時間分解静電気力顕微鏡による 有機半導体グレインへの電荷注入・排出過程の可視化

Visualization of carrier injection and extraction process in organic semiconducting grains using time-resolved electrostatic force microscopy

京大工[1]，京大白眉セ[2]，○木村 知玄[1]，山岸 裕史[1]，小林 圭[1,2]，山田 啓文[1]
Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.[1], The Hakubi Center for Adv. Res., Kyoto Univ.[2]
○Tomoharu Kimura[1], Yuji Yamagishi[1], Kei Kobayashi[1,2], Hirofumi Yamada[1]
E-mail: t.kimura@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

【背景】有機薄膜トランジスタ(OFET)の電気特性は金属–有機界面やグレイン内部といったナノスケールの電子物性に大きく左右されることが知られており，これまでわれわれは原子間力顕微鏡(AFM)を応用した金属–単一有機グレイン界面のインピーダンスを半定量的に評価できる周波数変調走査型インピーダンス顕微鏡(FM-SIM)を提案してきた[1]．これまでは，任意のバイアス条件で定常状態にある金属-有機グレイン界面の電子物性を評価してきたが，キャリア注入時のチャネル形成過程における電子物性を評価できれば，有機グレイン内のキャリアダイナミクスや動的な金属–有機界面物性の変化を評価できると期待される．そこで本研究では，周波数変調静電気力顕微鏡(FM-EFM)を用いて有機グレインの電位応答を高速に測定し，キャリア注入・排出時の金属–有機グレイン界面電子物性について議論する．

【実験】100 nm 厚の熱酸化膜を有する n^{++}-Si 基板上に 30 nm 厚の Au 電極を作製し，ペンタセンを 10 nm 程度真空蒸着することで, Au 電極に接続した単一ペンタセングレインを作製した(Fig. 1). Pt コートカンチレバー(共振周波数 ~70 kHz)に交流電圧(2 $V_{p\text{-}p}$, f_T = 5 kHz)を印加するとカンチレバーの共振周波数(Δf)が f_T の周波数で変調されるため，その周波数偏移の振幅をロックイン検出し, FM-EFM 信号とした. FM-AFM での走査中に，試料上の各点でフィードバック制御を停止し，その間に電極に+2.5 V の電圧パルスを印加し FM-EFM 信号の時間応答を記録した．各点におけるパルス印加後 2 ms, 4 ms, 10 ms 経過した瞬間の FM-EFM 信号を再構成して得た FM-EFM 像を Fig. 2a-c に示す．電極上の信号強度に変化は見られないため，電圧パルス印加後 2 ms 以内に電極電位は十分収束していることが分かる．一方，グレイン上での信号強度は徐々に増加しており，電極とペンタセングレイン界面における接触抵抗によって電荷注入に遅延が起きていることが分かった．また，パルス電圧の大きさを変えた場合のグレイン内部の平均信号強度の時間応答(Fig. 2d)をみると，電圧の大きさにより収束までの時間が異なる事が分かり，金属–有機界面の電子物性がキャリア注入の過程で動的に変化していく様子が明らかになった．

[1] 木村 他，第 74 回応用物理学会秋季学術講演会，19a-D2-3 (2013).

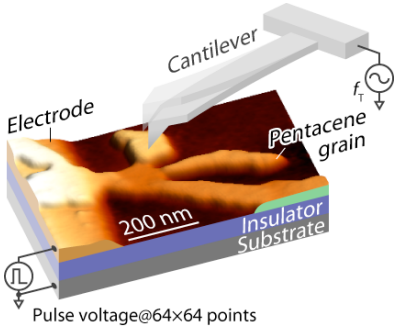

Fig. 1: Experimental setup of FM-EFM measurement on pentacene grains.

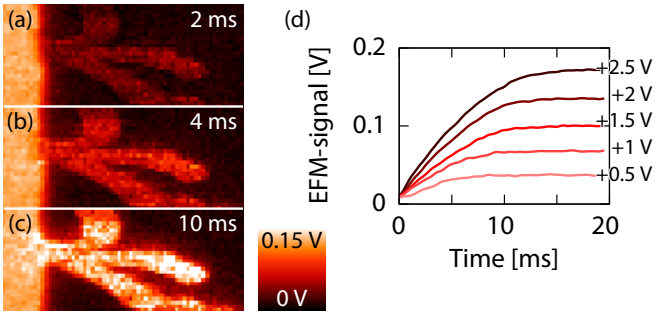

Fig. 2: (a)-(c) Mapping of EFM signals at each elapsed time and (d) the time dependence on the pentacene grain.

© 2015年 応用物理学会