

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4130010号
(P4130010)

(45) 発行日 平成20年8月6日 (2008.8.6)

(24) 登録日 平成20年5月30日 (2008.5.30)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 V 3/06 (2006.01)

GO 1 V 3/12 (2006.01)

GO 1 V 3/06

GO 1 V 3/12

B

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平10-194414	(73) 特許権者	000005902
(22) 出願日	平成10年7月9日 (1998.7.9)		三井造船株式会社
(65) 公開番号	特開2000-28743 (P2000-28743A)		東京都中央区築地5丁目6番4号
(43) 公開日	平成12年1月28日 (2000.1.28)	(74) 代理人	100091306
審査請求日	平成17年6月7日 (2005.6.7)		弁理士 村上 友一
		(74) 代理人	100086922
			弁理士 大久保 操
		(72) 発明者	木村 憲明
			岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内
		(72) 発明者	土井 恭二
			岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 埋設物探査方法および空洞検知用非接触高周波電流センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象に近接して配置した複数のアンテナ間に高周波電圧を印加して測定対象中に電流を流し、前記各アンテナ間の電圧降下量を検出して測定対象の導電率を測定して埋設物の有無を判別することを特徴とする埋設物探査方法。

【請求項 2】

前記アンテナは、前記測定対象の面と直交した方向に指向した電界を発生することを特徴とする請求項 1 に記載の埋設物探査方法。

【請求項 3】

探査対象に近接して配置した複数の送信アンテナと、これらの複数の送信アンテナ間に高周波電圧を印加する信号発生器と、前記複数の送信アンテナ間に配置され、隣接する送信アンテナ間の電圧降下量を検出する受信アンテナとを有することを特徴とする導電率測定用センサ。

【請求項 4】

前記送信アンテナは位相が相互に180度異なる前記高周波電圧が印加される複数の電極を有する多重極に形成され、前記複数の電極は探査対象の面と直交した方向に一列に配置してあることを特徴とする請求項 3 に記載の導電率測定用センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、地中の導電率を測定したり、地中の空洞などを探知するためのセンサに係り、特に非接触で地中の導電率を測定したり、地中の空洞などを探査できる埋設物探査方法および導電率測定用センサに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

地中に配管を埋設するなどの道路工事を行なった場合、通行に支障を生じないように埋め戻して舗装している。この際、埋め戻しが完全に行なわれて地中に空洞を生じていないかなどを確認するようにしている。そして、従来は、非破壊で道路の舗装下の空洞を探査する場合、地中に電磁波を放射し、その反射波を受信して空洞の有無を検知する地中レーダが使用されてきた。この地中レーダによる探査の特徴は、土と誘電率が異なる地中の物体

10

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、地中に放射した電磁波は、空洞ばかりでなく金属などからも反射されるため、電磁波を反射した物体が空洞であるのか、その他の物体であるかを判断する必要がある。そして、空洞と他の物体との識別は、反射波の位相を調べることによって行なわれる。ところが、この位相はデリケートであって、地中における電磁波の減衰や、物体の形状、大きさ等によっても変化する。さらに、電磁波は、周波数が高くなると物体の表面のみで反射されるところから、物体の体積的な情報に欠ける問題がある。このため、例えば、舗装の直下に空洞があったとしてもこれを識別することが困難である。

20

本発明は、前記従来技術の欠点を解消するためになされたもので、地中の空洞と他の物体とを容易に識別できるようにすることを目的としている。

【 0 0 0 4 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明に係る埋設物探査方法は、測定対象に近接して配置した複数のアンテナ間に高周波電圧を印加して測定対象中に電流を流し、前記各アンテナ間の電圧降下量を検出して測定対象の導電率を測定して埋設物の有無を判別する構成となっている。高周波電圧を印加されたアンテナにより生ずる電界は、測定対象の面と直交した方向に指向させるようにすることが望ましい。

