

(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
2024年4月4日(04.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/070653 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 22/00 (2006.01) G01N 22/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/033140
- (22) 国際出願日: 2023年9月12日(12.09.2023)
- (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 2022-158497 2022年9月30日(30.09.2022) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP). ソニーグループ株式会社(SONY GROUP CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 近藤 史隆 (KONDO Fumitaka); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 山本 憲(YAMAMOTO Ken); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

ションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 中川 慶 (NAKAGAWA Kei); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内 Tokyo (JP). 檜山 彩夏(HIYAMA Ayaka); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー知的財産サービス株式会社内 Tokyo (JP).

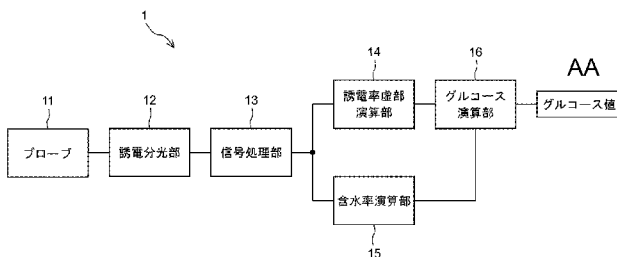
(74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3丁目9番10号 池袋F Nビル4階 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 測定装置、及び、測定方法

FIG.1



11 Probe
12 Dielectric spectroscopy unit
13 Signal processing unit
14 Dielectric constant imaginary part calculation unit
15 Moisture content calculation unit
16 Glucose calculation unit
AA Glucose value

(57) Abstract: The present technology pertains to a measurement device and a measurement method which enable accurate measurement of the concentration of glucose (dextrose) contained in an object to be measured. The concentration of glucose in the object to be measured is calculated on the basis of the complex dielectric constant of the object to be measured and moisture content of the object to be measured. The moisture content can be calculated on the basis of an incident signal, which represents an electromagnetic wave incident on the object to be measured, and a reflection signal, which represents reflection by the object to be measured.

(57) 要約: 本技術は、被測定対象に含まれるグルコース（ブドウ糖）の濃度を正確に測定できるようにする測定装置、及び、測定方法に関する。被測定対象の複素誘電率と、被測定対象の含水率とに基づいて、被測定対象のグルコース濃度が算出される。含水率は、被測定対象に入射した電磁波としての入射信号と、入射信号に対して被測定対象を反射した反射信号とに基づいて算出され得る。

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

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： 測定装置、及び、測定方法

技術分野

[0001] 本技術は、測定装置、及び、測定方法に関し、特に、被測定対象に含まれるグルコース（ブドウ糖）の濃度を正確に測定できるようにした測定装置、及び、測定方法に関する。

背景技術

[0002] 非侵襲の血糖値センサに関して、赤外線レーザやマイクロ波及びミリ波を用いたセンサが製品化及び研究されている。現状の非侵襲の血糖値センサに使われている技術では、体内や体外(汗など)のバルク水の割合により精度が落ちるという課題がある。特許文献1には、誘電分光を用いて成分濃度の測定をする際の被測定対象の含水率による影響を抑制し、高精度に成分濃度を測定する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-190896号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1では、複素誘電率スペクトルに対する被測定対象の含水率の影響を複素誘電率スペクトルの規格化という処理により低減することで、測定結果である成分濃度に対する被測定対象の含水率の影響を低減している。しかしながら、複素誘電率スペクトルの規格化だけでは、複素誘電率スペクトルに対する被測定対象の含水率の影響を十分に低減することは難しい。

[0005] 本技術はこのような状況に鑑みてなされたものであり、被測定対象に含まれるグルコース（ブドウ糖）の濃度を正確に測定できるようにする。

課題を解決するための手段

[0006] 本技術の第1の側面の測定装置は、被測定対象の複素誘電率と、前記被測

定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する処理部を有する測定装置である。

[0007] 本技術の第1の側面の測定方法は、処理部を有する測定装置の前記処理部が、被測定対象の複素誘電率と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する測定方法である。

[0008] 本技術の第1の側面の測定装置及び測定方法においては、被測定対象の複素誘電率と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度が算出される。

[0009] 本技術の第2の側面の測定装置は、被測定対象に入射する電磁波としての入射信号を生成し、前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号とを受信するRF回路と、前記RF回路により受信された前記入射信号及び前記反射信号をデジタルデータに変換するADコンバータと、前記ADコンバータによりデジタルデータに変換された前記入射信号及び前記反射信号をフーリエ変換する変換部と、前記変換部によりフーリエ変換された前記入射信号及び前記反射信号とに基づいてSパラメータ(Scattering parameters)を算出するSパラメータ演算部とを有する測定装置である。

[0010] 本技術の第2の側面の測定方法は、RF回路と、ADコンバータと、変換部と、Sパラメータ演算部とを有する測定装置の前記RF回路が、被測定対象に入射する電磁波としての入射信号を生成し、前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号とを受信し、前記ADコンバータが、前記入射信号及び前記反射信号をデジタルデータに変換し、前記変換部が、前記デジタルデータに変換された前記入射信号及び前記反射信号をフーリエ変換し、前記Sパラメータ演算部が、前記フーリエ変換された前記入射信号及び前記反射信号とに基づいてSパラメータを算出する測定方法である。

[0011] 本技術の第2の側面の測定装置及び測定方法においては、被測定対象に入射する電磁波としての入射信号が生成され、前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号とが受信され、前記入射信号及び前記反射信号がデジタルデータに変換され、前記デジタルデータに変換さ

れた前記入射信号及び前記反射信号がフーリエ変換され、前記フーリエ変換された前記入射信号及び前記反射信号とに基づいてSパラメータが算出される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本技術が適用された測定装置の第1の実施の形態の概略構成例を示したブロック図である。

[図2]測定装置の実施例1の構成例を示した構成図である。

[図3]測定装置の実施例2の構成例を示した構成図である。

[図4]測定装置の実施例3を構成例示した構成図である。

[図5]本技術が適用された測定装置の第2の実施の形態の概略構成例を示したブロック図である。

[図6]本技術が適用された測定装置の処理手順例を示したフローチャートである。

[図7]図3の実施例2における誘電分光部の詳細を例示した構成図である。

[図8]プローブの配置例1を示した図である。

[図9]プローブの配置例2を示した図である。

[図10]プローブの配置例1が適用された実施例を示した図である。

[図11]プローブの配置例2が適用された実施例を示した図である。

[図12]測定装置の誘電分光部及び信号処理部の具体的構成例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら本技術の実施の形態について説明する。

[0014] <<本技術が適用された測定装置の第1の実施の形態>>

図1は、本技術が適用された測定装置の第1の実施の形態の概略構成例を示したブロック図である。

[0015] 図1において、測定装置1は、第1の実施の形態に係る測定装置であり、例えば、ベクトルネットワークアナライザ(VNA: Vector Network Analyzer)の構成を含む。ベクトルネットワークアナライザは、周知のように被測定対

象のSパラメータ(Scattering Parameter)を測定する装置である。

[0016] 測定装置1は、プローブ11、誘電分光部12、信号処理部13、誘電率虚部演算部14、含水率演算部15、及び、グルコース演算部16を有する。プローブ11は、ベクトルネットワークアナライザの1又は複数のポートのそれぞれを構成するプローブを包括して表す。プローブ11は、誘電分光部12から供給されたマイクロ波乃至ミリ波帯（例えば、1乃至9GHz）の電磁波（以下、単に電磁波という）を被測定対象に照射（入射）し、また、被測定対象を反射又は透過（伝送）した電磁波を誘電分光部12に供給（伝送）する。プローブ11は、電磁波の伝送線として同軸プローブ、導波管、マイクロストリップ線路、コプレーナ線路等で構成されていてよい。なお、包括して表されたプローブ11のうちの少なくとも1つのプローブは、被測定対象に対して電磁波を入射するポート（ポート1）を構成する。ポート1のプローブは、被測定対象に入射する電磁波（入射信号ともいう）を伝送し、かつ、被測定対象を反射した電磁波（反射信号ともいう）を誘電分光部12に伝送する。ポート1以外のポートを構成するプローブは、ポート1のプローブから入射した後に被測定対象を透過（伝送）した電磁波（透過信号ともいう）を誘電分光部12に伝送する。

[0017] 誘電分光部12は、被測定対象に入射する電磁波（入射信号）をプローブ11に供給し、被測定対象を反射及び透過した電磁波（反射信号及び透過信号）をプローブ11を介して受信する。誘電分光部12は、入射信号、反射信号、及び、透過信号のそれぞれに対して、時間領域表現から周波数領域表現への変換（フーリエ変換）を行う。その結果、入射信号、反射信号、及び、透過信号のそれぞれを周波数成分値で表した周波数成分信号を算出する。算出された入射信号、反射信号、及び、透過信号の周波数成分信号は、信号処理部13に供給される。

[0018] 信号処理部13は、誘電分光部12からの入射信号、反射信号、及び、透過信号のそれぞれの周波数成分信号に基づいて、被測定対象のSパラメータを算出する。例えば、ベクトルネットワークアナライザの2ポートを使用する

場合、SパラメータとしてS11とS21とが算出される。S11は、被測定対象への入射信号に対する反射信号の大きさと位相の変化を表す。S21は、被測定対象への入射信号に対する透過信号の大きさと位相の変化を表す。算出されたSパラメータは、誘電率虚部演算部14と含水率演算部15とに供給される。なお、Sパラメータは、入射信号、反射信号、及び、透過信号のうちの入射信号及び反射信号に基づいて算出される場合であってもよい。また、本技術において、誘電分光部12からの入射信号、反射信号、及び、透過信号（又は、入射信号及び反射信号）のそれぞれの周波数成分信号に基づいて、被測定対象のSパラメータを算出することで、被測定対象の誘電率虚部の値と含水率とを算出するが、Sパラメータを必ずしも算出する必要はない。例えば、誘電分光部12からの入射信号、反射信号、及び、透過信号のそれぞれの周波数成分信号に基づいて、被測定対象の誘電率虚部の値と含水率とを直接的に算出してもよい。また、被測定対象の複素誘電率を算出する方法として、プローブ法やSパラメータ法などの周知の方法が知られており、プローブ法では、S11に基づいて複素誘電率が算出され、Sパラメータ法ではS11とS21とに基づいて複素誘電率が算出される。本技術ではいずれの方法が用いられる場合であってもよい。例えば、SパラメータとしてS11とS21とが得られる場合にプローブ法のようにS11から複素誘電率を算出する場合であってもよい。

[0019] 誘電率虚部演算部14は、信号処理部13からのSパラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率における実部と虚部とのうち、虚部（誘電率虚部）の値を算出する。誘電率虚部の値は被測定対象に含まれるグルコース（ブドウ糖）の濃度に応じた周波数特性を示す。算出された誘電率虚部の値は、グルコース演算部16に供給される。

[0020] なお、複素誘電率 ϵ^* は、次式（1）で表される。

$$\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon'' \cdots (1)$$

ϵ' は、複素誘電率の実部の値であり、 ϵ'' は、複素誘電率の虚部の値である。複素誘電率の絶対値は、実部の値と虚部の値との二乗和の平方根の値である。

[0021] 含水率演算部 15 は、信号処理部 13 からの S パラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率の絶対値（誘電率絶対値）を算出し、誘電率絶対値と体積含水率の検量線、又は、誘電率絶対値と水の比誘電率との比から、被測定対象の含水率を算出する。被測定対象の含水率は、被測定対象に含まれる物資内における水分の含有率を表す。算出された含水率はグルコース演算部 16 に供給される。なお、含水率演算部 15 は、誘電率絶対値の代わりに、誘電率実部の値、又は、入射信号に対する反射信号の遅延時間（入射信号と反射信号との受信時間の差分）を算出し、誘電率実部の値と体積含水率の検量線、又は、入射信号に対する反射信号の遅延時間と体積含水率の検量線に基づいて含水率を算出してもよい。

[0022] グルコース演算部 16 は、誘電率虚部演算部 14 からの誘電率虚部の値と、含水率演算部 15 からの含水率とに基づいて、被測定対象のグルコース濃度（血糖値、間質液中のグルコース濃度）を算出する。なお、グルコース濃度をグルコース値ともいう。グルコース濃度の単位は、単位体積当たりのグルコースの体積である。誘電率虚部の周波数特性は、被測定対象のグルコース濃度が同じであっても含水率が異なると、誘電率虚部の周波数特性が異なる。そこで、グルコース演算部 16 は、例えば、既定の含水率を仮定した場合に誘電率虚部の周波数特性から推定されるグルコース濃度に対して実際の含水率に応じた補正量の補正を行う。グルコース演算部 16 は、グルコース濃度の補正量、又は、補正後のグルコース濃度を、事前に作成された補正テーブルを用いて決定する。補正テーブルは、誘電率虚部の値（周波数特性）から推定されたグルコース濃度と、含水率演算部 15 からの実際の含水率とに対して、グルコース濃度の適切な補正量又は補正後のグルコース濃度を規定したデータである。グルコース演算部 16 により決定されたグルコース濃度（グルコース値）は、後段の任意の処理部に出力される。後段の処理部としては表示部の表示を制御する表示制御部であってもよいし、データを管理（保存等）する管理部などであってもよい。

