

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月12日(12.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/050183 A1

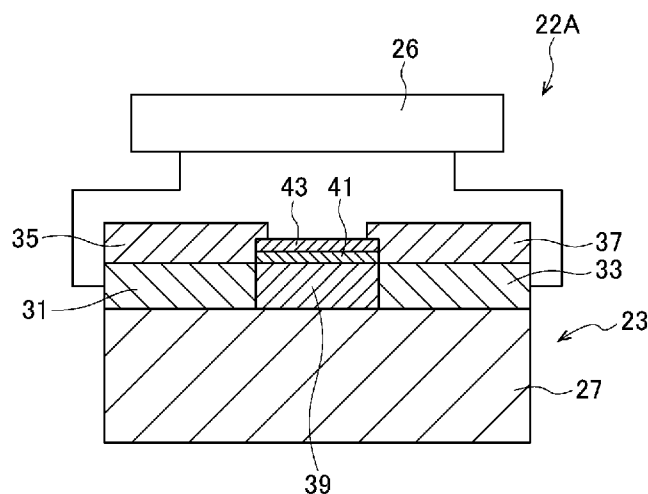
- (51) 国際特許分類:
H04B 13/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/034265
- (22) 国際出願日: 2019年8月30日(30.08.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-165527 2018年9月4日(04.09.2018) JP
- (71) 出願人: 学校法人早稲田大学 (WASEDA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川原田 洋 (KAWARADA Hiroshi); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104

番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 井山裕太郎(IYAMA Yutaro); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 梶家 美貴(KAJIYA Miki); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 蓼沼 佳斗(TADENUMA Kaito); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 新谷 幸弘(SHINTANI Yukihiro); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ドライト国際特許事務所(DORAIT IP LAW FIRM); 〒1600023 東京都新宿区西新宿六丁目15番1号 ラ・トゥール新宿4 11号 Tokyo (JP).

(54) Title: UNDERWATER COMMUNICATION DEVICE AND UNDERWATER COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 水中通信装置及び水中通信方法



(57) Abstract: Provided are an underwater communication device and an underwater communication method that can be applied to underwater mobile communication. The underwater communication device 10 is provided with a transmitter 12 which emits an electric signal, and a receiver 14 which is disposed away from the transmitter 12 with water therebetween, and receives the electric signal. The receiver 14 comprises a field-effect transistor 23 with a channel region 39 disposed in a position in contact with the water, and a drive circuit 26 which produces a potential difference between a source region 31 and a drain region 33 of the field-effect transistor 23.

(57) 要約: 水中における移動体通信に適用することができる水中通信装置及び水中通信方法を提供する。電気信号を発信する送信機12と、前記送信機12と水を介して配置され、前記電気信号を受信する受信機14とを備える水中通信装置10であって、前記受信機14は、前記水に接する位置にチャンネル領域39が設けられた電界効果トランジスタ23と、前記電界効果トランジスタ23のソース領域31とドレイン領域33の間に電位差を生じさせる駆動回路26とを有する。

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4. 17に規定する申立て:

- 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則4. 17(v))

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 水中通信装置及び水中通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、水中通信装置及び水中通信方法に関し、特に無線通信に適用するものである。

背景技術

[0002] 海などの水中における移動体同士の無線通信においては、音波や電磁波等の様々な通信媒体が用いられてきた。例えば、音波は、信号の減衰が少なく、伝送距離は長い、伝送容量が小さく、伝送速度も低速である。電磁波は、減衰率が非常に大きいため実用的とはいえない。

[0003] これに対し、光を用いた無線通信方式は、海水中での光の吸収が小さく、通信媒体に適している。光源として、レーザを用いた水中無線通信が提案されている（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００９－２７８４５５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献１の場合、レーザは指向性が高いため、送信機と受信機を精度よく整列させる必要がある、移動体通信に適用することは困難であるという問題があった。

[0006] 本発明は、水中における移動体通信に適用することができる水中通信装置及び水中通信方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る水中通信装置は、電気信号を発信する送信機と、前記送信機と水を介して配置され、前記電気信号を受信する受信機とを備える水中通信装置であって、前記受信機は、前記水に接する位置にチャンネル領域が設けら

れた電界効果トランジスタと、前記電界効果トランジスタのソース領域とドレイン領域の間に電位差を生じさせる駆動回路とを有する。

[0008] 本発明に係る水中通信方法は、電気信号を水中に発信する送信ステップと、水を介して前記電気信号を受信する受信ステップとを備える水中通信方法であって、前記受信ステップは、前記水に接する位置にチャンネル領域が設けられた電界効果トランジスタによって前記電気信号を受信する。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、電気信号は、水中の減衰率が小さいので、送信機から発信された電気信号は、水中に離れて配置された受信機へ到達することができる。また電気信号は、水中を等方的に分散して伝播するので、送信機と精度よく整列されていない受信機で送信機から発信された電気信号を受信することができる。したがって、電気信号を用いる本実施形態の水中通信装置は、水中における移動体通信に適用することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態に係る水中通信装置を示す模式図である。

[図2]第1実施形態に係る受信部を模式的に示す断面図である。

[図3]第2実施形態に係る受信部を模式的に示す断面図である。

[図4]実験装置を示す模式図である。

[図5]実験結果(1)を示すグラフであり、図5Aは入力波形、図5Bは距離が0.01mの場合の出力波形、図5Cは距離が5mの場合の出力波形である。

[図6]I-V特性を示すグラフであり、図6Aは距離が0.01mの場合、図6Bは距離が5mの場合である。

[図7]実験に用いた回路構成を示す模式図である。

[図8]実験結果(2)を示すグラフであり、図8Aは入力波形、図8Bは出力波形である。

[図9]実験結果(3)を示すグラフであり、図9Aは入力波形、図9Bは出力波形である。

[図10]実験結果（４）を示すグラフであり、図１０Ａは入力波形、図１０Ｂは出力波形である。

[図11]実験結果（５）を示すグラフであり、図１１Ａは入力波形、図１１Ｂは出力波形である。

[図12]実験結果（６）を示すグラフであり、図１２Ａは入力波形、図１２Ｂは出力波形である。

[図13] $I-V$ 特性を示すグラフであり、図１３Ａは距離が１ｍの場合、図１３Ｂは距離が１０ｍの場合である。

[図14]距離が５０ｍの場合の $I-V$ 特性を示すグラフである。

[図15]実験系を示す模式図である。

[図16]実験結果（７）を示すグラフであり、図１６Ａは入力波形、図１６Ｂは出力波形である。

[図17]別の実験装置を示す模式図である。

[図18]実験結果（８）を示すグラフであり、図１８Ａは入力波形、図１８Ｂは距離が０．１ｍの場合の出力波形、図１８Ｃは距離が５ｍの場合の出力波形である。

[図19]さらに別の実験装置を示す模式図である。

[図20]実験結果（９）を示すグラフであり、図２０Ａは入力波形、図２０Ｂは距離が０．１ｍの場合の出力波形、図２０Ｃは距離が０．５ｍの場合の出力波形である。

[図21]実験結果（１０）を示すグラフである。

[図22]実験結果（１１）を示すグラフである。

[図23]実験結果（１２）を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] １．第１実施形態

以下、図面を参照して本発明の第１実施形態について詳細に説明する。なお、本実施形態は本発明の一例を示すものであり、本発明は本実施形態に限定されるものではない。

- [0012] (全体構成) 図1に示す水中通信装置10は、送信機12と受信機14とを備える。水中通信装置10は、水、本実施形態の場合、海水に浸漬されている。送信機12と受信機14は、通信経路としての海水を介して配置されている。送信機12と受信機14の間の距離は、特に限定されない。送信機12と受信機14の間の距離は、例えば、0.01m~100m程度、又は1m~50m程度である。
- [0013] 送信機12と受信機14とは無線を介して接続される。本図に示す送信機12と受信機14は、それぞれ単体である場合について図示しているが、本発明はこれに限らない。例えば、送信機12は受信機14に対応する図示しない受信機と組み合わせられ、受信機14は送信機12に対応する図示しない送信機と組み合わせられ、全体として双方向通信が可能な水中通信装置としてもよい。
- [0014] 送信機12は、電気信号を発信する。電気信号は、例えば、任意の周波数と波形を持った交流電圧信号であり、本実施形態の場合デジタル信号である。送信機12は、符号化部15と、変調部16と、送信部18とをこの順に接続して備えている。符号化部15は、入力された入力情報を伝送に適した符号化データに変換する。入力情報がアナログ情報の場合、当該入力情報は、アナログデジタル変換器(図示しない)によってデジタル化された状態で符号化部15へ入力される。変調部16は、符号化データを搬送波に重畳した変調信号を生成して出力する。送信部18は、変調信号を海水中に発信する。
- [0015] 受信機14は、受信部22Aと、復調部20と、復号化部19とをこの順に接続して備えている。受信部22Aは、送信部18が送信した電気信号を、海水を介して受信して出力する。復調部20は、受信部22Aが出力した電気信号を元の符号化データに変換し、出力する。復号化部19は、復調部20が出力した符号化データに基づき、元の入力情報を取り出し、出力情報として出力する。元の入力情報がアナログ情報の場合、復号化部19から出力された出力情報は、デジタルアナログ変換器(図示しない)によってアナ

ログ化された状態で受信機 14 から出力される。

[0016] 図 2 に示すように、受信部 22A は、電界効果トランジスタ 23 と、電界効果トランジスタ 23 のソース領域 31 とドレイン領域 33 の間に電位差を与える駆動回路 26 とを備える。

[0017] 図 2 に示す電界効果トランジスタ 23 は、チャネル領域 39 に水が導かれることから、イオン感应性電界効果トランジスタ（ISFET：Ion-Sensitive Field-Effect Transistor）と呼ばれている。なお本図に示す電界効果トランジスタ 23 は、シリコン製 ISFET と呼ぶ。

[0018] 図 2 に示す電界効果トランジスタ 23 は、シリコン基板 27 と、シリコン基板 27 の一方の主面において、一方の側に設けられたソース領域 31 と、他方の側に設けられたドレイン領域 33 とを備える。ソース領域 31 とドレイン領域 33 の間の領域は、電界効果トランジスタ 23 を動作させた際にチャネルとして機能する領域（以下、チャネル領域という）39 となる。

[0019] チャネル領域 39 の寸法は、適宜設定される。例えば、チャネル長は、10～1000 μm 程度の値に設定され、チャネル幅は、0.01～50 mm 程度の値に設定される。電界効果トランジスタ 23 は、不純物注入により、Pチャネル型、Nチャネル型のいずれにもなり得る。

[0020] チャネル領域 39 上には、 SiO_2 からなる酸化膜 41 と、酸化膜 41 上にイオン感应膜 43 とが形成されている。酸化膜 41 は、ISFET のゲート絶縁膜として機能する。イオン感应膜 43 は、海水が接した際に、海水中のイオンとの相互作用により、チャネル領域 39 の表面に電圧を発生させる機能を有する膜である。本実施形態の場合、イオン感应膜 43 は、酸化膜 41 をイオンから保護する役割もある。イオン感应膜 43 は、例えば、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、アモルファス炭素膜を用いることができる。駆動回路 26 は、ソース領域 31 及びドレイン領域 33 に、電氣的に接続されている。

[0021] ソース領域 31 とドレイン領域 33 の表面、及び、酸化膜 41 とイオン感应膜 43 の側面は、保護膜 35、37 で覆われている。保護膜 35、37 は

、電界効果トランジスタ 23 を海水に浸漬した際に、ソース領域 31、ドレイン領域 33、チャネル領域 39 が、海水を介して導通するのを防ぐ膜である。保護膜 35、37 の材料としては、例えば、酸化物（ガラス、パイレックス（登録商標）等）、窒化物（窒化ケイ素等）、レジスト、有機物（テフロン（登録商標）のフッ化系樹脂等）を用いることが好ましい。保護膜 35、37 の厚さは、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $1\ \text{mm}$ 以下であることが好ましい。

[0022] 電界効果トランジスタ 23 を駆動する駆動回路 26 は、ソース領域 31 及びドレイン領域 33 に電氣的に接続されている。例えば、本図には図示しないが、ソース領域 31 は接地され、ドレイン領域 33 は、抵抗体、直流電源を介して接地してもよい。ソース領域 31 及びドレイン領域 33 は、送信機 12 とは電氣的に分離した状態で、接地される。すなわち送信機 12 と受信機 14 とは、海水を通じてのみ、電気化学的に接続される。

[0023] 電界効果トランジスタ 23 のチャネル領域 39 は、海水に接している。受信機 14 は、防水性のケース（図示しない）内に收容するのが好ましい。当該ケースは、外部に通じる窓を有する。電界効果トランジスタ 23 は、チャネル領域 39 側の表面が当該窓から外部に露出するように配置される。窓を通じて海水がチャネル領域 39 に接する。窓の内側には窓と電界効果トランジスタ 23 表面との間にシール材を設け、海水が窓と電界効果トランジスタ 23 表面の間を通過してケース内に進入するのを防ぐのが好ましい。

[0024] （作用及び効果）

上記水中通信装置 10 を用いて、海水中で通信する方法について説明する。まず、海水に送信機 12 及び受信機 14 を浸漬する。その際、送信機 12 及び受信機 14 は、それぞれ個別に接地する。電界効果トランジスタ 23 のチャネル領域 39 は、海水を介して送信部 18 と電気化学的に接続される。

