

Vessel Gate と Diamond Solution Gate FET を用いた 新たな巨視的全固体ガラスレス pH センサ

New Macroscopic All Solid Glassless pH Sensor

Utilizing Vessel Gate and Diamond Solution Gate FET

○川口 柊斗¹, 井山 裕太郎¹, 張 育豪¹, 蓼沼 佳斗¹, 新谷 幸弘¹, 田尾 祐一³, 森 一高³, 川原田 洋^{1,2}

(¹早稲田大学, ²早大材研, ³高松帝酸株式会社)

○S. Kawaguchi¹, Y. Iyama¹, Y. H. Chang¹, K. Tadenuma¹, Y. Shintani¹, Y. Tao³, K. Mori³, H. Kawarada^{1,2}

(¹Waseda Univ., ²KMLMST, ³TAKAMATSU TEISAN CO., LTD)

E-mail: syuto-1227@fuji.waseda.jp

食品業界において全固体ガラスレス pH センサが求められている。電荷検出型イオンセンサ ISFET^[1]及び SGFET(Solution Gate FET)^[2]は固体デバイスであるが、そのゲート電極にガラス電極 (Ag/AgCl)を用いるため、KCl内部液の漏洩やガラス破損のリスクが存在した。そこで我々は、Vessel Gate と命名したステンレス製容器をゲート電極としてガラス電極の代わりに採用した(Fig.1)^[3]。その結果、Vessel Gate のステンレス表面自体にネルンスト応答(-59 mV/pH)と同等の高い pH 感応性(~57 mV/pH)があることがわかった。これにより、全固体ガラスレス pH センサの実現に加え、溶液の 1 点ではなく溶液全体の pH を平均値として巨視的に観測できる。この Vessel Gate との組み合わせに最適な ISFET 及び SGFET は pH 値に不感応な FET である。本研究では、溶液に接するチャネル表面を水素終端化及びフッ素終端化することで pH 不感応なダイヤモンド SGFET を作製し、Vessel Gate と併用することで、全体として高感応な pH センサの実現を目指した。

ダイヤモンド表面の水素終端化は、水素雰囲気中プラズマ処理で行った。フッ素終端化は、高松帝酸株式会社に依頼し、F₂/N₂ 混合ガス雰囲気中で 1 時間サンプルを曝露することで実施した。

まず、ダイヤモンド SGFET 本体の pH 感応性を算出するためにゲート電極が Ag/AgCl の I_{DS} - V_{GS} 特性、及び pH 感応性を Fig. 2(a)水素終端ダイヤモンド SGFET、(b)フッ素終端ダイヤモンド SGFET に示す。それぞれ、(a) -6 mV/pH、(b) -0.9 mV/pH の結果が得られ、pH 値に低感応な SGFET が作製できた。続いて、Fig.3 に Vessel Gate と水素終端ダイヤモンド SGFET を組み合わせた系での I_{DS} - V_{GS} 特性及び pH 感応性を示す。その結果、-54 mV/pH の pH 感応性が観測され、Vessel Gate と pH 不感応 SGFET の組み合わせで、全体として高感応な全固体ガラスレス pH センサが実現できることが分かった。

[謝辞]本研究の一部は学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクトの支援を得た

[1] T Matsuo et al., IEEE Trans on Biomedical Engineering, 485-487(1974).

[2] H. Kawarada et al., Phys. Status Solidi A 185, 1, 79-83(2001).

[3] Y. Iyama, H. Kawarada et al., International Conference on Solid State Devices and Materials Abstract, K-7-05 (2018).

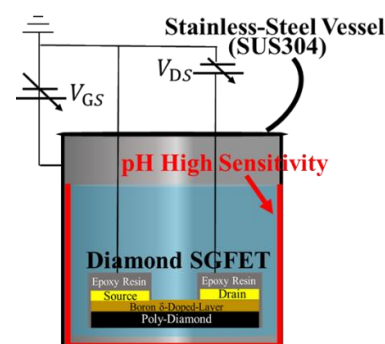


Fig.1 New pH measurement utilizing Vessel Gate and Diamond SGFET

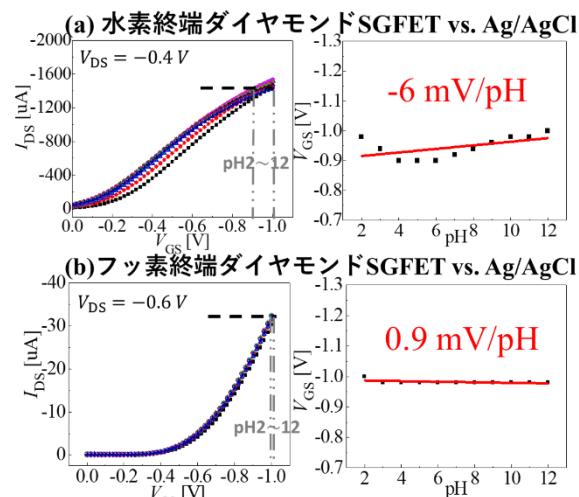


Fig.2 I_{DS} - V_{GS} characteristics and pH sensitivities of pH insensitive SGFETs (vs. Ag/AgCl)

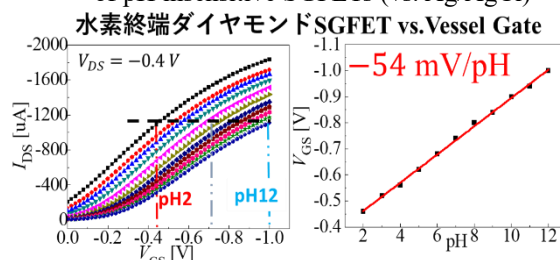


Fig.3 I_{DS} - V_{GS} characteristic and pH sensitivity of H-term SGFET (vs. Vessel Gate)