

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4189864号  
(P4189864)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008.12.3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008.9.26)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 N	22/04 (2006.01)	GO 1 N	22/04 C
GO 1 N	22/00 (2006.01)	GO 1 N	22/00 Y
GO 1 R	27/26 (2006.01)	GO 1 R	27/26 H

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-393075 (P2003-393075)	(73) 特許権者	803000089
(22) 出願日	平成15年11月21日(2003.11.21)		株式会社 鹿児島TLO
(65) 公開番号	特開2005-156263 (P2005-156263A)		鹿児島県鹿児島市郡元1丁目21番40号
(43) 公開日	平成17年6月16日(2005.6.16)		鹿児島大学地域共同研究センター1階
審査請求日	平成18年11月10日(2006.11.10)	(74) 代理人	100064458
特許法第30条第1項適用	情報KISC, 平成15年5月号, 平成15年5月22日発行, 第5頁に発表		弁理士 田中 正治
		(72) 発明者	南竹 力
			鹿児島県日置郡伊集院町妙円寺1丁目54番地3
		審査官	田中 洋介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 媒質中の水分量測定方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水分量の測定されるべき媒質中に、信号入力端と信号出力端とを有する折り返し平行2線伝送路を配し、

上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に、第*i* ( $i = 1, 2, \dots, n$ ; ただし、 $n$ は2以上の整数)の周波数 $f_i$ を有する第*i*の周波数信号 $S_i$ を供給し、

上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に供給される周波数信号 $S_i$ と、上記折り返し平行2線伝送路の信号出力端から得られる、当該折り返し平行2線伝送路の信号入力端に供給される上記周波数信号 $S_i$ に基づく第*i*の周波数信号 $S_i$ とを用い、それら間の位相差  $\phi_i$ を表している第*i*の位相差表示情報 $D_i$ を生成し、

上記第*i*の位相差表示情報 $D_i$ を用いて、上記媒質の上記折り返し平行2線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率  $\epsilon_i$ を表している第*i*の誘電率表示情報 $E_i$ を生成し、

上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端への第*i*の周波数信号 $S_i$ の供給、上記第*i*の位相差表示情報 $D_i$ の生成、及び上記第*i*の誘電率表示情報 $E_i$ の生成の一連の処理を、上記*i*を1、2、 $\dots$ 、 $n$ とそれぞれして行うことによって生成される複数*n*個の第1、第2、 $\dots$ 、第*n*の誘電率表示情報 $E_1, E_2, \dots, E_n$ を用いて、上記媒質の上記折り返し平行2線伝送路が配されている領域での、周波数依存性を実質的に有しないまたは有するとしてもわずかな周波数依存性しか有しない平均的な誘電率  $\epsilon_0$ を表している誘電率表示情報 $E_0$ を生成し、

上記誘電率表示情報  $E_0$  を用いて、上記媒質中の上記折り返し平行 2 線伝送路が配された領域での平均的な水分量を表している水分量表示情報を生成することを特徴とする媒質中の水分量測定方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の媒質中の水分量測定方法において、

上記  $n$  を 2 とすることを特徴とする媒質中の水分量測定方法。

【請求項 3】

水分量の測定されるべき媒質中に配される、信号入力端と信号出力端とを有する折り返し平行 2 線伝送路と、

上記折り返し平行 2 線伝送路の信号入力端に供給する、第 1、第 2 …… 第  $n$  (ただし、 $n$  は 2 以上の整数) の周波数をそれぞれ有する複数の第 1、第 2 …… 第  $n$  の周波数信号  $S_1$ 、 $S_2$  ……  $S_n$  を発生する周波数信号発生手段と、

上記折り返し平行 2 線伝送路の信号入力端に供給される上記第  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) の周波数信号  $S_i$  と、上記折り返し平行 2 線伝送路の信号入力端に上記第  $i$  の周波数信号  $S_i$  が供給されることに基づき上記折り返し平行 2 線伝送路の信号出力端から得られる第  $i$  の周波数信号  $S_i$  とを用いて、それら間の位相差  $\phi_i$  を表している第  $i$  の位相差表示情報  $D_i$  を生成する位相差表示情報生成手段と、

上記第  $i$  の位相差表示情報を用いて、上記媒質の上記折り返し平行 2 線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率  $\epsilon_i$  を表している第  $i$  の誘電率表示情報  $E_i$  を生成する誘電率表示情報生成手段と、

上記折り返し平行 2 線伝送路の信号入力端への第  $i$  の周波数信号  $S_i$  の供給、上記第  $i$  の位相差表示情報  $D_i$  の生成、及び上記第  $i$  の誘電率表示情報  $E_i$  の生成の一連の処理を、上記  $i$  を 1、2 ……  $n$  とそれぞれして生成される複数  $n$  個の第 1、第 2、…… 第  $n$  の誘電率表示情報  $E_1$ 、 $E_2$  ……  $E_n$  を用いて、上記媒質の上記折り返し平行 2 線伝送路が配されている領域での、周波数依存性を実質的に有しないまたは有するとしてもわずかな周波数依存性しか有しない平均的な誘電率  $\epsilon_0$  を表している誘電率表示情報  $E_0$  を生成する誘電率表示情報生成手段と、

上記誘電率表示情報  $E_0$  を用いて、上記媒質中の上記折り返し平行 2 線伝送路が配された領域での平均的な水分量を表している水分量表示情報を生成する水分量表示情報生成手段とを有することを特徴とする媒質中の水分量測定装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の媒質中の水分量測定装置において、

