

ダイヤモンド電解質溶液ゲート FET を用いた Vessel Gate による pH Sensing

pH Sensing with Vessel Gate utilizing Diamond Electrolyte Solution Gate FET

○(B)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, 川原田 洋^{1,2}

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

(早稲田大学¹, 早大材研², Waseda Univ.¹, KMLMST²)

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

ダイヤモンドは表面修飾性に富み、その広い電位窓からバイオセンサに適した材料である。我々は、溶液内でゲート絶縁膜無しで動作するダイヤモンド電解質溶液ゲート FET(SGFET)を作製し、チャンネル表面に様々な終端処理を施すことでその pH 感応性を評価してきた^[1]。例えば、チャンネル表面を部分酸素終端化したダイヤモンド SGFET は pH 感応性を示す^[2]。

現在の pH センサ業界で頻繁に用いられるガラス電極は、KCl 内部液の漏洩やガラス破損等のリスクがあり、この課題はゲート電極に Ag/AgCl 電極を用いる SGFET にも存在する。そこで、ゲート電極に食品業界で広く用いられるステンレス容器をゲート電極としてを採用(Vessel Gate)し、全固体型 pH センサを提案する。先行研究より、Vessel Gate を用いた際の pH 感応性は、Ag/AgCl の場合と比較し、その挙動が逆転する^[3]。これは、Vessel Gate 側に高い pH 感応性があるためだと考えられる。本研究では、この 2 つの pH Sensing から、Vessel Gate の pH 感応性を評価した。

Fig.1 (a)にダイヤモンド SGFET の模式図を示す。また、Fig.1 (b)にゲート電極を Ag/AgCl から Vessel Gate に代えた測定系を示す。Vessel Gate にはステンレス容器(材質:SUS304)を用い、ソース接地回路で測定を行った。

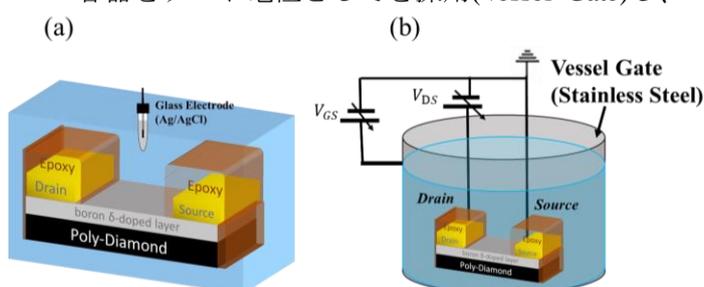


Fig.1 System of measurement using Glass Electrode and Vessel Gate

Fig.2 は pH2~12 における I_{DS} - V_{GS} 特性($V_{DS} = -0.5$ V)であり、ゲート電極として(a)Ag/AgCl、(b)Vessel Gate を用いた結果である。(a)では、pH 値の上昇に伴いドレイン電流値の絶対値も上昇している。一方で、(b)ではこの挙動が逆転し、ドレイン電流値の絶対値は減少している。Fig.3 では、Fig.2 の結果から各ゲート電極における pH 感応性を算出した。今回作製したダイヤモンド SGFET の pH 感応性は、酸性・アルカリ領域でそれぞれ 30.3 mV/pH、12.0 mV/pH であった。一方で、Vessel Gate を用いた際の pH 感応性は、酸性・アルカリ領域でそれぞれ -27.4 mV/pH、-40.0 mV/pH であり、アルカリ領域で高い pH 感応性が得られた。これは、Vessel Gate 側の pH 感応性が SGFET と比べて強く、逆向きの感応性を示すためと考えられる。Vessel Gate の感応性を算出するため、2 つの pH 感応性の差分をとると、酸性・アルカリ領域でそれぞれ 57.7 mV/pH、52.2 mV/pH となる。この Vessel Gate の感応性がネルンスト応答(59 mV/pH)に匹敵することを示している。

今回提案したダイヤモンド SGFET を用いた Vessel Gate による pH Sensing は、食品業界などへの全固体型 pH センサへの応用が可能となる。

[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材料創製共同研究プロジェクトの支援を得た。

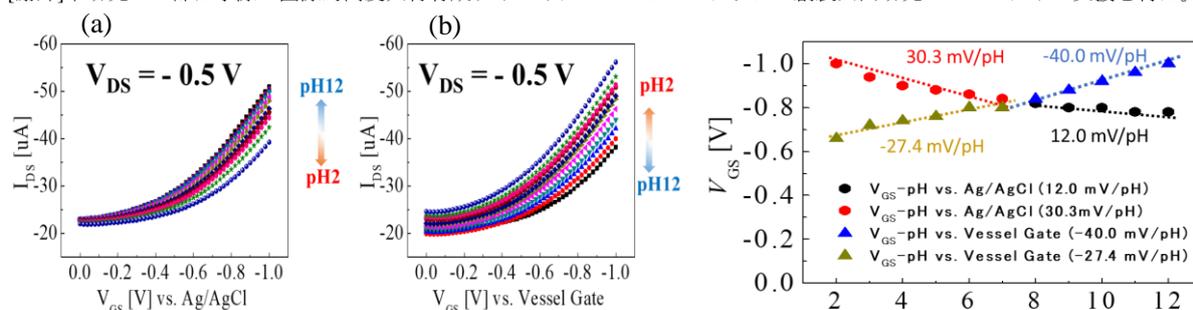


Fig.2 Comparison Ag/AgCl with Vessel Gate for pH sensitivities

Fig.3 pH sensitivities of the Boron Doped Diamond SGFET.

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

[2] Y. Shintani, H. Kawarada et al., Electrochim. Acta 212, 10-15(2016).

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

[4] Y. Shintani, H. Kawarada et al., Sensors, 17 1040(2017)