

ZnO 溶液ゲート電界効果トランジスタを用いたバイオセンサの開発

Development of biosensors based on a ZnO solution-gate field-effect transistor

大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研センター

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

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

Takayuki Onaka°, Ken Iketani, Kazuto Koike, Yuichi Hirofuji, Toshihiko Maemoto, Shigehiko Sasa, Mitsuaki Yano

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

はじめに これまで我々はガラス基板上に ZnO 系薄膜を成膜し、溶液ゲートタイプの電界効果トランジスタ (SG-FET) へ加工して pH センサやバイオセンサへ応用してきた。表 1 に開発の流れを示す。2009 年に RF マグネトロンスパッタ装置を用いて ZnMgO/ZnO 積層構造膜を形成し、pH センサを試作した[1]。翌年、ゲート絶縁膜を ZnMgO から Ta₂O₅ に変更することで溶液に対するエッチング耐性を改善し、さらに素子を微細化することでセンサの高感度化に成功した[2]。同年、ゲート表面に酵素を固定化したグルコースセンサの試作にも成功した。2011 年に対向ターゲット式スパッタ装置を導入したことで、より緻密で均一な膜が得られるようになり、ゲート絶縁膜の薄膜化によるセンサの高感度化や電流ドリフトの低減によって市販の Si-FET をベースとする pH センサに匹敵する性能を得た [3]。2013 年にはアプタマを用いた免疫グロブリン G (IgG) の検出に成功した [3-5]。

バイオセンサの構造と動作原理 我々が開発したグルコースセンサと免疫センサの概略図を図 1 に示す。同図(a)のグルコースセンサは、ゲート絶縁膜にアミノシラン分子 (APTMS) を足場としてグルコースオキシダーゼ (GOD) を固定化している。酵素反応によって生成されたプロトンは、酵素固定化に寄与していないアミノ基と結合して、ゲート電位を上昇させる。同図(b)の免疫センサは、APTMS の末端アミノ基に IgG と特異結合するアプタマを固定化している。溶液中で正に帯電した IgG は、アプタマと結合することでゲート電位を上昇させる。我々の ZnO SG-FET は n チャネルであるので、ゲート電位上昇はドレイン電流の増大として検出される。

免疫センサの特性 試作した免疫センサを 1mmol/L のリン酸緩衝溶液中に浸漬し、IgG 濃度を 0~6.0μmol/L の範囲で段階的に変化させた。このとき、ドレイン電流がステップ状に増加した。Langmuir の等温吸着式を用いてドレイン電流の最大変化量を見積もり、IgG の被覆率と濃度の関係を調べた。図 2 の(a)と(b)に、連続測定の 1 回目と 2 回目の測定結果を示す。見積もられた平衡解離定数は 1 回目と 2 回目とで 8.1μmol/L、2 回目とで 2.9μmol/L であった。2 回目の測定でドレイン電流の最大変化量が半減

していることから、APTMS との結合が弱かったアプタマの一部が剥がれ落ちた可能性がある。当日は、今後の展開も報告する。

文献

- [1] K.Koike et al., APEX 2 (2009) 087001.
- [2] M.Yano et al., JSMS 60 (2001) 447.
- [3] M.Yano et al., PSS(a) (2014) in press.
- [4] 大仲 他, 2014 年春季応物, 19p-E10-7.
- [5] K.Koike et al., JJAP 53 (2014) 05FF04.

表 1. pH センサ、バイオセンサ開発の流れ

年	開発の流れ
2009	ZnMgO/ZnO溶液ゲートFETを用いたpHセンサの試作
2010	Ta ₂ O ₅ /ZnO溶液ゲートFETを用いたpHセンサの試作 と同FETを用いたグルコースセンサの試作
2011	対向ターゲット式スパッタ装置の導入
2012	pHセンサの検出感度と安定性改善
2013	アプタマ分子を用いたIgG免疫センサの試作

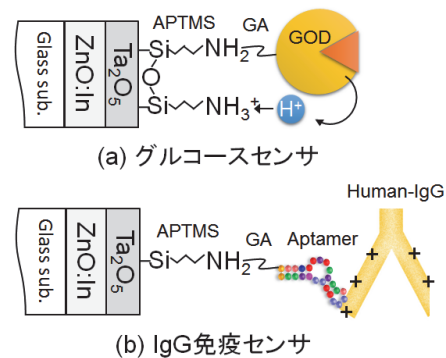


図 2. バイオセンサの検出メカニズム

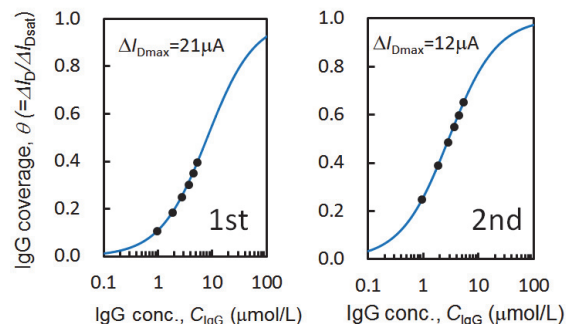


図 3. IgG 免疫センサの繰り返し測定結果の Langmuir 等温吸着式による解析