

電解質溶液ゲート FET を受信器とした海中無線通信の開発と通信距離の評価

Communication Distance Evaluation and Development of Seawater Wireless

Communication utilizing Solution Gate FET as a Receiver

早稲田大学¹, 早大材研², ○(B)寶田 晃翠¹, 蓼沼 佳斗¹, 井山 裕太郎¹,

張 育豪¹, 新谷 幸弘¹, 川原田 洋^{1,2}

Waseda Univ.¹, Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology²,

○Teruaki Takarada¹, Kaito Tadenuma¹, Yutaro Iyama¹, Yu Hao Chang¹,

Yukihiro Shintani¹, Hiroshi Kawarada^{1,2}

E-mail: teruaki_mrr@moegi.waseda.jp

我々は、電解質溶液内にて FET 動作するダイヤモンド SGFETs(Solution Gate FETs)^[1]及びシリコン ISFETs を電気信号の受信器とした海中無線通信を提案してきた^[2]。構成要素はゲート電極と FET の 2 つであり、それぞれ交流信号(v_G)の送信器と受信器の役割を担う。先行研究より、電気信号の伝搬距離及び減衰はゲート電極-FET 間の溶液抵抗 $R_{sol} = \rho l/A$ (溶液比抵抗 ρ 、距離 l 、断面積 A)に依存することがわかっている。また、海水塩濃度の NaCl 3.5%溶液を満たしたチューブ(内径 2 cm)にて、距離 5 m までの電気信号の伝搬を確認した。本研究では、溶液比抵抗 ρ に関する溶液塩濃度を変更することで、溶液塩濃度が電気信号の伝搬距離及び減衰に与える影響を評価した。

本研究で用いた測定系の模式図を Fig.1 に示す。長さ 0.2 m~4 m、内径 2 cm のチューブを用い、純水及び濃度 3.5%、25% の NaCl 溶液を満たした。片端にゲート電極として Pt 電極を挿入し 100 kHz~10 MHz の矩形波電圧を印加した。他端には電解質溶液ゲート FET を挿入し、スイッチング特性を測定した。

Fig.2 は各濃度の溶液における距離 4 m でのダイヤモンド SGFET の 1 MHz のスイッチング特性の一例である。純水の場合、信号の減衰が著しく、1m 以上で出力電圧の振幅 V_{peak} が観測できなかった。NaCl 濃度 3.5%と 25%においては、入力電圧 v_G に対し出力電圧 v_{RL} は周波数応答し、NaCl 溶液の濃度が高いほど振幅 V_{peak} が増加した。また、Fig.3 は各濃度の距離と出力電圧の振幅 V_{peak} の関係である。各濃度における振幅 V_{peak} は距離によって減衰したが、いずれの距離においても NaCl 溶液の濃度が高いほど振幅 V_{peak} は増加した。これは、NaCl 溶液の濃度の増加によってゲート電極-FET 間の溶液抵抗 R_{sol} が低下するため、距離による電気信号の減衰が小さくなったと考えられる。以上の結果から海水内におけるゲート電極を送信器、電解質溶液ゲート FET を受信器とした海中無線電気通信において、少なくとも数 m 規模の信号伝搬の可能性が示唆される。

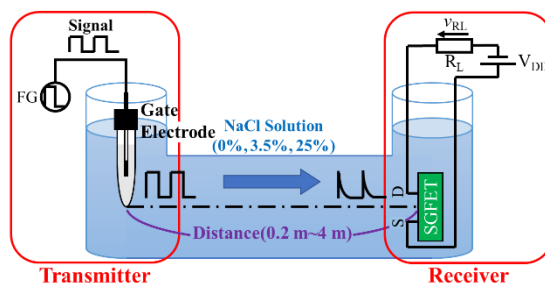


Fig.1 Image for measuring Switching Characteristics

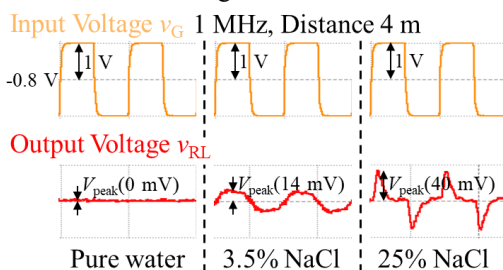


Fig.2 Switching Characteristics of Diamond SGFET (Distance 4 m, $v_G = \pm 1$ V (1 MHz), $V_{DD} = 2$ V, $R_L = 1$ k Ω)

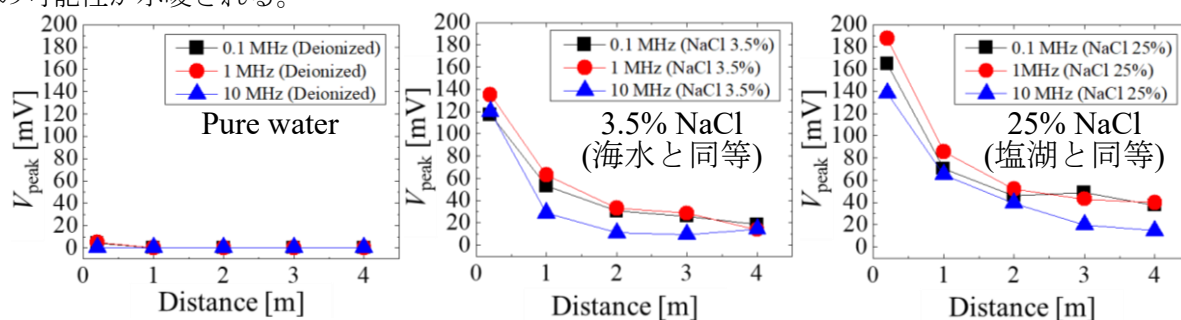


Fig.3 Dependence on Distance and Solution Concentration of Switching Characteristics

($v_G = \pm 1$ V, $V_{DD} = 2$ V, $R_L = 1$ k Ω)

[謝辞] 本研究は、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(文科省)の支援を得た。

[1]H. Kawarada, Y. Araki, T. Sakai, T. Ogawa and H. Umezawa: Phys. Stat. Sol. (a) 185 (2001) 79.

[2]蓼沼 佳斗, 川原田 洋 他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 11a-M113-11(2019).