

# ダイヤモンド電解質溶液ゲート FET を受信器とした海中無線通信の距離と深さ依存性 Dependence on Distance and Depth of Seawater Wireless Communication utilizing Diamond Solution Gate FET as a Receiver

早稲田大学<sup>1</sup>, 早大材研<sup>2</sup>, ○(B)寶田 晃翠<sup>1</sup>, 蓼沼 佳斗<sup>1</sup>, 井山 裕太郎<sup>1</sup>,  
張 育豪<sup>1</sup>, 新谷 幸弘<sup>1</sup>, 川原田 洋<sup>1,2</sup>

Waseda Univ.<sup>1</sup>, Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology<sup>2</sup>,

○Teruaki Takarada<sup>1</sup>, Kaito Tadenuma<sup>1</sup>, Yutaro Iyama<sup>1</sup>, Yu Hao Chang<sup>1</sup>,

Yukihiro Shintani<sup>1</sup>, Hiroshi Kawarada<sup>1,2</sup>

E-mail: teruaki\_mrr@moegi.waseda.jp

我々は、電解質溶液内にて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 FETs(SGFETs)の電気特性を評価してきた<sup>[1]</sup>。ダイヤモンド SGFET は、参照電極からの電気信号( $v_{GS}$ )で動作することから、参照電極を送信器、SGFET を受信器とした新たな海中無線電気通信を提案した<sup>[2]</sup>。チューブ(直径 2 cm)を用いて、参照電極-SGFET 間距離が及ぼすスイッチング特性への影響について調べたところ、距離 5 m まで電気信号の伝搬を確認し、また距離の増加に伴いドレイン電圧  $v_{DS}$  の振幅  $V_{peak}$  の減衰が観測された。これは、参照電極-SGFET 間の溶液抵抗  $R_{Sol}$  が距離を伸ばすことで増加したためだと考えられる。本研究では、溶液抵抗  $R_{Sol}$  を減少させるため、断面積を大きくした系で測定を行い、スイッチング特性の距離及び深さ依存性を評価した。

Fig.1 は、断面積を大きくした測定系の模式図である。直径 50 cm の容器を用い、高さ 25 cm まで NaCl 3.5 % 溶液を満たした。参照電極には Ag/AgCl 電極を用い、100 kHz ~ 10 MHz の矩形波入力を印加した。また、参照電極-SGFET 間距離を 10 cm ~ 50 cm へと伸ばし、それぞれの距離で SGFET の深さを水面から 0 cm ~ 25 cm へと変化させた。Fig.2 は、距離 50 cm、深さ 0 cm における SGFET のスイッチング特性である。入力電圧  $v_G$  に対し出力電圧  $v_{DS}$  は周波数応答し、入力電圧の電位の変化分に応答する微分波形のみが観測された。この微分波形は、チャンネルの電気二重層容量  $C_{EDL}$  と負荷抵抗  $R_D$  の直列の CR 回路により生じたと考えられる。Fig.3 に、深さ毎の距離と微分波形の振幅  $V_{peak}$  の関係を示す。同じ深さにおいて、距離の増加に伴う  $V_{peak}$  の減衰は十分に小さいと言える。これは、参照電極-SGFET 間の断面積の増大による溶液抵抗  $R_{Sol}$  の低下が寄与していると考えられる。また、深さ依存性が小さいことから、電気信号の減衰は参照電極-SGFET 間の深さに依存せず、その間の距離と断面積の大きさによって決まると考えられる。以上の結果から、参照電極を送信部、SGFET を受信部とした海中無線通信において、伝搬する電気信号は距離による減衰があるが、断面積の大きい海水内の環境に近いほどその減衰も小さくなると示唆された。

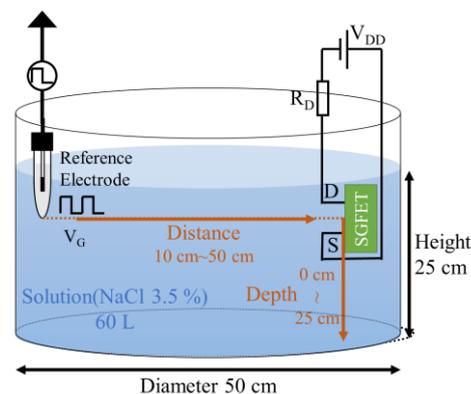


Fig.1 Image for measuring  
Switching Characteristics

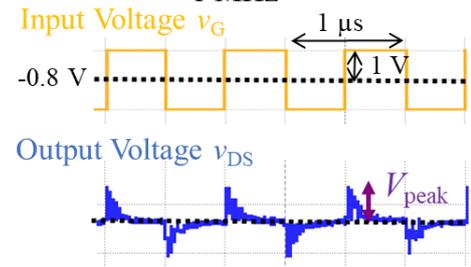


Fig.2 Switching Characteristics of Diamond  
SGFET (Distance 50 cm, Depth 0 cm)  
( $v_G = \pm 1.0$  V,  $V_{DD} = -1.0$  V,  $R_D = 1$  k $\Omega$ )

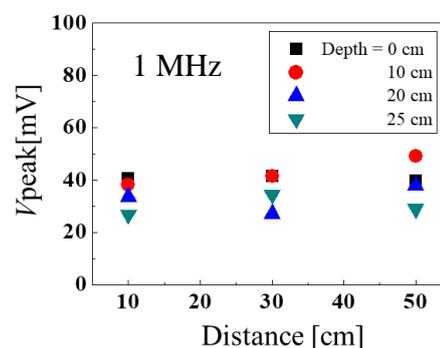


Fig.3 Dependence on Distance and  
Deepness of Switching Characteristics

[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材料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).