[0023] 本技術が適用された測定装置 1 によれば、被測定対象の含水率を算出する

ことで、グルコース濃度を含水率に応じて補正することができ、正確なグルコース濃度を算出することができる。なお、グルコース濃度は、測定装置 1 とは別の方法、例えば、赤外線や可視光などを用いて計測し、その計測結果に対して、測定装置 1 で算出した含水率に基づく補正を行うようにしてもよい。なお、本技術は、被測定対象におけるグルコース以外の物質（例えば、生体内物質）の濃度を測定する場合にも適用することができる。グルコース以外の物質の濃度の測定においても、グルコースの濃度を測定する場合と同様に含水率を考慮した正確な濃度を測定することができる。

[0024] <測定装置 1 の実施例 1>

図 2 は、測定装置 1 の実施例 1 である測定装置 1-1 の構成例を示した構成図である。図 2 の測定装置 1-1 は、ベクトルネットワークアナライザの 1 つのポート 1 のみを使用する形態である。図 2 の測定装置 1-1 は、送信部 3 1、方向性結合部 3 2、プローブ 3 3、受信部 3 4、FFT 部 3 5、S パラメータ演算部 3 6、誘電率虚部演算部 3 7、誘電率絶対値演算部 3 8、含水率演算部 3 9、グルコース演算部 4 0、及び、補正テーブル 4 1 を有する。なお、図 2、3、4、及び、1 2 において、「S パラメータ演算部」は、「Spara 演算部」と記載されている。図 2 の送信部 3 1、方向性結合部 3 2、受信部 3 4、及び、FFT 部 3 5 は、図 1 の誘電分光部 1 2 の構成要素である。図 2 のプローブ 3 3 は、図 1 のプローブ 1 1 の構成要素である。図 2 の S パラメータ演算部 3 6 は、図 1 の信号処理部 1 3 の構成要素である。図 2 の誘電率虚部演算部 3 7 は、図 1 の誘電率虚部演算部 1 4 の構成要素である。図 2 の誘電率絶対値演算部 3 8 及び含水率演算部 3 9 は、図 1 の含水率演算部 1 5 の構成要素である。図 2 のグルコース演算部 4 0 及び補正テーブル 4 1 は、図 1 のグルコース演算部 1 6 の構成要素である。被測定対象 DUT は、人（又は動物）の耳朵、腕、掌、足、腹部などのプローブ 3 3 の端部（電極）が当接される部位周辺の組織である。なお、図 2 では、被測定対象 DUT に含まれる体組織として角質、皮膚細胞、血管（血液）が示されているが、被測定対象 DUT はこれに限定されない。

- [0025] 図2において、送信部31は、被測定対象DUTに入射する電磁波（入射信号）を方向性結合部32に供給する。ここで電磁波（入射信号）は、任意の固定周波数の信号、又は、周波数を掃引した信号である。方向性結合部32は、送信部31からの電磁波をプローブ33と受信部34とに分割して伝送する。また、方向性結合部32は、被測定対象DUTを反射したプローブ33からの電磁波を受信部34（反射信号）に伝送する。
- [0026] プローブ33は、ベクトルネットワークアナライザのポート1を構成する。プローブ33は、方向性結合部32から供給される送信部31からの電磁波（入射信号）を被測定対象DUTに照射（入射）し、また、被測定対象DUTを反射した電磁波（反射信号）を方向性結合部32に伝送する。
- [0027] 受信部34は、方向性結合部32から供給される送信部31からの入力信号と、方向性結合部32から供給されるプローブ33からの反射信号とをそれぞれ受信し、FFT部35に供給する。
- [0028] FFT部35は、受信部34からの入力信号及び反射信号のそれぞれに対して、FFT（fast Fourier transform）処理により、時間領域表現から周波数領域表現への変換（フーリエ変換）を行う。これにより、FFT部35は、入射信号及び反射信号のそれぞれの周波数成分信号を算出し、Sパラメータ演算部36に供給する。
- [0029] Sパラメータ演算部36は、FFT部35からの周波数成分信号としての入射信号及び反射信号に基づいて、被測定対象DUTのSパラメータを算出する。測定装置1-1では、ポート1における入射信号と反射信号のみがSパラメータ演算部36に供給されるので、SパラメータとしてS11が算出される。S11は、被測定対象DUTへの入射信号に対する反射信号の大きさと位相の変化を表す。Sパラメータ演算部36で算出されたSパラメータは、誘電率虚部演算部37と誘電率絶対値演算部38とに供給される。
- [0030] 誘電率虚部演算部37は、Sパラメータ演算部36からのSパラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率における実部と虚部とのうち、虚部（誘電率虚部）の値を算出する。誘電率虚部の値は被測定対象DUTに含まれる

グルコース（ブドウ糖）の濃度に応じた周波数特性を示す。算出された誘電率虚部の値は、グルコース演算部40に供給される。

[0031] 誘電率絶対値演算部38は、Sパラメータ演算部36からのSパラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率の絶対値（誘電率絶対値）を算出する。誘電率絶対値は被測定対象DUTに含まれる水分の含有率に応じて変動する。算出された誘電率絶対値は、含水率演算部39に供給される。

[0032] 含水率演算部39は、誘電率絶対値演算部38からの誘電率絶対値に基づいて、被測定対象DUTの含水率を算出する。算出された含水率はグルコース演算部40に供給される。

[0033] グルコース演算部40は、誘電率虚部演算部37からの誘電率虚部の値と、含水率演算部39からの含水率とに基づいて、補正テーブル41を用いて、被測定対象DUTのグルコース濃度（グルコース値）を算出する。すなわち、グルコース演算部40は、誘電率虚部の値（周波数特性）から推定されるグルコース濃度と、含水率演算部39からの含水率とに対応する補正量を補正テーブル41により決定し、決定した補正量を誘電率虚部の値から推定されたグルコース濃度に対して加算する。グルコース演算部40により算出されたグルコース値は、後段の任意の処理部に出力される。

[0034] 実施例1に係る測定装置1-1によれば、いわゆるプローブ法によりグルコース濃度を測定することができ、含水率に基づいてグルコース濃度を正確に算出することができる。

[0035] <測定装置1の実施例2>

図3は、測定装置1の実施例2である測定装置1-2の構成例を示した構成図である。図3の測定装置1-2は、ベクトルネットワークアナライザの2つのポート1及びポート2を使用する形態である。なお、図中、図2の測定装置1-1と対応する部分には同一符号を付してあり、その説明を適宜省略する。

[0036] 図3の測定装置1-2は、送信部31-1、方向性結合部32-1、プローブ33-1及び33-2、受信部34-1及び34-2、FFT部35-1及

び35-2、Sパラメータ演算部36、誘電率虚部演算部37、誘電率絶対値演算部38、含水率演算部39、グルコース演算部40、並びに、補正テーブル41を有する。図3の送信部31-1、方向性結合部32-1、受信部34-1及び34-2、並びに、FFT部35-1及び35-2は、図1の誘電分光部12の構成要素である。図3のプロープ33-1及び33-2は、図1のプロープ11の構成要素である。図3のSパラメータ演算部36は、図1の信号処理部13の構成要素である。図3の誘電率虚部演算部37は、図1の誘電率虚部演算部14の構成要素である。図3の誘電率絶対値演算部38及び含水率演算部39は、図1の含水率演算部15の構成要素である。図3のグルコース演算部40及び補正テーブル41は、図1のグルコース演算部16の構成要素である。被測定対象DUTは、図2の被測定対象DUTと共通する。

[0037] 図3において、送信部31-1、方向性結合部32-1、プロープ33-1、受信部34-1、及び、FFT部35-1は、図2の送信部31、方向性結合部32、プロープ33-1、受信部34、及び、FFT部35と共通するので説明を省略する。

[0038] プロープ33-2は、ベクトルネットワークアナライザのポート2を構成する。プロープ33-2は、被測定対象DUTを透過（伝送）した送信部31-1からの電磁波（透過信号）を受信部34-2に伝送する。

[0039] 受信部34-2は、プロープ33-2からの透過信号を受信し、FFT部35-2に供給する。

[0040] FFT部35-2は、受信部34-2からの透過信号に対して、FFT（fast Fourier transform）処理により、時間領域表現から周波数領域表現への変換（フーリエ変換）を行う。これにより、FFT部35-2は、透過信号の周波数成分信号を算出し、Sパラメータ演算部36に供給する。

[0041] Sパラメータ演算部36は、FFT部35-1からの周波数成分信号としての入射信号及び反射信号と、FFT部35-1からの周波数成分信号として透過信号とに基づいて、被測定対象DUTのSパラメータを算出する。測定装置1

ー 2 では、ポート 1 における入射信号と反射信号と、ポート 2 における透過信号とが S パラメータ演算部 36 に供給されるので、S パラメータとして S11、S21 が算出される。S11 は、被測定対象 DUT への入射信号に対する反射信号の大きさと位相の変化を表す。S21 は、被測定対象 DUT への入射信号に対する透過信号の大きさと位相の変化を表す。S パラメータ演算部 36 で算出された S パラメータは、誘電率虚部演算部 37 と誘電率絶対値演算部 38 とに供給される。

[0042] 誘電率虚部演算部 37 は、S パラメータ演算部 36 からの S パラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率における実部と虚部とのうち、虚部（誘電率虚部）の値を算出する。なお、測定装置 1-2 では、S パラメータである S11 と S21 とに基づいて複素誘電率を算出し得るので、誘電率虚部の値も S11 と S21 とに基づいて算出される。算出された誘電率虚部の値は、グルコース演算部 40 に供給される。

[0043] 誘電率絶対値演算部 38 は、S パラメータ演算部 36 からの S パラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率の絶対値（誘電率絶対値）を算出する。なお、誘電率絶対値についても S11 と S21 とに基づいて算出される。算出された誘電率絶対値は、含水率演算部 39 に供給される。

[0044] 含水率演算部 39 は、誘電率絶対値演算部 38 からの誘電率絶対値に基づいて、被測定対象 DUT の含水率を算出する。算出された含水率はグルコース演算部 40 に供給される。

[0045] グルコース演算部 40 は、誘電率虚部演算部 37 からの誘電率虚部の値と、含水率演算部 39 からの含水率とに基づいて、補正テーブル 41 を用いて、被測定対象 DUT のグルコース濃度（グルコース値）を算出する。算出されたグルコース値は、後段の任意の処理部に出力される。

[0046] 実施例 2 に係る測定装置 1-2 によれば、いわゆる S パラメータ法によりグルコース濃度を測定することができ、含水率に基づいてグルコース濃度を正確に算出することができる。測定装置 1-2 においてプローブ法を用いてグルコース濃度を算出する場合であってもよい。

[0047] ＜測定装置１の実施例３＞

図４は、測定装置１の実施例３である測定装置１－３の構成例を示した構成図である。図４の測定装置１－３は、ベクトルネットワークアナライザの２つのポート１及びポート２を使用する形態であり、ポート１及び２の両方から電磁波を時分割で入射可能にした形態である。なお、図中、図３の測定装置１－２と対応する部分には同一符号を付してあり、その説明を適宜省略する。

[0048] 図４の測定装置１－３は、送信部３１－１及び３１－２、方向性結合部３２－１、プローブ３３－１及び３３－２、受信部３４－１及び３４－２、FFT部３５－１及び３５－２、Ｓパラメータ演算部３６－１及び３６－２、誘電率虚部演算部３７、誘電率絶対値演算部３８、含水率演算部３９、グルコース演算部４０、並びに、補正テーブル４１を有する。図４の送信部３１－１及び３１－２、方向性結合部３２－１及び３２－２、受信部３４－１及び３４－２、並びに、FFT部３５－１及び３５－２は、図１の誘電分光部１２の構成要素である。図４のプローブ３３－１及び３３－２は、図１のプローブ１１の構成要素である。Ｓパラメータ演算部３６－１及び３６－２は、図１の信号処理部１３の構成要素である。図４の誘電率虚部演算部３７は、図１の誘電率虚部演算部１４の構成要素である。図４の誘電率絶対値演算部３８及び含水率演算部３９は、図１の含水率演算部１５の構成要素である。図４のグルコース演算部４０及び補正テーブル４１は、図１のグルコース演算部１６の構成要素である。被測定対象ＤＵＴは、図３の被測定対象ＤＵＴと共通する。送信部３１－１、方向性結合部３２－１、プローブ３３－１、受信部３４－１、及び、FFT部３５－１は、図３の送信部３１－１、方向性結合部３２－１、プローブ３３－１、受信部３４－１、及び、FFT部３５－１と共通するので説明を省略する。