[0025] 駆動回路 26 を用いて、電界効果トランジスタ 23 のソース領域 31 とドレイン領域 33 との間（ドレイン－ソース間）に電位差が生じるように、ソース領域 31、ドレイン領域 33 の一方または両方に電圧を印加する。ドレ

インーソース間に設ける電位差は、 -2 V 以上 2 V 以下とすることが好ましい。なお、ソース領域31、ドレイン領域33に対して、電界効果トランジスタ23を海水に浸漬する前から、電圧を印加してもよい。

[0026] 送信機12は、入力された入力情報に基づき、所定の変調信号を生成し、当該変調信号に基づく電気信号を生成する。送信部18は、当該電気信号を通信経路である海水中に発信する。送信部18によって送信された電気信号は、等方的に分散しながら海水中を伝播し、受信機14の受信部22Aへ到達する。

[0027] 受信部22Aへ到達した電気信号によって、チャネル領域39の表面に電圧が印加される。チャネル領域39に電圧が印加されると、ソース領域31とドレイン領域33の間（チャネル領域39）にチャネルが誘起され、ソース領域31とドレイン領域33との間（ドレインーソース間）の電位差に応じて、チャネル内を流れるドレイン電流 I_{DS} が変化する。ここでの電流 I_{DS} は、実施例として後述するように、通常の電界効果トランジスタで得られるような I_V 特性を有するものである。

[0028] 上記の様にして受信部22Aは、ドレイン電流 I_{DS} の変化をドレインーソース間電圧（出力電圧） V_{DS} の変化として検出することによって送信部18が送信した電気信号を検出する。受信機14は、当該電気信号から元の情報を取り出し、出力情報として出力する。

[0029] 電気信号は、海水中の減衰率が小さいので、送信機12から発信された電気信号は、海水中に離れて配置された受信機14へ到達することができる。また電気信号は、海水中を等方的に分散して伝播するので、送信機12と受信機14を精度よく整列させる必要がない。したがって、電気信号を用いる本実施形態の水中通信装置10は、海水中における移動体通信、例えば海水中を移動するロボットとの通信に適用することができる。

[0030] 保護膜35、37は、電界効果トランジスタ23のソース領域31及びドレイン領域33を覆うことによって、海水がソース領域31及びドレイン領域33に接触するのを防いで、電界効果トランジスタ23を安定的に動作さ

せることができる。

[0031] 2. 第2実施形態

次に、第2実施形態に係る受信部について説明する。上記実施形態の場合、受信部の電界効果トランジスタとしてシリコン製 I S F E T を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限らない。図3に示す電界効果トランジスタ24は、シリコン基板28と、シリコン基板28の一方の主面に形成されたダイヤモンド薄膜30と、ダイヤモンド薄膜30上に形成されたソース電極32及びドレイン電極34と、ソース電極32の表面を覆う保護膜36と、ドレイン電極34の表面を覆う保護膜38とを備えている。電界効果トランジスタ24は、ダイヤモンド薄膜30を有し、ダイヤモンド薄膜30の接液部に酸化物を有していないことから、ダイヤモンド電解質溶液ゲート (electrolyte Solution Gate, S G) F E T (以下、ダイヤモンド S G F E T という) と呼ばれている。

[0032] ダイヤモンド薄膜30の表面において、チャネルとして機能する部分 (チャネル領域) 40を挟んで、一方の側 (ソース領域) の上にソース電極32が設けられ、他方の側 (ドレイン領域) の上にドレイン電極34が設けられている。

[0033] チャネル領域40の寸法は、受信部22Bの特性に応じて適宜設定される。例えば、チャネル長は、10～1000 μ m程度の値に設定され、チャネル幅は、0.01～50mm程度の値に設定されている。また、ソース電極32、ドレイン電極34の長さは、0.01～50mm程度の値に設定され、ソース電極32、ドレイン電極34の幅は、0.01～100mm程度の値に設定されている。

[0034] また、チャネル領域40は、水素終端処理がされた水素化層が設けられている。水素化層は、ドレイン電極34とソース電極32との間のダイヤモンド薄膜30の表面を水素終端することによって形成されている。水素終端は、周知のように、ダイヤモンド薄膜30の表面における炭素原子の未結合手 (ダングリングボンド: dangling bond) に水素を結合させた状態にすること

である。水素化層は、表面にイオンが結合することにより、その水素化層の直下に、２次元正孔ガス（2DHG：two-dimensional hole gas）を誘起してP型導電層（チャネル、図示せず）を形成する。

[0035] （製造方法）

電界効果トランジスタ２４の製造方法を説明する。まず、研磨処理がなされたシリコン基板２８の一方の主面に対してダイヤモンド粉末の核付けを行う核付け処理を行う。ダイヤモンド粉末の核付け方法としては、ダイヤモンド微粒子が入った溶液を、超音波法、浸漬法、その他の方法でシリコン基板２８の表面に塗布し、その溶媒を乾燥させる方法等を用いることができる。

[0036] 次いで、例えば熱フィラメントＣＶＤ法によって、シリコン基板の表面にダイヤモンド薄膜３０を成膜する。具体的には、炭素源（例えば、メタン、アルコール、アセトン等の低分子有機化合物）を水素ガス等とともにフィラメントに供給する。そして、炭素ラジカル等が発生する温度域（例えば、１８００～２８００℃）までフィラメントを加熱して、この雰囲気内にダイヤモンドが析出する温度域（例えば、７５０～９５０℃）になるようにシリコン基板２８を配置する。

[0037] その後、シリコン基板２８上に成膜されたダイヤモンド薄膜３０に対して水素終端処理を行う。具体的には、成膜されたダイヤモンド薄膜３０の表面の炭素終端を水素終端に置換することで高密度水素終端とする処理が行われる。この水素終端処理としては、フッ化水素酸水溶液による処理、水素プラズマ処理、水素雰囲気中の加熱処理、水素ラジカル処理、陰極還元法の何れかを選択することができる。

[0038] 次に、シリコン基板２８上に成膜されたダイヤモンド薄膜３０の表面にレジストをスピコートし、露光及び現像を行ってレジストをパターニングする処理を行う。その後、Ａｕ／Ｔｉスパッタリングしてリフトオフすることによって、Ａｕ／Ｔｉ薄膜が、シリコン基板２８の一方の主面に形成される。これにより、シリコン基板２８上にソース電極３２及びドレイン電極３４が形成される。

[0039] 続いて、ダイヤモンド薄膜30及びAu/Ti薄膜が形成されたシリコン基板28上に保護膜36, 38となるレジストをスピコートし、露光及び現像により、レジストをパターニングする処理が行われる。レジストが除去された領域は、ダイヤモンド薄膜30が露出した状態となる。ダイヤモンド薄膜30が露出した領域はチャンネルとして機能する。以上のようにして電界効果トランジスタ24を得ることができる。

[0040] 3. 変形例

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内で適宜変更することが可能である。上記実施形態の場合、水が海水である場合について説明したが、本発明はこれに限らず、例えば、血液、唾液、体液、雨水、水道水、塩水、電解液、地下水にも適用することができる。

実施例

[0041] (実施例1) ダイヤモンドSGFETを用いた検証

実際に、受信部として図3に示した構成のダイヤモンドSGFETを用いて、水中で送信部から送信した電気信号を受信部で受信することが可能か、検証した。検証には、図4に示す実験装置58を用いた。送信機12は、参照電極64と、当該参照電極64に接続された交流電源66とを有する。参照電極64は、Ag/AgClの金属電極と、飽和KClの内部電解質と、これらを収容する筒状のガラス容器とを有する。交流電源66は、電圧が 0.8 ± 0.2 Vであり、任意の周波数及び波形の電気信号を発生可能なファンクションジェネレータ（図示しない）を通じて、電気信号として、周波数が100 kHzのパルス波を発信する。ファンクションジェネレータは、接地した。

[0042] 受信部22Bは、電界効果トランジスタ24と、ドレイン電極に抵抗体67を介して接続された直流電源69とを有する。電界効果トランジスタ24は、チャンネル長を $10 \mu\text{m}$ 、チャンネル幅を1 mm、ソース電極、ドレイン電極の長さを0.5 mm、ソース電極、ドレイン電極の幅を1 mmの値に設定した。

- [0043] 抵抗体 67 は 100Ω のものを用いた。直流電源 69 の電圧は、 -2.0 V である。直流電源 69 及びソース電極は、接地した。NaCl の濃度が 3.5 質量%の塩水を充填したホース 68 内に、参照電極 64、及び電界効果トランジスタ 24 を配置した。ホース 68 は、半径 1.25 cm のものを用いた。なお、ファンクションジェネレータ及び受信部 22B は、共通の接地母線に接続したうえで接地した。
- [0044] 参照電極—チャネル間の距離を 0.01 m 、 5 m とした場合において、参照電極 64 から送信された電気信号に対する電界効果トランジスタ 24 の出力電圧 V_{DS} を測定した。その結果を図 5A、5B、5C に示す。図 5A、5B、5C は、横軸が時間 ($\mu\text{ s}$)、縦軸が振幅 (mV) を示す。図 5A が送信機 12 から送信された電気信号（入力信号）、図 5B が距離 0.01 m の場合の出力電圧 V_{DS} 、図 5C が距離 5 m の場合の出力電圧 V_{DS} である。
- [0045] 参照電極 64 から入力された周期 $10\mu\text{ s}$ 、振幅 400 mV の矩形波に対し、参照電極—チャネル間の距離を 0.01 m 、 5 m とした電界効果トランジスタ 24 の出力電圧 V_{DS} の波形は、いずれも周期が同じで振幅が 10 mV の矩形状であり、反転した。当該結果から、参照電極—チャネル間の距離が 0.01 m 、 5 m のいずれの場合も、電位の変化に対し電界効果トランジスタ 24 が安定的、かつ高速で応答することが確認できた。入力信号の周波数が 100 kHz のとき、参照電極—チャネル間の距離が $0.01\text{ m}\sim 5\text{ m}$ の範囲では、入力信号に対する振幅の減衰率が変わらないことが分かった。
- [0046] 図 6A、6B は、電界効果トランジスタ 24 の $I-V$ 特性を測定した結果を示す。図 6A、6B の横軸はドレイン—ソース間電圧 V_{DS} (V)、縦軸がドレイン—ソース間電流（ドレイン電流） I_{DS} ($\mu\text{ A}$) を示す。ゲート—ソース間電圧 V_{GS} を $0\text{ V}\sim -1\text{ V}$ の範囲で 0.2 V ずつ変化させた。図 6A は距離が 0.01 m の場合、図 6B は距離が 5 m の場合の結果である。図 6A、6B より、参照電極—チャネル間の距離に依存することなく、同程度の飽和電流が得られ、安定して動作することが確認できた。
- [0047] （実施例 2）シリコン製 I S F E T を用いた検証

次に、受信部として図2に示した構成のシリコン製 I S F E T を用いて、海水中において、送信部から送信した電気信号を受信部で受信することが可能か、検証した。検証には、図7に示す回路構成を用いた。参照電極－チャンネル間の距離が1 mの場合と10 mの場合は、参照電極64としてPt金属電極を用いた。参照電極－チャンネル間の距離が50 mの場合は、参照電極64として、Ag / AgClの金属電極と、飽和KClの内部電解質と、これらを収容する筒状のガラス容器とを有するものを用いた。交流電源66の電圧は、 2.0 ± 0.2 Vとした。

[0048] 受信部22Aは、電界効果トランジスタ23と、ドレイン領域に抵抗体67を介して接続された直流電源69とを有する。電界効果トランジスタ23は、シリコン基板上にドナーとしてリンをドーピングしてソース領域及びドレイン領域が形成されている。イオン感應膜は Si_3N_4 で形成した。チャンネル長は $100\text{ }\mu\text{m}$ 、チャンネル幅は2 mm、ソース領域、ドレイン領域の長さは2 mm、ソース領域、ドレイン領域の幅は0.2 mmの値に設定した。抵抗体67は $1\text{ k}\Omega$ のものを用いた。直流電源69の電圧は2.0 Vである。参照電極64及び電界効果トランジスタ23は海水71中に配置し、直流電源69及びソース領域は接地した。なお、送信機12及び受信機14は、共通の接地母線73に接続したうえで接地した。

[0049] 入力信号の周波数を1 kHz、参照電極－チャンネル間の距離を1 mとした場合の結果を図8A、8Bに示す。図8A、8Bは、横軸が時間 (ms)、縦軸が振幅 (mV) を示す。図8Aが入力信号、図8Bが出力電圧 V_{DS} である。

[0050] 入力信号の周波数を1 kHz、参照電極－チャンネル間の距離を10 mとした場合の結果を図9A、9Bに示す。図9A、9Bは、横軸が時間 (ms)、縦軸が振幅 (mV) を示す。図9Aが入力信号、図9Bが出力電圧 V_{DS} である。

[0051] 入力信号の周波数を10 MHz、参照電極－チャンネル間の距離を10 mとした場合の結果を図10A、10Bに示す。図10A、10Bは、横軸が時間

(ms)、縦軸が振幅(mV)を示す。図10Aが入力信号、図10Bが出力電圧 V_{DS} である。

[0052] 入力信号の周波数を1kHz、参照電極－チャンネル間の距離を50mとした場合の結果を図11A、11Bに示す。図11A、11Bは、横軸が時間(ms)、縦軸が振幅(mV)を示す。図11Aが入力信号、図11Bが出力電圧 V_{DS} である。

