

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4339971号
(P4339971)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月10日(2009.7.10)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 22/00 (2006.01)	GO 1 N 22/00 Y
GO 1 V 3/12 (2006.01)	GO 1 V 3/12 Z

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平11-291998	(73) 特許権者	591010170
(22) 出願日	平成11年10月14日(1999.10.14)		ヒルティ アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公開番号	特開2000-121576(P2000-121576A)		リヒテンシュタイン国 9494 シャー
(43) 公開日	平成12年4月28日(2000.4.28)		ン フェルドキ ルヒャーシュトラーセ
審査請求日	平成18年9月8日(2006.9.8)	(74) 代理人	100072051
(31) 優先権主張番号	19847688:4		弁理士 杉村 興作
(32) 優先日	平成10年10月15日(1998.10.15)	(72) 発明者	ステファン リートケ
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		オーストリア国 6830 ランクヴェイ
(31) 優先権主張番号	19915016:8		ル トルケルゲゼル 5
(32) 優先日	平成11年4月1日(1999.4.1)	(72) 発明者	ステファン ティシィ
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		オーストリア国 1070 ウィーン ザ
			イデンガーセ 29/26
		審査官	田中 洋介
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 媒体の電磁波吸収容量測定方法及び媒体内の異物検出センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

離隔して配置されている送信アンテナと受信アンテナとを有してなるアンテナ・モジュールを準備する工程と、
被検媒体の境界表面に前記アンテナ・モジュールを配置する工程と、
前記送信アンテナより前記被検媒体内にレーダー波を送出し、前記受信アンテナによって該送出レーダー波の漏話信号を受信する工程と、
前記受信漏話信号に初期処理及びデジタル化処理を加える工程と、
これに続いて、前記漏話信号を所定アルゴリズムに基づいて解析して前記被検媒体の電磁波吸収特性を求める解析工程とを具備してなり、
前記解析工程は、前記漏話信号と基準信号の極小値及び極大値の少なくとも一方を求め、これらの間の振幅及び時間差の少なくとも一方を計算することにより前記漏話信号と前記基準信号を比較して、前記被検媒体の性質すなわち種類を求めることを含むことを特徴とする被検媒体の電磁波吸収特性の決定方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、前記解析工程は、漏話信号の時間的特性において、振幅の少なくとも一つの極大値と、少なくとも一つの極小値を求め、これらの値のそれぞれについて、既知の媒体の対応計測により得られた対応の参照値の対応する極大値と極小値との比を計算によって求め、被検媒体の性質を求めることを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法において、前記解析工程は、前記漏話信号の時間的特性より、2 つの極大値及び 2 つの極小値間の時間差 (t_I) のうちの少なくとも 1 つを求め、この時間差 (t_I) を、既知の参照媒体におけるこれと対応する時間差 (t_r) と比較することにより、被検媒体の性質を決定することを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の方法において、前記解析工程は、漏話信号の所定の時間範囲の特性をデジタル化し、Z 平面内に転換すること、すなわちフーリエ変換又はラプラス変換により得られるデジタル化した特定値を、これらと対応の値が判明している参照媒体の漏話信号の周波数値 () 及び減衰値 () の少なくとも 1 つと比較する自己回帰モデルにより被検媒体の電磁波吸収特性を決定する方法。

10

【請求項 5】

解析アルゴリズムに、二次元の自己回帰モデルを用いることを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

境界表面により包囲されているコンクリート、煉瓦、しっくい、木材又はガラス等内に混入されている異物体を検出するための電磁センサであって、検出測定中媒体の表面に設置され、レーダー波を送受する送受信アンテナ・モジュール (10) を具えてなるセンサにおいて、被検媒体の境界表面に送受信アンテナ・モジュール (10) を配置して、測定シーケンスを開始すると、送信アンテナ (2) より媒体 (13) に レーダー波を送出し、前記請求項 1 記載の方法によって媒体の電磁波吸収特性を決定し、さらにかかる検出結果に基づいて、媒体の最小吸収容量を超えるより大なるレーダー出力によって異物体検出測定ステップにスイッチし、前記最小吸収値に達しないときは、その状況を示すメッセージ信号によって、異物体の検出を行うことを特徴とする媒体内に混入している異物体を検出する電磁波センサ。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電磁波を吸収する 被検媒体 の容量を決定する方法に関する。