[0049] また、図４の送信部３１－２、方向性結合部３２－２、プローブ３３－２、受信部３４－２、及び、FFT部３５－２は、図３の送信部３１－１、方向性結合部３２－１、プローブ３３－１、受信部３４－１、及び、FFT部３５－１と共通するので説明を省略する。

- [0050] なお、図4において、送信部31-1から被測定対象DUTに供給される入射信号に対しては、プローブ33-2、受信部34-2、及び、FFT部35-2は、図3のプローブ33-2、受信部34-2、及び、FFT部35-2と同様に透過信号に対する構成部として作用する。送信部31-2から被測定対象DUTに供給される入射信号に対しては、プローブ33-1、受信部34-1、及び、FFT部35-1は、図3のプローブ33-2、受信部34-2、及び、FFT部35-2と同様に透過信号に対する構成部として作用する。
- [0051] 方向性結合部32-1及び32-2は、それぞれ送信部31-1及び31-2からの入射信号と、被測定対象DUTからの反射信号又は透過信号とを分岐して受信部34-1及び34-2に供給する方向性結合部として作用する。これにより、FFT部35-1は、送信部31-1からポート1のプローブ33-1を介して被測定対象DUTに供給される入射信号と、その入射信号に対してプローブ33-1を介して供給される反射信号と、送信部31-2からポート2のプローブ33-2を介して被測定対象DUTに供給される入力信号に対してポート1のプローブ33-1を介して供給される透過信号とのそれぞれの周波数成分信号を算出し、Sパラメータ演算部36-1に供給する。FFT部35-2は、送信部31-2からポート2のプローブ33-2を介して被測定対象DUTに供給される入射信号と、その入射信号に対してプローブ33-2を介して供給される反射信号と、送信部31-1からポート1のプローブ33-1を介して被測定対象DUTに供給される入力信号に対してポート2のプローブ33-2を介して供給される透過信号とのそれぞれの周波数成分信号を算出し、Sパラメータ演算部36-2に供給する。
- [0052] Sパラメータ演算部36-1は、FFT部35-1からの周波数成分信号としての入射信号、反射信号、及び、透過信号に基づいて、被測定対象DUTのSパラメータを算出する。測定装置1-3では、ポート1における被測定対象DUTからの反射信号とポート2からポート1への透過信号を用いる事で、Sパラメータ演算部36-1では、SパラメータとしてS11、S12が算出される。Sパラメータ演算部36-1で算出されたSパラメータは、誘電率虚部演

算部 37 と誘電率絶対値演算部 38 とに供給される。

[0053] Sパラメータ演算部 36-2 は、FFT部 35-2 からの周波数成分信号としての入射信号、反射信号、及び、透過信号に基づいて、被測定対象 DUT の Sパラメータを算出する。測定装置 1-3 では、ポート 2 における被測定対象 DUT からの反射信号とポート 1 からポート 2 への透過信号を用いる事で、Sパラメータ演算部 36-2 では、Sパラメータとして S22 及び S21 が算出される。S11 及び S21 が、ポート 1 から被測定対象 DUT への入射信号に対する反射信号及び透過信号の大きさと位相の変化を表すこととすると、S22 及び S12 は、ポート 2 からの被測定対象 DUT への入射信号に対する反射信号及び透過信号の大きさと位相の変化を表す。S22 及び S12 は、ポート 1 のプローブ 33-1 とポート 2 のプローブ 33-2 の被測定対象 DUT への当接位置を入れ替えた場合の S11 及び S21 に相当する。

[0054] 誘電率虚部演算部 37 は、Sパラメータ演算部 36-1 及び Sパラメータ演算部 36-2 からの Sパラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率における実部と虚部とのうち、虚部（誘電率虚部）の値を算出し、グルコース演算部 40 に供給する。なお、測定装置 1-3 では、Sパラメータ演算部 36-1 及び Sパラメータ演算部 36-2 からの Sパラメータである S11 のみ、S22 のみ、S11 と S21、又は、S22 と S12 に基づいて複素誘電率を算出し得る。誘電率虚部演算部 37 は、これらの S11 のみ、S22 のみ、S11 と S21、又は、S22 と S12 のうちのいずれか 1 又は複数に基づいて算出した誘電率虚部の値を、それぞれグルコース演算部 40 に供給する場合であってもよいし、それらの誘電率虚部の値を統合した値（例えば平均値）をグルコース演算部 40 に供給する場合であってもよい。誘電率虚部の値の統合としては、S11 と S22 からそれぞれ求めた値を統合した値（例えば平均）や、S11 と S21、及び、S22 と S12 からそれぞれ求めた値を統合した値（例えば平均値）を誘電率虚部の値として算出してもよい。

[0055] 誘電率絶対値演算部 38 は、Sパラメータ演算部 36-1 及び Sパラメータ演算部 36-2 からの Sパラメータに基づいて、被測定対象の複素誘電率

の絶対値（誘電率絶対値）を算出し、含水率演算部 39 に供給する。なお、誘電率絶対値演算部 38 は、誘電率虚部演算部 37 と同様に S パラメータの複数の組合せにより誘電率絶対値を算出し得る。誘電率絶対値演算部 38 は、例えば、S11 及び S21 に基づいて算出した誘電率絶対値と、S21 及び S12 に基づいて算出した誘電率絶対値とを、それぞれ含水率演算部 39 に供給する場合であってもよい、それらの誘電率絶対値を統合した値（例えば平均値）を含水率演算部 39 に供給する場合であってもよい。誘電率絶対値の統合としては、S11 と S22 とを統合した値（例えば平均）を S11 とし、S21 と S12 とを統合した値（例えば平均値）を S21 とし、誘電率絶対値を算出する場合でもよい。

[0056] 含水率演算部 39 は、誘電率絶対値演算部 38 からの誘電率絶対値に基づいて、被測定対象 DUT の含水率を算出し、グルコース演算部 40 に供給する。含水率演算部 39 は、S11 及び S21 に基づいて算出された誘電率絶対値と、S22 及び S12 に基づいて算出された誘電率絶対値とが供給される場合、それらの誘電率絶対値に基づいて算出したそれぞれの含水率を、グルコース演算部 40 に供給してもよい、それらの含水率を統合した値（例えば平均値）をグルコース演算部 40 に供給する場合であってもよい。

[0057] グルコース演算部 40 は、誘電率虚部演算部 37 からの誘電率虚部の値と、含水率演算部 39 からの含水率とに基づいて、補正テーブル 41 を用いて、被測定対象 DUT のグルコース濃度（グルコース値）を算出し、後段の任意の処理部に出力する。グルコース演算部 40 は、S11 及び S21 に基づいて算出した誘電率虚部の値と、S22 及び S12 に基づいて算出した誘電率虚部の値とが供給される場合、それぞれの誘電率虚部の値に基づいて算出されるグルコース値を統合（平均化）してもよい。グルコース演算部 40 は、S11 及び S21 に基づく誘電率絶対値により算出された含水率と、S22 及び S12 に基づく誘電率絶対値により算出された含水率とが供給される場合、それぞれの含水率に基づいて算出されるグルコース値を統合（平均化）してもよい。

[0058] 実施例 3 に係る測定装置 1-3 によれば、いわゆる S パラメータ法により

グルコース濃度を測定することができ、含水率に基づいてグルコース濃度を正確に算出することができる。測定装置 1 - 2 においてプローブ法を用いてグルコース濃度を算出する場合であってもよい。

[0059] <<本技術が適用された測定装置の第 2 の実施の形態>>

図 5 は、本技術が適用された測定装置の第 2 の実施の形態の概略構成例を示したブロック図である。なお、図中、図 1 の測定装置 1 と共通する部分には同一符号を付してあり、その説明を省略する。

[0060] 図 5 の第 2 の実施に係る測定装置 2 は、図 1 の第 1 の実施の形態に係る測定装置 1 と比較して、図 1 の誘電分光部 1 2 及び信号処理部 1 3 が、プローブ 1 1 に包含されている N (N は 2 以上の自然数) 個のプローブ 1 1 - 1 乃至 1 1 - N (N は 2 以上の自然数) ごとに (N 個のポートごとに) 備えている形態である。

[0061] 図 5 において、誘電分光部 1 2 - 1 乃至 1 2 - N 、及び、信号処理部 1 3 - 1 乃至 1 3 - N は、図 1 の測定装置 1 においてプローブ 1 1 として 1 個のプローブが用いられる場合の誘電分光部 1 2、及び、信号処理部 1 3 と同等の処理を行う。例えば、図 4 の測定装置 1 の実施例 3 は、 N が 2 の場合の図 5 の測定装置 2 の形態に該当する。

[0062] <<本技術が適用された測定装置の処理手順例>>

図 6 は、本技術が適用された測定装置 (図 1 の測定装置 1) の処理手順例を示したフローチャートである。ステップ S 1 では、誘電分光部 1 2 は、RF 信号 (入射信号) をプローブ 1 1 を介して被測定対象に送信する。ステップ S 2 では、誘電分光部 1 2 は、RF 信号 (入射信号、反射信号) を受信する。なお、2 つのプローブ (ポート) を使用する場合には、透過信号を受信してもよい。ステップ S 3 では、誘電分光部 1 2 及び信号処理部 1 3 は、受信した RF 信号に対して信号処理を行う。これにより、被測定対象の S パラメータが算出され、誘電率虚部演算部 1 4 及び含水率演算部 1 5 に供給される。

[0063] ステップ S 4 の処理とステップ S 5 の処理とは並行して行われ、ステップ S 4 では、誘電率虚部演算部 1 4 は、ステップ S 3 で算出された S パラメー

タに基づいて、複素誘電率の虚部（誘電率虚部）の値（周波数特性）を算出する。ステップS 5では、含水率演算部 1 5は、ステップS 3で算出されたSパラメータに基づいて、複素誘電率の絶対値（誘電率絶対値）を算出する。ステップS 6では、グルコース演算部 1 6は、ステップS 4で算出された誘電率虚部の値と、ステップS 5で算出された含水率とに基づいて、グルコース値を算出する。即ち、グルコース演算部 1 6は、誘電率虚部の値により算出されるグルコース値を含水率に応じた補正量で補正する。ステップS 7では、グルコース演算部 1 6は、算出したグルコース値を後段の処理部に出力する。以上のステップS 1乃至ステップS 7の処理が繰り返される。

[0064] <<測定装置 1 の実施例 2 における誘電分光部の構成例>>

図 7 は、図 3 の実施例 2 に係る測定装置 1 - 2 における誘電分光部 1 2 の詳細を例示した構成図である。なお、図 7 では、図 3 のFFT部 3 5 - 1 及び 3 5 - 2 よりも前段の処理部での構成が示されている。

[0065] 図 7 において測定装置 1 - 2 は、図 3 と同様にポート 1 及び 2 を構成する 2 つのプロープ 3 3 - 1 及び 3 3 - 2 を有する。図 7 において、測定装置 1 - 2 は、誘電分光部 1 2 の構成要素として、PLL回路 6 1、ミキサ 6 2、6 7 - 1、6 9 - 1、6 9 - 2、減衰器 6 3、方向性結合部 6 4、LNA(Low Noise Amplifier) 6 6 - 1、6 8 - 1、6 8 - 2 を有する。PLL回路 6 1 は、高周波基準クロックを生成し、L0信号（局部発振周波数信号）を生成し、ミキサ 6 2、6 7 - 1、6 9 - 1、6 9 - 2 に供給する。ミキサ 6 2 は、IF(Intermediate Frequency)信号を、L0信号とミキシングすることで周波数変換を行い、被測定対象 D U T の入力信号となる RF 信号を生成する。RF 信号は IF 信号及び L0 信号よりも高周波数である。ミキサ 6 2 で生成された RF 信号は、減衰器 6 3 に供給される。

[0066] 減衰器 6 3 は、ミキサ 6 2 からの RF 信号を強度（振幅）を減衰させて方向性結合部 6 4 に供給する。方向性結合部 6 4 は、減衰器 6 3 からの RF 信号を分岐し、一方の RF 信号をポート 1 のプロープ 3 3 - 1 に供給し、他方の RF 信号を LNA 6 6 - 1 に供給する。また、プロープ 3 3 - 1 は、入射信号に対して被