[0053] 入力信号の周波数を1MHz、参照電極－チャンネル間の距離を50mとした場合の結果を図12A、12Bに示す。図12A、12Bは、横軸が時間(ms)、縦軸が振幅(mV)を示す。図12Aが入力信号、図12Bが出力電圧 V_{DS} である。

[0054] 図8A、8B、9A、9Bより、入力信号の周波数が1kHzの場合、参照電極64から入力された周期1000 μ s、振幅400mVの矩形波に対し、参照電極－チャンネル間の距離を1m、10mとした電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、いずれも周期が同じで振幅が130mVの矩形状であり、反転した。図11A、11Bより、入力信号の周波数が1kHzの場合、参照電極64から入力された周期1000 μ s、振幅800mVの矩形波に対し、参照電極－チャンネル間の距離を50mとした電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、周期が同じで振幅が100mVの矩形状であり、反転した。

[0055] 一方、図10A、10Bより、入力信号の周波数が10MHzの場合、参照電極64から入力された周期0.1 μ s、振幅400mVの正弦波に対し、参照電極－チャンネル間の距離を10mとした電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、周期が同じで振幅が80mVの正弦波で、反転しなかった。なお入力信号の波形は、パルス波を意図していたが、用いたファンクションジェネレータの特性によって、正弦波となった。また出力電圧 V_{DS} の波形が入力信号の波形に対し反転しなかったのは、受信系が高い周波数では微分回路(ハイパスフィルタ)として動作し、入力信号の立ち上がりおよび立ち下がりを読み取っているためと考えられる。微分回路となっていること

は、図5A、5B、5C、図8A、8B、図9A、9B、図10A、10B、図11A、11B、図12A、12B、後述する図16A、16Bが入力信号の上昇が出力電圧では上向きのパルス、入力信号の減衰が出力電圧で下向きのパルスとなっていることでも確認される。

[0056] また、図12A、12Bより、入力信号の周波数が1MHzの場合、参照電極64から入力された周期1 μ s、振幅800mVの矩形波に対し、参照電極一チャンネル間の距離を50mとした電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、周期が同じで振幅が80mVの正弦波であり、反転した。

[0057] 当該結果から、参照電極一チャンネル間の距離が1m、10m、入力信号の周波数が1kHz、10MHzの場合、及び、参照電極一チャンネル間の距離が50m、入力信号の周波数が1kHz、1MHzの場合において、電位の変化に対し、電界効果トランジスタが安定的、かつ高速で応答することが確認できた。入力信号の周波数が1kHzのとき参照電極一チャンネル間の距離が1m～10mの範囲では、入力信号に対する振幅の減衰率が変わらないことが分かった。

[0058] 次に、図7に示す回路構成を用いて、電界効果トランジスタ23の海水中におけるI-V特性を測定した。参照電極一チャンネル間の距離が1mの場合と10mの場合は、参照電極64としてPt金属電極を用いた。参照電極一チャンネル間の距離が50mの場合は、参照電極64として、Ag/AgClの金属電極と、飽和KClの内部電解質と、これらを収容する筒状のガラス容器とを有するものを用いた。

[0059] 図13Aは距離が1mの場合、図13Bは距離が10mの場合、図14は距離が50mの場合の結果を示す。図13A、13B、図14の横軸はドレインソース間電圧 V_{DS} (V)、縦軸がドレインソース間電流（ド레인電流） I_{DS} (μ A)を示す。本図より、参照電極一チャンネル間の距離に依存することなく、同程度の飽和電流が得られ、安定して動作することが確認できた。

[0060] （実施例3）シリコン製ISFETを用いた、接地の影響の検証

次に、送信部及び受信部を、共通の接地母線に接続せず、それぞれ直接接地する場合において、水中において、送信部から送信した電気信号を受信部で受信することが可能か、検証した。検証には、図15に示す実験系を用いた。互に電氣的に接続されていない建物60、62の電源に対し、一方を参照電極64、他方を図2に示した構成の電界効果トランジスタ（シリコン製 I S F E T）23に接続した。参照電極64は、Ptの金属電極を用いた。参照電極64と電界効果トランジスタ23は、ビーカー70内のNaClの濃度が3.5質量%の塩水に浸漬した。抵抗体67は1k Ω のものを用いた。直流電源69の電圧は2.0Vである。

[0061] 交流電源66から発信される入力信号の電圧を1.6 $\pm$ 0.4V、周波数を1kHzとした場合の結果を図16A、16Bに示す。図16A、16Bは、横軸が時間(ms)、縦軸が振幅(mV)である。図16Aが入力信号、図16Bが出力電圧 V_{DS} である。参照電極64から入力された周期1000 μ s、振幅800mVの矩形波に対し、電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、周期が同じで振幅が700mVの矩形状であり、反転した。当該結果から、共通の接地母線に接続せず、それぞれ直接接地した場合でも、電界効果トランジスタ23が安定的、かつ高速で応答することが確認できた。

[0062] （実施例4）シリコン製 I S F E Tと、独立した電源を用いた検証

次に、受信部としてシリコン製 I S F E Tを用い、送信部及び受信部を、共通の接地母線に接続せず、かつ互いに電氣的に接続されていない独立した電源にそれぞれ接続し、水中において、送信部から送信した電気信号を受信部で受信することが可能か、検証した。検証には、図17に示す実験装置71を用いた。図17は、図4に示した実験装置58と同様の構成については同様の符号が付されている。

[0063] 送信機12は、図示しないが、インターフェースを介してファンクションジェネレータがノートパソコンに接続されており、当該ノートパソコンに内蔵されているバッテリーを交流電源66として用いた。交流電源66の電圧は

、 $1.6\text{ V} \pm 1.0\text{ V}$ とした。

[0064] 受信機14は、図示しないが、インターフェースを介してノートパソコンに接続されており、当該ノートパソコンに内蔵されているバッテリーを直流電源69として用いた。直流電源69の電圧は、 2 V とした。ノートパソコンは、いずれも外部電源に接続しないで用いた。電界効果トランジスタ23は、実施例2と同じシリコン製I S F E Tを用いた。

[0065] NaClの濃度が3.5質量%の塩水を充填したホース68内に、参照電極64、及び電界効果トランジスタ23を配置した。ホース68は、内径2cmのものをを用いた。上記のようにして、送信機12と受信機14は、ホース68内の塩水のみで電氣的に接続されている。

[0066] 参照電極—チャンネル間の距離を0.1m、5mとした場合において、参照電極64から送信された電気信号に対する電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} を測定した。その結果を図18A、18B、18Cに示す。図18A、18B、18Cは、横軸が時間(μs)、縦軸が振幅(V)又は(mV)を示す。図18Aが送信機12から送信された電気信号(入力信号)、図18Bが距離0.1mの場合の出力電圧 V_{DS} 、図18Cが距離5mの場合の出力電圧 V_{DS} である。

[0067] 参照電極64から入力された周期 $10\mu\text{s}$ 、振幅 2 V の矩形波に対し、参照電極—チャンネル間の距離を0.1m、5mとした電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、いずれも、矩形波の立ち上がり及び立ち下りのタイミングに合わせて、それぞれ 55 mV 、 15 mV のピーク電圧を有する微分波形であった。矩形波の立ち上がり、立下りに発生する高調波成分が塩水内を伝搬し、その結果、電界効果トランジスタ23のチャンネルの電位が変化する。チャンネルの電位が変化するとドレイン電流が増減し、ドレイン電圧の変化として観測される。出力電圧 V_{DS} の波形から、直流的な電位変化は伝播していないことが認められる。

[0068] 次に、図19に示す実験装置74を用いて検証した。図19は、図4及び図17と同様の構成については同様の符号が付されている。図19に示す実

験装置 74 は、図 17 の実験装置 71 に対し、ホース 68 をタンク 76 に変えた点異なる。タンク 76 は、直径 50 cm の円柱状の内部空間（容量 100 L）を有する。当該タンク内に、NaCl の濃度が 3.5 質量% の塩水（60 L）を充填すると共に、参照電極 64、及び電界効果トランジスタ 23 を配置した。送信機 12 と受信機 14 は、タンク 76 内の塩水のみで電氣的に接続されている。

[0069] 参照電極—チャネル間の距離を 0.1 m、0.5 m とした場合において、参照電極 64 から送信された電気信号に対する電界効果トランジスタ 23 の出力電圧 V_{DS} を測定した。その結果を図 20A、20B、20C に示す。図 20A、20B、20C は、横軸が時間 (μs)、縦軸が振幅 (V) 又は (mV) を示す。図 20A が送信機 12 から送信された電気信号（入力信号）、図 20B が距離 0.1 m の場合の出力電圧 V_{DS} 、図 20C が距離 0.5 m の場合の出力電圧 V_{DS} である。

[0070] 参照電極 64 から入力された周期 $10 \mu s$ 、振幅 2 V の矩形波に対し、参照電極—チャネル間の距離を 0.1 m、0.5 m とした電界効果トランジスタ 23 の出力電圧 V_{DS} の波形は、いずれも矩形波の立ち上がり及び立ち下りのタイミングに合わせて、それぞれ 25 mV、25 mV のピーク電圧を有する微分波形であった。

[0071] また、長さ×深さ×幅が $100 \times 70 \times 60$ cm の直方体形状のタンク（容量 420 L）に塩水を 300 L 充填して同様の実験を行った。参照電極 64 から振幅 1 V、周波数 10 MHz の矩形波を入力したところ、参照電極—チャネル間の距離を 90 cm とした電界効果トランジスタ 23 において、図 20B と同様の微分波形が観測された。

[0072] 図 21 は、実験装置 74（図 19）において参照電極—チャネル間距離に対し出力電圧 V_{DS} のピーク電圧を測定した結果を示す。図 21 の横軸は参照電極—チャネル間距離 (cm)、縦軸は出力電圧 V_{DS} のピーク電圧 (V) を示す。図 21 から明らかなように、50 kHz ~ 1 MHz の入力信号に対し、参照電極—チャネル間の距離が 10 cm ~ 50 cm の電界効果トランジス

タ 2 3 において、出力電圧 V_{DS} のピーク電圧が安定して得られることが確認された。

[0073] 塩水の正イオンと負イオンからなるプラズマイオン振動が伝導の媒介となっている。参照電極がもたらす局所的な電位変化によって、正イオンと負イオンの分布に偏りが生じる。この分布の偏りが振動（一種のプラズマ振動）し、塩水中を伝播すると考えられる。場合によってはプラズマ・ソリトン波として波形が崩れずに長距離移動することも考えられる。

[0074] 以上の結果から、送信部として参照電極、受信部としてシリコン製 I S F E T を備える水中通信装置は、信号電位と受信電位（ソース）が共通で無い場合、すなわち共通母線を用いて接地していない場合でも、塩水を介してデジタル信号伝送が可能であることが確認できた。

[0075] （実施例 5）ダイヤモンド S G F E T と、独立した電源を用いた検証

次に、受信部としてダイヤモンド S G F E T を用い、送信部及び受信部を、共通の接地母線に接続せず、かつ互いに電氣的に接続されていない独立した電源にそれぞれ接続した場合において、水中において、送信部から送信した電気信号を受信部で受信することが可能か、検証した。検証には、図 1 7 に示す実験装置 7 1 において、電界効果トランジスタ 2 3 を、ダイヤモンド S G F E T を用いた電界効果トランジスタ 2 4 に変えた装置を用いた。電界効果トランジスタ 2 4 は、実施例 1 と同じダイヤモンド S G F E T を用いた。送信機 1 2 と受信機 1 4 は、ホース（内径 2 c m）6 8 内の塩水のみで電氣的に接続されている。

[0076] 参照電極ーチャネル間の距離を 1 m とした場合において、参照電極 6 4 から送信された電気信号に対する電界効果トランジスタ 2 4 の出力電圧 V_{DS} を測定した。その結果を図 2 2 の a に示す。また送信機 1 2 及び受信機 1 4 を共通の接地母線に接続して接地した以外は同じ構成とした実験装置において、参照電極 6 4 から送信された電気信号に対する電界効果トランジスタ 2 4 の出力電圧 V_{DS} を測定した結果を図 2 2 の b に示す。図 2 2 の a 及び b は、横軸が時間（ μs ）、縦軸が振幅（V）又は（mV）を示す。

- [0077] 図22のaから明らかなように、入力信号の周波数が1MHzの場合、参照電極64から入力された周期 $1\mu\text{s}$ 、振幅2.0Vの矩形波に対し、電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、90mVのピーク電圧を有する微分波形であった。
- [0078] 図22のbから明らかなように、入力信号の周波数が1MHzの場合、参照電極64から入力された周期 $1\mu\text{s}$ 、振幅0.4Vの矩形波に対し、電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、周期が同じで振幅が40mVの正弦波であり、反転した。
- [0079] 以上の結果から、共通母線を用いないことで、出力電圧 V_{DS} の波形が入力信号の直流成分の影響を受けないことが確認できた。
- [0080] 送信部として参照電極、受信部としてダイヤモンドSGFETを備える水中通信装置は、信号電位と受信電位(ソース)が共通で無い場合、すなわち共通母線を用いて接地していない場合でも、塩水を介してデジタル信号伝送が可能であることが確認できた。
- [0081] (実施例6) シリコン製ISFETと、独立した電源を用いた検証の再現性
実施例4の実験装置71(図17)を用いて、参照電極—チャンネル間の距離を90cmとした場合において、参照電極64から送信された10MHzの電気信号に対する電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} を繰り返し測定した。その結果を図23に示す。図23は、横軸が時間(μs)、縦軸が出力電圧 V_{DS} の振幅(mV)を示す。
- [0082] 図23から明らかなように、参照電極64から入力された周期0.1 μs 、振幅1Vの矩形波に対し、電界効果トランジスタ23の出力電圧 V_{DS} の波形は、同じ周期の微分波形であった。また出力電圧の波形は、1回目から11回目までほぼ同様であった。このことから、送信部として参照電極、受信部としてシリコン製ISFETを備える水中通信装置は、再現性が高い通信が可能であることが確認できた。