【0002】

さらに本発明は、表面がコンクリート、煉瓦、プラスター、木材又はガラス等で包囲され、境界されている媒体内に含まれている異物を検出する電磁センサに関するものであって、このセンサは検出測定中、媒体の境界表面に配置する 1 以上のレーダー波の送受信アンテナ・モジュールを具えてなるものである。

30

【0003】

【従来の技術】

測地学的用途のレーダー装置、すなわち特殊の大地レーダー装置、又は GPR レーダー (Ground Penetrating Rader-----大地貫通レーダー) 装置は従来より既知である。このような従来既知の装置は、測定の手順開始後、直ちに測定に必要な強度の電磁波を連続的に放射する。例えばパルス・レーダー装置のような放射出力ユニットを用いるとき、特定の解析すべき材料に対しては解析が不十分であり、この際ユニットの使用者はその判断によって送信出力を所定の限度以内で上昇させることが可能なようになっている。然し乍ら、安全面のみの見地よりすると、媒体の精密解析、とくに媒体内に埋入されている異物の検出用の実際の測定の開始前に電磁センサによって解析すべき表面又は表面の一部の下に存している電磁エネルギー吸収物体 (又は材料) の存否、又は存する場合においては、その性質に関する情報を入手することが好ましい。

40

【0004】

さらにこの基本的問題に関する安全上の見地よりすると、まず最初に解析すべき媒体の電磁波吸収容量を見積ることなしに、特定の測定シーケンスに沿ったパワー出力を送信アンテナより放射すべきではない。原理的に当然のこと乍ら、送信アンテナ、又は送受信アンテナを含むモジュールには接触スイッチが設けられている。しかし、解析すべき媒体の

50

境界表面にアンテナが接触したことを接触スイッチが知らせても、この場合、スイッチは媒体の材料が放射を吸収するものか否かを検出するものではないので、極めて過大かつ強力なレーダーパルスが放出されてしまうことがある。例えば、その表面下が空洞になっているような場合、種々の安全上の見地よりしてこのようなことは極めて好ましくない。

【0005】

【発明の目的】

本発明は上述の如くの見地よりして、GPR装置において、特にコンクリート、プラスタ、煉瓦等に境界されている媒体の解析に用いる電磁センサにおいて、レーダー・パルス波によって実際の測定シーケンスの遂行前に問題となる被検媒体の電磁波吸収容量を、少なくとも大凡の値として検出することが可能であり、次いで正確に選定したパワー出力を生ぜしめうる方法及び装置を得るにある。

10

【0006】

本発明による媒体の電磁波吸収容量の決定方法は、アンテナ・モジュールの送信アンテナによってレーダー波を被検媒体の境界表面を通じて、その内部に導入し、前記送信アンテナに隣接して設けてある受信アンテナによって漏話信号を受信し、この漏話信号に初期処理及びデジタル化を加えた後、所定アルゴリズムに基づいて、前記媒体の誘電常数()を求めることを特徴とする。

【0007】

本発明の考えは、以下に示す参照文献(1)とは異なり、測定は、伝送的、すなわち媒体を貫通して行うのではなく、媒体の所定の表面の領域の近くに予定計画に沿って行うハンマー(衝撃)・ドリルによる機械加工と実質的に同時又は、その直後にこれを行う。この為参照文献に記載されたような吸収法の如く、媒体例えばコンクリートの別個に採取する標本を用いて、かつ高価なレーダー測定装置を用いて解析を行う必要がない。

20

【0008】

媒体の電磁波吸収容量(能力)、すなわち誘電常数を決定するための信号解析用アルゴリズムは種々の原理によって定めることができる。例えば、漏話信号に利得修正、低域濾波の如き初期処理を加え、次でデジタル化処理を行った後、その過渡的時間特性より少なくとも1つの極大値と、少なくとも1つの極小値を求め、これらの値をそれぞれの基準極大値及び基準極小値と対比して計算によりその比を求め、被解析媒体の性質を決定する。

30

本発明においては、電波の良導体ではない被検媒体を介して、送信アンテナより受信アンテナへ極めて僅かな部分が導入され受信されるレーダー波を漏話信号と定義する。

【0009】

他の解析上の可能性は、漏話信号の時間的特性により、2つの極大値間の時間差、或いは2つの極小値間の時間差を計算によって求め、既知の基準媒体の参照となる対応の信号の対応の時間差と対比することによって解析媒体の性質を決定することである。