測定対象DUTを反射したRF信号を反射信号として、LNA68-1に供給する。プローブ33-1から被測定対象DUTに対して入射信号として入射し、ポート2のプローブ33-2に伝送されたRF信号は、透過信号としてLNA68-2に供給される。

[0067] LNA66-1は、入射信号として受信したRF信号をミキサ67-1に供給する。LNA68-1は、反射信号として受信したRF信号をミキサ69-1に供給する。LNA68-2は、透過信号として受信したRF信号をミキサ69-2に供給する。ミキサ67-1は、LNA66-1からの入射信号であるRF信号を、PLL回路61からのL0信号とミキシングすることでIF信号の周波数への変換を行う。ミキサ69-1は、LNA68-1からの反射信号であるRF信号を、PLL回路61からのL0信号とミキシングすることでIF信号の周波数への変換を行う。ミキサ69-2は、LNA68-2からの透過信号であるRF信号を、PLL回路61からのL0信号とミキシングすることでIF信号の周波数への変換を行う。これらのミキサ67-1、69-1、69-2によりIF信号に変換された入射信号、反射信号、及び、透過信号は、図3のFFT部35-1及び35-2に供給される。

[0068] 以上の誘電分光部の構成により、ミキサ62においてIF信号にミキシングされるL0信号の周波数成分にノイズ（位相ノイズ等）が存在する場合に、入射信号、反射信号、及び、透過信号であるRF信号にそのノイズ成分が含まれる。これに対して、ミキサ67-1、69-1、69-2においてRF信号にミキシングされるL0信号として、ミキサ62においてミキシングされたL0信号と共通の信号を用いることで、ミキサ67-1、69-1、69-2により生成されるIF信号の位相ノイズ等のノイズ成分が除去される。従って、低電力なPLL回路61を用いて高精度の測定を行うことができる。なお、図7で示した構成例は、図2の実施例1に係る測定装置1-1、図4の実施例3に係る測定装置1-3、及び、図5の第2の実施の形態に係る測定装置2等の図3の実施例2に係る測定装置1-2と異なる形態の測定装置にも適用され得る。

[0069] <<被測定対象に対するプローブの配置>>

<配置例 1>

図 8 は、プローブの配置例 1 を示した図である。図 8 においてプローブ 33-1 及び 33-2 は、例えば図 3 に示したポート 1 及び 2 のプローブ 33-1 及び 33-2 を表す。図 8 では、プローブ 33-1 及び 33-2 は、それらの端部（電極）の被測定対象 DUT に対する当接面が、平面に沿った位置となるように配置される。プローブが 2 本以外の任意の数（複数）の場合もそれらのプローブの端部（電極）が平面に沿った位置に配置されるようにすることができる。具体的には、被測定対象 DUT に対して入射信号を入射し、反射信号を取得するプローブの電極と、透過信号を取得するプローブの電極とのうちの少なくとも一方を含む複数の電極が平面に沿った位置に配置されるようにする。この場合に、それぞれのプローブ（ポート）を伝送する RF 信号の伝送線路の長さを共通にすることができるため、伝送線路の長さの違いによって生じる遅延分の補正が不要となる。

[0070] <配置例 2>

図 9 は、プローブの配置例 2 を示した図である。図 9 においてプローブ 33-1 及び 33-2 は、例えば図 3 に示したポート 1 及び 2 のプローブ 33-1 及び 33-2 を表す。図 9 では、プローブ 33-1 及び 33-2 は、それらの端部（電極）の被測定対象 DUT に対する当接面が、対向した位置となるように配置される。プローブが 2 本以外の任意の数（複数）の場合もそれらのプローブの端部（電極）が被測定物を挟んで対向した位置に配置されるようにすることができる。具体的には、被測定対象 DUT に対して入射信号を入射し、反射信号を取得するプローブの電極と、透過信号を取得するプローブの電極とのうちの少なくとも一方を含む複数の電極が対向した位置に配置されるようにする。被測定対象 DUT が指や腕などの場合には、皮膚の表面付近の皮膚細胞や血管（血液）だけでなく骨などが介在した範囲のグルコース値を測定することとなる。この配置例のようにプローブの電極を対向して配置する場合も、それぞれのプローブ（ポート）を伝送する RF 信号の伝送線

路の長さを共通（同等）にすることで、伝送線路の長さの違いによって生じる遅延分の補正を不要することができる。

[0071] ＜配置例 1 の実施例＞

図 10 は、プローブの配置例 1 が適用された実施例を示した図である。図 10 において、スマートウォッチ 91 は、バンドを使用して本体を手首に装着する。なお、スマートウォッチ 91 の本体には、図 1 等の測定装置 1 の誘電分光部 12 や信号処理部 13 等が搭載されている。スマートウォッチ 91 は、処理部を搭載した装置本体をバンド等の装着具により被測定対象に装着する装置の一例であって、特定の種類の装置に限定されない。この場合に、測定装置 1 の複数のプローブの複数の電極 92 が、バンドの内面（手首に接触する側の面）の平面に沿った位置に配置される。また、誘電分光部 12 や信号処理部 13 が搭載された本体に対して対向する位置に複数の電極 92 が配置される。これにより、各プローブを伝送する RF 信号の伝送線路の長さを共通にすることができる。

[0072] ＜配置例 2 の実施例＞

図 11 は、プローブの配置例 1 が適用された実施例を示した図である。図 11 において、スマートウォッチ 91 は、図 10 と同じであることとする。図 11 では、測定装置 1 の 2 つのプローブの 2 つの電極 93 及び 94 が、バンドの内面（手首に接触する側の面）の対向する位置に配置される。また、電極 93 及び 94 は、スマートウォッチ 91 の本体に対して距離が透過となる位置に配置される。これにより、各プローブを伝送する RF 信号の伝送線路の長さを共通にすることができる。

[0073] ＜＜誘電分光部及び信号処理部の具体的構成例＞＞

図 12 は、図 1 の測定装置 1 において S パラメータを算出するまでの回路（誘電分光部 12 及び信号処理部 13）の具体的構成例を示した図である。図 12 の測定装置 1 は、図 2 の実施例 1 に係る測定装置 1-1 のように 1 つのポート 1 のプローブ 33 を使用する形態を示しており、図中、図 2 と共通する部分には同一符号を付してあり説明を省略する。また、図 2 に一部のブロッ

クについては省略している。

[0074] 図12において、回路部111は、誘電分光部12及び信号処理部13に配置される回路の一部を示しており、RF回路121、ACD (Analog to Digital Converter) 122、FFT部123、及び、Sパラメータ演算部124を有する。

[0075] RF回路121は、被測定対象DUTに入射する入射信号である電磁波の周波数のRF信号を生成して出力し、また、入射信号及び反射信号であるRF信号を受信し、IF信号へに周波数変換などを行う。RF回路121で受信されて、IF信号に周波数変換された入射信号及び反射信号は、ADC122に供給される。

[0076] ADC122は、RF回路121からの入射信号及び反射信号を所定のサンプリング周期でサンプリングしてデジタルデータに変換した後、FFT部123に供給する。FFT部123は、ADC122よりデジタルデータに変換された入射信号及び反射信号に対してFFT処理を実行し、入射信号及び反射信号を時間領域表現から周波数領域表現に変換する。FFT部123は、周波数領域表現に変換した入射信号及び反射信号に基づいてSパラメータを算出し、後段の誘電率虚部演算部37に供給する。

[0077] 回路部111のRF回路121、ACD122、FFT部123、及び、Sパラメータ演算部124のうちの全て又は一部は、同一基板、又は、1チップに実装されるようにすることができる。また、図12の回路部111の構成はグルコース濃度を測定する用途以外の測定装置にも適用され得る。

[0078] <構成の組み合わせ例>

なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

被測定対象の複素誘電率の虚部の値と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する処理部を有する測定装置。

(2)

前記処理部は、前記複素誘電率の虚部の値と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する

請求項 1 に記載の測定装置。

(3)

前記処理部は、前記被測定対象に入射した電磁波としての入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を透過した透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、前記含水率を算出する

前記(1)又は(2)に記載の測定装置。

(4)

前記処理部は、前記入射信号と、前記反射信号と、前記透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値を算出し、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値に基づいて、前記含水率を算出する

前記(3)に記載の測定装置。

(5)

前記処理部は、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値と前記含水率との検量線を用いて前記含水率を算出する

前記(4)に記載の測定装置。

(6)

前記処理部は、前記入射信号と、前記反射信号と、前記透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、Sパラメータを算出し、前記Sパラメータに基づいて、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値を算出する

前記(4)又は(5)に記載の測定装置。

(7)

前記処理部は、前記被測定対象に入射した電磁波としての入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号と、前記入射信号に

対して前記被測定対象を透過した透過信号との中の少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、前記複素誘電率を算出する

前記（１）乃至（６）に記載の測定装置。

（８）

前記処理部は、前記入射信号と、前記反射信号と、前記透過信号との中の少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、 S パラメータを算出し、前記 S パラメータに基づいて、前記複素誘電率の虚部の値を算出する

前記（７）に記載の測定装置。

（９）

前記被測定対象に対して前記入射信号を入射し、前記反射信号を取得する第１電極と、前記透過信号を取得する第２電極との中の少なくとも前記第１電極を有し、

前記第１電極及び前記第２電極のうちの少なくとも一方を含む複数の電極が平面に沿った位置に配置される

前記（３）乃至（８）のいずれかに記載の測定装置。

（１０）

前記被測定対象に対して前記入射信号を入射し、前記反射信号を取得する第１電極と、前記透過信号を取得する第２電極との中の少なくとも前記第１電極を有し、

前記第１電極及び前記第２電極のうちの少なくとも一方を含む複数の電極が前記被測定対象を挟んで対向して配置された

前記（３）乃至（８）のいずれかに記載の測定装置。

（１１）

IF信号にミキシングして前記入射信号を生成する $L0$ 信号を生成するPLL回路を有し、

前記反射信号又は前記透過信号にミキシングして前記IF信号を生成する $L0$ 信号を前記PLL回路により生成する

前記（３）乃至（１０）のいずれかに記載の測定装置。

(12)

処理部

を有する

測定装置の

前記処理部が、被測定対象の複素誘電率と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する

測定方法。

(13)

被測定対象に入射する電磁波としての入射信号を生成し、前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号とを受信するRF回路と、

前記RF回路により受信された前記入射信号及び前記反射信号をデジタルデータに変換するADコンバータと、

前記ADコンバータによりデジタルデータに変換された前記入射信号及び前記反射信号をフーリエ変換する変換部と、

前記変換部によりフーリエ変換された前記入射信号及び前記反射信号とに基づいてSパラメータを算出するSパラメータ演算部

とを有する

測定装置。

(14)

前記RF回路、前記ADコンバータ、前記変換部、及び、前記Sパラメータ演算部が1チップに実装された

前記(13)に記載の測定装置。

(15)

前記Sパラメータは、前記被測定対象のグルコース濃度の測定に用いられる

前記(13)又は(14)に記載の測定装置。

(16)

RF回路と、
ADコンバータと、
変換部と、
Sパラメータ演算部
とを有する
測定装置の

前記RF回路が、被測定対象に入射する電磁波としての入射信号を生成し、
前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号
とを受信し、

前記ADコンバータが、前記入射信号及び前記反射信号をデジタルデータに
変換し、

前記変換部が、前記デジタルデータに変換された前記入射信号及び前記反
射信号をフーリエ変換し、

前記Sパラメータ演算部が、前記フーリエ変換された前記入射信号及び前
記反射信号とに基づいてSパラメータを算出する

測定方法。

[0079] なお、本実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、
本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。また、本
明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、
他の効果があってもよい。

符号の説明

[0080] 1, 2 測定装置, 11 プローブ, 12 誘電分光部, 13 信
号処理部 14 誘電率虚部演算部, 15 含水率演算部, 16 グル
コース演算部, 31 送信部, 32 方向性結合部, 33 プローブ
, 34 受信部, 35 FFT部, 36 Sパラメータ演算部, 37
誘電率虚部演算部, 38 誘電率絶対値演算部, 39 含水率演算部,
40 グルコース演算部, 41 補正テーブル, 61 PLL回路, 6
2 ミキサ, 63 減衰器, 64 方向性結合部

