

閾値判定が可能な有機インバータ型バイオセンサの開発

Biosensors Based on Organic Inverter Circuits with Detection Threshold

○(M1)眞野 泰誠^{1,2}、(M2)早坂 和将²、長峯 邦明^{1,2}、松井 弘之^{1,2}、熊木 大介^{1,2}、時任 静士^{1,2}

¹山形大院有材シス、²山形大 ROEL、

○Taisei Mano^{1,2}、Kazuma Hayasaka²、Kuniaki Nagamine^{1,2}、Hiroyuki Matsui^{1,2}、Daisuke Kumaki^{1,2}、Shizuo Tokito^{1,2}

¹Grad. School of Org. Mater. Sci., Yamagata Univ., ²ROEL, Yamagata Univ.

E-mail: ttm67550@st.yamagata-u.ac.jp

【はじめに】食品・環境検査では、閾値に基づいた客観的検査が必須である。また、医療における健康管理も、体組成変化の閾値に基づいている。例えば、乳酸性閾値 (Lactate Threshold : LT) とは、血中乳酸濃度が急増する運動強度の閾値であり、適切な運動治療の指標とされている。この閾値情報を、オンサイトでの評価に加え、無線通信で収集・管理できる新たな小型デバイスの開発は、今後の閾値管理の在り方を大きく変貌させ得る。我々はこれまで、印刷法で作製可能な薄膜状の延長ゲート有機電界効果トランジスタ型バイオセンサを開発してきた。本研究では、このセンサに、印刷型有機インバータ回路、及び E Ink セグメントディスプレイを組み合わせることで、乳酸濃度がある閾値より高いかどうかを判定し、判定結果をオンサイト表示することが可能なデバイスを作製した。

【実験】Fig. 1 に、本研究で採用した、ボトムゲート・ボトムコンタクト構造の p 型有機トランジスタの構造を示す。ソース、ドレインおよびゲート電極は、銀ナノ粒子をインクとしたインクジェット印刷により作製した。活性層には、高い移動度と特性均一性を有するジチエノベンソジチオフェン誘導体 (DTBDT-C₆) とポリスチレン (PS) の混合インクを用いた。センシング部である延長ゲート金電極は蒸着法で作製した。金電極表面に電子伝達メディエータであるプルシアブルーを含有したカーボンペーストを塗布し、更に乳酸オキシダーゼとキトサンからなるイオノトロピックゲルを被覆することで酵素電極とした。E Ink セグメントディスプレイはインバータ回路最終段に挿入し、出力電圧に応じて表示色を変化させた。

【結果・考察】Fig. 2 はインバータ回路図、及びその入力電圧 V_{IN} -出力電圧 V_{OUT2} 特性であり、 $V_{IN} = 5.75 \text{ V} \sim 5.85 \text{ V}$ の範囲で急峻なスイッチング特性を得た。これは、酵素反応によって生じる約 $0.1 \sim 0.2 \text{ V}$ の電位変化が検出可能であることを示している。次に、 V_{IN} を閾値電圧より僅かに低い 5.7 V に設定し 1 mM 乳酸を添加したところ、 V_{OUT2} が 0 V から 6 V に変化し、ディスプレイの色が変化した (Fig. 3)。このように有機インバータで信号を増幅 (2 値化) することで大きな色のコントラストを得ることに成功した。

【謝辞】本研究で用いた有機半導体 DTBDT-C₆ は東ソー株式会社様よりご提供いただきました。

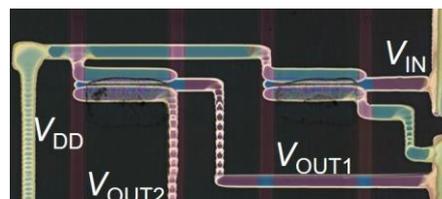


Fig. 1 Optical microscope image of the fabricated organic transistors.

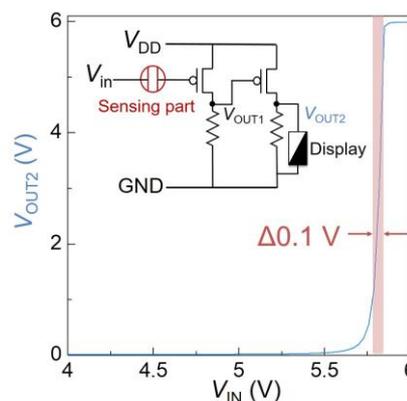


Fig. 2 Circuit diagram and input-output characteristics of the organic inverters.

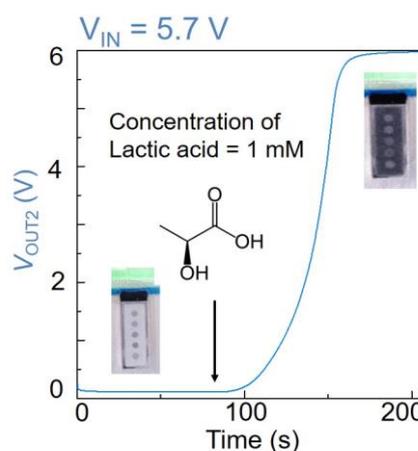


Fig. 3 Response of the output voltage to addition of 1 mM lactic acid at $V_{IN} = 5.7 \text{ V}$.