【 0 0 0 5 】

30

そして、上記の探査方法を実施するための本発明に係る導電率測定用センサは、探査対象に近接して配置した複数の送信アンテナと、これらの複数の送信アンテナ間に高周波電圧を印加する信号発生器と、前記複数の送信アンテナ間に配置され、隣接する送信アンテナ間の電圧降下量を検出する受信アンテナとを有する構成となっている。送信アンテナは、位相が相互に 180 度異なる前記高周波電圧が印加される複数の電極を有する 2 重極、4 重極、8 重極などの多重極に形成し、複数の電極を探査対象の面と直交した方向に一列の配置し、探査対象の面と直交した方向の指向性を有する電界を発生するように構成することができる。

【 0 0 0 6 】

【作用】

40

上記のように構成した本発明は、空洞と他の物（例えば、金属）との電気伝導度の相違を利用する。すなわち、地表に近接して配置した 2 つの送信アンテナ間に高周波電圧を印加すると、土は若干電気伝導性が有るために地中に高周波電流が流れる。そして、両送信アンテナ間に空洞が存在しない場合、地中を電流が流れることにより、両送信アンテナ間に一定の電圧降下を生ずる。しかし、地中に空洞があると、その部分は絶縁されるために電圧降下が小さくなる。また、地中に電気伝導度の大きな金属などの良導体が存在すると、電流がそこを集中的に流れるために送信アンテナ間の電圧降下が大きくなる。従って、送信アンテナ間の電圧降下を検出することにより、両アンテナ間に空洞が存在するか、または金属などの良導体が存在するかを判別することができる。そして、送信アンテナから生ずる電界を探査対象の面と直交した方向に指向性を持たせると、地中のより深いところに

50

も電界を及ぼすことができ、空洞などの埋設物の検知能力を高めることができる。

【 0 0 0 7 】

【 発明の実施の形態 】

本発明に係る埋設物探査方法および導電率測定用センサの好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態に係る導電率測定用センサのブロック図である。図 1 において、センサ 1 0 は、アンテナ部 1 2 と高周波信号発生器 1 4 とを有している。アンテナ部 1 2 は、探査対象（測定対象）である地面に近接して配置する一対の送信アンテナ 1 6、1 8 と、一対の送信アンテナ 1 6、1 8 間に挿入配置される一対の受信アンテナ 2 0、2 2 から構成してある。そして、各送信アンテナ 1 6、1 8 は、詳細を後述するように、相互に位相を 1 8 0 度ずらされた高周波電圧が印加される複数の電極（この実施の形態においては 4 つの電極）を備えた多重極に形成してある。

10

【 0 0 0 8 】

高周波信号発生器 1 4 は、1 0 ~ 1 0 0 M H z の間の適切な周波数、具体的には波長が探査領域（探査の深さ）の代表寸法に比べて十分長くなるような周波数の高周波信号を出力する。そして、高周波信号発生器 1 4 の出力側には、方向性結合器 3 2 が接続してある。この方向性結合器 3 2 は、高周波信号発生器 1 4 の出力した高周波信号を分割し、一部を送信信号としてパワースプリッタ 3 4 に出力し、一部を受信信号を検出するための参照信号としてミキサ 3 6 に与える。

【 0 0 0 9 】

20

パワースプリッタ 3 4 は、入力した信号を 2 つに分割するとともに、分割した一方の信号の位相を方向性結合器 3 2 から入力した信号の位相と 0 度位相の信号とし、他方の信号の位相を入力信号の位相に対して 1 8 0 度ずらした 1 8 0 度位相信号にする。そして、パワースプリッタ 3 4 は、0 度位相信号を送信アンテナ 1 6 側のパワースプリッタ 3 8 に入力し、1 8 0 度位相信号を送信アンテナ 1 8 側のパワースプリッタ 4 0 に入力する。また、パワースプリッタ 3 8、4 0 は、パワースプリッタ 3 4 と同様に信号の分割して入力信号と同相の信号と位相を 1 8 0 度ずらせた信号とを出力し、これらの信号をパワースプリッタ 4 2、4 4、4 6、4 8 に送出する。そして、これらのパワースプリッタ 4 2 ~ 4 8 も同様に入力信号と同相の信号と位相を 1 8 0 度ずらせた信号とを出力し、これらの信号を送信アンテナ 1 6、1 8 を構成している電極に与える。

