結晶性有機半導体におけるトラップ敏感イメージング

Carrier Trap-Sensitive Imaging of Crystalline Organic Semiconductors

東大工 [1]，産総研 [2] ○松岡悟志 [1]，堤潤也 [2]，長谷川達生 [1]
U. Tokyo[1], AIST[2]
○Satoshi Matsuoka[1], Jun'ya Tsutsumi[2], Tatsuo Hasegawa[1]
E-mail: matsuoka-s@ap.t.u-tokyo.ac.jp

ゲート変調（GM）イメージング法は、CMOS 等のエリアイメージセンサを用いて、ゲート電圧印可の有無による差分画像の高感度測定をもとに、薄膜トランジスタ（TFT）のチャネル領域を可視化できる[1-3]。これまでに、ポリマー半導体 TFT の GM イメージはチャネル内で一様に見えるのに対し[1]、低分子系のペンタセン多結晶 TFT では、微結晶の内側から境界にかけ、測定波長によっては GM 信号の正負が切り替わる非常に不均一な GM イメージが見られることを、高解像な顕微 GM 測定（図 1）により報告してきた[2,3]。今回、ペンタセン単結晶を用いた詳細な顕微 GM 測定を行った結果、得られた GM イメージは、キャリア蓄積の有無だけでなく、トラップされたキャリアが信号を強く増幅した結果として観測されることが明らかになったので報告する。

実験は、物理気相輸送法により作製した薄片上ペンタセン単結晶を、様々なゲート絶縁層上に貼り付け法により作製したデバイスを用いて行った（図 2）。高撥水な Cytop 膜をゲート絶縁層とすることで良好（移動度 2.0 $cm^2V^{-1}s^{-1}$）な特性が得られた単結晶 TFT の顕微 GM 画像の一例（測定波長 670 nm）を図 3 に示す。V_{SD} = 0 V（線形領域、図 3a）では、結晶中央の筋状の結晶欠陥付近にのみ強い負の信号が観測されるが、その他の高撥水ゲート絶縁層との界面からなる均質な結晶領域では、GM 信号がほとんど観測されないことが分かった。一方、SD 電極間に電圧を印可した状態（飽和領域、図 3b）では、電界変調に由来した信号が筋状欠陥から 10 μm 程度の距離まで広く観測されることが分かった。TFT 構造や移動度から考えて、特に線形領域では、結晶領域内に幅広くキャリアが存在しているはずであり、以上の結果から、運動性自由キャリアの蓄積状態は信号が著しく弱い一方、トラップされたキャリア束縛状態による信号は強く増強されていると考えられる。講演では、各トラップによる信号増強の強さを実験的に明らかにするとともに、これらの結果について束縛励起子の巨大振動子効果や励起子コヒーレンスの観点などから議論を行う。[1] J. Tsutsumi et al., Org. Electron. **25**, 289 (2015). [2] S. Matsuoka et al., *J. Appl. Phys.* **123**, 135301(2018). [3] S. Matsuoka et al., *Phys. Rev. Applied* **9**, 024025(2018).

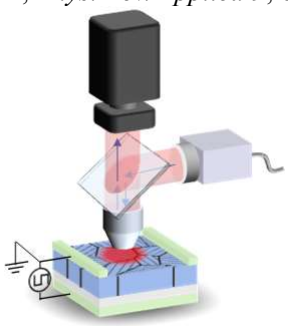

図 1. 顕微 GM イメージング法の模式図。

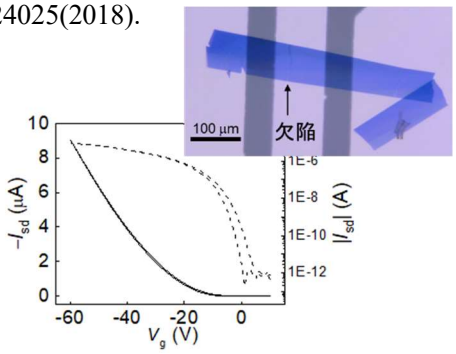

図 2. ペンタセン単結晶の顕微鏡像とトランジスタ特性。

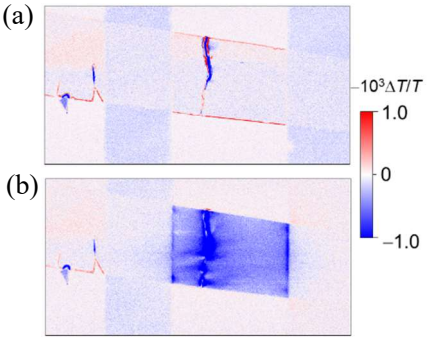

図 3. (a)線形、(b)飽和領域における顕微 GM 画像。