

ダイヤモンド電解質溶液ゲート FET を用いた海中無線通信の 信号伝搬に関する機構の提案

Proposal of a Mechanism for Signal Propagation of Seawater Wireless Communication utilizing Diamond Electrolyte Solution Gate FET

早稲田大学¹, 早大材研² ○(B)佐藤 弘隆¹, 寶田 晃翠¹, 夢沼 佳斗¹,
張 育豪¹, 川口 柊斗¹, 川原田 洋¹,

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

○Hiroataka Sato¹, Teruaki Takarada¹, Kaito Tadenuma¹

Yu Hao Chang¹, Shuto Kawaguchi¹, Hiroshi Kawarada^{1,2}

E-mail: hiro-success@suou.waseda.jp

ゲート電極を送信器、電解質溶液内で FET 動作するダイヤモンド電解質溶液ゲート FET(SGFET)^[1]を受信器とする新たな海中無線通信を提案してきた。先行研究より、溶液の濃度の増加によって、送受信器間距離の増加に伴う電気信号の減衰が小さくなることがわかっている^[2]。しかしながら、信号伝搬の機構は解明されていない。本研究では、ゲート電極-チャンネル間の溶液断面積及び距離を変化させ出力特性を評価し、信号伝搬の機構を提案する。

Fig.1 に測定系の概要図を示す。ゲート電極-チャンネル間の溶液断面積に関する実験では、内径 1 cm ~ 10 cm、長さ 1 m のチューブを用い、距離に関する実験では、内径 2.5 cm、長さ 1 m ~ 25 m のチューブを用いた。チューブの片端にゲート電極として Pt 電極を挿入し、振幅 1 V、周波数 10 MHz までの矩形波電圧 v_G を印加した。他端には SGFET を挿入し、出力特性を評価した。

Fig.2 は、溶液断面積に関する実験におけるチューブの内径 1 cm、2.5 cm、5 cm、10 cm での SGFET の出力特性である。いずれの内径においても、入力電圧 v_G に対して出力電圧 v_{DS} が周波数応答していることが確認できる。Fig.3 は、各内径における出力電圧 v_{DS} の振幅 V_{peak} を周波数ごとに示したものである。内径 1 cm ~ 5 cm では、内径の増加に伴って、振幅 V_{peak} が増加しているが、内径 5 cm ~ 10 cm では、振幅 V_{peak} の増加は観測されなかった。一方で、内径によらず周波数 1 MHz より高い周波数では、周波数の増加に伴う振幅 V_{peak} の減衰が確認できる。

Fig.4 は、ゲート電極-チャンネル間距離 25 m における SGFET の出力特性である。周波数 1 kHz ~ 100 kHz では、入力電圧 v_G に対して出力電圧 v_{DS} の周波数応答を確認できるが、周波数 1 MHz 以上においては、確認できなかった。距離 1 m では 1 MHz における周波数応答が確認できたことから、伝搬距離の増加に伴い、周波数応答の上限周波数が低くなった。

先行研究での溶液濃度の増加に伴う距離減衰の低減、及び本研究での結果から、イオンの疎密波により信号が伝搬するモデルを提案する。疎密波の代表例である音波の伝搬に関して、伝搬距離の増加に伴い、最適周波数が減少することが知られている^[3]。イオンの疎密波に関しても同様に、伝搬距離に対する周波数依存性があると推測できるため、距離 1 m よりも距離 25 m において応答する周波数が減少したと考えられる。また、内径 5 cm ~ 10 cm の実験結果では、溶液内の一部のイオンだけが信号の伝搬に関与するため、振幅 V_{peak} に対する断面積依存性が小さくなったと考えられる。

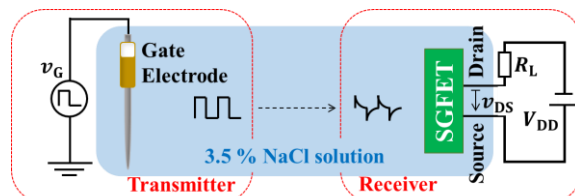


Fig.1 Image for measuring Output Characteristic

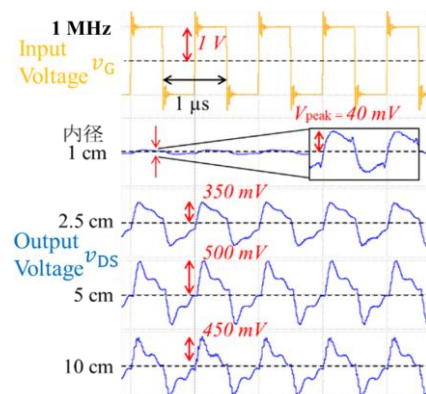


Fig.2 Output Characteristic of SGFET at each Diameter (Distance: 1 m, v_G : ± 1 V (1 MHz))

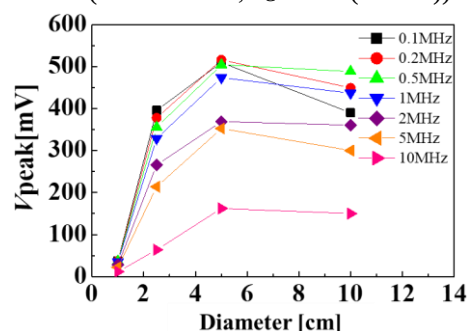


Fig.3 Relationship between Diameter and V_{peak}

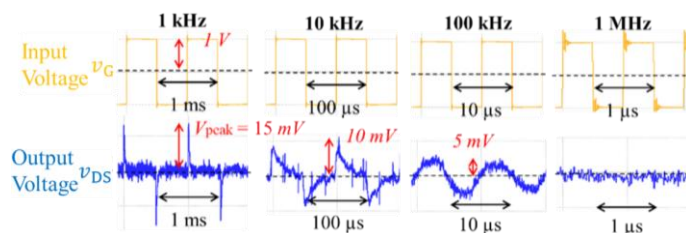


Fig.4 Output Characteristic of SGFET at 25 m Distance

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

[2]寶田 晃翠, 川原田 洋 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 14a-D221-8(2020).

[3]中埜 岩男, 緑川 弘毅, 嶋津 俊介, 中西 俊之, 海洋科学技術センター試験研究報告, (1992).