上記  $n$  を 2 とすることを特徴とする媒質中の水分量測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、土壌などの媒質中の水分量を測定する水分量測定方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、第 1 及び第 2 の直線状導体が相対向して上下に延長し、それらの上遊端を以って信号入出力端とする構成の平行 2 線伝送路を、水分量の測定されるべき媒質中に第 1 及び第 2 の直線状導体が上下方向に延長するように配し、その状態で平行 2 線伝送路の信号入出力端にパルス波を供給し、そのパルス波を平行 2 線伝送路にその下端に向けて伝播させ、それによって、その平行 2 線伝送路に伝播するパルス波を平行 2 線伝送路の下端で反射させ、その反射パルス波を平行 2 線伝送路にその信号入出力端に向けて伝播させ、その反射パルス波を信号入出力端で受信するようにし、そして、その際の、平行 2 線伝送路の信号入出力端にパルス波を供給した時点から平行 2 線伝送路の同じ信号入出力端で反射パルス波を受信した時点までの時間を、パルス波伝播時間として測定するようにし、次で、そのパルス波伝播時間が、媒質の平行 2 線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率を要素として決まることから、そのパルス波伝播時間を用いた演算によって、媒質の平行 2

10

20

30

40

50

線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率を得、また、その媒質の平行2線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率が、媒質中の平行2線伝送路が配されている領域での単位体積（単位容積）当りの平均的な水分量を要素として決まることから、その誘電率を用いた演算によって、媒質中の平行2線伝送路が配された領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を得るようにする、という媒質中の水分量測定方法が提案されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上述した従来の媒質中の水分量測定方法によれば、媒質の平行2線伝送路が配される領域中に塩分等の比較的高い導電性を呈する物質が実質的に含まれていないか含まれていても多量に含まれていなければ、平行2線伝送路に信号入出力端から下端に向けて伝播するパルス波が平行2線伝送路の下端においてほとんど吸収されないか吸収されるとしても多量に吸収されることがないことから、平行2線伝送路の下端において反射パルス波が得られなくなるということにはならず、よって、媒質中の平行2線伝送路が配された領域での水分量を測定することができるが、媒質の平行2線伝送路が配される領域中に塩分等の比較的高い導電性を呈する物質が多量に含まれている場合、平行2線伝送路に信号入出力端から下端に向けて伝播するパルス波が平行2線伝送路の下端においてほとんど吸収され、平行2線伝送路の下端において反射パルス波が実質的に得られなくなり、よって、媒質中の平行2線伝送路が配された領域での水分量を測定することができなくなる、というおそれ

【0004】

よって、本発明は、上述した従来の媒質中の水分量測定方法のおそれを有しない、新規な媒質中の水分量測定方法及び装置を提案せんとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置は、一般に、平行2線伝送路の信号入力端に周波数信号を供給し、その周波数信号を平行2線伝送路に伝送させ、その平行2線伝送路に伝送された周波数信号を平行2線伝送路の信号出力端から得るようにし、そして、その際、平行2線伝送路の信号入力端に供給される周波数信号と平行2線伝送路の信号出力端に得られる平行2線伝送路に伝送された周波数信号とに着目すれば、それら間には位相差を生じており、その位相差が、平行2線伝送路の2線間の媒質の平均的な誘電率を要素として決まっており、一方、その誘電率が、平行2線伝送路の2線間の媒質中の単位体積（単位容積）当りの平均的な水分量を要素として決まっている誘電率と、平行2線伝送路の2線間の媒質の種類、平行2線伝送路の2線間の媒質中に含まれる塩分等を要素として決まっている平均的な誘電率との和で決まっており、このことから、いま述べた平行2線伝送路の2線間の媒質中の単位体積（単位容積）当りの平均的な水分量を要素として決まっている誘電率を求めれば、その誘電率を用いて、平行2線伝送路間の媒質中の単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を求めることができる、ということをお発明者が想起したことに基づき、提案されたもので、次に述べる構成を有する。

【0006】

本発明による媒質中の水分量測定方法は、(a)水分量の測定されるべき媒質中に、信号入力端と信号出力端とを有する折り返し平行2線伝送路を配し、(b)上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に、第 $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ; ただし、 $n$ は2以上の整数)の周波数 $f_i$ を有する第 $i$ の周波数信号 $S_i$ を供給し、(c)上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に供給される周波数信号 $S_i$ と、上記折り返し平行2線伝送路の信号出力端から得られる、当該折り返し平行2線伝送路の信号入力端に供給される上記周波数信号 $S_i$ に基づく第 $i$ の周波数信号 $S_i$ とを用い、それら間の位相差 $\phi_i$ を表している第 $i$ の位相差表示情報 $D_i$ を生成し、(d)上記第 $i$ の位相差表示情報 $D_i$ を用いて、上記媒質

の上記折り返し平行2線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率  $\epsilon_i$  を表している第  $i$  の誘電率表示情報  $E_i$  を生成し、( e ) 上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端への第  $i$  の周波数信号  $S_i$  の供給、上記第  $i$  の位相差表示情報  $D_i$  の生成、及び上記第  $i$  の誘電率表示情報  $E_i$  の生成の一連の処理を、上記  $i$  を 1、2 ……  $n$  とそれぞれして行うことによって生成される複数  $n$  個の第 1、第 2 …… 第  $n$  の誘電率表示情報  $E_1$ 、 $E_2$  ……  $E_n$  を用いて、上記媒質の上記折り返し平行2線伝送路が配されている領域での、周波数依存性を実質的に有しないまたは有するとしてもわずかな周波数依存性しか有しない平均的な誘電率  $\epsilon_0$  を表している誘電率表示情報  $E_0$  を生成し、( f ) 上記誘電率表示情報  $E_0$  を用いて、上記媒質中の上記折り返し平行2線伝送路が配された領域での平均的な水分量を表している水分量表示情報を生成する。

