

延長ゲート型有機トランジスタを用いたバイオセンサの検討

Biosensing application of extended-gate type organic FETs.

山形大院理工¹, 山形大 ROEL², 産総研³

○南木 創^{1,2}, 栗田 僚二³, 脇田 慎一³, 福田 憲二郎^{1,2}, 熊木 大介^{1,2}, 丹羽 修³, 時任 静士^{1,2}

Graduate School of Science and Engineering¹, ROEL², Yamagata Univ.

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology³

○Tsukuru Minamiki^{1,2}, Ryoji Kurita³, Shin-ichi Wakida³, Kenjiro Fukuda^{1,2}, Daisuke Kumaki^{1,2},
Osamu Niwa³, Shizuo Tokito^{1,2}

E-mail: tty36110@st.yamagata-u.ac.jp

【はじめに】生活習慣病や精神疾患の急増による未病予防の見地から、診療所や家庭で簡便に使用できるセンサチップの実用化が求められている。特に有機電界効果トランジスタ(FET)は、低コストかつ柔軟性に富み、信号処理部とセンシング部の一括集積化が容易であるため次世代バイオセンサ“スマート生体センサ”応用が期待されている。しかしながら、これまでの有機 FET を用いたバイオセンサとしては、非特異的なタンパク質吸着(Non-specific binding)検出での報告例に留まっていた(Fig.1a 上)^[1]。そこで本研究では FET の延長ゲート型構造に着目し、生体物質間の特異的な結合(Specific binding)を利用したバイオセンサ(Fig.1a 下)への応用の可能性に向けた検討として、ヒト血清中に存在する免疫グロブリン G(IgG)の検出を試みた。

【実験】通常、免疫反応は溶液中でのみ起こるため、デバイスを低電圧で駆動させる必要がある。そこで本研究では、SAM/AlO_x の二重ゲート絶縁膜を用い低電圧駆動な有機 FET を作製した^[2]。ガラス基板上にゲート電極(Al)を形成した後、RIE 処理を行い表面に AlO_x 膜を形成した。この基板を Tetradecylphosphonic acid 溶液に浸漬させ、二重ゲート絶縁膜を形成した。次にソース・ドレイン電極(Au)を形成した。その後、撥液性バンク層を形成し、高分子半導体をドロップキャスト法で形成した。最後に封止膜(Cytop[®])を基板上にスピンコート法により形成し、低電圧 (3 V) 駆動有機 FET を作製した(Fig.1b)。次に、検出素子となる延長ゲート電極部として、Au を PEN フィルム上に直接形成した。これを 10-carboxy-1-decanthiol 溶液に浸漬させ SAM 膜を形成した後、カップリング反応により Streptavidin を Au 電極上に固定化した。その後、濃度の異なる Biotin 化 IgG 抗体を滴下させて、Streptavidin-Biotin 結合に基づく IgG 抗体の捕捉によるトランジスタ特性の変化を測定した。参照電極としては Ag/AgCl 電極を用いた。

【結果】有機 FET の低電圧駆動化と、延長ゲート構造を用いて検出部と駆動部を分離したことから、溶液中での測定であっても安定した FET 特性が得られ、定量的な評価が可能となった。

抗体の検出を行ったところ、Biotin 化 IgG 抗体の濃度変化に伴う FET 特性のシフトがみられ(Fig.2), 濃度変化と閾値電圧の間に比例関係が得られた(Fig.3)。このことから Biotin 化 IgG 抗体と延長ゲート電極上の Streptavidin が結合することにより、濃度に応じた閾値電圧シフトが起こることがわかった。これは IgG 抗体の電荷が Au 電極に誘起されることで発現したと推測される。このデバイス構造での検出限界として 2 μg/ml が得られた。本研究の結果から、延長ゲート部に抗体を固定化出来ること、及び有機 FET を用いて液中で生体分子間相互作用の計測が可能であることを明らかにすることができた。

【謝辞】本研究の一部は JST の支援を受けて行われた。

[1] P. Lin et.al., *Adv. Mater.*, **24**, 34-51(2012) [2] K. Fukuda et.al., *Appl.Phys.Lett.*, **95**, 203301(2009)

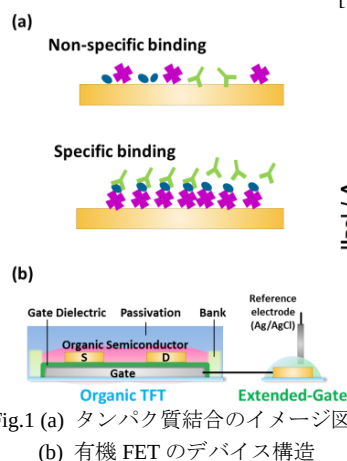


Fig.1 (a) タンパク質結合のイメージ図

(b) 有機 FET のデバイス構造

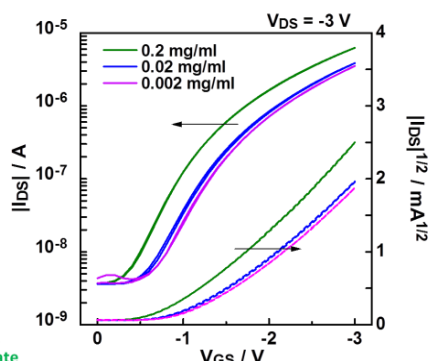


Fig.2 抗体濃度を変化させたときの伝達特性

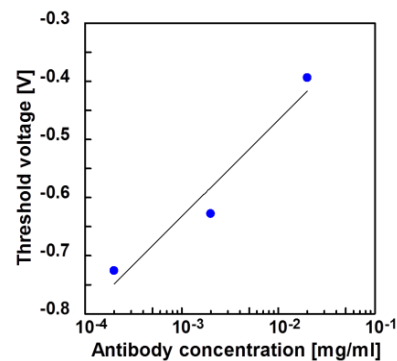


Fig.3 抗体の濃度変化と閾値電圧の関係