符号の説明

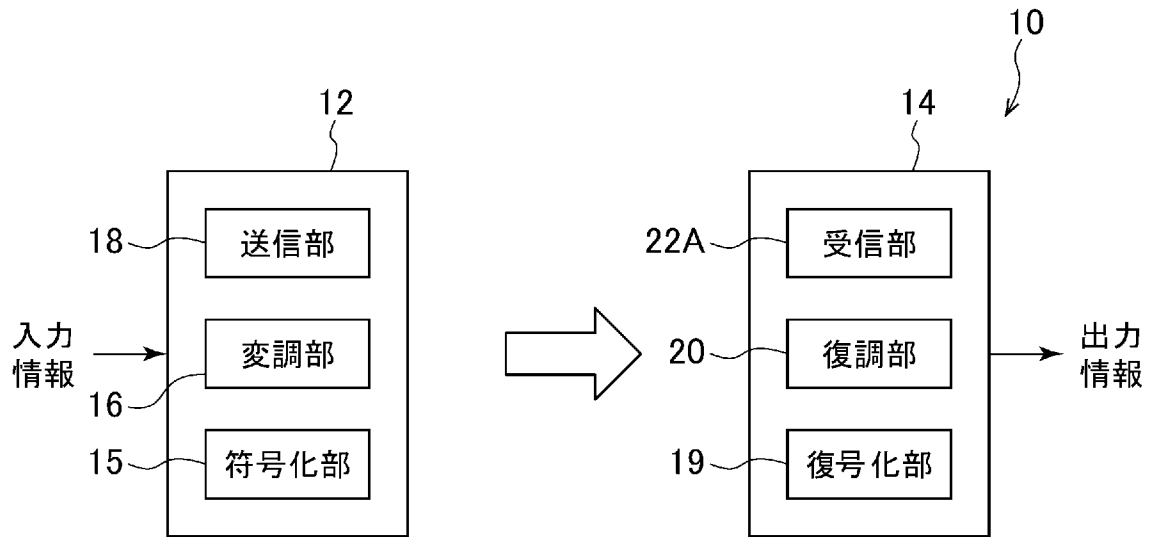
- [0083] 10 水中通信装置

- 1 2 送信機
- 1 4 受信機
- 2 3, 2 4 電界効果トランジスタ
- 2 6 駆動回路
- 3 1 ソース領域
- 3 2 ソース電極
- 3 3 ドレイン領域
- 3 4 ドレイン電極
- 3 5, 3 6, 3 7, 3 8 保護膜
- 3 9, 4 0 チャンネル領域

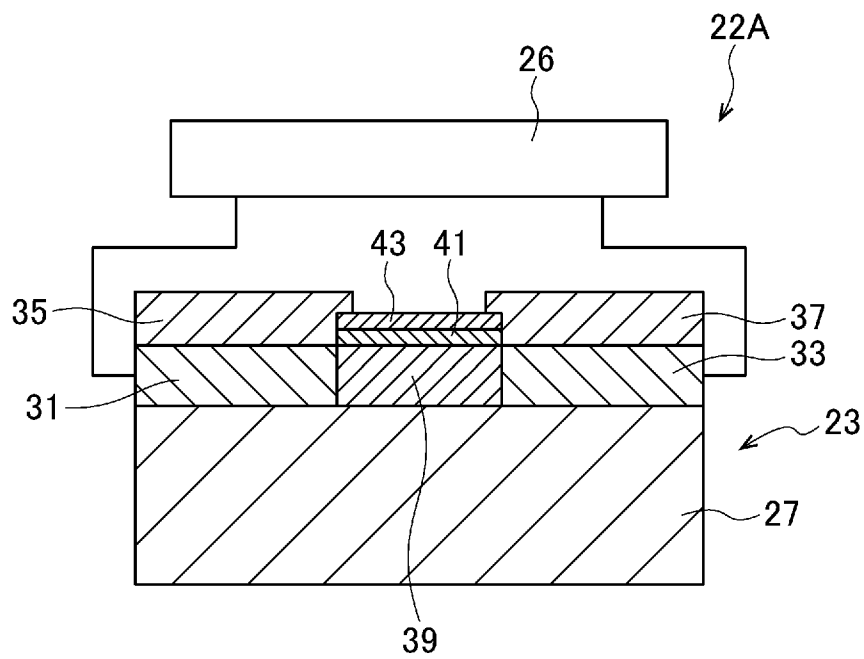
請求の範囲

- [請求項1] 電気信号を発信する送信機と、
前記送信機と水を介して配置され、前記電気信号を受信する受信機とを備える水中通信装置であって、
前記受信機は、
前記水に接する位置にチャネル領域が設けられた電界効果トランジスタと、
前記電界効果トランジスタのソース領域とドレイン領域の間に電位差を生じさせる駆動回路と
を有する水中通信装置。
- [請求項2] 前記ソース領域と前記ドレイン領域上に保護膜を有する請求項1に記載の水中通信装置。
- [請求項3] 前記送信機と前記受信機は、1 m以上の間隔をあけて配置されている請求項1又は2に記載の水中通信装置。
- [請求項4] 前記電気信号の周波数は、1 kHz～10 MHzである請求項1～3のいずれか1項に記載の水中通信装置。
- [請求項5] 前記水が海水である請求項1～4のいずれか1項に記載の水中通信装置。
- [請求項6] 電気信号を水中に発信する送信ステップと、
水を介して前記電気信号を受信する受信ステップと
を備える水中通信方法であって、
前記受信ステップは、前記水に接する位置にチャネル領域が設けられた電界効果トランジスタによって前記電気信号を受信する、水中通信方法。

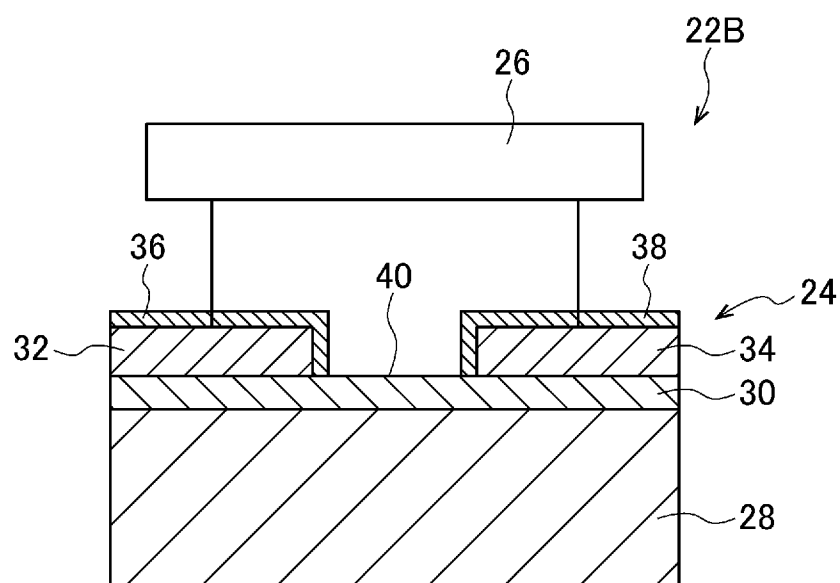
[図1]



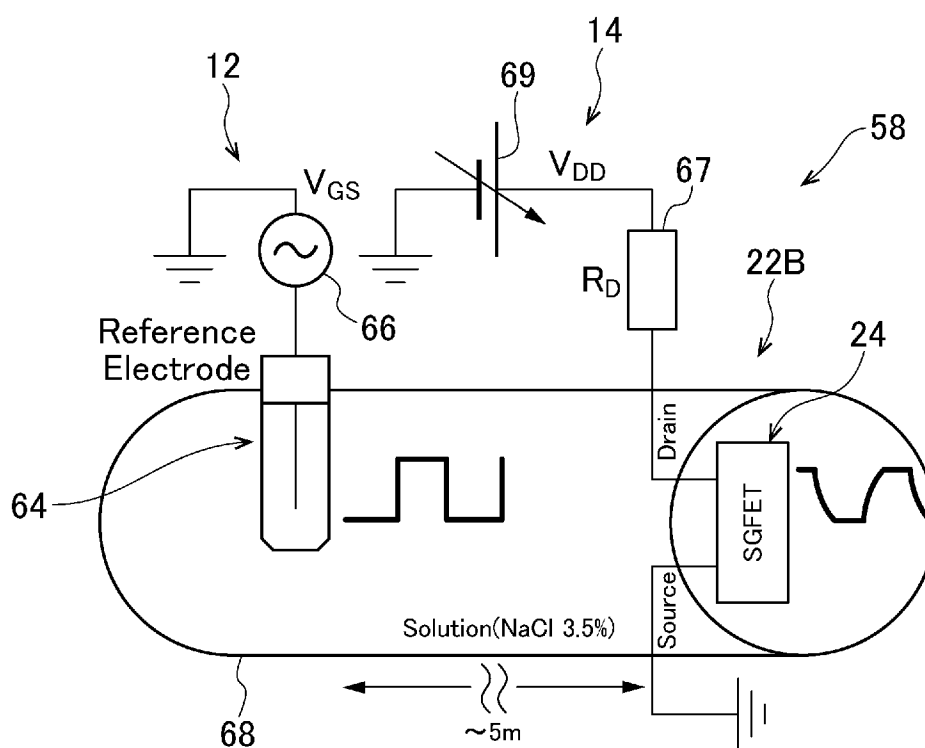
[図2]



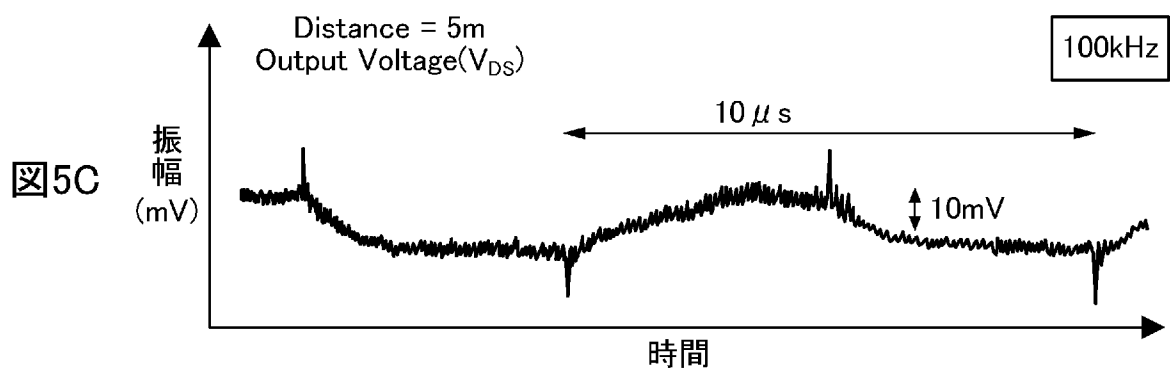
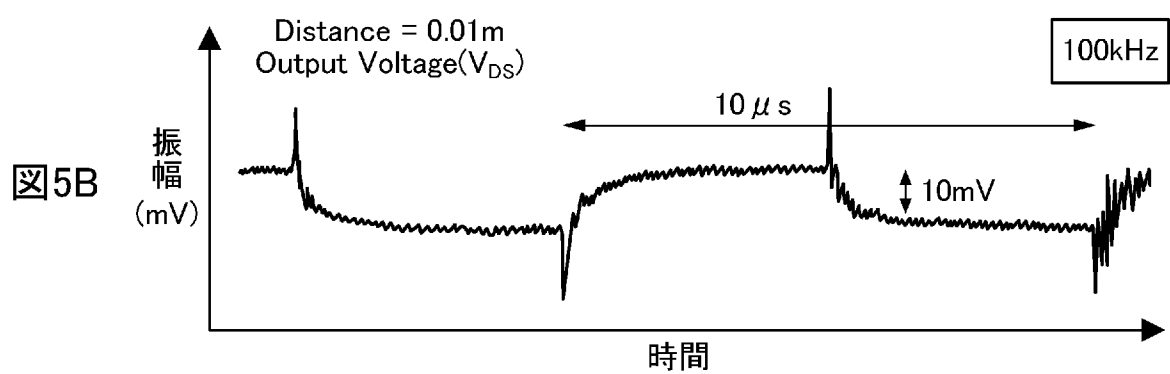
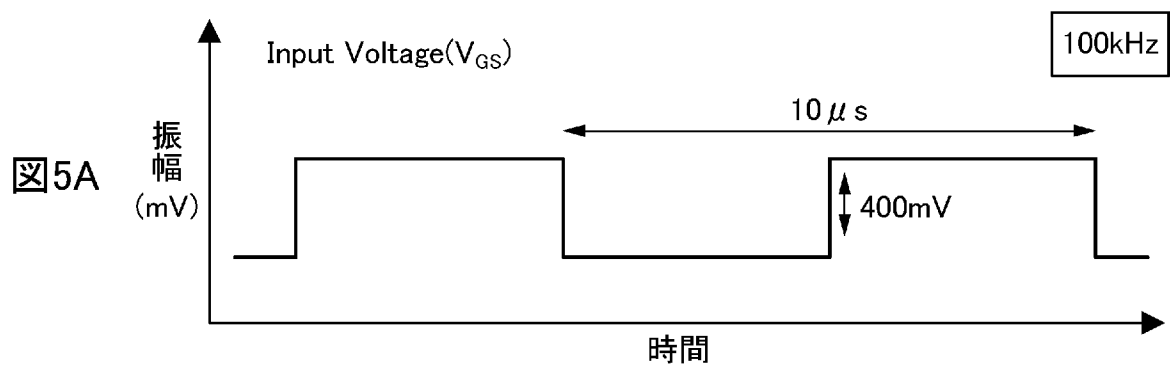
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