30

【 0 0 1 0 】

一方、受信アンテナ 2 0、2 2 は、パワーコンバイナ 5 0 に接続してある。このパワーコンバイナ 5 0 は、受信アンテナ 2 0 が受信した 0 度位相信号と、受信アンテナ 2 2 が受信した 1 8 0 度位相信号とを 1 つの信号に合成し、増幅器 5 2 を介してミキサ 3 6 に入力する。そして、ミキサ 3 6 は、増幅器 5 2 の出力信号に方向正結合器 3 4 からの参照信号を加えた得た受信信号を、中間周波（I F）増幅器・フィルタ 5 4 を介して制御装置 5 6 に入力するようになっている。この制御装置 5 6 には、ロータリエンコーダ 5 8 が接続してあって、センサ 1 0 を移動させるのに伴ってロータリエンコーダ 5 8 から信号が入力するようになっている。そして、制御装置 5 6 は、ロータリエンコーダ 5 8 の出力信号を計数してセンサ 1 0 の所定移動距離毎（例えば、1 c m 毎）に高周波信号発生器 1 4 にトリガ信号を与えて送信信号を出力させる。さらに、制御装置 5 6 には、信号処理器・表示器 6 0 が接続してあり、I F 増幅器・フィルタ 5 4 が出力した検波信号（I F 信号）と、ロータリエンコーダ 5 8 の出力に基づく距離上方とを信号処理器・フィルタ 5 6 に送出し、送信アンテナ 1 6、1 8 間の電圧降下の状態を表示できるようになっている。

40

【 0 0 1 1 】

アンテナ部 1 2 は、図 2 に示したように、絶縁板 6 2 の上端部に電場を反射するための金属板 6 4 が取り付けられてあって、絶縁板 6 2 と金属板 6 4 とを直交させて固着し、一体化してある。また、絶縁板 6 2 には、絶縁体からなる 4 枚の取付け板 6 6、6 8、7 0、7 2 が絶縁板 6 2 と金属板 6 4 とに直交させて固定してある。そして、各取付け板 6 6、6 8、7 0、7 2 は、取付け間隔 p（この実施形態の場合、4 0 c m）をもって配置してあ

50

て、両端の取付け板 66、72 に送信アンテナ 16、18 が取り付けられている。また、取付け板 66 と取付け板 72 との間に配置した取付け板 68、70 には、受信アンテナ 20、22 が取り付けられている。なお、取付け板 66 ~ 72 の配置間隔、すなわち各アンテナの間隔は、等間隔である必要はない。

【0012】

送信アンテナ 16、18 は、金属棒からなる 4 つの電極が金属板 64 と直交する上下方向に一直列に、かつ等間隔で金属板 64 と平行に配置してある。アンテナを構成する金属棒は、アンテナの大きさによって長さ L と太さ（直径） D とを設定することができる。ただし、太さは、10 cm 以下にすることが望ましく、丸棒でなく角棒状であってもよい。そして、この実施の形態においては、長さが 1 m、直径が 3 cm のものを使用している。また、絶縁板 62 の幅 B 、すなわち金属板 64 の下面から絶縁板 62 の下端までの距離 B は、実施の形態の場合 20 cm にしてある。

10

【0013】

一方の送信アンテナ 16 は、位相 0 度の信号（高周波電圧）が与えられる電極 74、76 を上端と下端とに配置してあり、これらの電極 74、76 の間に配置した電極 78、80 に位相 180 度の信号が与えられる。また、他方の送信アンテナ 18 は、上端と下端との電極 82、84 に 180 度位相信号が与えられ、中間に配置した電極 86、88 に 0 度位相信号が与えられるようになっている。そして、取付け板 68 に取り付けられた受信アンテナ 20 は、例えば送信アンテナ 16 に与えられた 0 度位相信号による送信アンテナ 16、18 間の電圧降下を検出し、取付け板 70 に取り付けられた受信アンテナ 22 は、送信アンテナ 16 に与えられた 180 度位相信号についての送信アンテナ 16、18 間の電圧降下を検出する。