10

## 【0007】

また、本発明による媒質中の水分量測定装置は、( a ) 水分量の測定されるべき媒質中に配される、信号入力端と信号出力端とを有する折り返し平行2線伝送路と、( b ) 上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に供給する、第 1、第 2 …… 第  $n$  (ただし、 $n$  は 2 以上の整数) の周波数をそれぞれ有する複数の第 1、第 2 …… 第  $n$  の周波数信号  $S_1$ 、 $S_2$  ……  $S_n$  を発生する周波数信号発生手段と、( c ) 上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に供給される上記第  $i$  (  $i = 1, 2, \dots, n$  ) の周波数信号  $S_i$  と、上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端に上記第  $i$  の周波数信号  $S_i$  が供給されることに基づき上記折り返し平行2線伝送路の信号出力端から得られる第  $i$  の周波数信号  $S_i$  とを用いて、それら間の位相差  $\phi_i$  を表している第  $i$  の位相差表示情報  $D_i$  を生成する位相差表示情報生成手段と、( d ) 上記第  $i$  の位相差表示情報を用いて、上記媒質の上記折り返し平行2線伝送路が配されている領域での平均的な誘電率  $\epsilon_i$  を表している第  $i$  の誘電率表示情報  $E_i$  を生成する誘電率表示情報生成手段と、( e ) 上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端への第  $i$  の周波数信号  $S_i$  の供給、上記第  $i$  の位相差表示情報  $D_i$  の生成、及び上記第  $i$  の誘電率表示情報  $E_i$  の生成の一連の処理を、上記  $i$  を 1、2 ……  $n$  とそれぞれして生成される複数  $n$  個の第 1、第 2 …… 第  $n$  の誘電率表示情報  $E_1$ 、 $E_2$  ……  $E_n$  を用いて、上記媒質の上記折り返し平行2線伝送路が配されている領域での、周波数依存性を実質的に有しないまたは有するとしてもわずかな周波数依存性しか有しない平均的な誘電率  $\epsilon_0$  を表している誘電率表示情報  $E_0$  を生成する誘電率表示情報生成手段と、( f ) 上記誘電率表示情報  $E_0$  を用いて、上記媒質中の上記折り返し平行2線伝送路が配された領域での平均的な水分量を表している水分量表示情報を生成する水分量表示情報生成手段とを有する。

20

30

## 【0008】

なお、本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置に用いる折り返し平行2線伝送路としては、( a ) 相対向する第 1 及び第 2 の直線状部とそれらの一方の遊端間にそれらと一体に延長している折り返し部とを有する U 字状導体と、その U 字状導体の第 1 及び第 2 の直線状部間にそれらと平行に延長している直線状導体とを有し、( b ) 上記 U 字状導体の第 1 の直線状部の上記折り返し部側とは反対側の遊端と上記直線状導体の遊端とを以って、上記折り返し平行2線伝送路の信号入力端とし、( c ) 上記 U 字状導体の第 2 の直線状部の上記折り返し部側とは反対側の遊端と上記直線状導体の遊端とを以って、上記折り返し平行2線伝送路の信号出力端としている、という構成を有するものとし得る。

40

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明による媒質中の水分量測定方法によれば、媒質中の折り返し平行2線伝送路が配された領域での単位体積(単位容積)当りのまたは予定体積(予定容積)もしくは総体積(総容積)の平均的な水分量を、媒質の種類、媒質中の折り返し平行2線伝送路が配された領域での塩分等の要素によって影響を受けていないものとして、容易に且つ高精度に測定することができる。

## 【0010】

本発明による媒質中の水分量測定装置によれば、それを用いて、媒質中の折り返し平行

50

2線伝送路が配された領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を、媒質の種類、媒質中の折り返し平行2線伝送路が配された領域での塩分等の要素によって影響を受けていないものとして、容易に且つ高精度に測定することができる。

【0011】

本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置に、段落[0008]記載の構成を有する折り返し平行2線伝送路を用いれば、本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置に用いて、媒質中の折り返し平行2線伝送路が配された領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を、媒質の種類、媒質中の折り返し平行2線伝送路が配された領域での塩分等の要素によって影響を受けていないものとして、容易に且つ高精度に測定することができる。

10

【実施例1】

【0012】

次に、図1～図3を伴って、本発明による媒質中の水分量測定方法の第1の実施例を、本発明による媒質中の水分量測定装置の第1の実施例、及び本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置に用いる折り返し平行2線伝送路の実施例とともに述べよう。

【0013】

まず、本発明による媒質中の水分量測定方法の第1の実施例に用いる、折り返し平行2線伝送路の実施例を述べるに、図3において、10は、折り返し平行2線伝送路の実施例を示し、(a)相対向する第1及び第2の直線状部11a及び11bとそれらの一方の遊端間にそれらと一体に延長している折り返し部12とを有し且つ絶縁性支持基板14に吊下されているU字状導体13と、そのU字状導体13の第1及び第2の直線状部11a及び11bとほぼ同じ長さを有し且つそれら間にそれらと平行に絶縁性支持基板14に吊下されて延長している直線状導体15とを有する。