【0010】

媒体の性質を決定する他の解析方法は、請求項4に記載の如く、漏話信号の時間軸展開デジタル化信号をz平面内に転換させ、かつs平面内の極位置を決定すること、すなわちデジタル化ディスクリット信号のフーリエ変換又はラプラス変換式を求め、この周波数値、或いは減衰値を所定の比較値と対比することによって、漏話信号より自己回帰モデルを編集して求めることである。これに好適な評価アルゴリズムは、二次元の自己回帰モデルである。

40

【0011】

請求項6に規定する本発明による被検媒体の吸収能力の決定のために用いる電磁センサは、実際の決定のための測定シーケンスを開始する前においては、放出する放射が実際に被検媒体により吸収されることを確認しうるといって極めて有利な利点を有する。実際の測定用放射、すなわち解析シーケンスの為に媒体内に放射される実際のレーダー・パルスは、その出力を最適の値に調整されてから被検媒体内に放射される。

【0012】

50

【実施例】

本発明の詳細及びその利点を以下の実施例について、図面を参照し乍ら説明する。

【0013】

媒体の電気磁気特性を解析するセンサは、例えばGPRセンサであり、送受信アンテナ・モジュール10内に別個の送信アンテナ2と受信アンテナ3を有して、レーダー装置として動作し、マイクロ波領域の電波を、レーダー・パルスとして送出する。このレーダー・パルスは図1に矢印で示す如く、送信アンテナ2より送出された電波のごく一部が受信アンテナ3により受信されて微弱な信号を生ずる。本発明ではこれを漏話信号と称する。

本発明では、以下に詳説する如く、予め意図的に選択した評価アルゴリズム、或いは信号処理アルゴリズムによって、この漏話（クロストーク）信号を用い、アンテナ・モジュール10の下側に電磁波吸収媒体13が存するか否かの情報を得ることができる。

【0014】

段階付周波数レーダー（ステップ・フリケンシー・レーダー）に加え、本発明の主動作原理をなすパルス・レーダーユニットの動作原理を図2を参照して説明する。持続時間が1ns以下のように極めて短いパルスを、タイミング発生器（タイマ）付の高周波インパルス発生器1より発生させる。送信アンテナ2は、このパルスを例えばコンクリートのような解析すべき媒体13内に電磁波として放出し導入する。コンクリートと補強棒材との間の界面、あるいはコンクリートとプラスチックパイプとの境界面等の誘電的不連続個所において、電磁波は反射される。かかる反射波は、受信アンテナ3によってピックアップされ、初期処理として、走査制御回路7により時間的に制御されている高周波（HF）増幅器4によって増幅され、帯域制限回路8によって帯域を制限された後、走査保持回路5に至る。次いでアナログ/デジタル（A/D）変換回路6によってデジタル変換を行った後、出力回路Aを経て信号処理装置に至る。この回路の全体、或いは少なくとも送受信アンテナ2,3は一体の取扱い易い手持ち式のアンテナ・モジュール10として構成する。

【0015】

解析すべき媒体13の境界表面に、アンテナ・モジュール10を配置してから測定を開始する。初めは、送信アンテナ2より発する出力のレベルを減少させ、アンテナ・モジュール10の下側に位置する媒体13の存在を丁度検出できるレベルに迄出力を低下させて出力を放出する。普通のGPR測定はこの低レベル出力で行うのが一般である。

【0016】

受信アンテナ3によって測定信号として受信される漏話信号は、初期処理として高周波（HF）増幅器4内で、まず時間に関連する利得を補償され、次いでこのデータは低域通過濾波処理を受ける。

【0017】

図4は受信した測定信号を示す。漏話信号について、電磁波を吸収しない媒体、例えば空気中の測定を曲線aで示し、吸収性のある媒体、例えばコンクリート中の測定を曲線bで示す。アンテナ・モジュール10の下側の媒体の種類を決定する方法について、以下に3つの可能性を説明する。なおこれは本発明を限定するものではない。

【0018】

（振幅比）図4の曲線bの信号強度の極大値 B_1 , B_2 を決定し、これを非吸収媒体の曲線aの信号強度極大値 A_1 , A_2 を比較基準値として比較する。この基準極大値は、例えば参照表（ルック・アップ テーブル）により求める。解析媒体の性質は比 B_1 / A_1 及び B_2 / A_2 によって求める。

【0019】

（時間差）図4の信号曲線内の極大値 B_1 , B_2 の間の時間を求める。これによって求めた時間差

$$t_1 = t(B_2) - t(B_1)$$

を一般に別途測定して求めている参考媒体における時間差

10

20

30

40

50

$$t_r = t(A_2) - t(A_1)$$

と比較する。この比較の結果により、媒体の性質が求められる。

【0020】

[自己回帰(AR)モデル]