請求の範囲

- [請求項1] 被測定対象の複素誘電率と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する処理部を有する測定装置。
- [請求項2] 前記処理部は、前記複素誘電率の虚部の値と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する請求項1に記載の測定装置。
- [請求項3] 前記処理部は、前記被測定対象に入射した電磁波としての入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を透過した透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、前記含水率を算出する請求項1に記載の測定装置。
- [請求項4] 前記処理部は、前記入射信号と、前記反射信号と、前記透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値を算出し、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値に基づいて、前記含水率を算出する請求項3に記載の測定装置。
- [請求項5] 前記処理部は、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値と前記含水率との検量線を用いて前記含水率を算出する請求項4に記載の測定装置。
- [請求項6] 前記処理部は、前記入射信号と、前記反射信号と、前記透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、Sパラメータを算出し、前記Sパラメータに基づいて、前記複素誘電率の絶対値又は実部の値を算出する請求項4に記載の測定装置。
- [請求項7] 前記処理部は、前記被測定対象に入射した電磁波としての入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号と、前

記入射信号に対して前記被測定対象を透過した透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、前記複素誘電率を算出する

請求項 1 に記載の測定装置。

[請求項8] 前記処理部は、前記入射信号と、前記反射信号と、前記透過信号とのうちの少なくとも前記入射信号と前記反射信号とに基づいて、Sパラメータを算出し、前記Sパラメータに基づいて、前記複素誘電率の虚部の値を算出する

請求項 7 に記載の測定装置。

[請求項9] 前記被測定対象に対して前記入射信号を入射し、前記反射信号を取得する第1電極と、前記透過信号を取得する第2電極とのうちの少なくとも前記第1電極を有し、

前記第1電極及び前記第2電極のうちの少なくとも一方を含む複数の電極が平面に沿った位置に配置される

請求項 3 に記載の測定装置。

[請求項10] 前記被測定対象に対して前記入射信号を入射し、前記反射信号を取得する第1電極と、前記透過信号を取得する第2電極とのうちの少なくとも前記第1電極を有し、

前記第1電極及び前記第2電極のうちの少なくとも一方を含む複数の電極が前記被測定対象を挟んで対向して配置された

請求項 3 に記載の測定装置。

[請求項11] IF信号にミキシングして前記入射信号を生成するL0信号を生成するPLL回路

を有し、

前記反射信号又は前記透過信号にミキシングして前記IF信号を生成するL0信号を前記PLL回路により生成する

請求項 3 に記載の測定装置。

[請求項12] 処理部

を有する

測定装置の

前記処理部が、被測定対象の複素誘電率と、前記被測定対象の含水率とに基づいて、前記被測定対象のグルコース濃度を算出する測定方法。

[請求項13] 被測定対象に入射する電磁波としての入射信号を生成し、前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号とを受信するRF回路と、

前記RF回路により受信された前記入射信号及び前記反射信号をデジタルデータに変換するADコンバータと、

前記ADコンバータによりデジタルデータに変換された前記入射信号及び前記反射信号をフーリエ変換する変換部と、

前記変換部によりフーリエ変換された前記入射信号及び前記反射信号とに基づいてSパラメータを算出するSパラメータ演算部

とを有する

測定装置。

[請求項14] 前記RF回路、前記ADコンバータ、前記変換部、及び、前記Sパラメータ演算部が1チップに実装された請求項13に記載の測定装置。

[請求項15] 前記Sパラメータは、前記被測定対象のグルコース濃度の測定に用いられる

請求項13に記載の測定装置。

[請求項16] RF回路と、
ADコンバータと、
変換部と、
Sパラメータ演算部
とを有する
測定装置の

前記RF回路が、被測定対象に入射する電磁波としての入射信号を生成し、前記入射信号と、前記入射信号に対して前記被測定対象を反射した反射信号とを受信し、

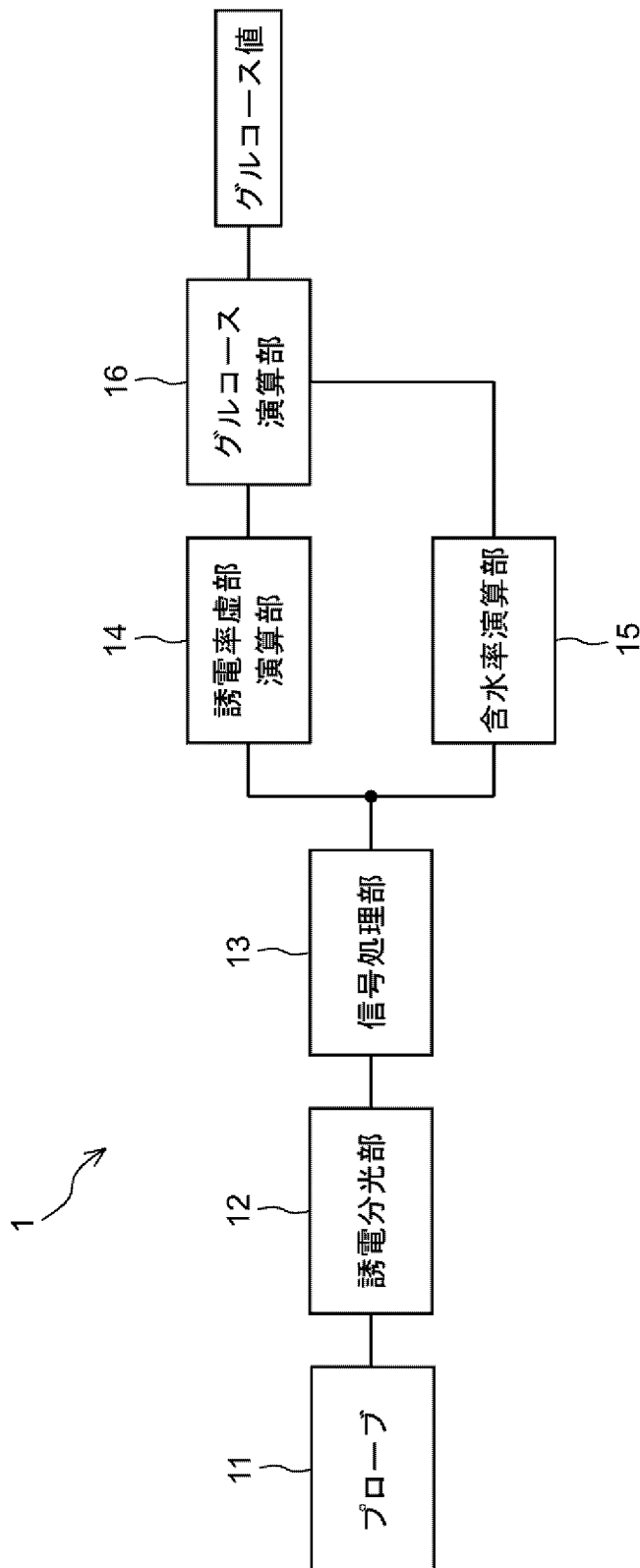
前記ADコンバータが、前記入射信号及び前記反射信号をデジタルデータに変換し、

前記変換部が、前記デジタルデータに変換された前記入射信号及び前記反射信号をフーリエ変換し、

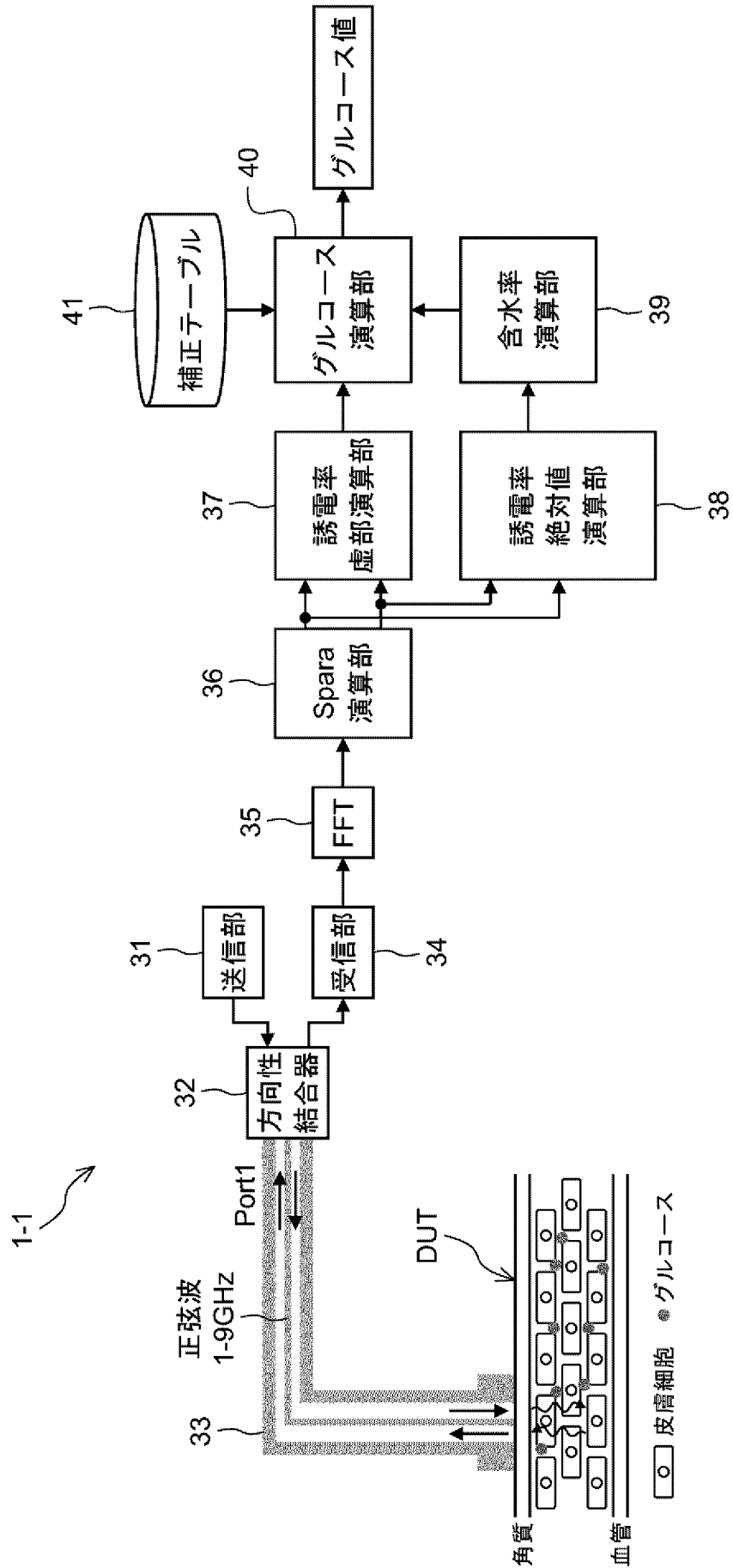
前記Sパラメータ演算部が、前記フーリエ変換された前記入射信号及び前記反射信号とに基づいてSパラメータを算出する