20

【0014】

この場合、U字状導体13は、その直線状部11a及び11bの折り返し部12側とは反対側の遊端部を絶縁性支持基板14を下方からそれぞれ貫通させて例えばそれら遊端部に予め付された螺子及びそれに螺合するナットを用いた固定手段（図示せず）によって、固定することによって、絶縁性支持基板14に吊下され、また、直線状導体15も同じ絶縁性支持基板14に、その一方の遊端を、絶縁性支持基板14を下方から貫通させて同様の固定手段（図示せず）によって固定することによって、絶縁性支持基板14に吊下されている。

30

【0015】

また、U字状導体13の直線状部11a及び11b、及び折り返し部12、並びに直線状導体15はほぼ同じ断面形状（例えば断面円形、断面円環状の）を有し且つほぼ同じ断面外寸とを有するのを可とするが、U字状導体13の直線状部11a及び11bのそれぞれと直線状導体15との内側間隔は互いに等しく、またU字状導体13の折り返し部の各部と直線状導体15の絶縁性支持基板14側とは反対側の遊端との内側間隔は、U字状導体13の直線状部11a及び11bのそれぞれと直線状導体15との内側間隔とほぼ等しい。

40

【0016】

さらに、U字状導体13の第1の直線状部11aの絶縁性支持基板14側の遊端と、直線状導体15の絶縁性支持基板14側の遊端とを以って、折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16とし、また、第2の直線状部11bと直線状導体15の絶縁性支持基板14側の遊端を以って、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17とし、信号入力端16及び信号出力端17間で折り返しの平行2線伝送路を構成している。

【0017】

以上で、本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置の第1の実施例に用いる、折り返し平行2線伝送路10の実施例の構成が明らかとなった。

【0018】

50

本発明による媒質中の水分量測定方法の第1の実施例においては、図1に示すように、図3を伴って上述した構成を有する折り返し平行2線伝送路10を、水分量の測定されるべき土壌等の媒質20中に、信号入力端16及び信号出力端17が媒質20の表面上にわずかに臨んでいる（突出している）ように、配置する。

【0019】

そして、バス31に接続されたプロセッサ32、ROM態様の読み出し専用のプログラム記憶部33、RAM態様の読み書き自在な記憶部34、データ入出力部35、制御電圧出力部36、AD変換部37などを有するそれ自体公知のコンピュータ装置30を用い、コンピュータ装置30から、その制御電圧出力部36で得られる第1の制御電圧V1を出力させ、その第1の制御電圧V1によってそれ自体公知の変周波数信号発生回路40を制御し、その変周波数信号発生回路40から、第1の周波数f1（例えば30MHz）を有する正弦波乃至余弦波でなる第1の周波数信号S1を出力させ、その第1の周波数信号S1を媒質20中に配置されている折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給し、その第1の周波数信号S1を折り返し平行2線伝送路10に伝送させ、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17から、第1の周波数信号S1に基づく第1の周波数信号S1を得るようにする。

10

【0020】

また、折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される第1の周波数信号S1を、2つの信号入力端41a及び41bと1つの信号出力端41cとを有するそれ自体公知の位相差検出回路41の一方の信号入力端41aに直接的に供給し、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17に得られる第1の周波数信号S1を、自動利得制御回路42を介して、位相差検出回路41の他方の信号入力端41bに供給し、位相差検出回路41の信号出力端41cから、第1の周波数信号S1と第1の周波数信号S1との位相差 $\phi_1$ を表している第1の位相差表示情報D1を得るようにする。

20

【0021】

この場合、折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される第1の周波数信号S1を、2つの信号入力端43a及び43bと2つの信号出力端43c及び43dとを有するそれ自体公知の信号レベル検出回路43の一方の信号入力端43aに直接的に供給し、その信号レベル検出回路43の信号出力端43cから第1の周波数信号S1のレベルを表している第1の信号レベル表示情報F1を得、また、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17に得られる第1の周波数信号S1を、信号レベル検出回路43の他方の信号入力端43bに供給し、その信号レベル検出回路43の信号出力端43dから第1の周波数信号S1のレベルを表している第1の信号レベル表示情報F1を得、第1の信号レベル表示情報F1及びF1を、2つの信号入力端44a及び44bと1つの信号出力端44cとを有するそれ自体公知の差出力回路44の信号入力端44a及び44bにそれぞれ供給し、その差出力回路44の信号出力端44cから信号レベル表示情報F1及びF1がそれぞれ表している信号レベルの第1の差出力G1を得、その第1の差出力G1で、上述した自動利得制御回路42を制御し、位相差検出回路41への信号入力端41bに供給される第1の周波数信号S1が位相差検出回路41の信号入力端41aに供給される第1の周波数信号S1と同じ信号レベルとなるようにするのを可とする。

30

40

【0022】

また、上述したようにして位相差検出回路41の信号出力端41cから得られる第1の位相差表示情報D1を、コンピュータ装置30に供給し、そのコンピュータ装置30において、そのAD変換部37によって、第1の位相差表示情報D1のデジタル化された第1の位相差表示情報D1を生成する。

【0023】

そして、(a)コンピュータ装置30において生成される位相差表示情報D1が、折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される第1の周波数信号S1と折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17から得られる第1の周波数信号S1との位相差 $\phi_1$ を表し、その位相差 $\phi_1$ が、折り返し平行2線伝送路10の長さ、透磁率などの媒質