図6A

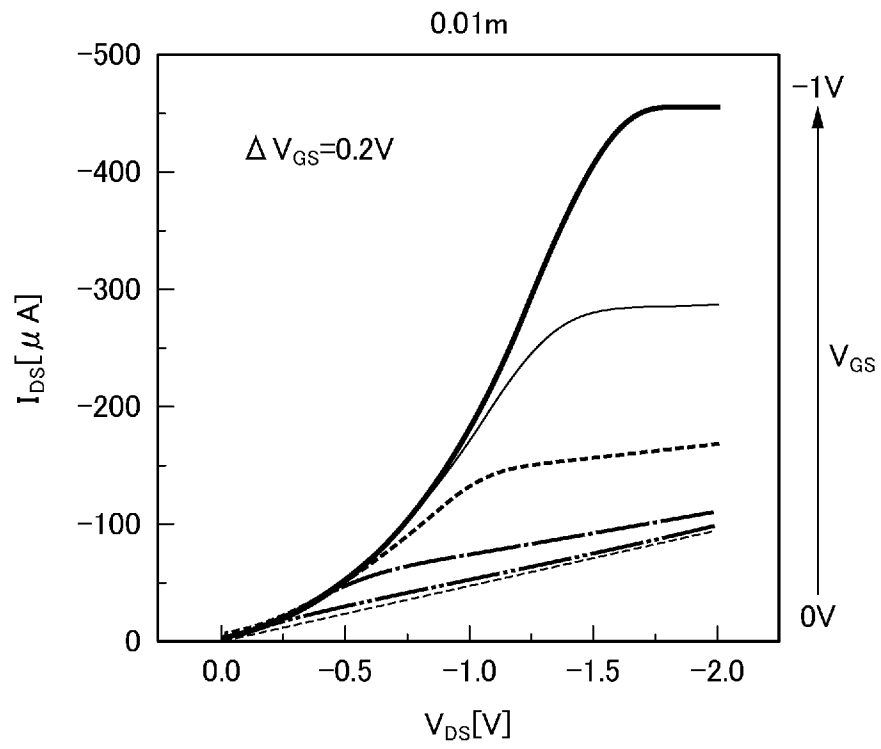
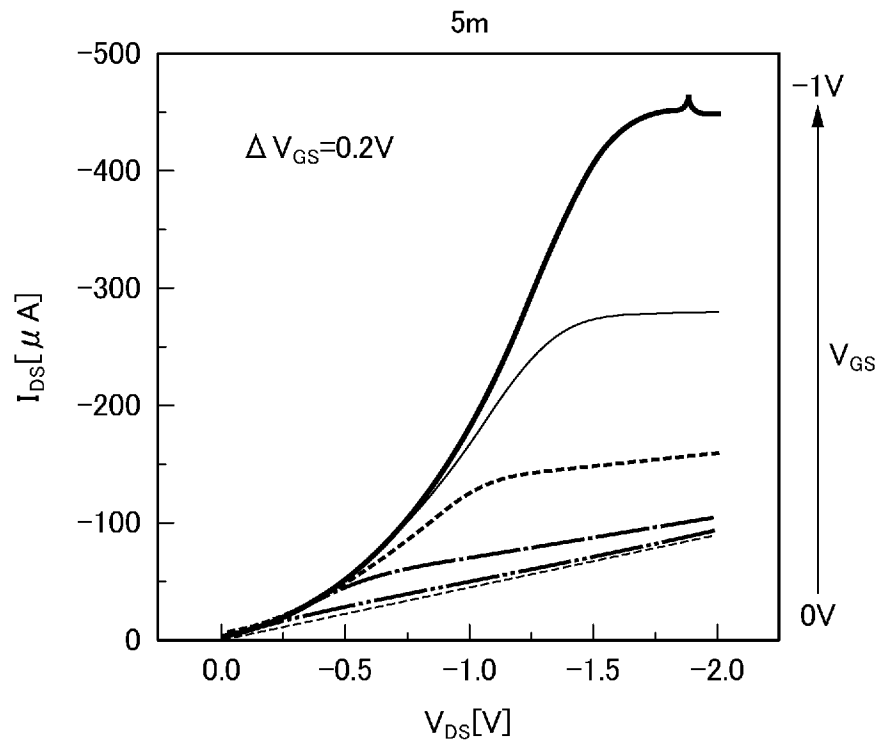
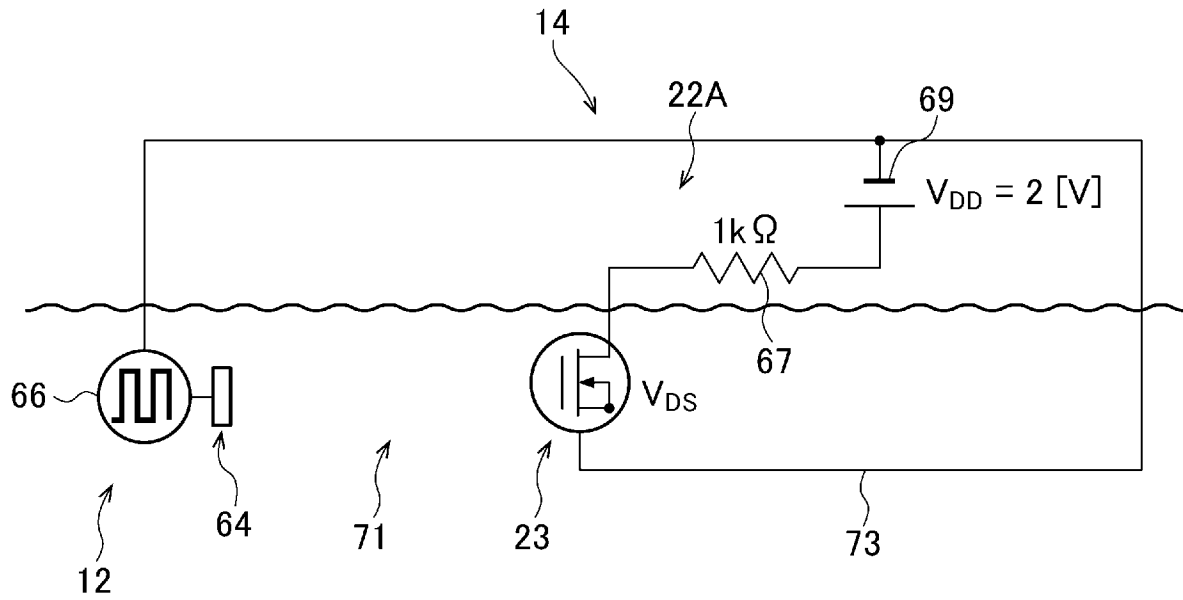


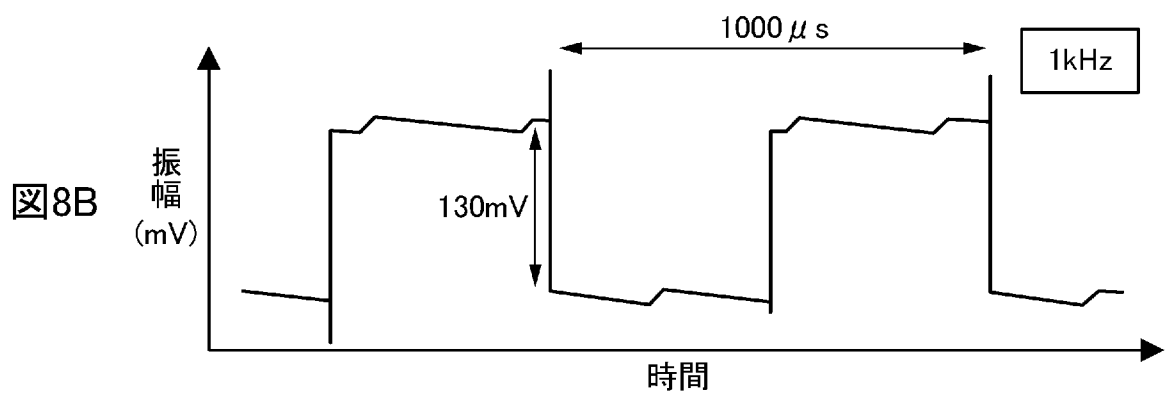
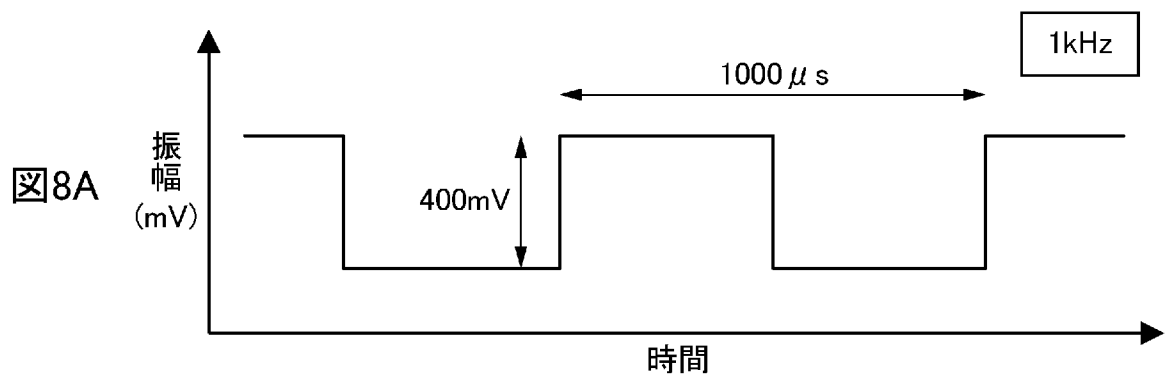
図6B



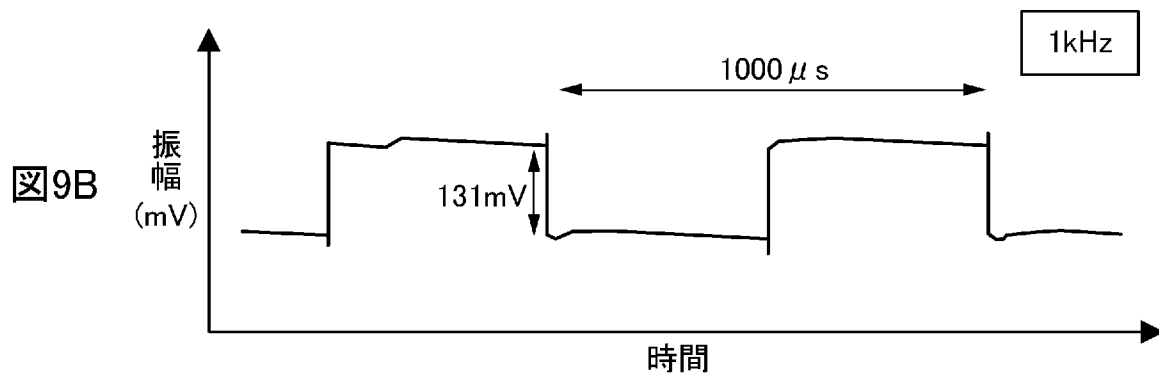
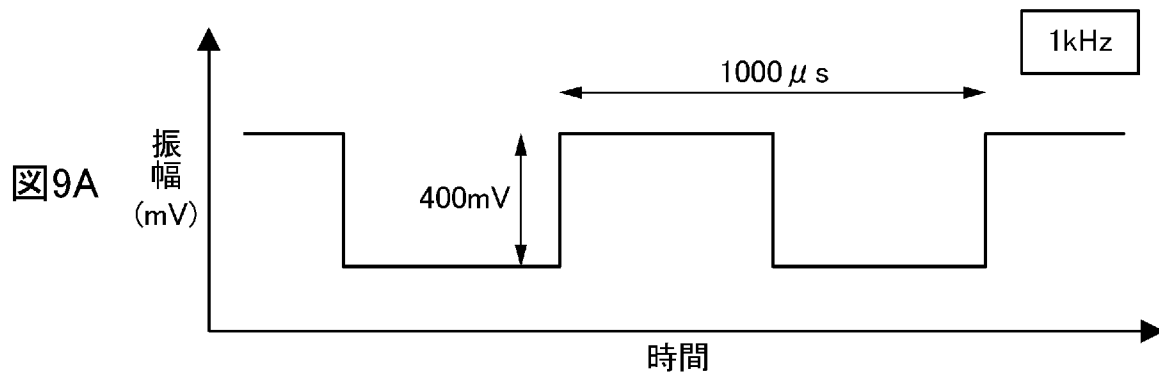
[図7]



