

電極処理不要な p 型高分子半導体を用いた相補型リングオシレータ回路

Complementary organic ring oscillator circuit using

SAM processing free polymer p-type Semiconductor

山形大 ROEL¹, 三菱ケミカル株式会社² °竹田 泰典¹, 塩飽 黎¹, 村瀬 友英²,

関根 智仁¹, 松井 弘之¹, 熊木 大介¹, 時任 静士¹,

ROEL, Yamagata Univ.¹, Mitsubishi Chemical Corporation², °Yasunori Takeda¹, Rei Shiwaku¹,

Tomohide Murase², Tomohito Sekine¹, Hiroyuki Matsui¹, Daisuke Kumaki¹, Shizuo Tokito¹

E-mail: y.takeda@yz.yamagata-u.ac.jp

【はじめに】相補型インバータ回路は種々の電子集積回路の基本であり、有機半導体を用い、かつ印刷法で実現する有機相補型インバータ回路の実現は、有機エレクトロニクスのさらなる可能性を実証する上で大きな課題である。一般に、有機薄膜トランジスタ (OTFT) の性能を向上させるには、有機半導体層が接するソース・ドレイン (S/D) 電極表面を自己組織化単分子 (SAM) 材料で処理するのが有効となっている。しかし、相補型回路を作製するためには、p 型と n 型 OTFT の電極を別々に異なる SAM 材料で処理する必要があるため、極めて煩雑な作製プロセスとなっている。本研究では、電極処理の影響を受けにくい p 型高分子半導体を用いることで、簡便に相補型インバータ、リングオシレータなどの有機集積回路の作製に成功したので報告する。

【実験】p 型と n 型 OTFT の S/D 電極を同一平面上に形成したトップゲート・ボトムコンタクト (TGBC) 構造を用いた。回路を構成する全ての電極は、インクジェット印刷法を用いて銀ナノ粒子インク (NPS-JL) を印刷し形成した。有機半導体には、塗布形成可能な p 型高分子半導体 (MOP-01: 三菱ケミカル株式会社)、n 型低分子半導体 (TU-3: フューチャーインク株式会社) を用いた。半導体の塗布領域は疎水性バンクを用いて分離した。半導体とバンクの形成にはディスペンサー装置を用いた。また、n 型と p 型 OTFT の両方の S/D 電極界面を 4-MBT (4-Methylbenzenethiol) で処理した。絶縁膜にはパリレン (diX-SR) を用い、絶縁膜形成の工程以外は全て印刷法を含む溶液法で形成した。

【結果】作製したリングオシレータ回路のデバイス構造を図 1 に示す。チャンネル長は 30 μm で、大気下、暗所で測定した場合、移動度が p 型 OTFT で 0.11 cm^2/Vs 、n 型 OTFT で 0.19 cm^2/Vs であった。駆動電圧と発振周波数・伝播遅延時間の関係を図 2 に示す。作製した 5 段のリングオシレータ回路は、駆動電圧がわずか 1V からでも動作可能で、駆動電圧 10 V での発振周波数は 95 Hz (伝播遅延時間: 1.1 ms) であった。この値は、以前に報告した^[1]積層構造を用いた相補型回路と同等の性能を示している。以上、4-MBT だけの電極処理で済む簡便な作製プロセスで良好に動作する印刷型相補型集積回路が実現できることを実証した。

[1] Y. Takeda *et al.*, Adv. Electron. Mater. 4, 1700313 (2017). Y. Takeda *et al.*, Sci. Rep. 6, 34723 (2016). (謝辞: 本研究の一部は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の支援によって行われた。)

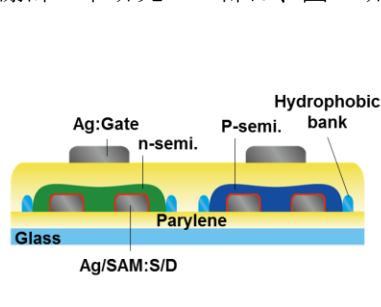


Fig. 1. Structure of the fabricated devices. (TG-BC)

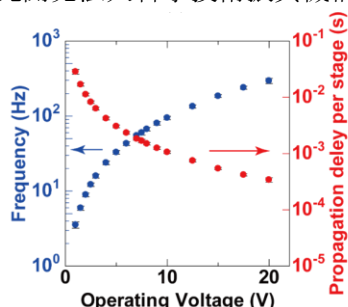


Fig. 2. Operating voltage dependence of delay time.

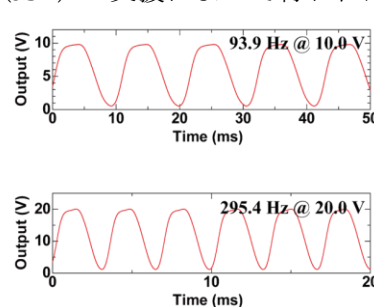


Fig. 3. Output characteristics of the fabricated ring oscillator.