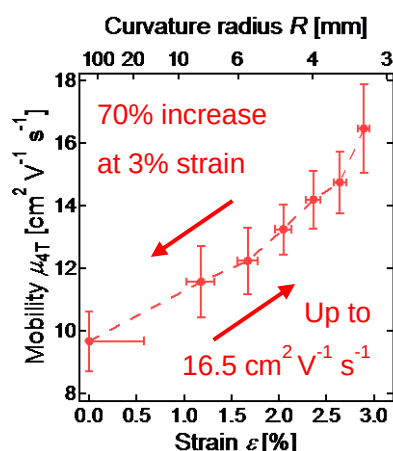


Fig. 2 Strain dependence of mobility

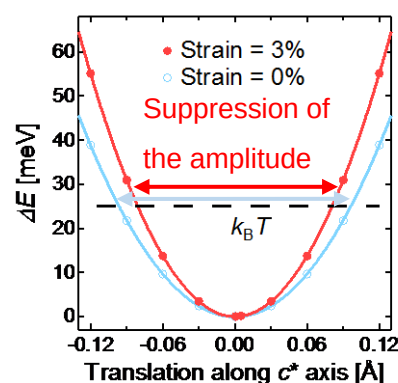


Fig. 3 Energy potential for the translational mode along c* axis