50

20に依存しない要素と、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での平均的な誘電率 $\epsilon_1$ でなる媒質20に依存する要素とで決まっているが、折り返し平行2線伝送路10の長さ、透磁率などの媒質20に依存しない要素は予め判知されるまたは判知されている要素であり、このため、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での平均的な誘電率 $\epsilon_1$ を、位相差 $\theta_1$ を用いた演算によって得ることができる、ということが明らかであるから、(b)いま生成された位相差表示情報D1を用い、それが表している位相差 $\theta_1$ を用いたプロセッサ32での演算によって、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での誘電率 $\epsilon_1$ を表している第1の誘電率表示情報E1を得、その第1の誘電率表示情報E1を、記憶部34に記憶させるようにする。

10

## 【0024】

次に、上述したようにして、媒質20の誘電率 $\epsilon_1$ を表している第1の誘電率表示情報E1を得、それを記憶させるようにするのに準じて、コンピュータ装置30から、その制御電圧出力部36で得られる第2の制御電圧V2を出力させ、その第2の制御電圧V2によって上述した可変周波数信号発生回路40を制御し、その可変周波数信号発生回路40から、第2の周波数 $f_2$ (例えば40MHz)を有する第2の周波数信号S2を出力させ、その第2の周波数信号S2を媒質20中に配置されている折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給し、その第2の周波数信号S2を折り返し平行2線伝送路10に伝送させ、そして、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17から、第2の周波数信号S2に基づく第2の周波数信号S2を得るようにし、且つ折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される第2の周波数信号S2を、上述した位相差検出回路41の一方の信号入力端41aに直接的に供給し、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17に得られる第2の周波数信号S2を、上述した自動利得制御回路42を介して、上述した位相差検出回路41の他方の信号入力端41bに供給し、位相差検出回路41の信号出力端41cから、第2の周波数信号S2と第2の周波数信号S2との位相差 $\theta_2$ を表している第2の位相差表示情報D2を得るようにするとともに、その第2の位相差表示情報D2を、コンピュータ装置30に供給し、そのコンピュータ装置30において、そのAD変換部37によって、第2の位相差表示情報D2のデジタル化された第2の位相差表示情報D2を生成し、その位相差表示情報D2が表している第2の周波数信号S2及びS2間の位相差 $\theta_2$ を用いたプロセッサ32での演算によって、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での誘電率 $\epsilon_2$ を表している第2の誘電率表示情報E2を得、その第2の誘電率表示情報E2を、記憶部34に記憶させるようにする。

20

30

## 【0025】

なお、この場合も、自動利得制御回路42を第1の差出力G1で制御するのに準じて、折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される第2の周波数信号S2を、信号レベル検出回路43の一方の信号入力端43aに直接的に供給し、その信号レベル検出回路43の信号出力端43cから第2の周波数信号S2のレベルを表している第2の信号レベル表示情報F2を得、また、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17に得られる第2の周波数信号S2を、信号レベル検出回路43の他方の信号入力端43bに供給し、その信号レベル検出回路43の信号出力端43dから第2の周波数信号S2のレベルを表している第2の信号レベル表示情報F2を得、第2の信号レベル表示情報F2及びF2を、差出力回路44の信号入力端44a及び44bにそれぞれ供給し、その差出力回路44の信号出力端44cから信号レベル表示情報F2及びF2がそれぞれ表している信号レベルの第2の差出力G2を得、その第2の差出力G2で、上述した自動利得制御回路42を制御し、位相差検出回路41への信号入力端41bに供給される第2の周波数信号S2が位相差検出回路41の信号入力端41aに供給される第2の周波数信号S2と同じ信号レベルとなるようにするのを可とする。

