

ひとつながりの ITO からなる溶液ゲート薄膜トランジスタの創製とバイオセンシング応用

Development of solution-gated thin-film transistor with one piece of ITO and its application for biosensing

東大院工 (M1) 片山 律, 坂田 利弥

The Univ. of Tokyo, (M1) Ritsu Katayama, Toshiya Sakata

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

1. 緒言

Siなどをチャンネルに用い溶液をゲートとした電界効果トランジスタ(FET)では、溶液と接するゲート絶縁膜表面に化学修飾を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、検出対象物に対して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ている。

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。特に、一度のスパッタリングにより作製した溶液ゲートITO-TFTは、ひとつながりのITO薄膜により構成されソース/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た比較的大きな容量の電気二重層に基づき、急峻なサブスレッショルドスロープ(SS)を示すことを報告した[1]。しかしながら、この作製方法は簡便である一方、マスクと基板間におけるスパッタリング中の原子の拡散を利用しており、デバイス形状がマスクサイズに左右されることからゲート電極の微細化に限界がある。一方、従来のフォトリソグラフィ技術を用いて数回に分けてスパッタリングする方法では微細化が可能であるが、ソース/チャンネル/ドレイン界面に存在する不純物が性能の劣化を引き起こすと考えられる。

そこで前回の報告では、ひとつながりのITO薄膜により構成されソース/チャンネル/ドレイン間に界面を持たず、簡便に微細化が可能な溶液ゲートITO-TFTの作製方法を考案した[2]。この手法では、厚さ100 nm程度の導電性ITO薄膜をガラス基板上に成膜したのちに、チャンネル部分となるITOのみを酸でエッチング処理し、20 nm程度の厚さに制御することで、良好なトランジスタ特性を示す微細な溶液ゲートITO-TFTの作製が可能となる。そこで本研究では、前回報告した手法を用いて溶液ゲートITO-TFTを作製し、バイオセンシング応用に不可欠となるデバイス特性の制御と生体分子計測の可能性を調査した。

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。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アナライザーを用いた。また、エッチング後のITOの表面荒さをAFM (Bruker)により、膜厚を白色干渉計搭載レーザー顕微鏡(Keyence)により測定した。

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。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アナライザーを用いた。また、エッチング後のITOの表面荒さをAFM (Bruker)により、膜厚を白色干渉計搭載レーザー顕微鏡(Keyence)により測定した。

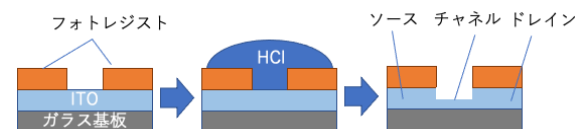


図1 エッチング処理によるチャンネル作製

3. 実験結果

溶液ゲートITO-TFTの性能向上には、チャンネル厚さの制御、すなわち、エッチング時間とその電流値の制御が不可欠となる。本研究では、エッチング停止時の電流値とSSなど諸特性との間に関連があることを示し、さらにはバイオセンシングにおける感度向上のための指針を見出した。

当日は、上記指針に基づいて、溶液ゲートITO-TFTを用いた生体分子計測の可能性を報告する予定である。

参考文献

- [1] Sakata, T.; Nishitani, S.; Saito, A.; Fukasawa, Y. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2021**, *13*, 38569–38578.
- [2] 片山律・坂田利弥, 第83回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, **2021**, 11-224.