20

【0014】

上記のごとく構成した実施形態の作用は、次のとおりである。

まず、センサ 10 を例えば車両の下部に取り付け、アンテナ部 12 が地面から数 cm ~ 10 cm 程度離れるように、また地面と平行となるようにセットする。そして、車両を例えば時速 40 km 以下の速度で探査範囲を走行させる。これにより、ロータリエンコーダ 58 が地面を転動し、所定の回転角度毎にパルス信号を制御装置 56 に出力する。そして、制御装置 56 は、ロータリエンコーダ 58 の出力パルスを計数し、車両の所定走行距離（例えば、2 cm）毎に高周波信号発生器 14 にトリガ信号を与える。高周波信号発生器 14 は、制御装置 56 からのトリガ信号に同期して 10 ~ 100 MHz の固定された埋設物（空洞）の探査に適切な周波数の高周波送信信号を発生し、方向性結合器 32 に与える。

30

【0015】

ここに、高周波信号発生器 14 の出力する埋設物の探査に適切な周波数の高周波信号とは、波長がセンサ 10 による測定領域（地表からの深さ）の代表寸法に比べて十分長い周波数の信号である。これは、次の理由による。

高周波信号発生器 14 の出力した高周波信号は、地中を電波として伝わっていく。しかし、センサ 12 からあまり離れていない領域（例えば、センサ 12 から測定領域の代表寸法の数倍以内の距離のところ）では、波長が測定領域の代表寸法より十分に長い場合、静的な電場があるのと等価と見なせる。そして、この静的な電場が仮定できないような条件において測定すると、送信アンテナ 16、18 間の距離やアンテナから埋設物までの距離などに応じて高周波信号の位相が変化し、送信アンテナ 16、18 間の電位の降下を簡単に判断できなくなる。すなわち、測定の情報不足の状態となる。

40

【0016】

方向性結合器 32 は、高周波信号発生器 14 の出力した信号を分割し、一部を送信信号としてパワースプリッタ 34 に入力し、一部を受信用の参照信号としてミキサ 36 に入力する。パワースプリッタ 34 は、入力信号を 2 つに分割し、一方を入力した信号と同位相の 0 度位相信号としてパワースプリッタ 38、42、44 を介して一方の送信アンテナ 16 に与え、他方を入力信号と位相を 180 度ずらせた 180 度位相信号としてパワースプリッタ 40、46、48 を介して他方の送信アンテナ 18 に与える。

50

【 0 0 1 7 】

送信アンテナ 1 6 は、例えば上下端の電極 7 4、7 6 に 0 度位相の信号が与えられ、中間の電極 7 8、8 0 に 1 8 0 度位相の信号が与えられる。すなわち、図 3 に示したように、例えば電極 7 4、7 6 に (+) の電圧が印加された場合、電極 7 8、8 0 には (-) の電圧が印加される。また、送信アンテナ 1 8 は、送信アンテナ 1 6 と逆に、上下端の電極 8 2、8 4 に 1 8 0 度位相信号が与えられ、中間の電極 8 6、8 8 に 0 度位相の信号が与えられる。そして、4 つの電極を有する送信アンテナ 1 6、1 8 は、金属板 6 4 の反射効果によって 8 重極と同様の電場を発生し、探査対象の面である地面 9 0 と直交した方向の指向性を有する電場が探査対象である地中 9 2 に形成される。

【 0 0 1 8 】

送信アンテナ 1 6 に与えられた信号 (電圧) と送信アンテナ 1 8 に与えられた信号とは、位相が 1 8 0 度異なっているため、両者間に電位差を生じ、矢印 9 4 のように電流が流れる。そして、実質的に 8 重極である各送信アンテナ 1 6、1 8 によって生じた電場は、4 つの電極が地面 9 0 と直交した方向に一直列に配置されているため、地面 9 0 と直交した方向の指向性を有して地中 9 2 により深く入り、電流 9 4 がより深いところでも流れる。なお、図 3 中に示した符号 9 6、9 8 は、送信アンテナ 1 6、1 8 によって生じた電場の等電位面を示す。