40

## 【0026】

次に、コンピュータ装置30において、その記憶部34に上述したようにして記憶されている第1及び第2の誘電率表示情報E1及びE2を読み出す。

50

そして、(i)第1の誘電率表示情報E1が表している誘電率 $\epsilon_1$ が、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での単位体積(単位容積)当りの平均的な水分量 $g$ を要素として決まっている平均的な誘電率 $\epsilon_1g$ と、媒質20の種類を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_1m$ と、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での塩分等を要素として決まっている平均的な誘電率 $\epsilon_1n$ との和( $\epsilon_1g + \epsilon_1m + \epsilon_1n$ )で決まっており、その和( $\epsilon_1g + \epsilon_1m + \epsilon_1n$ )を構成している、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での単位体積(単位容積)当りの平均的な水分量 $g$ を要素として決まっている平均的な誘電率 $\epsilon_1g$ と媒質20の種類を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_1m$ の一部とは、誘電率 $\epsilon_1$ を得たときに折り返し平行2線伝送路10に伝送させた第1の周波数信号S1の周波数 $f_1$ には実質的に依存しないが、媒質20の種類を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_1m$ の他部と媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での塩分等を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_1n$ とは、一般に、周波数 $f$ に依存性のある誘電率を $\epsilon(f)$ の関数式で表し、虚数を $j$ で表すとき、 $j\epsilon(f)$ の関数式で表されるように、誘電率 $\epsilon_1$ を得たときの第1の周波数信号S1の周波数 $f_1$ に依存し、(ii)第2の誘電率表示情報E2が表している誘電率 $\epsilon_2$ が、第1の誘電率表示情報E1が表している誘電率 $\epsilon_1$ の場合に準じて、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での単位体積(単位容積)当りの平均的な水分量 $g$ を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_2g$ と、媒質20の種類を要素として決まっている平均的な誘電率 $\epsilon_2m$ と、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での塩分等を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_2n$ との和( $\epsilon_2g + \epsilon_2m + \epsilon_2n$ )で決まっており、その和( $\epsilon_2g + \epsilon_2m + \epsilon_2n$ )を構成している、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での単位体積(単位容積)当りの平均的な水分量 $g$ を要素として決まる誘電率 $\epsilon_2g$ と媒質20の種類を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_2m$ の一部とは、誘電率 $\epsilon_2$ を得たときに折り返し平行2線伝送路10に伝送させた第2の周波数信号S2の周波数 $f_2$ には実質的に依存しないが、媒質20の種類を要素として決まっている誘電率 $\epsilon_2m$ の他部と媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での塩分等を要素として決まる平均的な誘電率 $\epsilon_2n$ とは、誘電率 $\epsilon_2$ を得たときの第2の周波数信号S2の周波数 $f_2$ に依存し、(iii)従って、第1及び第2の誘電率表示情報E1及びE2がそれぞれ表している誘電率 $\epsilon_1$ 及び $\epsilon_2$ のいずれも、媒質20の種類、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域中に含まれる塩分等の要素によって影響されていて、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での単位体積(単位容積)当りの水分量 $g$ を正しく表していず、しかしながら、第1及び第2の誘電率表示情報E1及びE2がそれぞれ表している誘電率 $\epsilon_1$ 及び $\epsilon_2$ を用いれば、例えば、図2に示すように、横軸に周波数 $f$ 、縦軸に誘電率をとった座標上において、第1の周波数 $f_1$ における誘電率 $\epsilon_1$ と第2の周波数 $f_2$ における誘電率 $\epsilon_2$ とをプロットし、それらプロットを結ぶ線Lを周波数 $f$ が0である点を通る縦線(縦軸)と交叉するまで延長させ、その交叉点での誘電率を読めば、その誘電率が、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域の、周波数に依存しない平均的な誘電率 $\epsilon_0$ を表している、ということが明らかであり、また、図2に示す上述した座標上の線Lを、第1の周波数 $f_1$ における誘電率 $\epsilon_1$ 及び第2の周波数 $f_2$ における誘電率 $\epsilon_2$ を用いて、1次関数式で表すことができ、そして、この1次関数式を用いれば、周波数に依存しない誘電率 $\epsilon_0$ を演算により求めることができることも明らかであることから、(iv)いまコンピュータ装置30において読み出された第1及び第2の誘電率表示情報E1及びE2を用い、それらがそれぞれ表している誘電率 $\epsilon_1$ 及び $\epsilon_2$ を用いたプロセッサ32での演算によって、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域の、周波数依存性のない平均的な誘電率 $\epsilon_0$ を表している誘電率表示情報E0を生成するようにする。

【0027】

次で、コンピュータ装置30において、いま生成された誘電率表示情報E0が表している媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域の、周波数依存性のない平

10

20

30

40

50



均的な誘電率  $\epsilon_0$  が、上述したところから明らかなように、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配されている領域での単位体積（単位容積）当りの平均的な水分量  $g$  の要素と媒質 20 の要素とで決まっているが、媒質 20 の要素は予め判知されるまたは判知されている要素であり、このため、その水分量  $g$  を、誘電率表示情報  $E_0$  が表している誘電率  $\epsilon_0$  を用いた演算によって得ることができる、ということが明らかであることから、いま上述したように生成された誘電率表示情報  $E_0$  を用い、それが表している誘電率  $\epsilon_0$  を用いたプロセッサ 32 での演算によって、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配されている領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を表している水分量表示情報  $W$  を生成し、それをデータ入出力部 35 から外部に出力するようにする。

10

## 【0028】

以上で、本発明による媒質中の水分量測定方法の第 1 の実施例が、本発明による媒質中の水分量測定装置の第 1 の実施例、及び本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置に用いる折り返し平行 2 線伝送路の実施例とともに明らかとなった。

## 【0029】

上述した本発明による媒質中の水分量測定方法の第 1 の実施例によれば、上述したところから明らかなように、上述したようにして得られる水分量表示情報  $W$  を以って、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配された領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を、媒質 20 中の種類、媒質 20 の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配された領域での塩分等の要素によって影響を受けていないものとして、容易に且つ高精度に測定することができる。

20

## 【0030】

このことは、図 1 に示すように、自動利得制御回路 42 を用いることで、位相差検出回路 41 に、第 1 の周波数信号  $S_1$  及び  $S_1$  を同じ信号レベルとなるように供給し、また、第 2 の周波数信号  $S_2$  及び  $S_2$  も同じ信号レベルとなるように供給して、第 1 及び第 2 の位相差表示情報  $D_1$  及び  $D_2$  を得るようにした場合、それら第 1 及び第 2 の位相差表示情報  $D_1$  及び  $D_2$  を、位相差  $\theta_1$  及び  $\theta_2$  がそれぞれ高精度に表されているものとして得ることができるので、なおさらである。

## 【0031】

また、上述した本発明による媒質中の水分量測定装置の第 1 の実施例によれば、上述したところから明らかなように、それを用いて、上述したようにして得られる水分量表示情報  $W$  を以って、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配された領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を、媒質 20 の種類、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路が配された領域での塩分等の要素によって影響を受けていないものとして、容易に且つ高精度に測定することができる。

