

凸版反転印刷電極を用いた相補型有機オペアンプと発振器の開発

Organic Complementary Operational Amplifiers and Oscillator Circuits

with Reverse-offset Printed Electrodes

山形大 ROEL¹, DIC 株式会社², 宇部興産株式会社³, ○竹田 泰典¹, 早坂 和将¹, 塩飽 黎¹,

森田 進², 岡本 朋子², 田中 康裕³, 松井 弘之¹, 熊木 大介¹, 田邊 弘介², 時任 静士¹

ROEL, Yamagata Univ.¹, DIC Corp.², UBE Industries, Ltd.³,

○Yasunori Takeda¹, Kazuma Hayasaka¹, Rei Shiwaku¹, Susumu Morita², Tomoko Okamoto²,

Yasuhiro Tanaka³, Hiroyuki Matsui¹, Daisuke Kumaki¹, Kousuke Tanabe², Shizuo Tokito¹

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

【はじめに】 凸版反転印刷法は、オフセット印刷の一種であり、平坦でフォトリソグラフィ法に近い微細なパターンが形成可能な印刷法としてプリンテッドエレクトロニクスへの応用が期待されている。我々は、その高精細な印刷性能に着目し、高集積化が求められる電子回路への応用に焦点を当て、凸版反転印刷電極と塗布型有機半導体を用いた印刷型有機薄膜トランジスタ (OTFT) の作製と集積回路応用に関する研究を行ってきた。これまで、OTFT 作製と相補型インバータ回路の作製に成功し報告した[1]。本研究では、リングオシレータとオペアンプの作製と評価、及びインクジェット印刷の場合との動特性比較について報告する。

【実験】 p 型 OTFT は BGBC 構造、n 型 OTFT は TGBC 構造とし、各 OTFT の S/D 電極を別々の層に形成する積層構造とした[2]。回路を構成する全ての電極は、銀ナノ粒子インクを凸版反転印刷法によりパターンニングし、膜厚 100 nm の銀電極を形成した。有機半導体には diF-TES-ADT (p 型:インクジェット印刷) と TU-3 (n 型:ディスペンサー印刷) を用い、疎水性バンクにより塗布領域を決定した。また、電極表面処理として、p 型 OTFT には PFBT (Pentafluorobenzenethiol)、n 型 OTFT には 4-MBT (4-Methylbenzenethiol) を浸漬法により処理した。絶縁膜には気相法によりパリレン (diX-SR, KISCO) を成膜し、他のプロセスは溶液法で行った。

【結果】 凸版反転印刷法を用いることで、チャネル長 10 μm の短チャネル S/D 電極を再現性良く作製することに成功した。9 段の発振器 (リングオシレータ) は 1.25 V の駆動電圧で発振し、発振周波数は 96 Hz であった。5 段のリングオシレータでは 7.5 V で 1 kHz を超える発振周波数を得た。また、p 型 OTFT を 5 個、n 型 OTFT を 3 個集積したオペアンプを作製した結果、駆動電圧 10 V において開放利得 30 dB を得ることに成功した。その周波数特性から、約 2 kHz で利得が 0 dB となることが予想され、この値はインクジェット印刷電極で作製したオペアンプの開放利得と比べて 40 倍程度高速化に成功している。以上、凸版反転印刷電極の集積回路適用可能性を示した。

[1] Y. Takeda et al., Adv. Electron. Mater., 1700313 (2017). 竹田ら、2017 応用物理学会春季 17p-302-2.

[2] Y. Takeda et al., Sci. Rep., 6, 25714 (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。)

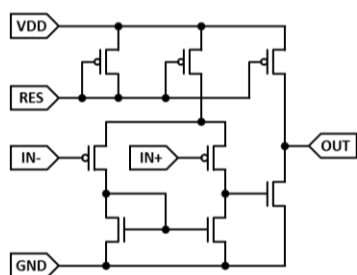


Fig. 1 Circuit diagram of operational amplifier (OPA).

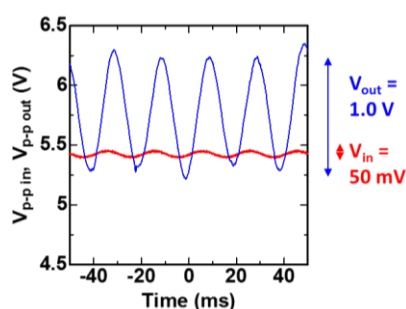


Fig. 2 Input and output waveform (V_{in} : 50 Hz sine wave).

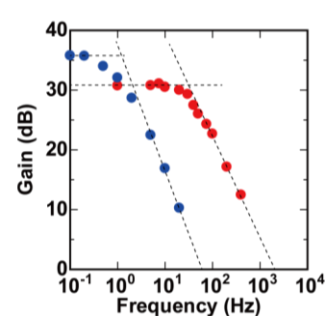


Fig. 3 Frequency characteristics of open loop gain of OPA.