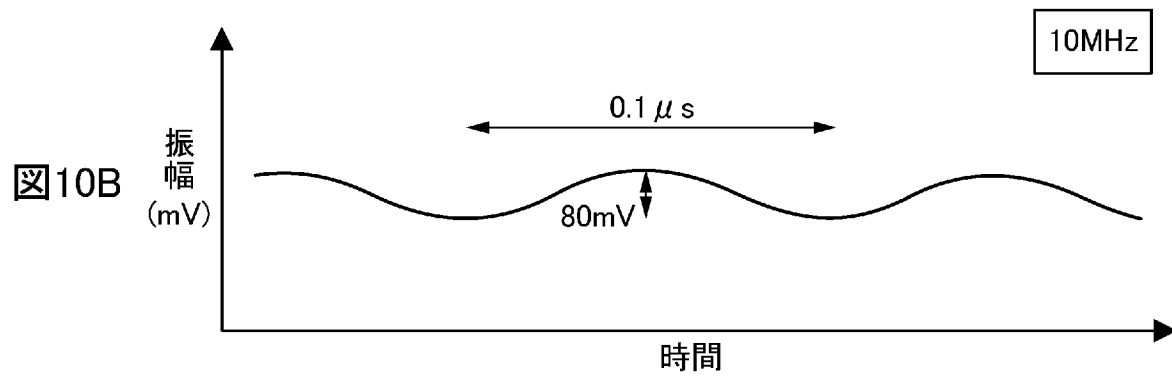
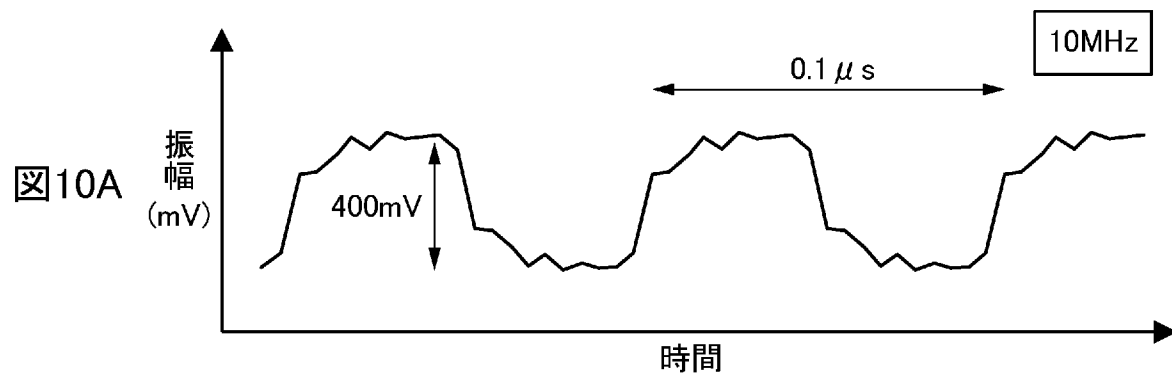
[図8]



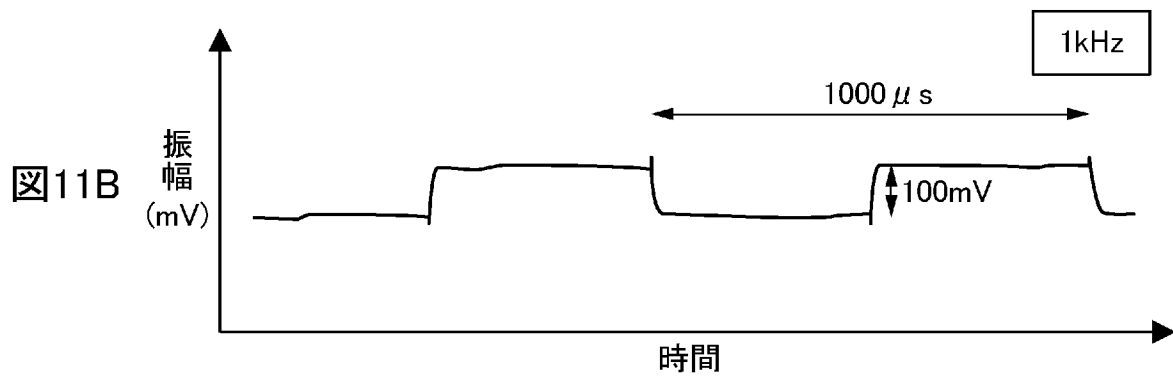
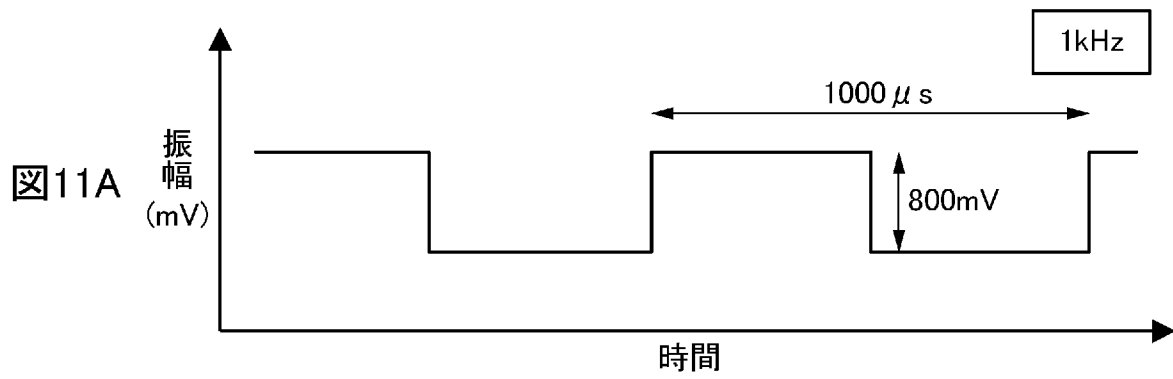
[図9]



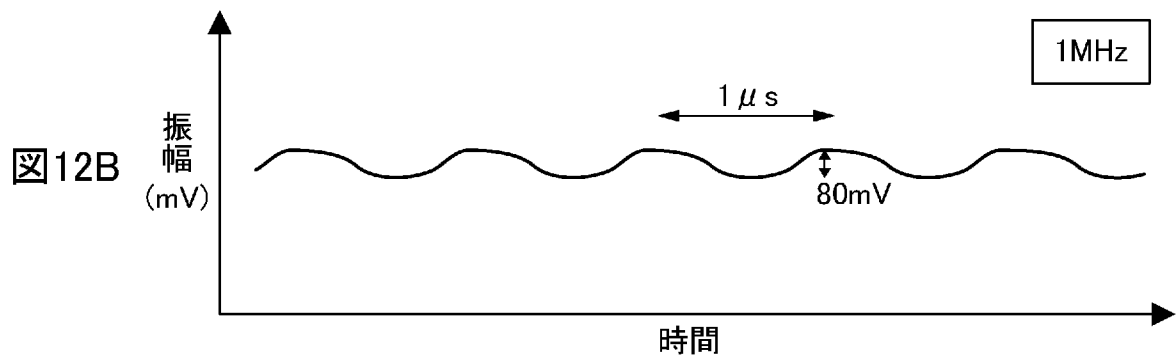
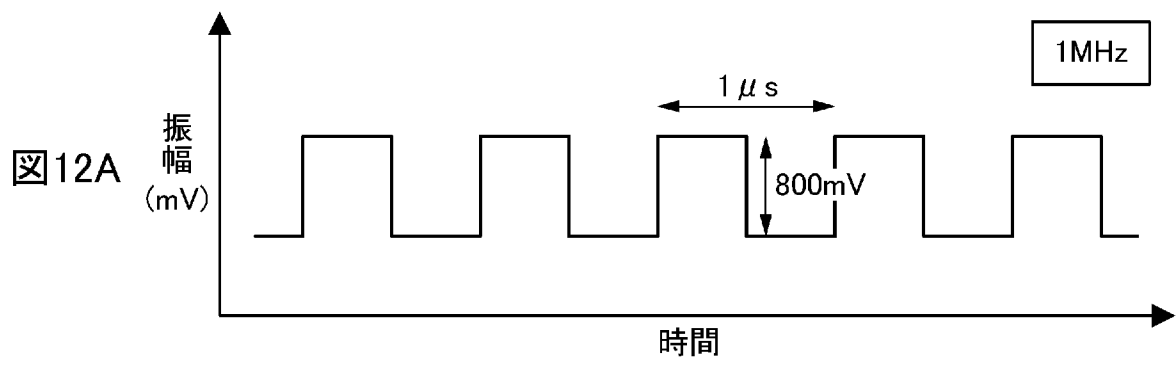
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

図13A

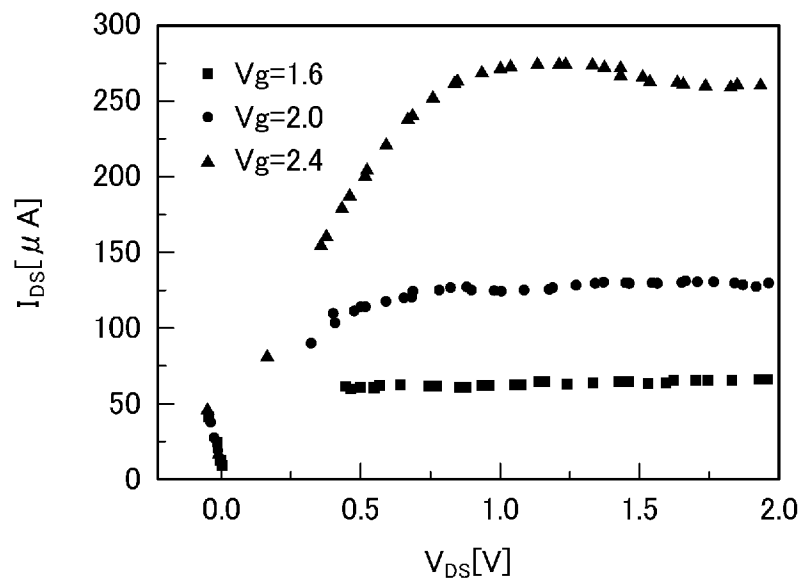
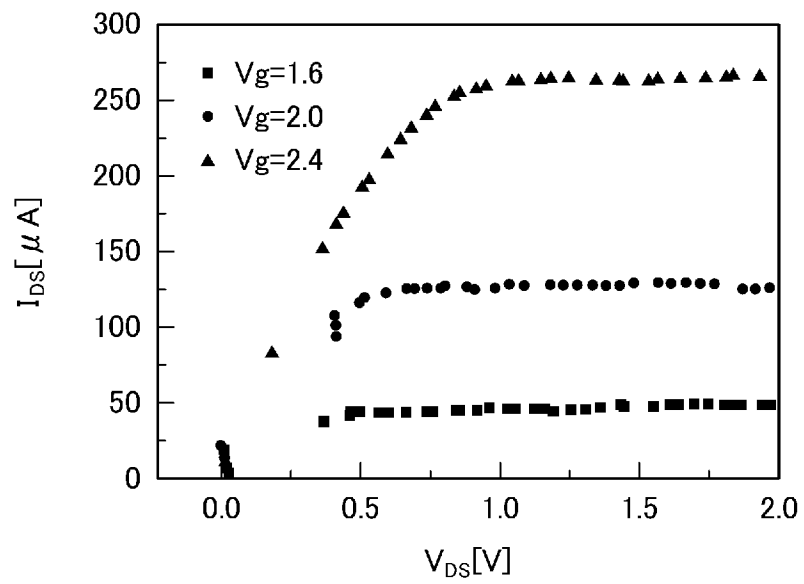
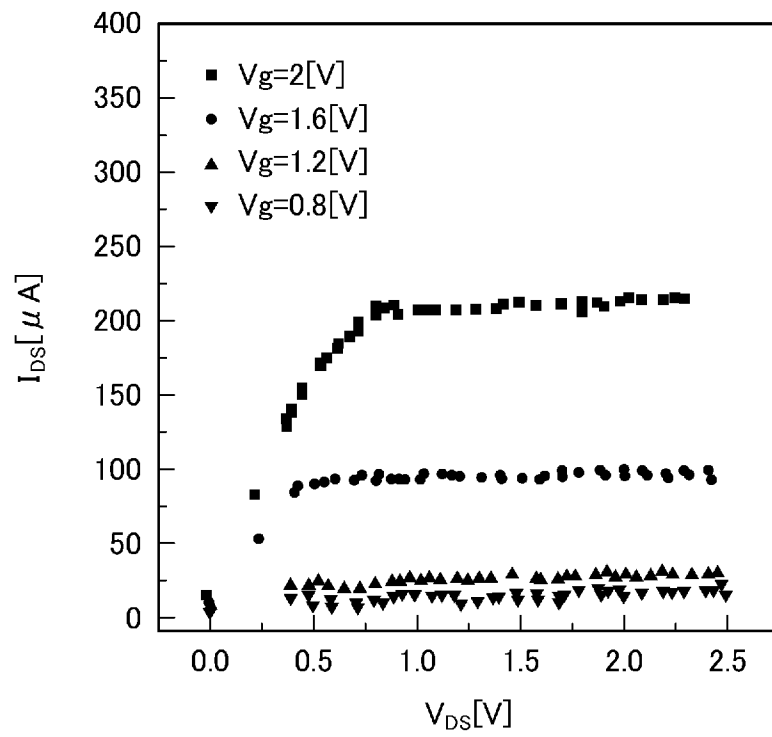