30

## 【0032】

なお、上述した本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置によれば、上述した折り返し平行 2 線伝送路 10 を用いているので、上述したところから明らかなように、本発明による媒質中の水分量測定方法及び媒質中の水分量測定装置に用いて、上述したようにして得られる水分量表示情報  $W$  を以って、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配される領域での単位体積（単位容積）当りのまたは予定体積（予定容積）もしくは総体積（総容積）の平均的な水分量を、媒質 20 の種類、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 が配されている領域での塩分等の要素によって影響を受けていないものとして、容易に且つ高精度に測定することができる。

40

## 【変型・変更】

## 【0033】

上述においては、折り返し平行 2 線伝送路 10 を、媒質 20 中に、信号入力端 16 及び信号出力端 17 が媒質 20 の表面上にわずかに臨んでいる（突出している）ように配置し、媒質 20 中の折り返し平行 2 線伝送路 10 がそのように配された領域での単位体積（単

50

位容積)当りのまたは予定体積(予定容積)もしくは総体積(総容積)の平均的な水分量を測定する場合につき述べたが、図4に示すように、折り返し平行2線伝送路10を、媒質20中に、折り返し平行2線伝送路10が信号入力端16及び信号出力端17を含めて全く埋置させているように配置し、そして、そのように配置された折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に、第1及び第2の周波数信号S1及びS2を、同軸ケーブルCAを介して供給するようにし、また、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17に得られる第1及び第2の周波数信号S1及びS2を、他の同軸ケーブルCBを介して、自動利得制御回路42及び信号レベル検出回路43に供給するようにして、媒質20中のいま折り返し平行2線伝送路10が媒質20中に埋置して配された領域での単位体積(単位容積)当りのまたは予定体積(予定容積)もしくは総体積(総容積)の平均的な水分量を測定するようにすることもできることは、明らかであろう。

10

#### 【0034】

また、上述においては、(A)(a)媒質20中に配された折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に、第 $i$ ( $i=1, 2, \dots, n$ ;ただし、 $n$ は2以上の整数)の周波数 $f_i$ を有する第 $i$ の周波数信号 $S_i$ を供給し、(b)折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される周波数信号 $S_i$ と、折り返し平行2線伝送路10の信号出力端17から得られる、折り返し平行2線伝送路10の信号入力端16に供給される周波数信号 $S_i$ に基づく第 $i$ の周波数信号 $S_i$ とを用い、それら間の位相差 $\phi_i$ を表している第 $i$ の位相差表示情報 $D_i$ を生成し、(c)その第 $i$ の位相差表示情報 $D_i$ を用いて、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での平均的な誘電率 $\epsilon_i$ を表している第 $i$ の誘電率表示情報 $E_i$ を生成することを、 $i$ を1、2、 $\dots$ 、 $n$ とそれぞれして行い、(B)それによって生成される複数 $n$ 個の第1、第2、 $\dots$ 、第 $n$ の誘電率表示情報 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $\dots$ 、 $E_n$ を用いて、媒質20の折り返し平行2線伝送路10が配されている領域での、周波数依存性を実質的に有しないまたは有するとしてもわずかな周波数依存性しか有しない平均的な誘電率 $\epsilon_0$ を表している誘電率表示情報 $E_0$ を生成し、(C)その誘電率表示情報 $E_0$ を用いて、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配された領域での単位体積(単位容積)当りのまたは予定体積(予定容積)もしくは総体積(総容積)の平均的な水分量を表している水分量表示情報を生成するようにし、そして、この場合、 $n$ を2とした場合の実施例を述べたものであるが、 $n$ を3以上とし、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配された領域での平均的な水分量を表している水分量表示情報を生成するようにすることもでき、そして、この場合、3個以上の第1、第2、第3、 $\dots$ の誘電率表示情報 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $\dots$ を用いて誘電率 $\epsilon_0$ を表している誘電率表示情報 $E_0$ を生成することから、その誘電率 $\epsilon_0$ を、上述した本発明の実施例の場合に比し、より高精度に得ることができることは明らかであり、よって、媒質20中の折り返し平行2線伝送路10が配された領域での平均的な水分量を表している水分量表示情報を、上述した本発明の実施例の場合に比しより高精度に得ることができる。

20

30

#### 【0035】

さらに、上述においては、折り返し平行2線伝送路として、U字状導体13と直線状導体15とを用いて構成された折り返し平行2線伝送路10を用いた場合につき述べたが、それ自体公知の平行2線伝送路をU字状に折り曲げ、その一端側の2線の遊端を信号入力端とし、他端側の2線の遊端を信号出力端とした構成を以って折り返し平行2線伝送路とし、そして、そのような折り返し平行2線伝送路を、折り返し平行2線伝送路10に代えて用いることもでき、その他、本発明の精神を脱することなしに種々の変型変更をなし得るであろう。

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0036】

本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置並びにそれらに用いる折り返し平行2線伝送路を用いて、土壌、肥料、山林地、水源地、造成地、廃棄物処理場での廃棄物の山、食品、その原材料などを媒質とした、その媒質中の折り返し平行2線伝送路が配された領域での平均的な水分量を、容易に測定することができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置の第1の実施例を示す略線的系統図である。

【図2】本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置の第1の実施例の説明に供する、周波数  $f$  に対する誘電率  $\epsilon$  の関係を示す図である。

【図3】本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置に用いる折り返し平行2線伝送路を示す略線の斜視図である。

