

CMS imagingによるP(VDF-TrFE)をゲート絶縁層とするpentacene FETの チャンネル内のキャリア分布と分極反転の解析

Analysis of charge distribution and polarization reversal in channel of pentacene FET with gate P(VDF-TrFE) layer by CMS imaging

○大塚 貴子、田口 大、間中 孝彰、岩本 光正（東工大・理工）

○Takako Otsuka, Dai Taguchi, Takaaki Manaka, Mitsumasa Iwamoto[†] (Dept. of Phys. Elec., Tokyo Tech)

[†]E-mail: iwamoto@pe.titech.ac.jp

はじめに 強誘電体をゲート絶縁層に用いた有機トランジスタ (OFETs) は不揮発性メモリ素子への応用として注目されている。強誘電体の特徴である分極反転の活用や自発分極によって発生する内部電界によるキャリア制御が鍵となるが、強誘電体層の分極反転や内部電界が半導体層のキャリア挙動に与える効果についての理解は不十分である。電荷変調分光法 (CMS) は有機半導体デバイスにおいて電荷注入による分子のエネルギー構造の変化を吸収スペクトルの変化として光学的にとらえる手段で、デバイス動作時のキャリア挙動を評価できる[1]。本研究では CMS imaging 測定を用いて、半導体層に注入されるキャリアのエネルギー準位を明確化したうえでチャンネル中の空間分布を可視化し、絶縁層に P(VDF-TrFE)、半導体層に pentacene を用いた OFET におけるキャリア分布や分極反転との関係を明らかにした。

実験 Fig.1 に測定素子の構造と CMS imaging 測定系を示す。Al ゲート電極上に強誘電体層として P(VDF-TrFE) をスピンコート法で製膜し、pentacene およびソース・ドレイン電極として Au を真空蒸着法で成膜した。CMS imaging 測定では電圧印加による反射光強度変化 ΔR から注入キャリアの空間分布を可視化した。

結果及び検討 Fig. 2(a) に $I_{ds} - V_{gs}$ 特性 ($V_{ds} = -15$ V)、Fig. 2(b) に $I_g - V_{gs}$ ($V_{ds} = 0, -15$ V) を示す。Fig. 2(b) 中の電流ピーク A, B は P(VDF-TrFE) の分極反転電流で、これに対応して $I_{ds} - V_{gs}$ 特性はヒステリシスを示す。 $V_{gs} = -40, +40$ V の CMS imaging の結果を Fig.3 に示す ($V_{ds} = 0$ V)。測定波長を 590 nm として pentacene の HOMO-LUMO 準位のキャリア分布を選択的に可視化した。Fig. 3(c) はチャンネル方向に変調量を積分した結果である。結果より $V_{gs} = -40$ ではチャンネル領域全体において P(VDF-TrFE) が分極反転して正孔が蓄積するが、 $V_{gs} = +40$ では電極近傍のみ分極反転が起きて電子注入領域には制限があることがわかった。

まとめ ゲート絶縁層に P(VDF-TrFE) を用いた pentacene OFET において、分極反転によるチャンネルのキャリア分布の影響を CMS imaging で可視化し、pentacene/P(VDF-TrFE) 界面に P(VDF-TrFE) の自発分極の向きに依存するキャリア分布を明らかにした。当日は P(VDF-TrFE) 層の分極反転位置がソース・ドレイン間の電位に従ってシフトする様子を可視化し、解析した結果についても議論する。

[1] 大塚, 田口, 間中, 岩本, 2016 年応用物理学会春季学術講演会, 21a-W521-10.

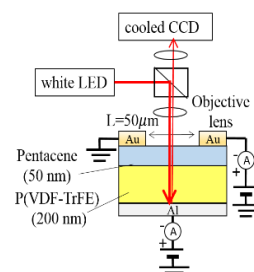


Fig. 1 Device structure and experimental setup for CMS imaging

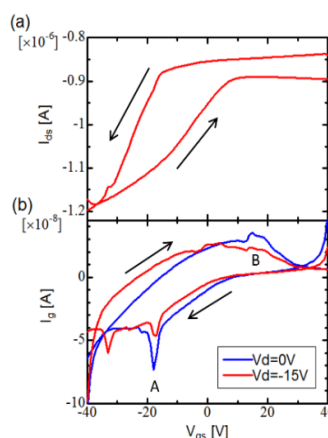


Fig. 3 (a) $I_{ds} - V_{gs}$ characteristic of the FET ($V_{ds} = -15$ V) and (b) $I_g - V_{gs}$ characteristic of the FET ($V_{ds} = 0, -15$ V).

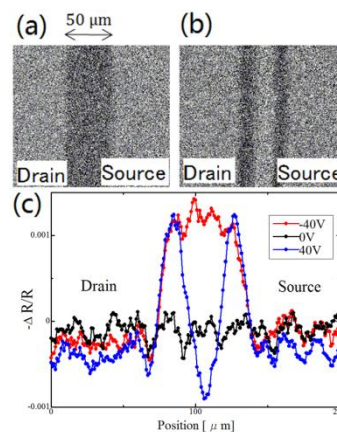


Fig. 2 CMS imaging measurement of the FET channel at $V_{gs} = -40$ V (a) and $V_{gs} = +40$ V (b) ($V_{ds} = 0$ V). (c) Signal modulation along the channel.