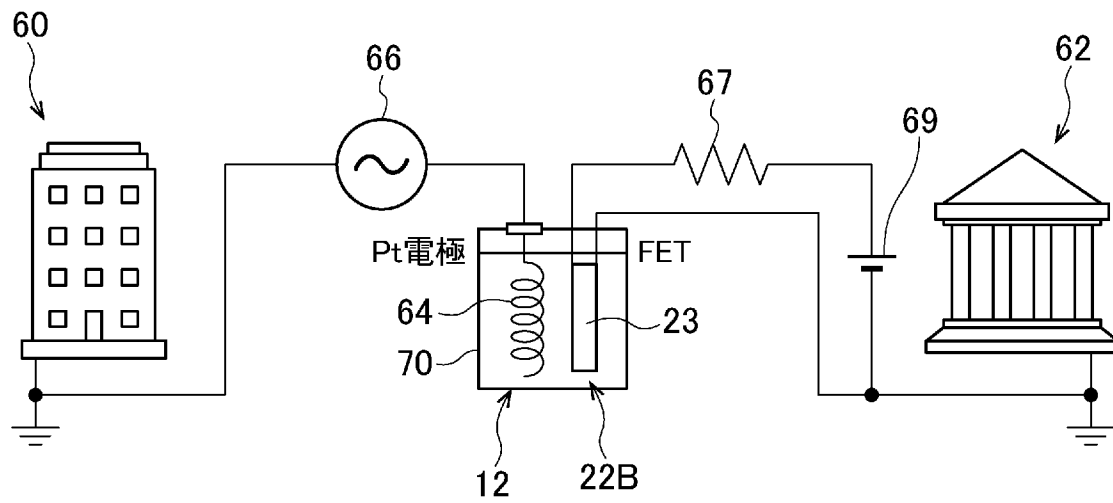
図13B



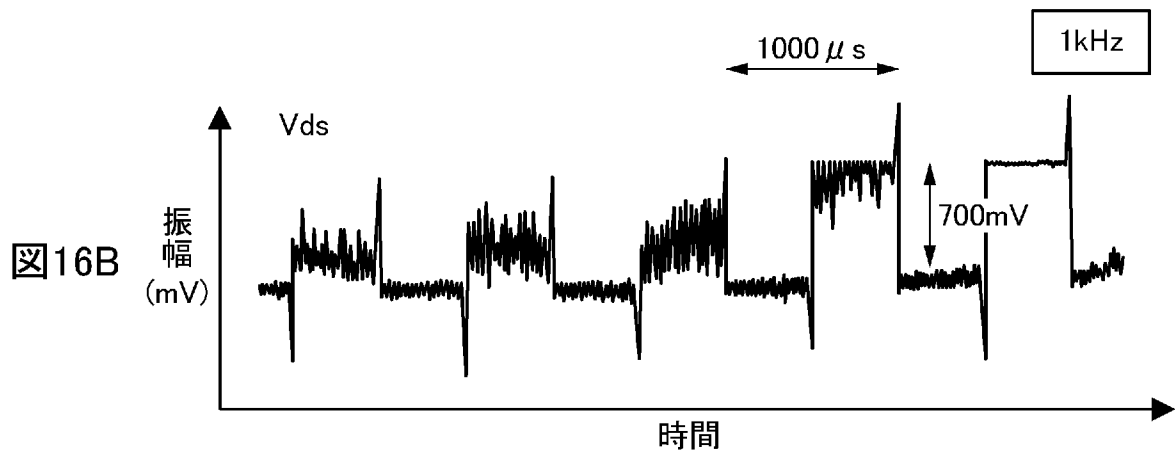
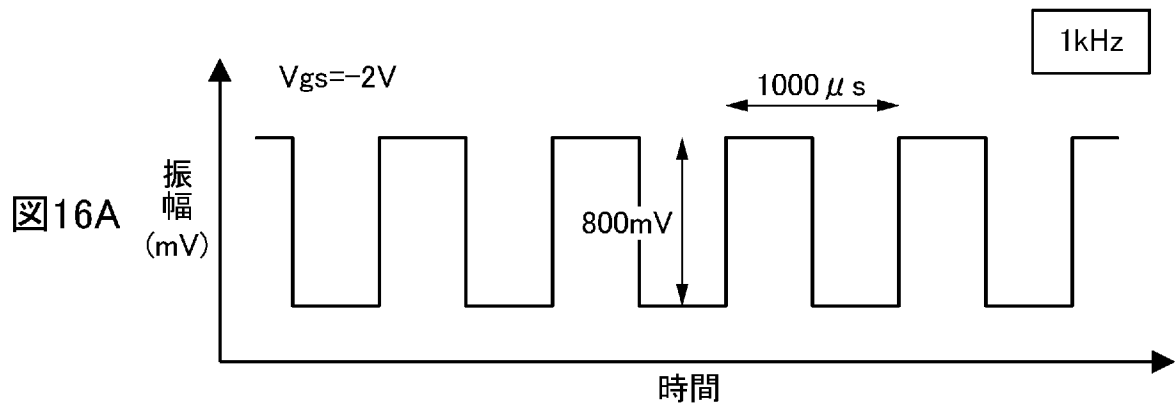
[図14]



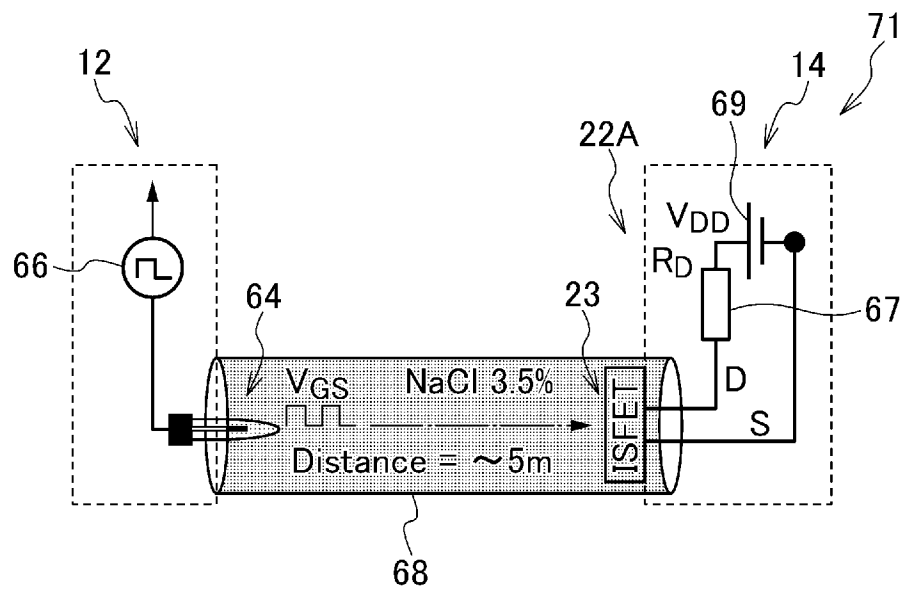
[図15]



[図16]



[図17]



[図18]

図18A

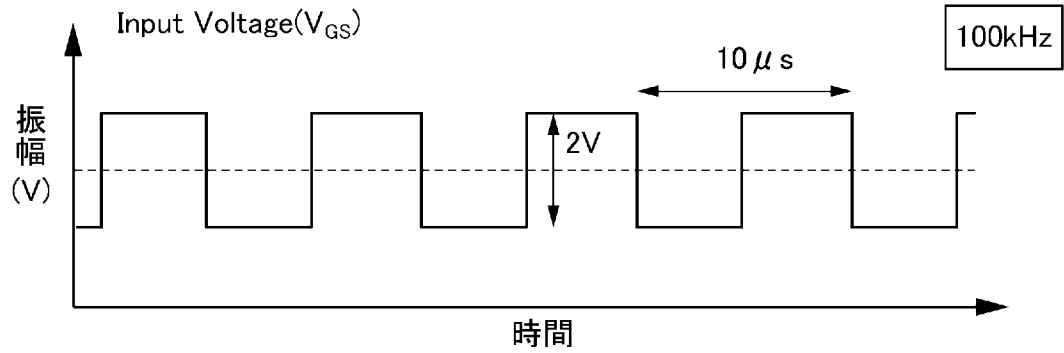


図18B

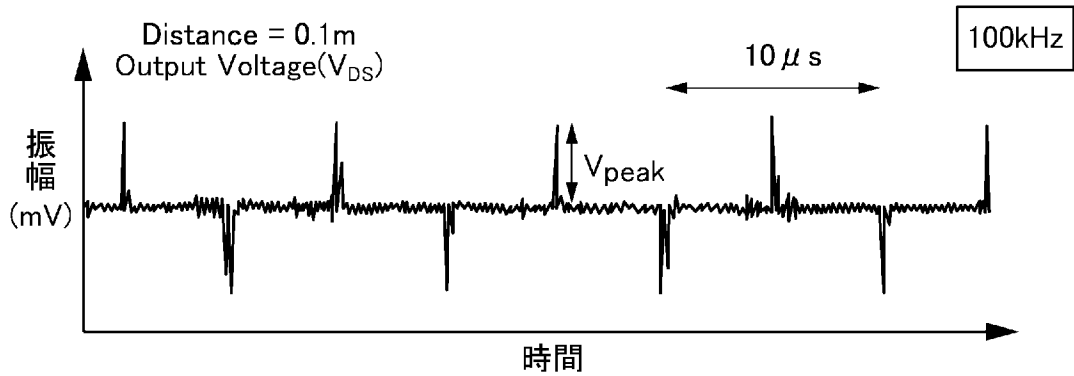
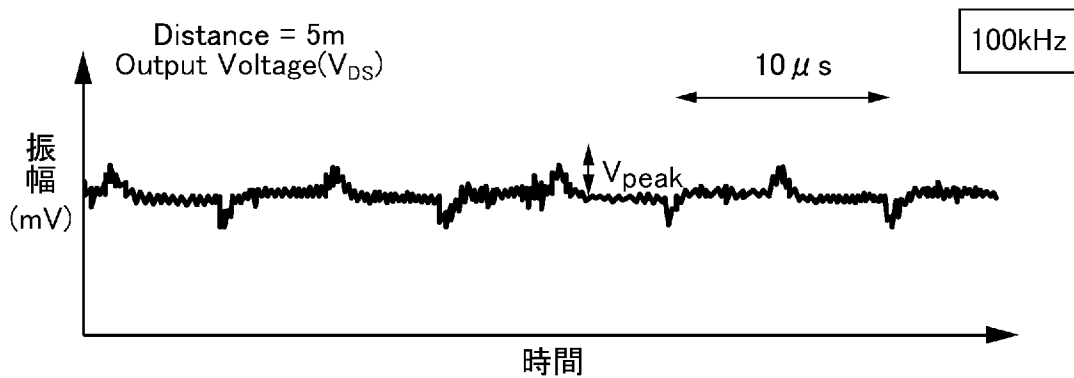
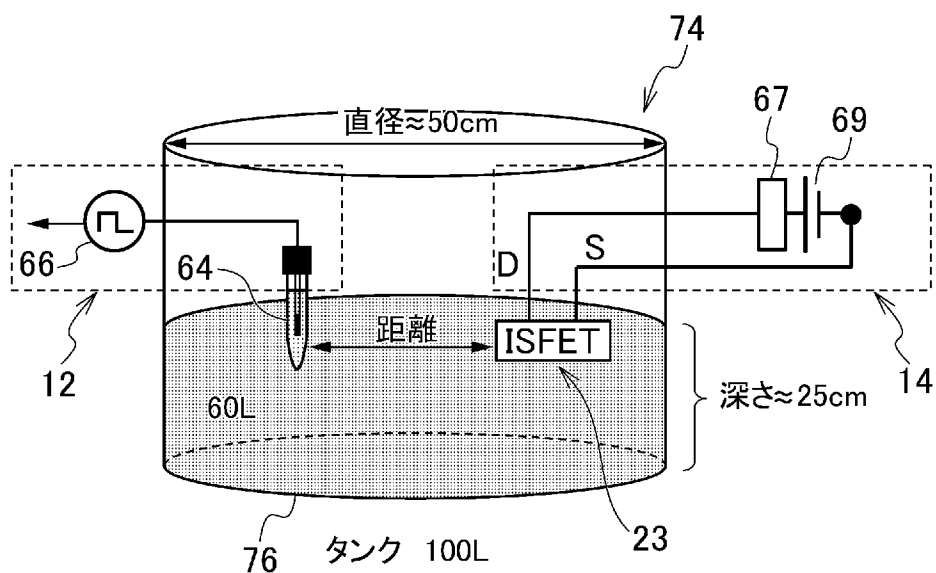


図18C



[図19]



[図20]