【図4】本発明による媒質中の水分量測定方法及び装置の他の実施例を示す略線的系統図である。

10

## 【符号の説明】

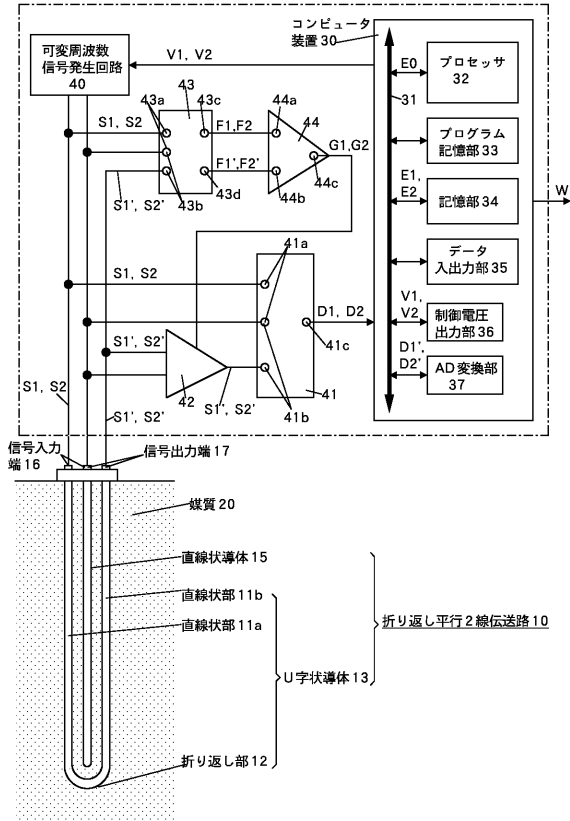
【0038】

- 10 折り返し平行2線伝送路
- 11 a、11 b 直線状部
- 12 折り返し部
- 13 U字状導体
- 14 絶縁性支持基板
- 15 直線状導体
- 16 信号入力端
- 17 信号出力端
- 20 媒質
- 30 コンピュータ装置
- 31 バス
- 32 プロセッサ
- 33 プログラム記憶部
- 34 記憶部
- 35 データ入出力部
- 36 制御電圧出力部
- 37 AD変換部
- 40 可変周波数信号発生回路
- 41 位相差検出回路
- 42 自動利得制御回路
- 43 信号レベル検出回路
- 44 差出力回路

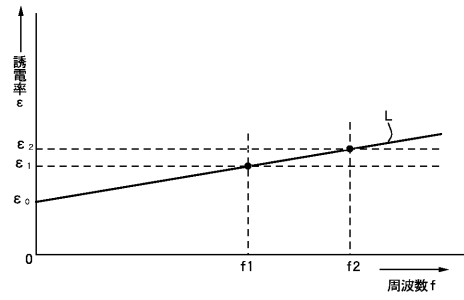
20

30

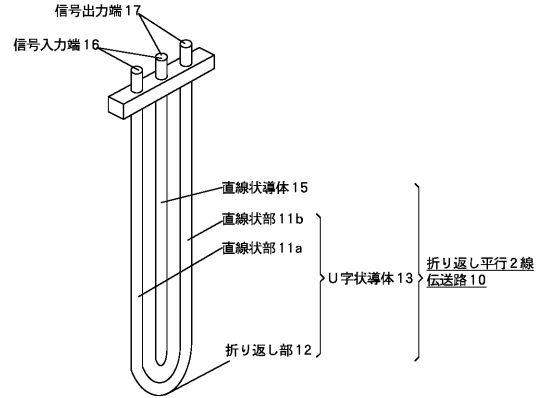
【図1】



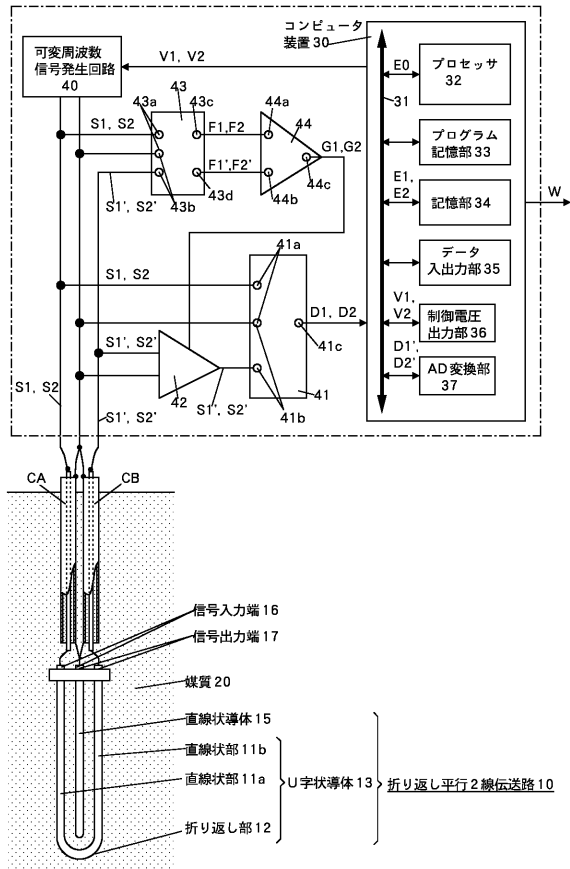
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平02-238353(JP,A)  
特開2000-146867(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01N 22/00 - 22/04  
JSTPlus(JDream2)  
JST7580(JDream2)