【 0 0 1 9 】

送信アンテナ 1 6、1 8 間に配置された受信アンテナ 2 0、2 2 は、電位の変化に応じた受信信号をパワーコンバイナ 5 0 に入力する。パワーコンバイナ 5 0 は、受信アンテナ 2 0、2 2 からの信号を合成し、増幅器 5 2 を介してミキサ 3 6 に出力する。そして、ミキサ 3 6 は、増幅器 5 2 の出力信号に方向性結合器 3 2 からの参照信号を加えて I F 信号を合成し、I F 信号増幅器・フィルタ 5 4 を介して制御装置 5 6 に入力する。また、制御装置 5 6 は、フィルタを透過した I F 信号をロータリエンコーダ 5 8 の出力信号に基づいて求めた位置 (走行距離) 情報とともに信号処理器・表示器 6 0 に送出する。信号処理器は、入力した I F 信号から送信アンテナ 1 6、1 8 間の電圧降下の状態を求め、それを位置の情報とともに表示器に表示する。これにより、地中 9 2 に空洞が存在しているか否かを容易に判別することができる。

【 0 0 2 0 】

すなわち、送信アンテナ 1 6、1 8 間に土と電気伝導度の異なる空洞や金属などが存在しない場合には、アンテナ 1 6、1 8 間の電圧降下が一定であるが、空洞などの土より電気伝導度の小さい絶縁物が存在すると、検出される電圧降下が小さくなり、土より電気伝導度の大きな金属などが存在すると、電圧降下が大きくなるため、地中 9 2 に存在する空洞を金属や粘度、水などの他の物と容易に識別することができる。しかも、実施の形態においては、送信アンテナ 1 6、1 8 を多重極としたことにより、地中 9 2 のより深くまで探査可能な電界を形成することができ、地中 9 2 の深いところに存在する空洞も検知することができる。また、実施の形態においては、アンテナ部 1 2 が送信アンテナ 1 6、1 8 の上部に金属板 6 4 を有しているため、金属板 6 4 の反射によって電界の指向性を高めることができるとともに、金属板 6 4 の上方に電界が生ぜず、センサ 1 0 を車両などに搭載しても電界による影響を受けることがない。

【 0 0 2 1 】

なお、実施の形態に係るセンサ 1 0 を地中レーダと併用し、地中レーダによって埋設物の位置と大きさを特定し、実施の形態に係るセンサ 1 0 を用いて埋設物の種類を識別することにより、より有効に空洞などの探査することができる。また、前記実施の形態においては、探査対象が地中 9 2 である場合について説明したが、探査対象は電流が流れるものであればコンクリートやセラミックなどであってもよい。

【 0 0 2 2 】

【 実施例 】

実験用土槽 1 0 0 内の土 1 0 2 中の深さ 5 c m の位置に試料として、塩水 1 0 4、粘土 1 0 6、空気 1 0 6 を封入した直径 1 0 c m、高さ 6 c m の円筒状プラスチック容器と、直

10

20

30

40

50

径 15 cm の銅板 110 を埋めた。そして、図 2 に示したと同様のアンテナ部 12 を作成し、アンテナ部 12 を約 10 cm / sec の速度で図 4 の矢印 112 の方向に移動させ、土槽 100 に埋設した上記試料の探査試験を行なった。ただし、電極の寸法は、長さ L が 16 cm、直径が 1.5 cm であって、送信アンテナ 16、18 の上下方向の寸法 B が 4 cm である。また、アンテナ間のピッチ p が 7 cm である。また、探査に使用した周波数は 250 MHz であり、高周波信号発生器 14 の出力は 1 mW である。