図20A

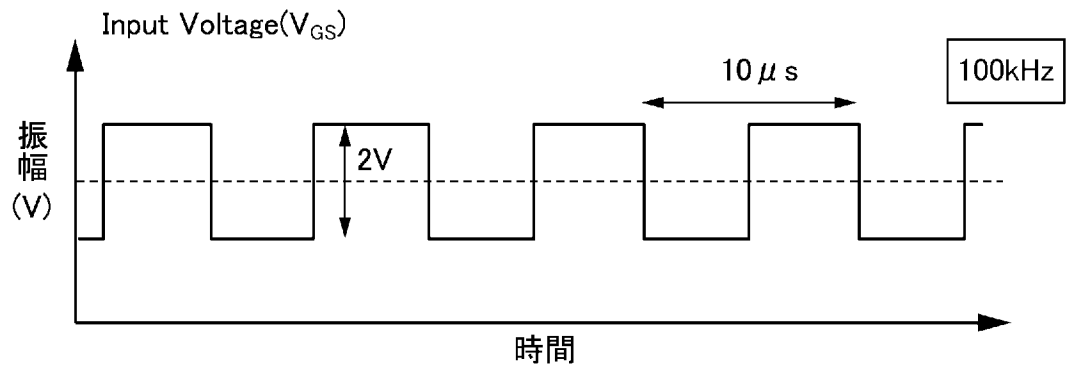


図20B

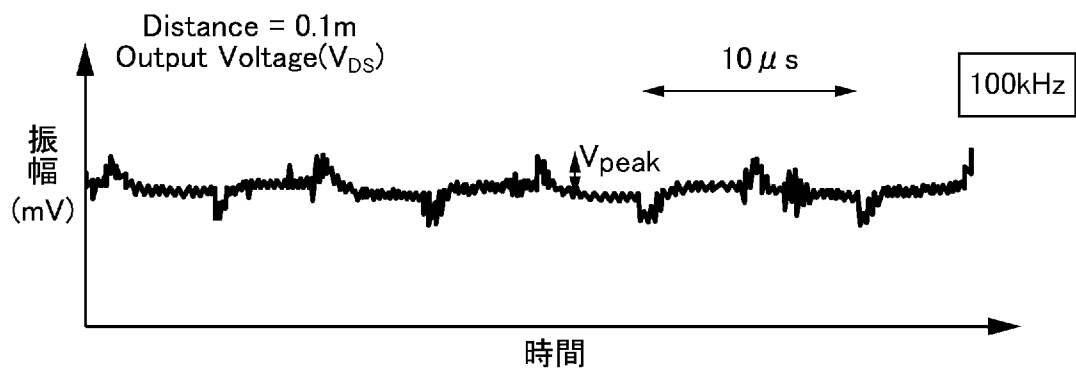
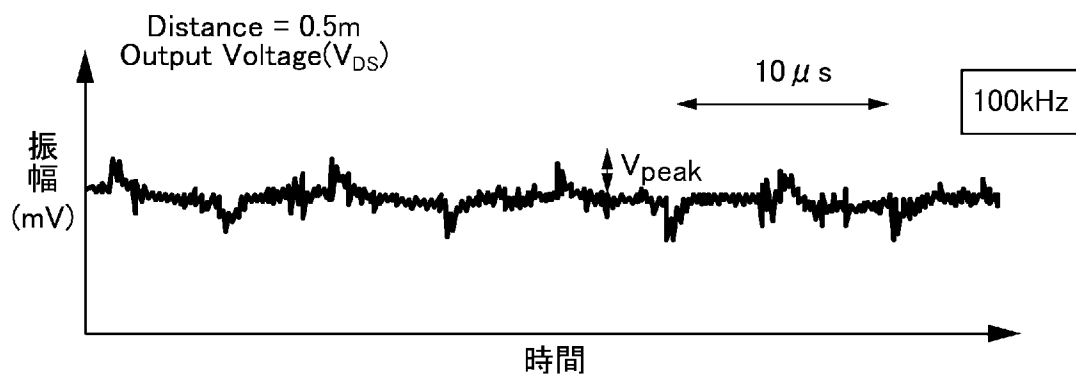
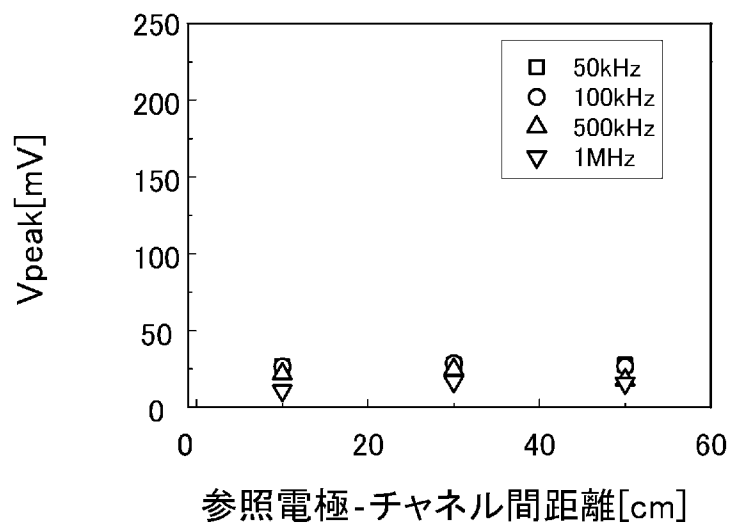


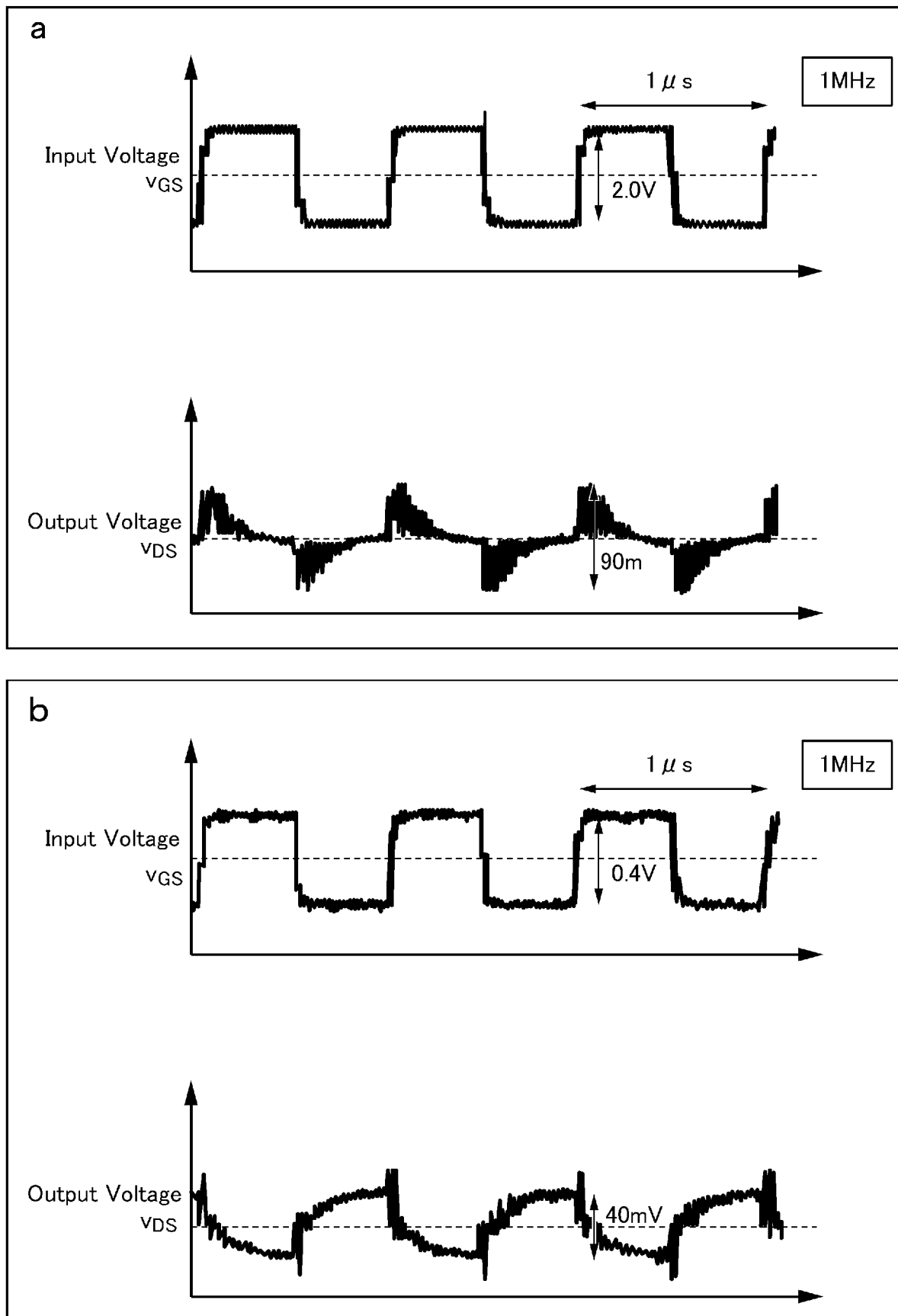
図20C



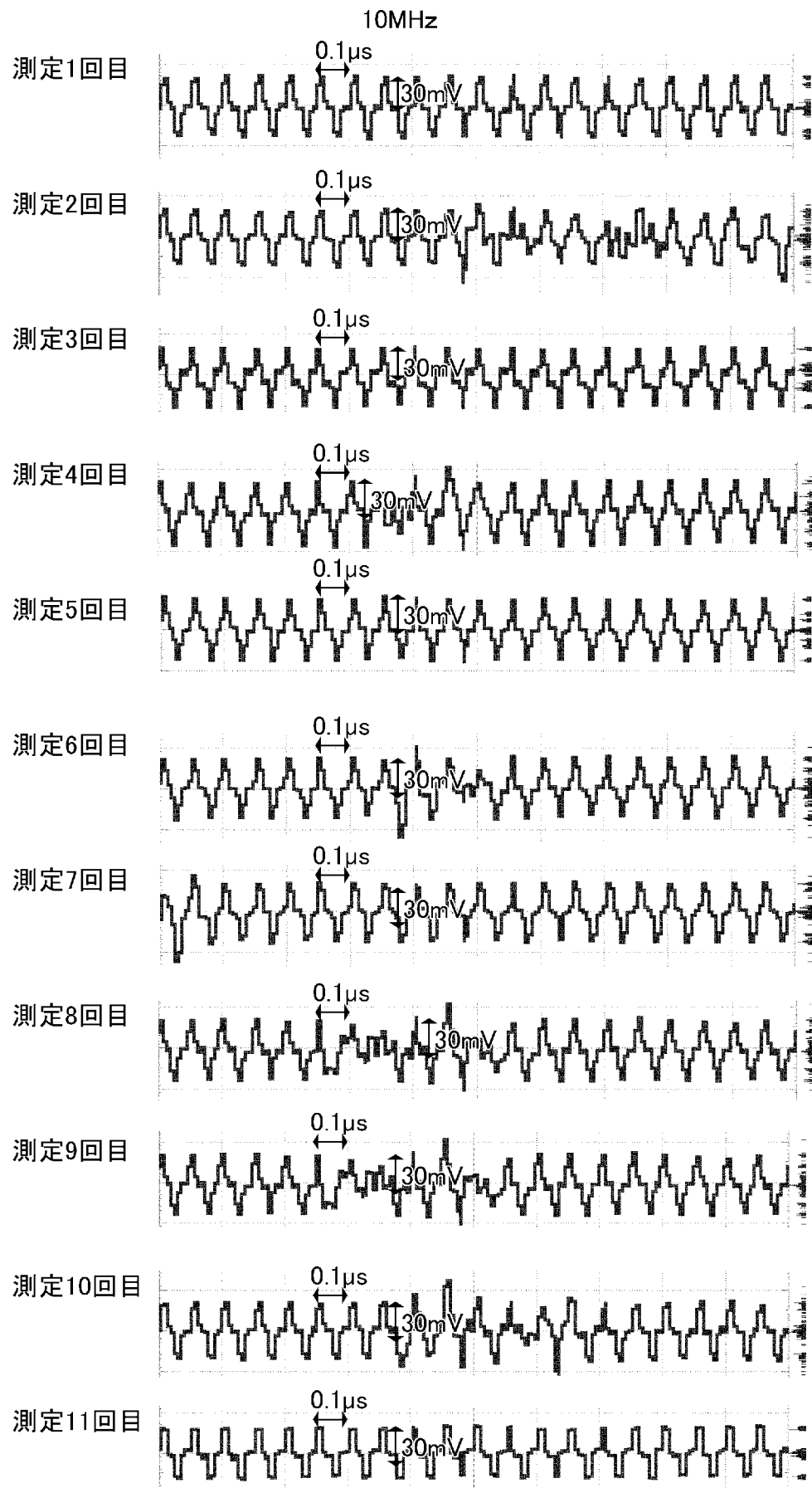
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/034265

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04B13/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H04B13/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/051932 A1 (NEC CORP.) 22 March 2018, entire text, all drawings & US 2019/0199450 A1, entire text, all drawings & EP 3514989 A1	1-6
A	JP 2012-233876 A (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 29 November 2012, entire text, all drawings & US 2012/0273845 A1, entire text, all drawings & EP 2518483 A2	1-6
P, X	CN 109799534 A (UNIV XI AN JIAOTONG) 24 May 2019, paragraphs [0033]-[0038], fig. 1 (Family: none)	1, 5-6

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 October 2019 (31.10.2019)

Date of mailing of the international search report
26 November 2019 (26.11.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04B13/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04B13/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2018/051932 A1 (日本電気株式会社) 2018.03.22, 全文, 全図 & US 2019/0199450 A1, 全文, 全図 & EP 3514989 A1	1-6
A	JP 2012-233876 A (ハネウェル・インターナショナル・インコーポ レーテッド) 2012.11.29, 全文, 全図 & US 2012/0273845 A1, 全文, 全図 & EP 2518483 A2	1-6
P, X	CN 109799534 A (UNIV XI AN JIAOTONG) 2019.05.24, 段落[0033]-[0038], 図1 (ファミリーなし)	1, 5-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

31.10.2019

国際調査報告の発送日

26.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

後澤 瑞征

5 K

4540

電話番号 03-3581-1101 内線 3556