

ZnO 溶液ゲート電界効果トランジスタを用いた免疫センサの作製と評価

Fabrication and characterization of immunosensors based on a ZnO field-effect transistor

大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター

°大仲 崇之, 池谷 謙, 広藤 裕一, 小池 一步, 前元 利彦, 佐々 誠彦, 矢野 満明

Osaka Inst. of Tech., Nanomaterials Microdevices Res. Center

°Takayuki Onaka, Ken Iketani, Yuichi Hirofuji, Kazuto Koike

Toshihiko Maemoto, Shigehiko Sasa, Mitsuaki Yano

E-mail: m1m13302@st.oit.ac.jp

はじめに

我々は、対向ターゲット式スパッタ法でガラス基板上に成膜した $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{ZnO}:\text{In}$ 積層膜を用いて溶液ゲート電界効果トランジスタを試作し、pH センサや血糖値センサへ応用してきた。前回、IgG と特異結合する核酸分子アプタマ（宮川氏が開発した Apt 8-2[1]を化学修飾）を溶液ゲート表面に固定化し、免疫センサとしての動作を報告した[2,3]。今回は、Langmuir の等温吸着式で解析した結果を報告する。

実験と結果

IgG アプタマを固定化した素子を pH 7.4 のリン酸緩衝溶液 (PBS) 中に浸漬し、溶液中の IgG 濃度 (C_{IgG}) を変化させた。図 1(a) に IgG 濃度を $0 \rightarrow 1.0 \rightarrow 1.9 \rightarrow 2.8 \mu\text{mol/L}$ と段階的に変化させた時のドレイン電流 (I_D) 応答を示す。濃度が変わる度に約 15 秒の時定数で応答していることが判る。この応答を次の等温吸着式に当てはめ、解離定数 $1/K$ を見積もった。

$$\frac{C_{\text{IgG}}}{\Delta I_D} = \frac{1}{\Delta I_{\text{Dsat}}} C_{\text{IgG}} + \frac{1}{K \cdot \Delta I_{\text{Dsat}}}$$

ここで、 ΔI_D は I_D の変化量で、 ΔI_{Dsat} はその飽和値である。図 1(b) に $C_{\text{IgG}}/\Delta I_D$ と C_{IgG} の関係を示す。プロットを線形フィッティングして切片と直線の傾きを読み取り、解離定数 $1/K$ と ΔI_{Dsat} をそれぞれ $2.8 \mu\text{mol/L}$, $68 \mu\text{A}$ と見積もった。文献 1 に記載された Apt8-2 の吸着速度定数 K_a と脱離速度定数 K_d から算出した $1/K (=K_d/K_a)$ は $0.11 \mu\text{mol/L}$ であり、実験で得た値は約 1 桁大きかった。図 2 にアプタマの IgG 被覆率 ($\theta = \Delta I_D / \Delta I_{\text{Dsat}}$) と C_{IgG} の関係を示す。被覆率 50% の位置で接線を引き、最小と最大検出感度を見積もったところ、それぞれ $0.35 \mu\text{mol/L}$ と $23 \mu\text{mol/L}$ が得られた。

ヒト血中に含まれる IgG の濃度が $35 \sim 110 \mu\text{mol/L}$ であることから、この結果は、全血分析において当該センサの検出可能な濃度範囲が十分に低いことを示している。

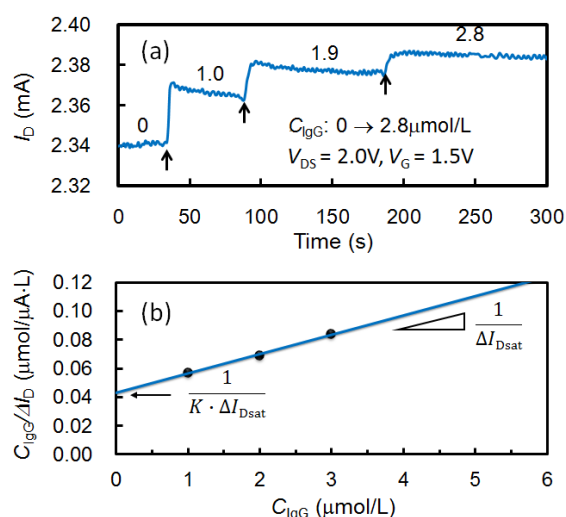


図 1. IgG の濃度変化に対する I_D の応答特性(a) と Langmuir プロット(b)

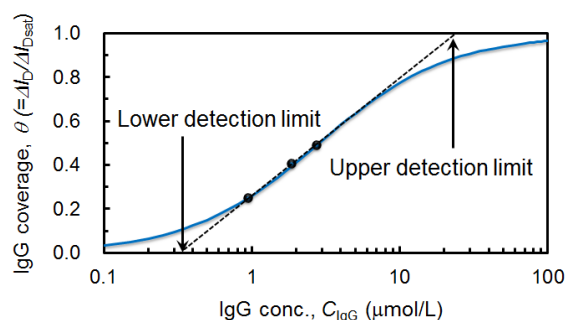


図 2. IgG 被覆率(θ)と IgG 濃度 (C_{IgG}) の関係

引用文献

- [1] S. Miyakawa et al., RNA **14** (2008) 1154.
- [2] K. Mukai et al., JSPS-MRS Joint Symposia, 18th Sep., 2013, 18p-PM1-10, Doshisha Univ.
- [3] K. Koike, M. Yano et al., submitted to JJAP.