測定方法。

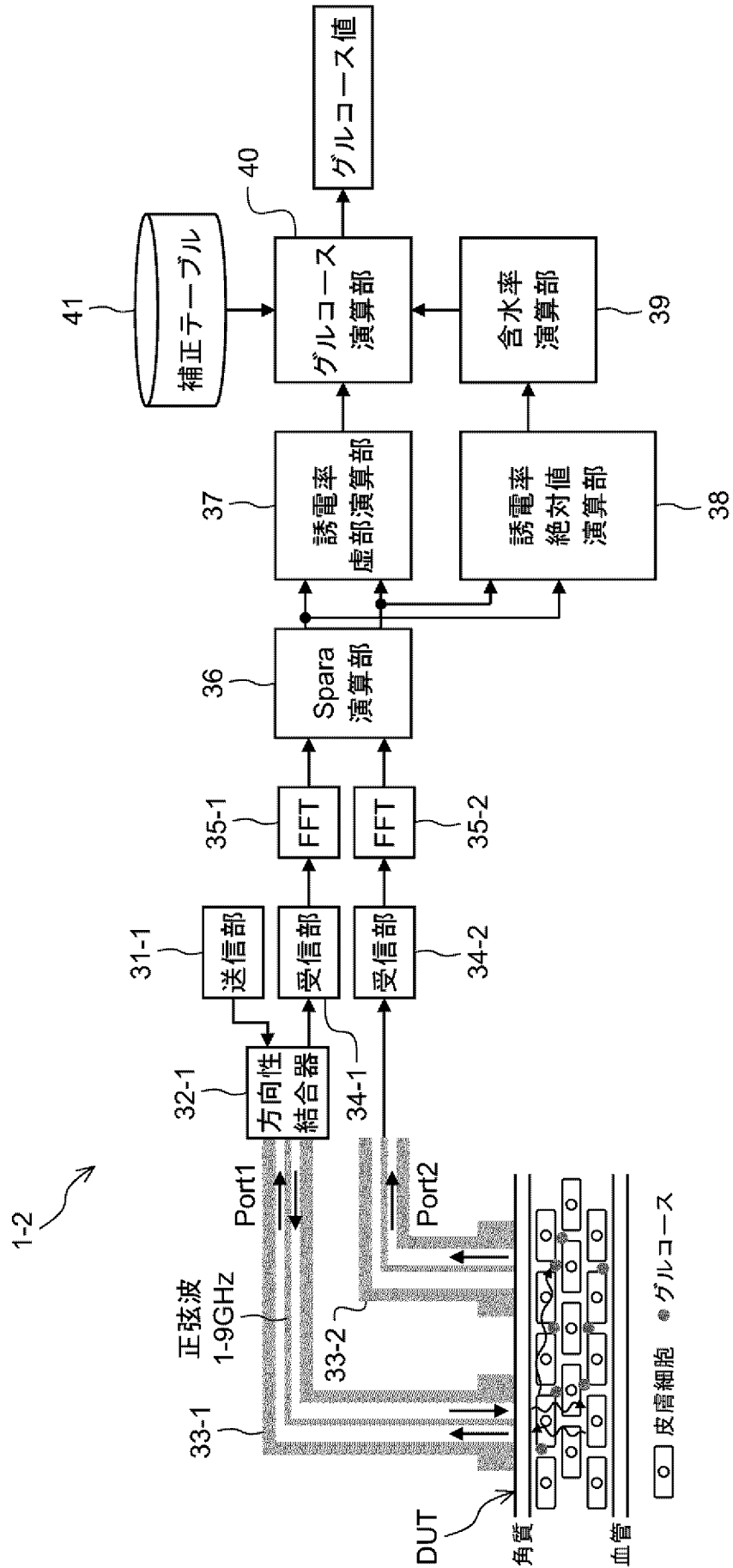
[図1]
FIG.1



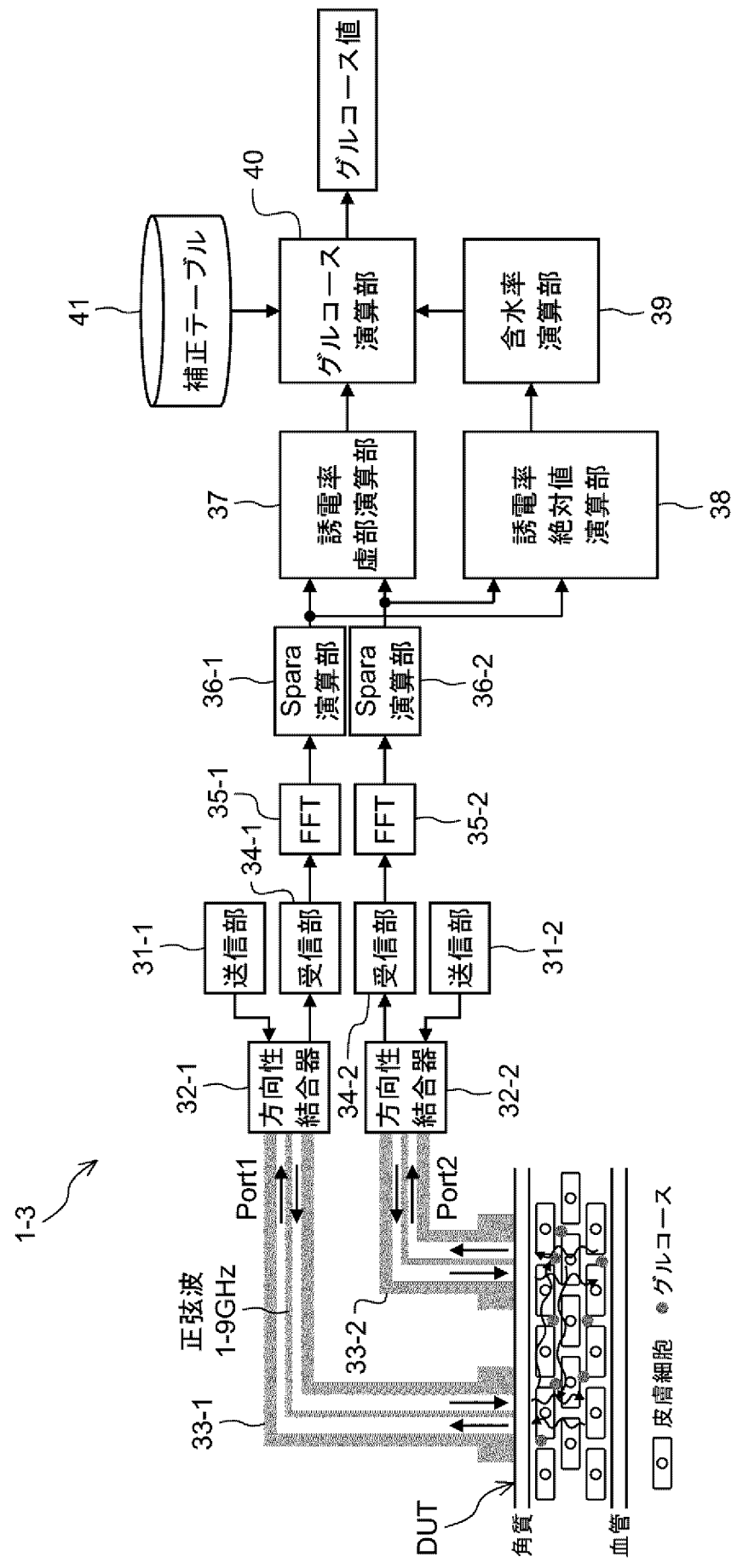
[図2]
FIG.2

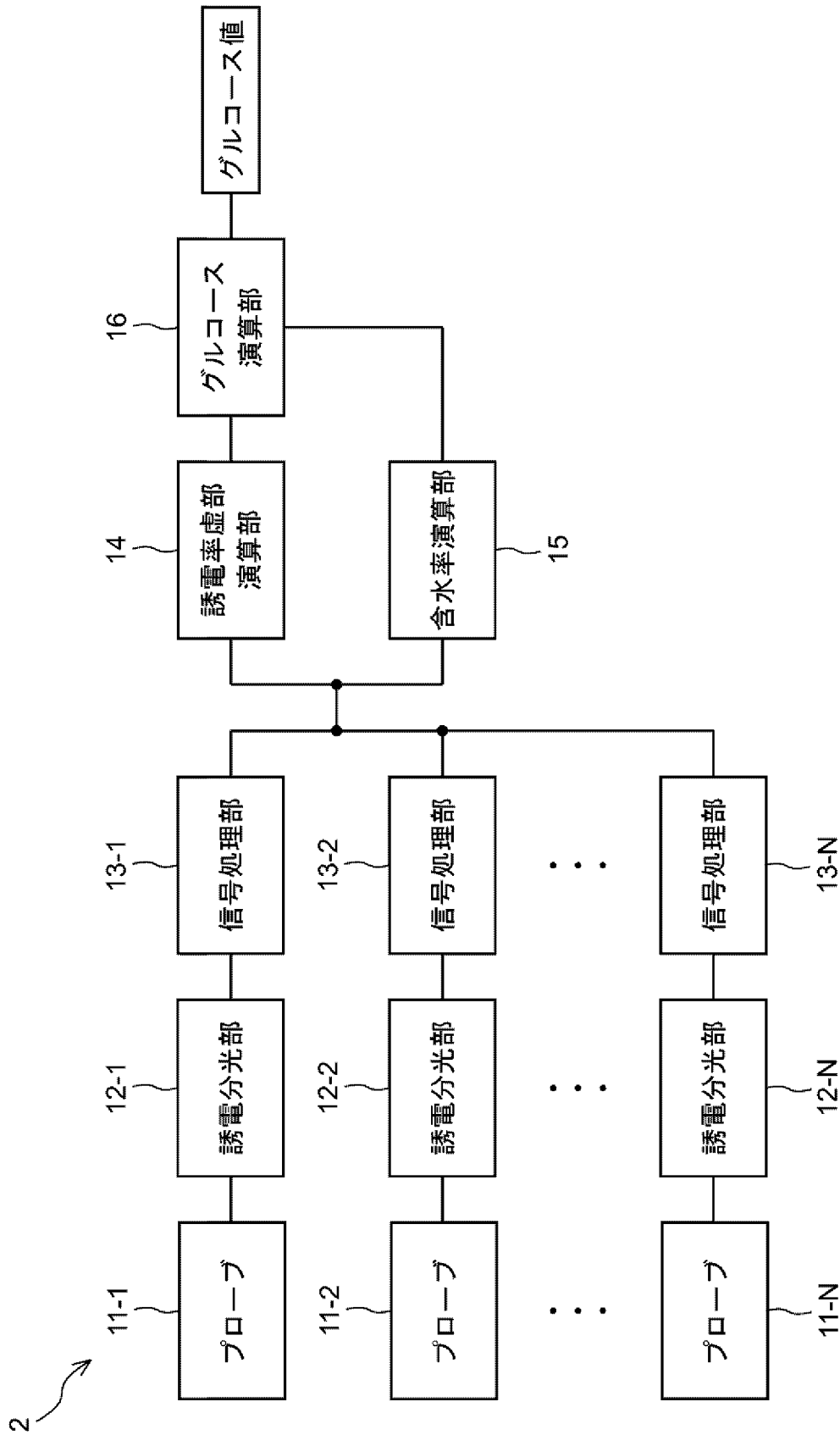


[図3]
FIG.3

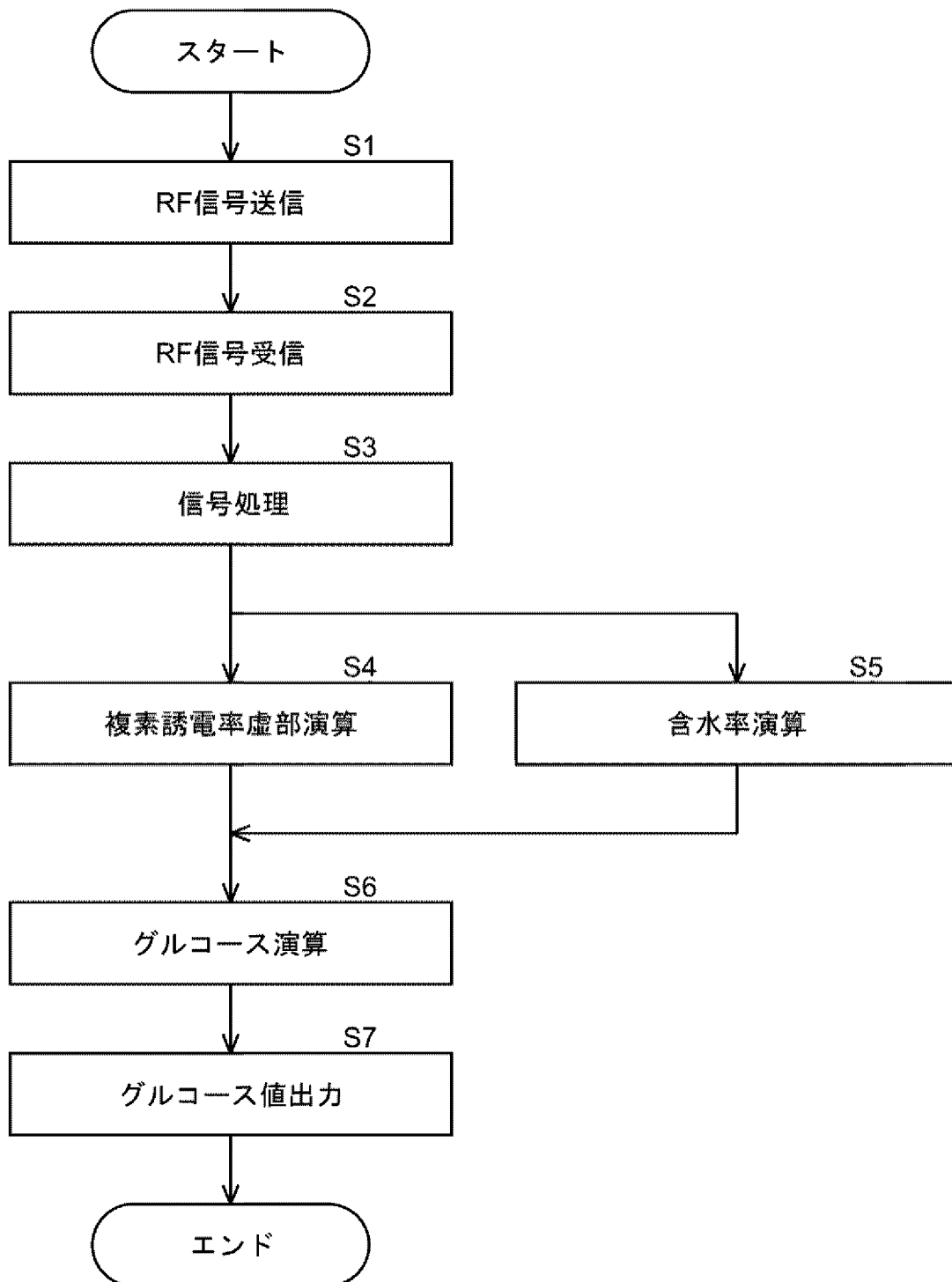


[図4]
FIG.4

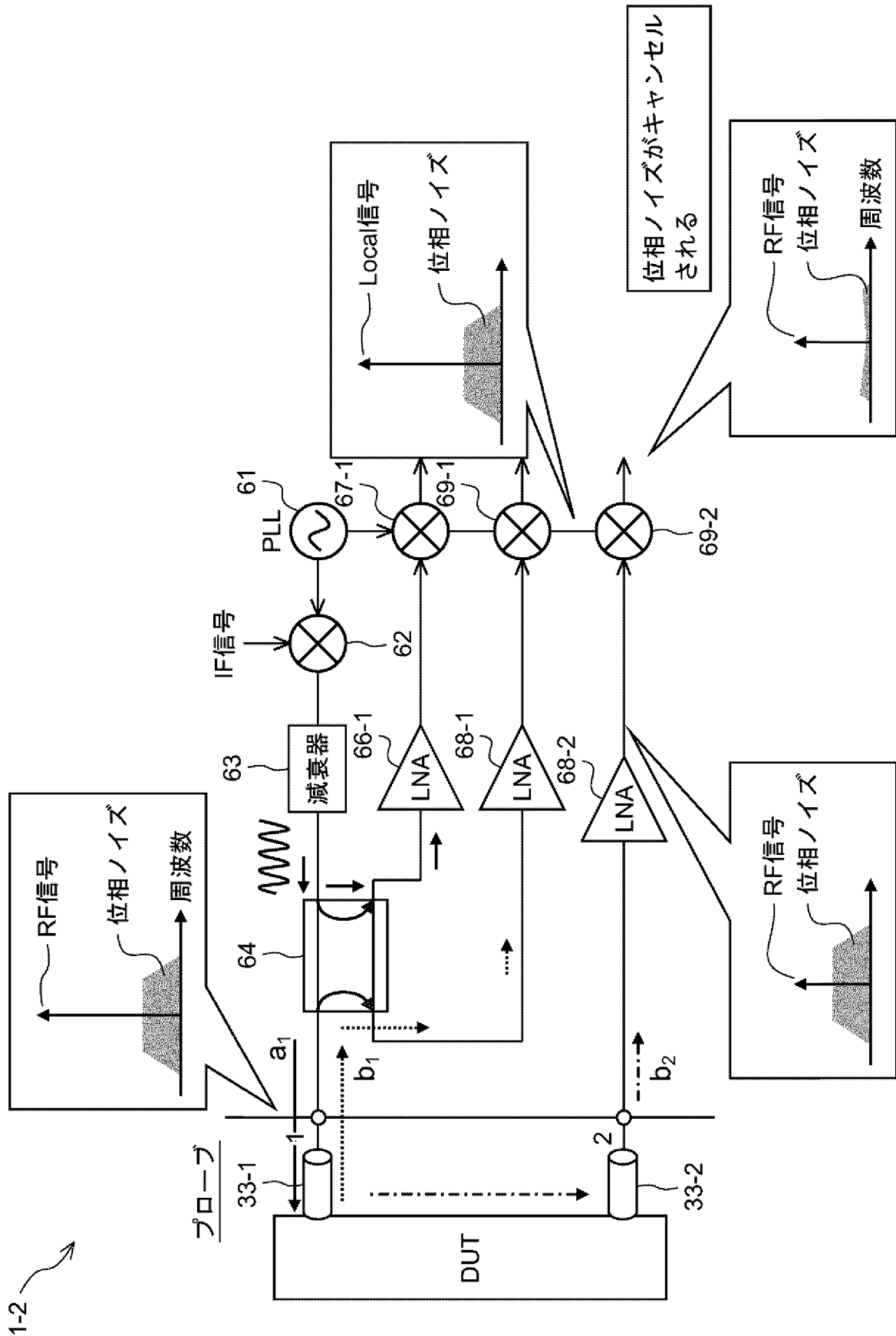


[図5]
FIG.5

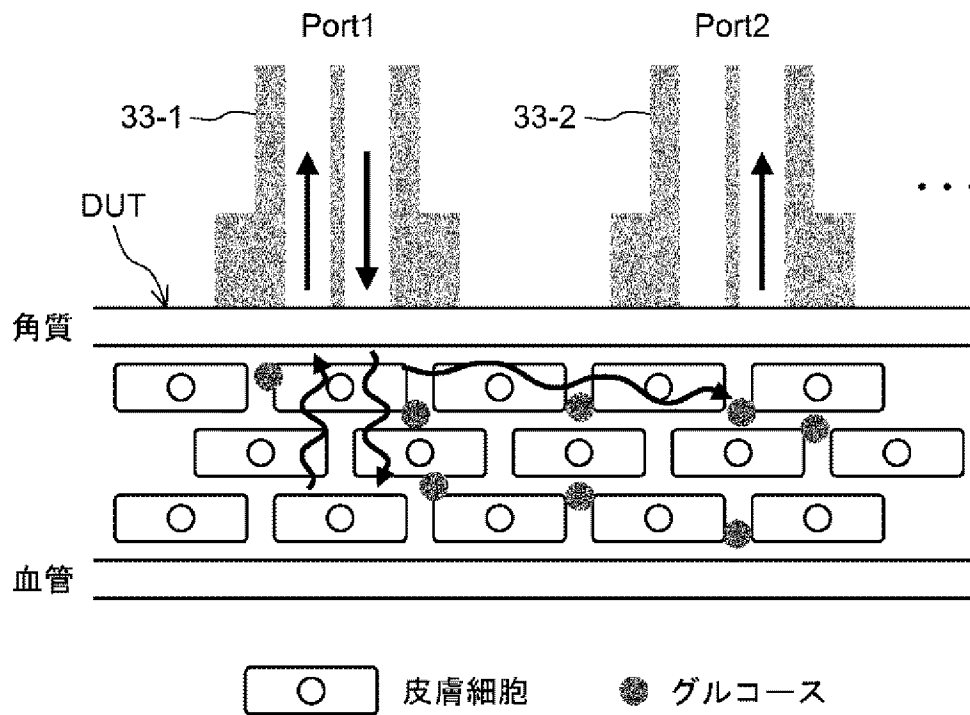
[図6]
FIG.6



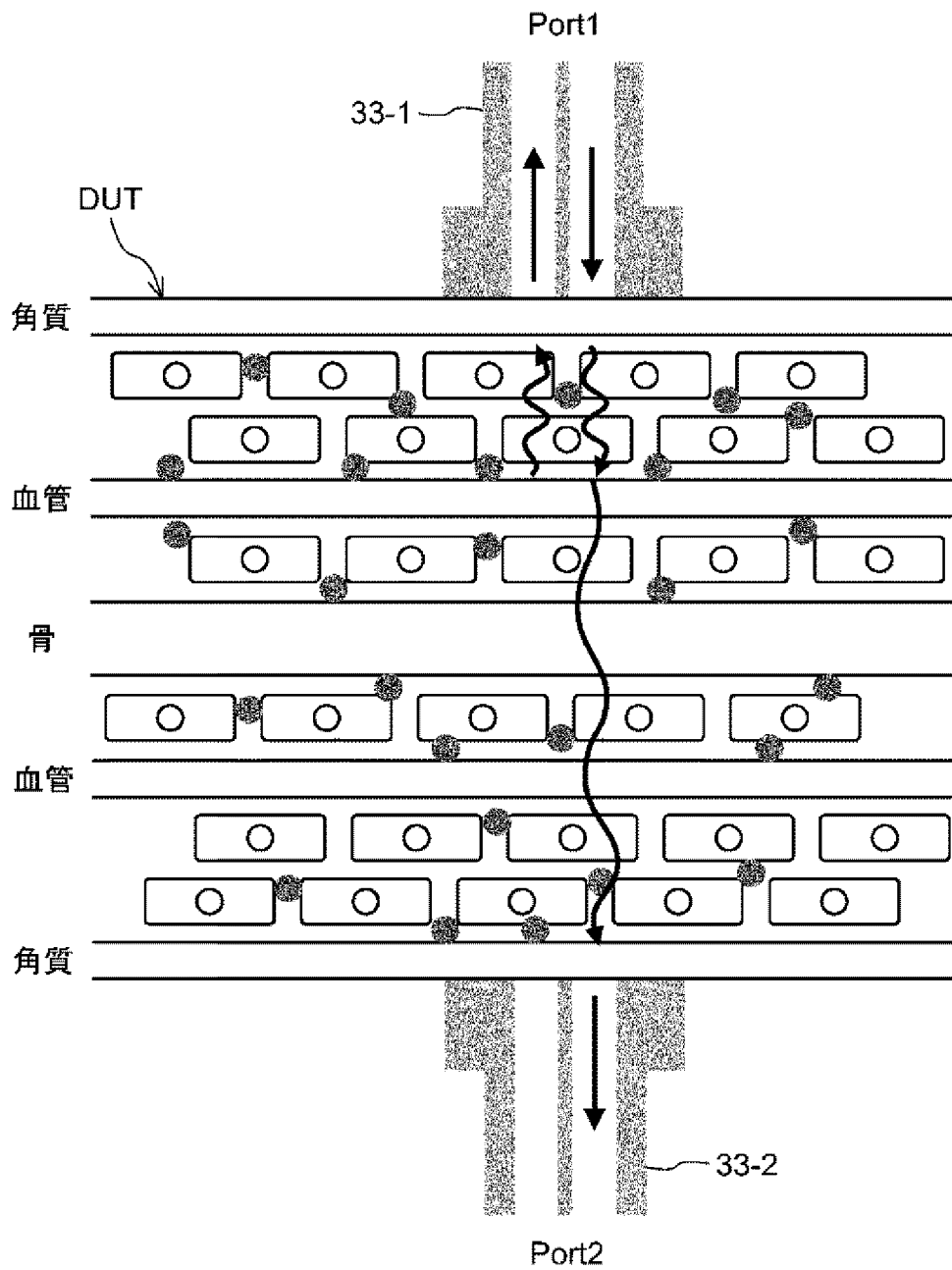
[図7]
FIG.7



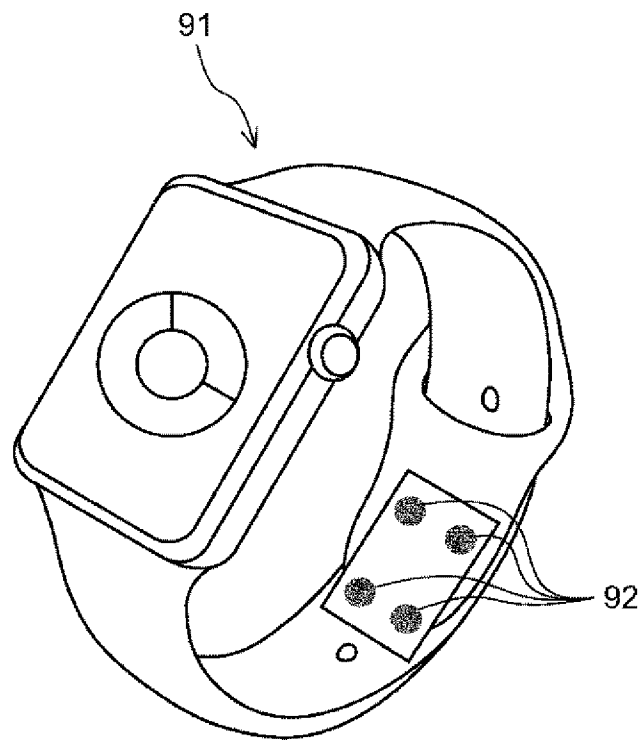
[図8]
FIG.8



[図9]
FIG.9

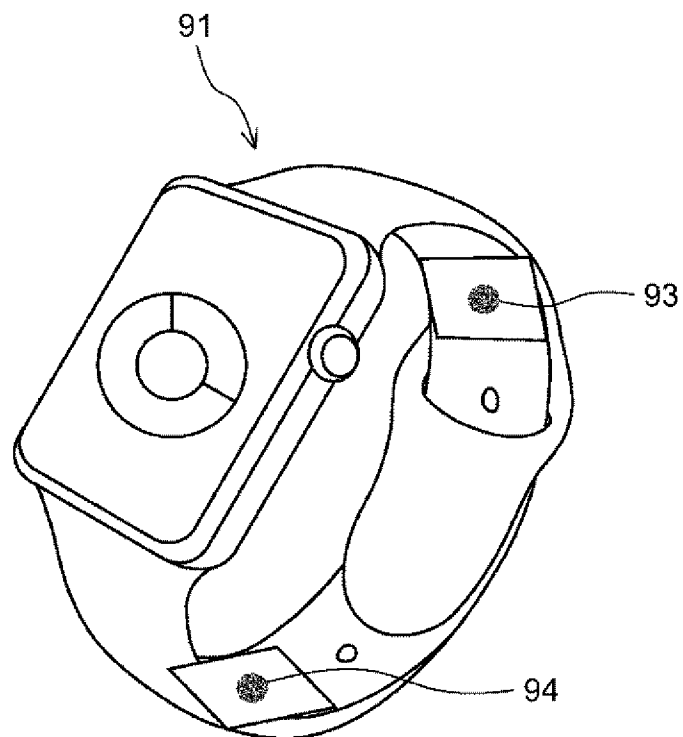


[図10]
FIG.10



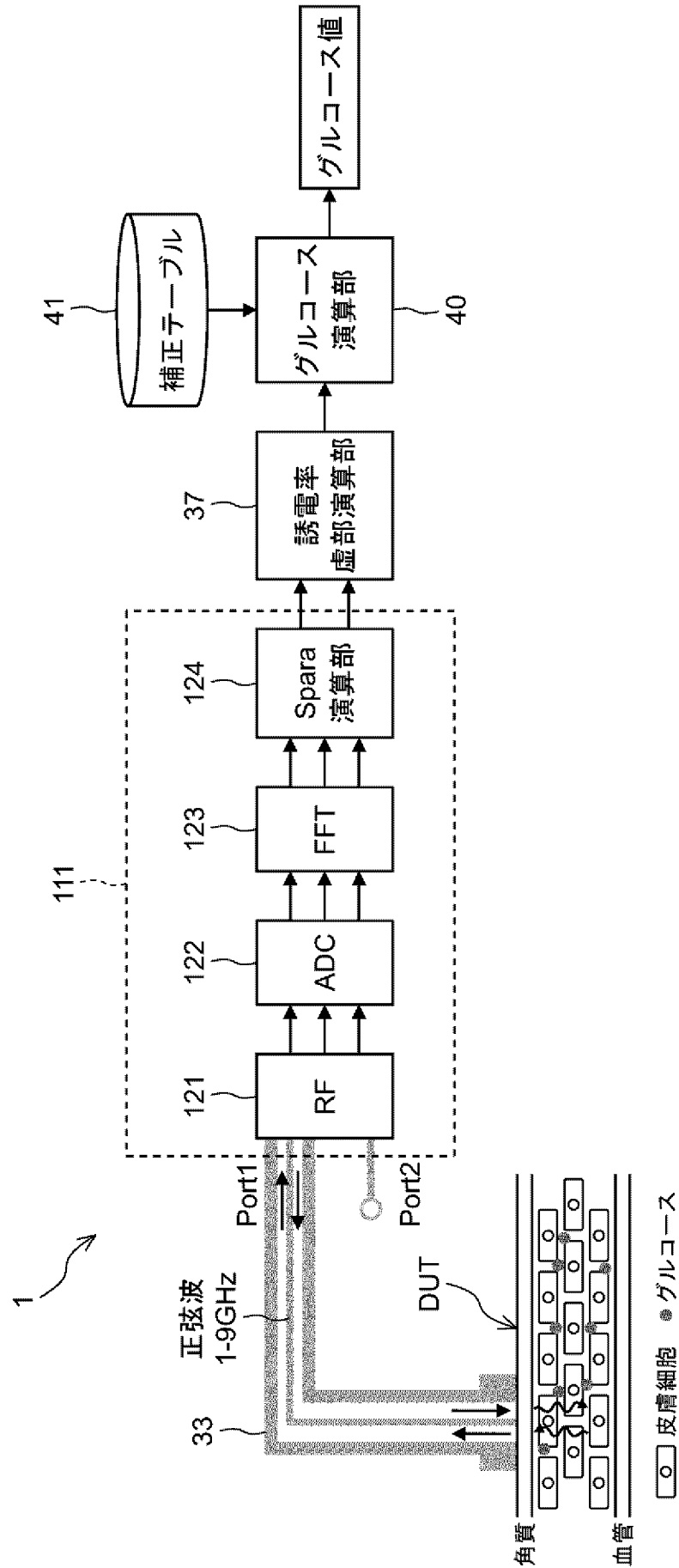
● 同軸等のプローブ電極

[図11]
FIG.11



● 同軸等のプローブ電極

[図12]
FIG.12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/033140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 22/00(2006.01)i; **G01N 22/04**(2006.01)i
 FI: G01N22/00 Y; G01N22/00 S; G01N22/04 Z

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)

G01N22/00-G01N22/04, G01N21/00-G01N21/61, A61B5/00-A61B5/398

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), JSTChina (JDreamIII), Science Direct, ACS PUBLICATIONS, KAKEN

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 110141248 A (UNIV SHANGHAI SCIENCE & TECH) 21 May 2019 (2019-05-21) paragraphs [0004]-[0054], fig. 1-5	1-8, 12-16
Y		9-11, 13-16
X	JP 2019-190895 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 31 October 2019 (2019-10-31) paragraphs [0014]-[0059], fig. 1-11	1-16
Y		9-11, 13-16
X	JP 2019-190896 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 31 October 2019 (2019-10-31) paragraphs [0014]-[0054], fig. 1-10	1-16
Y		9-11, 13-16
A	CN 111504941 A (NANFANG HOSPITAL) 07 August 2020 (2020-08-07)	1-16
A	JP 2019-095398 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 20 June 2019 (2019-06-20)	1-16
A	JP 2016-188777 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 04 November 2016 (2016-11-04)	1-16



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

08 November 2023

Date of mailing of the international search report

21 November 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/033140

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/152624 A1 (SOLIANIS HOLDING AG) 23 December 2009 (2009-12-23)	1-16
A	US 2020/0113495 A1 (YISSUM RESEARCH DEVELOPMENT COMPANY OF THE HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM LTD) 16 April 2020 (2020-04-16)	1-16