とくに低次元の、例えば二次元の自己回帰(オートレグレシブ(AR))モデルは次の如くである。

【数1】

$$H(z) = \frac{1}{A(z)} = \frac{1}{1 + \sum_{v=1}^n a_v \cdot z^{-v}} \quad (1)$$

10

本式はパラメータによるスペクトル予測の1方法で、デジタル化した漏話信号の時間特性より予測値を求め、これより解析すべき媒体の性質が求められる。係数 a_v は式1を導いたプログラムによって計算され、式1はデジタル信号の変換式(representation)を構成する z 面内の周波 $H(z)$ の共役極を表わす。これらの極は s 面内に、

$$s = \quad + j$$

によって表わされ、この式はアナログ信号を表わすフーリエ関数、又はラプラス変換式であり、これより周波数は解析媒体13の電気的特性を表わす。

【0021】

周波数は、一方において、コンクリートのような電波吸収媒体に関する種々の多くの測定と、他方においては非吸収性の空気中の測定結果を、図5に示す如く周波数を横軸にしてプロットしたAR(自己回帰)モデルにより計算する。これら媒体と同じ材料の誘電率 ϵ_r を縦軸にプロットする。限界周波数 f_g において、非吸収材料(o)と、吸収材料(x)の間には明確な差が存する。コンクリート等の解析すべき媒体材料の値(x)は、周波数につれて変化する。とくにその誘電率 ϵ_r は、コンクリートの組成の係数、とくにその中の水分の比率に応じて変化する。

20

【0022】

図3のフローチャートは、本発明の原理に基づいた電磁センサを用いた解析動作のシーケンスを示す。すなわち、異物、例えばコンクリート内の棒状、パイプ状等の補強材或いは煉瓦等の性質及び位置を決定するための実際の測定の開始前に、例えば解析すべき媒体の電磁波吸収容量の少なくとも大凡の見当をつけることを行う。

30

【0023】

アンテナ・モジュール10を被検媒体の適当な境界表面に配置し、ユーザーに格別な影響を受けないようにしてある安全スイッチが動作して初めてセンサ装置の測定ステップ S_1 が開始される。スイッチ・オン後、送信アンテナ2より送出されるレーダー・パルスの出力を、第1にステップ S_2 において、アンテナ・モジュール10の下側の媒体13の信頼ある、すなわち支障なく検出するに十分な強度に低下させる。この媒体の性質決定用測定シーケンスはステップ S_3 迄続き、次にステップ S_4 で評価を行う。アンテナ・モジュール10が電磁波吸収媒体上に位置するときは、送出するレーダー波の出力をステップ S_5 迄順次に、とくに検出媒体の関数として増加させる。ステップ S_6 において、1つ以上の測定を行う。この測定と評価ステップには、検出すべき異物の表面より戻る反射波の次式に基づく経過時間によるその深度の判定を含む。

40

【数2】

$$V \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

上式において、 c は光速を示し、 ϵ_r は本発明によって求めようとする媒体の誘電率を示す。測定ステップ S_4 において、アンテナ・モジュール10が、例えばカードポート壁の如き非吸収性材料の上に位置するとすると、オペレータはステップ S_7 へ行くメッセ

50

ージを受ける。これによって、例えばドイツ特許DE 1 9 8 4 7 6 8 8 . 4 に述べられた如くの解析媒体内の異物の検出用シーケンスを行うことが回避できる。

参考文献

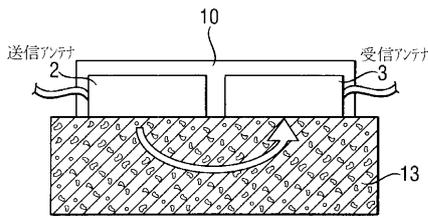
(1) アイ・ジェイ・パダラツ(I..J..Padaratz)他、
Coupling Effects of Radar Antenna on Concrete, NDT-CE 97.Vol.1
P.237-245 Conference Documents “ Non-Destructive Testing in Civil Engineering ”

