

ミニマルファブによる全固体簡易マルチ水質センサの作製

Simple solid-state multi-functional water quality sensor fabricated by Minimal Fab

影山 智明^{1,3}, クンプアン ソマワン^{2,3}, 原 史朗^{2,3}, 李 相錫¹

鳥取大学¹, ミニマルファブ推進機構², 産総研³

Tottori Univ.¹, MINIMAL², and AIST³

T. Kageyama, S. Khumpuang, S. Hara, and S.S. Lee

E-mail: sslee@eecs.tottori-u.ac.jp

【背景および目的】 水環境保全のためのモニタリングとして、IoT を活用し多数のセンサノードを配置するには、センサ1つ当たりのコストをできるだけ低く抑えること、かつ頻繁なメンテナンスを必要としないことが要求される。液体や電解質を利用しない全固体センサは、メンテナンス性や寿命の観点から多数のセンサを長期間運用する用途に適している。また、製造インフラとしてミニマルファブ[1]を用いることで、将来、低価格でセンサの小ロット生産ができる可能性がある。そこで、前回発表[2]したイオン感応性電界効果トランジスタ(ISFET)を基に、ミニマルファブを用いて生産コストと保守性を重視した全固体水質センサを作製した。

【作製】 今回作製したセンサは Fig. 1 の通り、ISFET 部と Pt 電極部に分かれる。ISFET 部はミニマル装置のみを用いて作製を行った。デバイスの構造は、Fig. 2 に示すように p 型 Si ハーフインチウエハを基板としており、リンの熱拡散ドーピングによって n チャネル ISFET を構成している。ISFET のイオン感応膜は TEOS のプラズマ CVD による SiO₂ 膜である。ISFET および配線層の作製後、Pt 電極を形成している。Pt 電極は Ti 密着層と共にミニマル装置以外のスパッタ装置で成膜しており、電極のパターニングにはリフトオフ法を用いている。最後に、イオン感応面および Pt 電極部以外を保護するためのレジストを成膜した。

【評価】 作製した ISFET について pH 測定を行った。参照電極として、本センサとは独立した Ag/AgCl 電極、同じセンサ内に作製した Pt 電極、そしてセンサ内の Pt 電極を2つ用いて電気分解を行った負極の3種類を用いた。ISFET に印加される電圧および電流が一定になるように、参照電極に印加されるバイアス電圧をソフトウェアにより制御した。フィードバック制御されたバイアス電圧は ISFET のイオン感応面電位と連動するため、この電圧をセンサ出力とした。また、実験ではクエン酸水溶液に水酸化ナトリウム溶液を滴下していくことで pH を変化させた。測定結果を Fig. 3 に示す。Ag/AgCl を用いたときの応答は、微小ながらも pH との相関性が見られた。従って、作製した ISFET は pH センサとして動作することが分かった。そして、Pt 電極をそのまま用いた場合は pH との相関が見られなかったが、電気分解を行った Pt 負電極を参照電極として用いた場合、不安定ながらも相関が確認された。本手法を改良することで、簡易的な参照電極および、安価な水質センサを実現できる可能性がある。

参考文献

[1] S. Khumpuang, et. al, IEEE Trans. Semi.

Manufacturing, 28, 551 (2015).

[2] 影山他, “ミニマルファブを用いた SiO₂ イオン感応膜 pH-ISFET の作製”, 第 65 回応用物理学会春期講演会, 20a-C101-10.

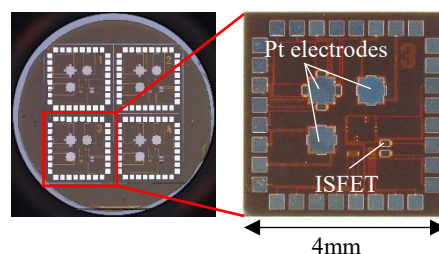


Fig. 1: Fabricated water quality sensors.

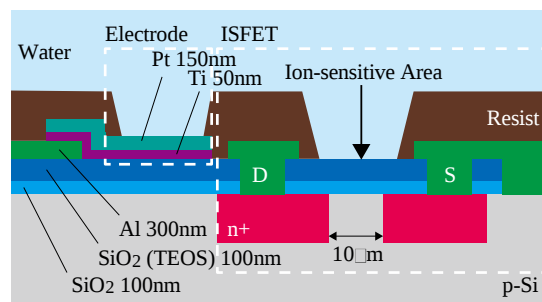


Fig. 2: A cross sectional view of the sensor.

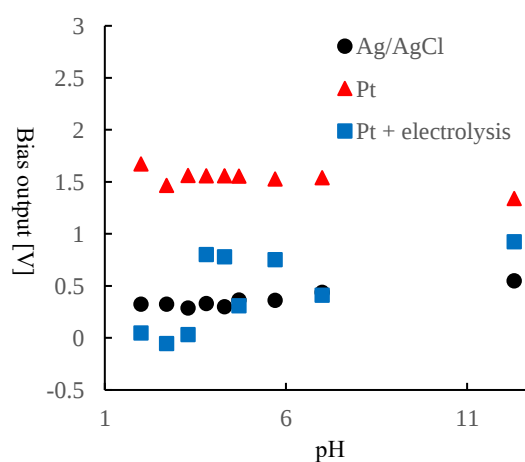


Fig. 3: Responses of the ISFET.