

## 溶存酸素分布と水素イオン分布を同時可視化可能な CMOS マルチモーダルセンサの製作

### Fabrication of CMOS multimodal sensor enabling simultaneous visualization of dissolved oxygen and hydrogen ion distributions

豊橋技術科学大学 ◦石井 悠翔, 土井 英生, KENNY GELIANTO, 堀尾 智子,  
野田 佳子, 赤井 大輔, 飛沢 健, 崔 容俊, 高橋 一浩, 野田 俊彦, 澤田 和明  
◦Toyohashi University of Technology ◦Y. Ishii, H. Doi, K. Gelianto, T. Horio,  
Y. Noda, D. Akai, K. Hizawa, Y.-J. Choi, K. Takahashi, T. Noda, K. Sawada  
E-mail: ishii.yuto.xr@tut.jp

細胞外溶存酸素(DO)および pH の局所的な分布の変化は、細胞代謝や病理学的プロセスを把握する上で重要であり、これらを同時測定するイメージング技術の開発が求められている。酸化イリジウム (IrOx) は、DO 応答を示す感応膜材料[1]として知られているが pH にも応答するため、DO の選択的計測に向けたセンシング技術の開発が必要である。また、標準 CMOS プロセスで利用されている窒化チタン (TiN) は、優れた pH センサ特性を示す[2]ことから、我々は TiN 電極ベースの CMOS センサを用いた生体指標の同時計測技術の検討を進めている[3]。DO と pH を独立して測定するためには、ワンチップに複数種類のセンサを集積化し、計測の選択性を補う手法が有効である。本研究では、TiN を基盤とした電位検出アレイセンサ上に IrOx をパターン形成したマルチモーダルセンサを製作し、DO と pH に対する計測特性を検討した。

本研究では、電位検出型アレイセンサ上に IrOx をパターン形成することで DO と pH を同時測定するマルチモーダルセンサを提案した。IrOx 表面で生じる酸化還元反応を応用して DO を計測する。TiN 電極は H<sup>+</sup>吸脱着による表面電位変化を利用して pH を測定する。フォトリソグラフィで TiN 画素アレイ上に IrOx のパターンを形成した。まず、センサ上にフォトレジストをスピコートし、パターンを形成した。次に、スパッタリング法で Ir/Ti 積層膜 (30/10 nm) を堆積し、リフトオフにより Ir パターンを形成した (Fig.1)。最後に、Ir 表面を過酸化水素水で酸化処理して IrOx 膜とした。センサの DO 応答は、溶液中に供給する O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> ガスの流量比を制御することで DO 濃度を調整し、市販の光学式酸素計で DO 濃度をモニタリングした。pH 応答は、標準 pH 溶液 (pH4.01, 6.86, 9.18) を用いて測定した。その結果、IrOx で 40.1 mV/log[O<sub>2</sub>]ppm を示し、TiN で 59.3 mV/pH を示した。一方、IrOx は 53.8 mV/pH の感度を示したが、DO 測定時の補正により、DO と pH の分離測定が期待できる。さらに、pH6.86 溶液中で DO 濃度を变化させた後に pH4.01 溶液を滴下した計測実験では、DO 濃度増加後から IrOx 電極画素の電位は著しく上昇したが、TiN 電極画素では DO 反応を示さなかった (Fig.2)。続けて pH4.01 溶液を滴下すると pH 低下に起因する電位上昇が TiN 電極と IrOx 電極画素で観察され、液中 DO と pH のマルチモーダル計測に成功した。

謝辞：本研究は、MEXT X-NICS JPJ011438, JSPS 科研費 JP23H00182 の支援を受けたものです。

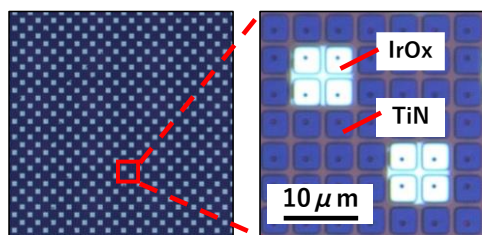


Fig.1 Microphotograph of the IrOx pattern formed on the TiN pixel array.

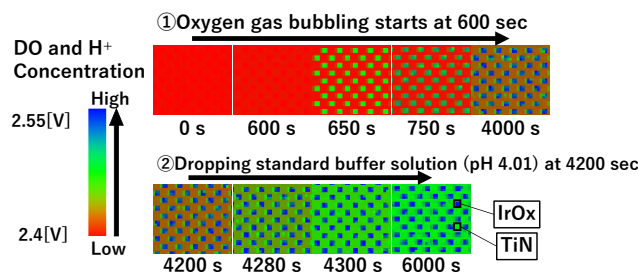


Fig.2 Time-lapse images for DO and pH response.

[1] S. Soumendu *et al.*, *Materials Letters*, vol. 304, 130556, 2021.

[2] J. Hendrikse *et al.*, *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol.47, no.1-3, pp.1-8, 1998.

[3] H. Doi *et al.*, *SSDM conference2024*, G-4-02, pp.321-322, 2024.