

ゾル-ゲル法を用いた分子鋳型 ITO チャネル TFT の創製 Development of molecularly imprinted ITO channel TFT via sol-gel method

東大院工 (D1) 片山 律, 坂田 利弥

The Univ. of Tokyo, (D1) Ritsu Katayama, Toshiya Sakata

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

1. 緒言

溶液をゲートとする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 gate 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 応用を検討している。ITO 薄膜は高い導電性を示すだけでなく膜厚 30 nm 以下で半導体特性を示すことを利用し、簡便なプロセスにより溶液ゲート FET が作製可能であることを見出した[1, 2]。さらに、この溶液ゲート ITO-TFT は、ソース/チャンネル/ドレイン間に界面が無く (One-piece ITO)、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を示すことから、高感度な生体分子認識が可能である[3]。

この One-piece ITO-TFT など、溶液ゲート FET の機能化には、電極表面に分子認識プローブを化学修飾する方法が一般的であるが、この方法では標的分子と反応するプローブの捕捉サイトとチャンネルの間の距離が課題となる。つまり、溶液中では、標的分子の電荷は溶液中のカウンターイオンにより遮蔽される可能性がある (デバイス長に基づく制限)。特に、生体液などイオン強度が高いサンプルでは標的分子の電荷は遮蔽され検出が困難となる。

そこで本研究では、ITO チャネルと標的分子を直接相互作用させ、カウンターイオンの影響を受けず標的分子の検出が可能となるよう、ウェットプロセスであるゾル-ゲル法により ITO チャネルを作製し、その内部へ分子鋳型を導入する (Molecularly imprinted ITO, MI-ITO) [4, 5]。特に本発表では、アミノ酸の一種である L-フェニルアラニン (L-Phe) を標的分子 (鋳型分子) とし

た L-Phe-MI-ITO チャネルを作製し電気特性の評価を行った。

2. 実験方法

硝酸インジウム 0.14 M と塩化スズ 0.02 M を含む水溶液を原料溶液とした。なお、MI-ITO チャネルを作製する際、原料溶液に 0.01 M の L-Phe を溶解させた。この原料溶液に 2 M のアンモニア水を加え pH 8.5 としてゾル粒子を析出させ、遠心分離後、0.28 M の塩化インジウムと 2.7 M の酢酸を含む水溶液に分散させゾル液を準備した。次に、スパッタ法でガラス基板上に成膜した導電性 ITO からなるソース・ドレイン電極の間にゾル液をスピコートした後、基板を 110 °C で 30 分、250~300 °C で 20 分焼成し ITO チャネルとした。最後に、鋳型作製のため 10 mM NaOH に 10 分浸漬後、10 μM HCl に 1 分浸漬することで L-Phe を除去した。L-Phe の電気計測では、10 mM の L-Phe を含む緩衝液を L-Phe-MI-ITO チャネル TFT に添加後、20 分浸漬し、反応前後のしきい値電圧の変化を半導体パラメーターアナライザーを用いて評価した。

3. 実験結果

図 1 に示すように、分子鋳型を含む L-Phe-MI-ITO チャネル TFT では、分子鋳型を含まない ITO チャネル TFT に対して、L-Phe の添加によるしきい値電圧の変化が約 4 mV 大きくシフトすることがわかった。このシフトは分子鋳型の効果に起因すると考えられるが、多孔質化による表面積の増加や結合の特異性について当日議論する予定である。

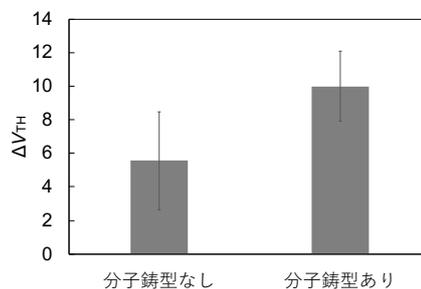


図 1 ITO チャネルにおける分子鋳型効果

参考文献 [1] Sakata, T. et al. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2021**, *13*, 38569–38578. [2] Katayama, R.; Sakata, T. *ECS Trans.* **2023**, *111*, 37. [3] Katayama, R.; Sakata, T. *under review*. [4] Furusaki, T. et al. *Ceram. Soc. Japan. Int. ed.* **1994**, *102* (2), 202–207. [5] Ichinose, I.; Kunitake, T. *Chem. Rec.* **2002**, *2* (5), 339–351.