P, A	CN 116458878 A (NO 54 INST CN ELECT SCI & TECH) 21 July 2023 (2023-07-21)	1-16
A	ミリ波透過および反射を用いた非侵襲血糖値の計測, 国士館大学理工学部紀要, 第4号, 国士館大学, 2011, pp. 94-100 entire text, all drawings, (Measurement of Blood Glucose Level by Transmission and Reflection of Millimeter Waves. Transactions of the Kokushikan University science and engineering. no. 4. KOKUSHIKAN UNIVERSITY.)	1-16
A	マイクロ波を利用した誘電率測定によるブドウ糖濃度の測定, 岩手工業技術センター研究報告, 第6号, 1999, pp. 25-28 entire text, all drawings, (Concentration Measurement of Grape Sugar by Dielectric Constant Measurement using Microwave. Journal of Iwate Industrial Research Institute. no. 6.)	1-16
A	WO 2021/205503 A1 (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 14 October 2021 (2021-10-14)	1-16
A	WO 2022/153490 A1 (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 21 July 2022 (2022-07-21)	1-16
A	複素誘電率による血液含水率の推定法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 16 December 2016, vol. 116, no. 370, pp. 1-5, EMCJ2016-99(2016-12), ISSN 0913-5685 entire text, all drawings, (Estimation of Blood's Hydrated Rate based on Complex Permittivity Measurement. IEICE Technical Report.)	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/033140

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	110141248	A	21 May 2019	(Family: none)	
JP	2019-190895	A	31 October 2019	US 2021/0177310 A1 paragraphs [0028]-[0068], fig. 1-11	
				WO 2019/203110 A1	
JP	2019-190896	A	31 October 2019	US 2021/0161419 A1 paragraphs [0012]-[0066], fig. 1-10	
				WO 2019/203153 A1	
CN	111504941	A	07 August 2020	(Family: none)	
JP	2019-095398	A	20 June 2019	(Family: none)	
JP	2016-188777	A	04 November 2016	(Family: none)	
WO	2009/152624	A1	23 December 2009	US 2011/0160554 A1	
US	2020/0113495	A1	16 April 2020	WO 2017/163245 A1	
				EP 3432793 A1	
				CN 108778115 A	
CN	116458878	A	21 July 2023	(Family: none)	
WO	2021/205503	A1	14 October 2021	US 2023/0152262 A1	
WO	2022/153490	A1	21 July 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 22/00(2006.01)i; G01N 22/04(2006.01)i FI: G01N22/00 Y; G01N22/00 S; G01N22/04 Z		
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）） G01N22/00-G01N22/04, G01N21/00-G01N21/61, A61B5/00-A61B5/398		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), JSTChina (JDreamIII), Science Direct, ACS PUBLICATIONS, KAKEN		
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
