

ひとつつながりの ITO からなる溶液ゲート薄膜トランジスタのバイオセンシング応用に向けた界面設計

Interface design for biosensing application of ITO-based one-piece solution-gated thin film transistor

東大院工 (M2) 片山 律, 齋藤 暁子, 坂田 利弥

The Univ. of Tokyo, (M2) Ritsu Katayama, Akiko Saito, Toshiya Sakata

E-mail: sakata@biofet.t.u-tokyo.ac.jp

1. 緒言

溶液をゲートとした電界効果トランジスタ (FET) は、溶液と接するゲート絶縁膜表面に機能性分子を化学修飾することで生体機能に関わるイオンや生体分子を特異的・選択的に検出することが可能であり、これらは Biologically-coupled FET (Bio-FET) として知られている。Bio-FET は、イオンや生体分子の電荷を直接検出可能であることから、検出対象物に蛍光分子など標識が不要であり、酵素反応など酸化還元反応を誘導する必要がない。そのため、日常の健康状態を簡便にモニタリングする体外診断用デバイスへの応用が期待される。

なかでも我々の研究グループでは、近年ディスプレイ用電極材料として広く利用されている Indium Tin Oxide (ITO) をチャンネルとした薄膜トランジスタ (TFT) の Bio-FET への応用を検討している。特に、ITO 薄膜が導体であるだけでなく 30 nm 以下の膜厚で半導体特性を示すことを利用し、ITO のみを用いて一度のスパッタリングにより溶液ゲート FET が作製可能であることを見出した [1]。さらに、導電性 ITO 薄膜の一部を半導体特性を示す最適な膜厚までエッチングすることにより (チャンネル)、ひとつつながりの ITO 薄膜により構成され、形状および特性の精密な制御が可能な溶液ゲート ITO-TFT を作製することができる [2]。この溶液ゲート ITO-TFT はソース/チャンネル/ドレイン間に界面を持たず、溶液がチャンネル表面と直接接することで形成される電気二重層の比較的大きな容量に基づき、80 mV/decade 程度の急峻なサブスレッショルドスロープ (SS) を示すため、高感度なバイオセンサへの応用が期待される。

前回の報告では、本手法を用いて作製したひとつつながりの ITO からなる溶液ゲート ITO-TFT のバイオセンシング応用に向け、生体分子計測の可能性を調査した。ITO チャンネル表面に、アンカー層としてポリセロトニン薄膜、分子認識素子として DNA プローブを化学修飾し、DNA ハイブリダイゼーションの検出を行うことで生体分子認識が可能であることを実証した。

そこで本研究では、ひとつつながりの ITO からなる溶液ゲート ITO-TFT のバイオセンシング応用に向け、高感度な生体分子計測に必要とされる最適な界面の設計指針を見出し、その表面修飾のトランジスタ特性に及ぼす影響を調査した。

2. 実験方法

まず、フォトリソグラフィによりガラス基板上にレジストパターンを作製した。パターン部分にスパッタリングにより ITO 薄膜を厚さ 100 nm となるよう成膜し、溶剤を用いてレジストを剥離した。次に、再度フォトリソグラフィにより、チャンネル部分が露出するようにレジストを成膜した (図 1 左)。チャンネルとなる露出部分に 0.1 M の塩酸を滴下し (図 1 中央)、エッチングを行なった (図 1 右)。エッチング時間は、ソース-ドレイン間に電圧を印加し電流値の時間変化を測定することで制御した。作製されたデバイスのチャンネル表面に種々のアンカー層を成膜したのち、アンカー層末端のアミノ基に対し *m*-Maleimidobenzonyl-N-Hydroxysuccinimide ester (MBS) をクロスリンカーとしてチオール化 DNA プローブを固定化した。DNA プローブに相補的な配列の DNA をターゲットとしてターゲット DNA の検出を行い、検出限界・感度など種々のバイオアフィニティーパラメータについて調査した。

エッチング中の電流計測および作製した溶液ゲート ITO-TFT のゲート電圧 (V_g)-ドレイン電流 (I_D) 伝達特性などの電気特性評価には半導体パラメーターアナライザーを用いた。表面化学修飾の形状評価には AFM (Bruker) を用いた。

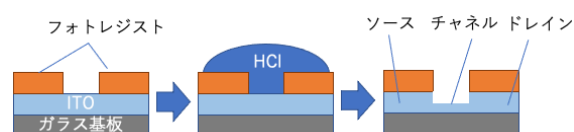


図 1 エッチング処理によるチャンネル作製

3. 実験結果

アンカー層として、ポリセロトニン薄膜だけでなく、ポリドーパミン薄膜、アリールジアゾニウム薄膜 [3] などを利用し、DNA 検出における検出限界・感度などの調査を行なった。当日は、これらアンカー層の最適化とバイオアフィニティーパラメータについて議論する予定である。

参考文献 [1] Sakata, T.; Nishitani, S.; Saito, A.; Fukasawa, Y. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2021**, *13*, 38569–38578. [2] Katayama, R.; Sakata, T. *ECS Trans.* **2023**, *III*, 37. [3] Katayama, R.; Sakata, T. *Langmuir* **2023**, *39*, 4282.