

High-k 高分子絶縁膜を用いた印刷型有機薄膜トランジスタにおける短チャネル効果の抑制

Control of Short-channel Effect in Printed Organic Thin-Film Transistors using High-k Insulating Polymer

山形大 ROEL¹, Piezotech², アルケマ株式会社³

○田代 智也¹, 菅野 亮¹, 佐藤 純¹, 関根 智仁¹, 松井 弘之¹, 熊木 大介¹,

Fabrice D. D. Santos², 宮保 淳³, 時任 静士¹

Yamagata Univ. ROEL¹, Piezotech², ARKEMA K. K.³

○Tomoya Tashiro¹, Ryo Sugano¹, Jun Sato¹, Tomohito Sekine¹, Hiroyuki Matsui¹, Daisuke Kumaki¹,

Fabrice D. D. Santos², Atsushi Miyabo³, and Shizuo Tokito¹

E-mail: tyn33734@st.yamagata-u.ac.jp

【はじめに】印刷法で作製可能な有機薄膜トランジスタ (OTFT) は、RFID タグや発振回路への応用に向けて高速動作化が求められている。これまで、動作速度の向上に向けた OTFT の短チャネル化に関する研究が行われてきたが、一方で OFF 電流の増大や閾値電圧(V_{th})のシフトなどの短チャネル効果が問題となっていた^[1]。これらは、スケーリング則に従って絶縁膜を薄くすることで抑制することが可能であるが、トンネル電流や絶縁破壊に起因したリーク電流が大きくなってしまうため限界がある^[2]。本研究では、比誘電率の高い(High-k)材料を用いることで、一般的な高分子絶縁膜(Low-k)よりも実効的な膜厚を薄くすることで短チャネル化による特性変化を抑制することに成功したので報告する。

【実験】BGBC 構造の OTFT を印刷プロセスによって作製した (Fig.1(a))。ガラス基板上に下地層を成膜後、銀ナノ粒子インク (ハリマ化成株式会社) をインクジェット法によりゲート電極を形成し 150 °C で熱処理した。High-k 絶縁膜として Poly(vinylidene difluoride trifluoroethylene chlorofluoroethylene) P(VDF-TrFE-CFE) ($\epsilon=37.1$) (Arkema 株式会社) を 900 nm の膜厚になるようにスピンコート法を用いて成膜し、120°C で 3 時間熱処理を行った。その上に、バッファ層としてポリスチレンをスピンコート法により 100 nm 成膜した。さらに、ソース・ドレイン電極を銀ナノ粒子インクで形成し、120°C で熱処理した後、ペンタフルオロベンゼンチオール溶液に浸漬させて表面処理を行った。最後に、有機半導体として DTBBDT-C₆ (東ソー株式会社) を印刷し、完成させた。また、参照デバイスとして Low-k 絶縁膜であるパリレン($\epsilon=3.2$)を用いた OTFT も併せて作製した。

【結果と考察】本研究では P(VDF-TrFE-CFE)絶縁膜上にバッファ層を導入した二層絶縁膜にすることで印刷型 OTFT を実現した。Fig.2 に作製した二層絶縁膜の表面 AFM 像を示す。本絶縁膜は良好な平坦性を示し、比誘電率はパリレン絶縁膜単膜の約 6 倍($\epsilon=17.1$)を達成した。また、Fig.3 に作製した OTFT の伝達特性を示す。パリレン (Fig.3(a)) を絶縁膜とした OTFT は、チャネル長が 20 μm 以下において明らかな OFF 電流の増加が確認されたものの、P(VDF-TrFE-CFE)絶縁膜の場合 (Fig.3(b))、OFF 電流値はチャネル長に依存しなかった。以上より、High-k 高分子である P(VDF-TrFE-CFE)を絶縁膜に用いることで印刷型 OTFT における短チャネル効果による特性変化の抑制に成功した。

[1] H. Klauk et al., *Solid State Electron.*, 47, 297 (2003). [2] H. Klauk et al., *Small*, 8, 73 (2012).

【謝辞】有機半導体材料 DTBBDT-C₆ は東ソー株式会社より提供された。

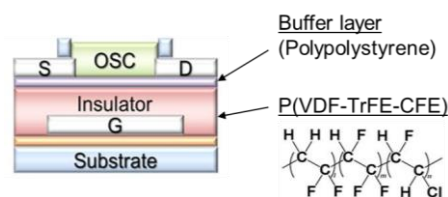


Fig.1 (a) Schematic illustration of the fully printed OTFT device. (b) Chemical structure of P(VDF-TrFE-CFE) as an insulator material.

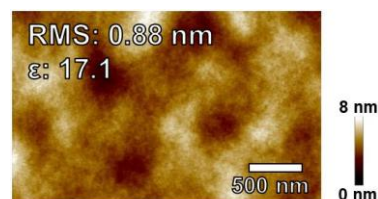


Fig.2 Surface topographic images of Polystyrene layer on P(VDF-TrFE-CFE) layer.

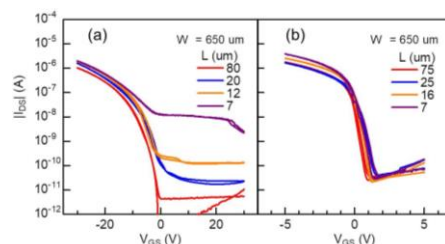


Fig.3 Transfer characteristics of (a) parylene-based and (b) P(VDF-TrFE-CFE)-based OTFT devices with difference channel lengths.