【図面の簡単な説明】

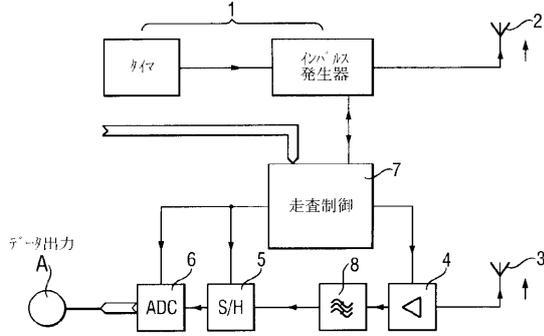
- 【図 1】 媒体解析用のレーダー波の送信及び受信アンテナ・モジュールを示す図、
- 【図 2】 媒体内の異物体検知用のパルス・レーダー回路のブロック図、
- 【図 3】 媒体内の異物体検知用のパルス・レーダーの媒体内の異物体検出のための媒体のレーダーパルス吸収能力測定用の動作シーケンスを示すフローチャート、
- 【図 4】 被検媒体の吸収能力予知の為の測定ダイヤグラム、
- 【図 5】 異なる媒体にセンサを配置したときの送受信アンテナ間の漏話信号の自己帰帰モデルを用いた信号解析の評価を示す実測値のプロットの一例である。

10

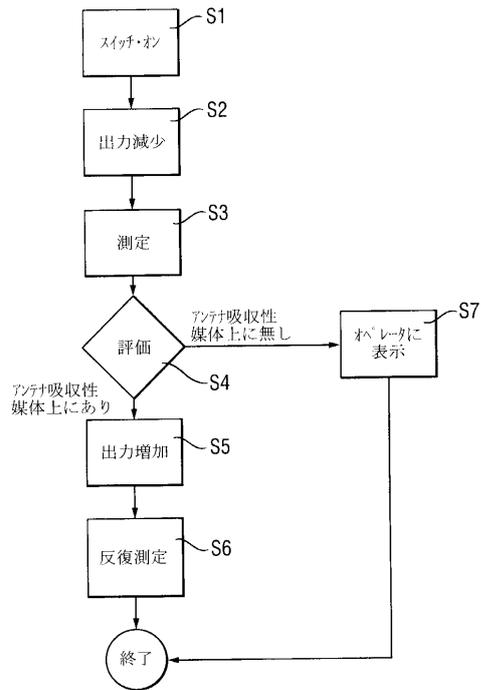
【図 1】



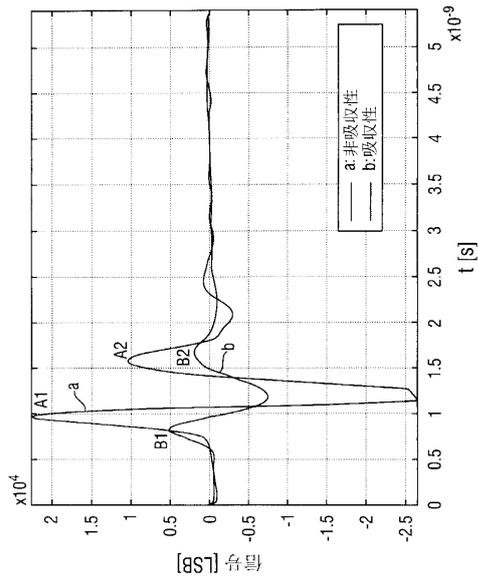
【図 2】



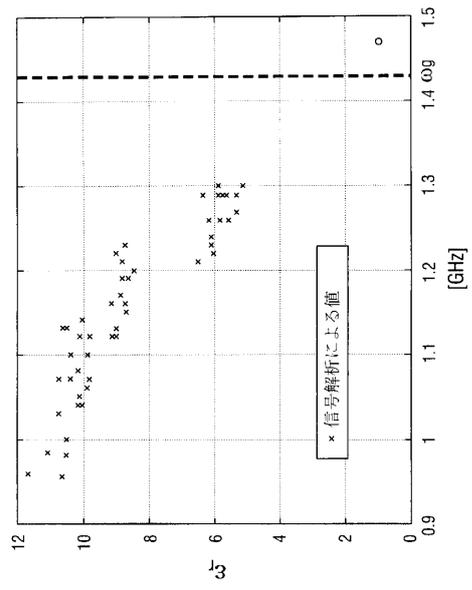
【図 3】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-122279(JP,A)
特開平07-270528(JP,A)
特開平07-234286(JP,A)
特開平10-197630(JP,A)
特開平09-292350(JP,A)
特開平08-194057(JP,A)
特開平01-113685(JP,A)
特開昭61-119251(JP,A)
特開昭62-127673(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 22/00-22/04
G01V 3/12
G01S 13/00-13/95
JSTPlus(JDream2)
JST7580(JDream2)