周波数変調走査型容量原子間力顕微鏡(FM-SCFM)による有機薄膜トランジスタのキャリアダイナミクス評価

Investigation of carrier dynamics in organic thin-film transistors using frequency-modulated scanning capacitance force microscopy (FM-SCFM)

京大工，°横町 伝, 院南 皓一, 小林 圭, 山田 啓文

Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.,

°Tsutau Yokocho, Koichi Innami, Kei Kobayashi, Hirofumi Yamada

E-mail: yokocho@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

近年、柔軟性や作製の容易さなどの観点から、有機薄膜トランジスタ (OTFT) に注目が集まっている。OTFT の電気特性は、金属電極–有機界面におけるキャリア注入障壁やキャリアトラップにより制限されることが多く、真の律速原因を明らかにするためには電極界面やチャネル内におけるキャリア分布およびその動的挙動の評価が必要となる。前回の講演では、OTFT のチャネル領域を対象に、ケルビンプローブ原子間力顕微鏡(KFM)による表面電位像と、静電気力検出に基づいた容量顕微鏡である走査型容量原子間力顕微鏡 (Scanning Capacitance Force Microscopy: SCFM) [1]による微分容量像(dC/dV)を同時取得し、チャネル内の表面電位と dC/dV 信号のゲート電圧依存性について議論した[2]。通常の振幅検出(AM)法による SCFM は信号の応答時間がカンチレバーの Q 値に比例して長くなるため、比較的高い時間分解能が期待される FM-SCFM により、OTFT のゲートにパルスを入力した際の応答を観察し、キャリア挙動の時間分解評価を試みたので報告する。

本研究では、活性層としてジナフトチエノチオフェン(DNTT, $C_{22}H_{12}S_2$, 膜厚 80 nm) を用いたボトムゲート・ボトムコンタクト型 OTFT を対象に、FM-SCFM 測定を行った。導電性コート Si カンチレバー (1 次共振: f_1 = 280 kHz) を用い、変調周波数f_{ac}^{SCFM} = 1.6 kHz の変調電圧(8 V_{p-p}) を探針に印加した。測定ではカンチレバーの共振周波数変化における $3f_{ac}^{SCFM}$成分をロックイン検出し、SCFM 信号とした。真空中で FM-AFM により表面形状を取得しながら、各点において高さ-10 V, 幅 30 ms の矩形波をゲート電極に印加し、SCFM 信号を記録した。ただし、ドレイン電極およびソース電極間は接地して測定を行った。Fig. 1(a)のように SCFM 信号はしきい値電圧(V_{th})付近でピークをとるため、V_g を V_{th} 付近で切り替えれば、SCFM 信号の時間変化は Fig.1 (b)のようになると予想される。Fig.2 (a) に OTFT の表面形状像を、Fig.2 (b) にチャネル上(Fig. 2(a) 内点 A)での SCFM 信号の時間変化を示す。このように、点 A では Fig.1(b)のような SCFM 信号の変化が確認できたが、チャネル領域においては V_{th} が場所によって異なるため、Fig.1(b)とは異なる時間変化を示す点があった。講演ではキャリア挙動の時定数についても議論する。

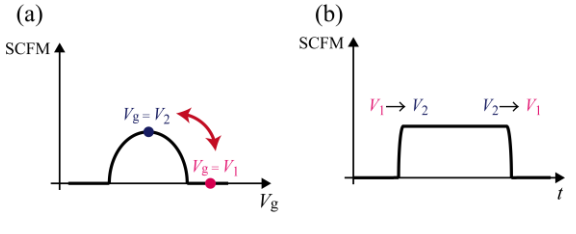


Fig.1 Schematics of (a) dC/dV-V_g and (b) dC/dV-t curves on OTFT channel.

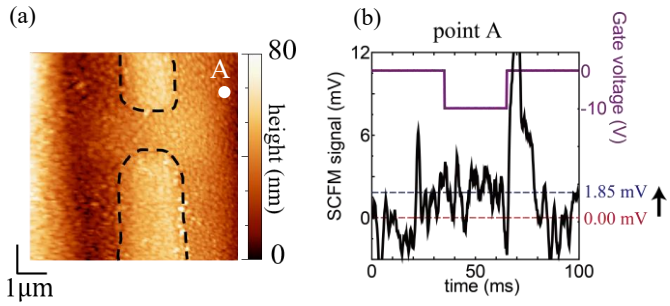


Fig.2 (a) Topographic image of DNTT OTFT. (b) SCFM signal as a function of time measured on OTFT channel (V_{ds} = 0).

[1] K. Kobayashi, H. Yamada, and K. Matsushige, *Appl. Phys. Lett*. **81**, 2629 (2002).
[2] 横町, 院南, 小林, 山田, 2018 年, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 19a-F210-2

© 2019年 応用物理学会