X	CN 110141248 A (上海理工大学) 21.05.2019 (2019 - 05 - 21) [0004]-[0054], 図1-図5	1-8, 12-16
Y		9-11, 13-16
X	JP 2019-190895 A (日本電信電話株式会社) 31.10.2019 (2019 - 10 - 31) [0014] - [0059], 図1-図11	1-16
Y		9-11, 13-16
X	JP 2019-190896 A (日本電信電話株式会社) 31.10.2019 (2019 - 10 - 31) [0014] - [0054], 図1-図10	1-16
Y		9-11, 13-16
A	CN 111504941 A (中国人民解放军軍陸軍軍医大学第一附属医院) 07.08.2020 (2020 - 08 - 07)	1-16
A	JP 2019-095398 A (日本電信電話株式会社) 20.06.2019 (2019 - 06 - 20)	1-16
A	JP 2016-188777 A (日本電信電話株式会社) 04.11.2016 (2016 - 11 - 04)	1-16
A	WO 2009/152624 A1 (SOLIANIS HOLDING AG) 23.12.2009 (2009 - 12 - 23)	1-16
☒ 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抵触するものではなく、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 08.11.2023		国際調査報告の発送日 21.11.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 嶋田 行志 2W 8353 電話番号 03-3581-1101 内線 3258

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	US 2020/0113495 A1 (YISSUM RESEARCH DEVELOPMENT COMPANY OF THE HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM LTD) 16.04.2020 (2020 - 04 - 16)	1-16
P, A	CN 116458878 A (中国電子科技集团公司第五十四研究所) 21.07.2023 (2023 - 07 - 21)	1-16
A	ミリ波透過および反射を用いた非侵襲血糖値の計測, 国士舘大学理工学部紀要, 第4号, 国士舘大学, 2011, 第94-100頁 全文全図	1-16
A	マイクロ波を利用した誘電率測定によるブドウ糖濃度の測定, 岩手工業技術センター研究報告, 第6号, 1999, 第25-28頁 全文全図	1-16
A	W0 2021/205503 A1 (日本電信電話株式会社) 14.10.2021 (2021 - 10 - 14)	1-16
A	W0 2022/153490 A1 (日本電信電話株式会社) 21.07.2022 (2022 - 07 - 21)	1-16
A	複素誘電率による血液含水率の推定法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2016.12.16, Vol. 116, No. 370, pp. 1-5, EMCJ2016-99(2016-12), ISSN 0913-5685 全文全図	1-16

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/033140

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	110141248	A	21.05.2019	(ファミリーなし)	
JP	2019-190895	A	31.10.2019	US 2021/0177310 A1	
				[0028]-[0068], Figs. 1-11	
				WO 2019/203110 A1	
JP	2019-190896	A	31.10.2019	US 2021/0161419 A1	
				[0012]-[0066], Figs. 1-10	
				WO 2019/203153 A1	
CN	111504941	A	07.08.2020	(ファミリーなし)	
JP	2019-095398	A	20.06.2019	(ファミリーなし)	
JP	2016-188777	A	04.11.2016	(ファミリーなし)	
WO	2009/152624	A1	23.12.2009	US 2011/0160554 A1	
US	2020/0113495	A1	16.04.2020	WO 2017/163245 A1	
				EP 3432793 A1	
				CN 108778115 A	
CN	116458878	A	21.07.2023	(ファミリーなし)	
WO	2021/205503	A1	14.10.2021	US 2023/0152262 A1	
WO	2022/153490	A1	21.07.2022	(ファミリーなし)	