【0023】

図 5 は、探査結果を示したもので、横軸がアンテナ部 12 の移動距離（単位は cm）を示し、縦軸がセンサ 10 の出力（単位は μUnit ）である。そして、図 5 においては、土 102 を基準、すなわち受信アンテナ 20、22 を土 102 に接触させた状態でアンテナ部 12 を移動させている。図 5 から明らかなように、埋設物の電気伝導度が大きいほど絶対値の大きな負の値を示し、大きな電圧降下が生じていることがわかる。そして、絶縁物である空気（空洞）の場合には、絶対値の大きな正の値を示す。

【0024】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明によれば、探査対象に近接して配置した複数の送信アンテナ間に高周波電圧を印加して探査対象中に電流を流し、送信アンテナ間の電圧降下の状態を検出することにより、探査対象と異なる電気伝導度を有する埋設物の存在を容易に検知することができる。そして、アンテナから生ずる電界を探査対象の面と垂直方向に指向性を持たせると、地中のより深いところにも電界を及ぼすことができ、空洞の検知能力を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態に係る導電率測定用センサのブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係るアンテナ部の詳細説明図である。

【図 3】実施の形態に係るアンテナ部によって発生する電界の説明図である。

【図 4】実施例に用いた土槽の説明図である。

【図 5】図 4 に示した土槽を実施例に係るアンテナ部によって探査した結果を示す図である。

【符号の説明】

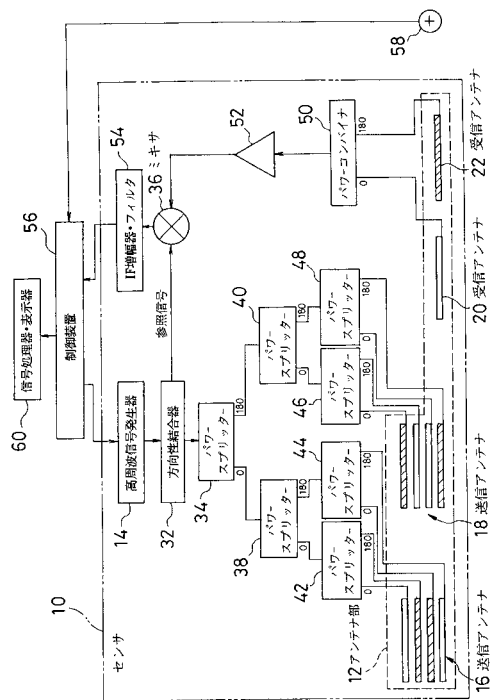
10	センサ
12	アンテナ部
14	信号発生器（高周波信号発生器）
16、18	送信アンテナ
20、22	受信アンテナ
32	方向性結合器
36	ミキサ
56	制御装置
60	信号処理器・表示器

10

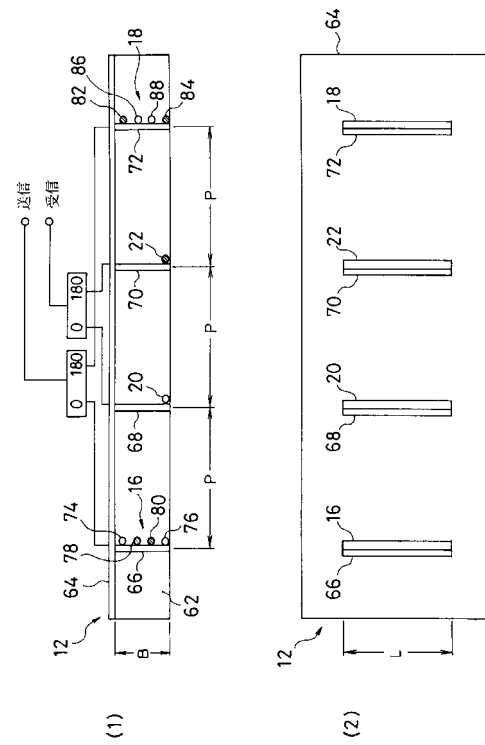
20

30

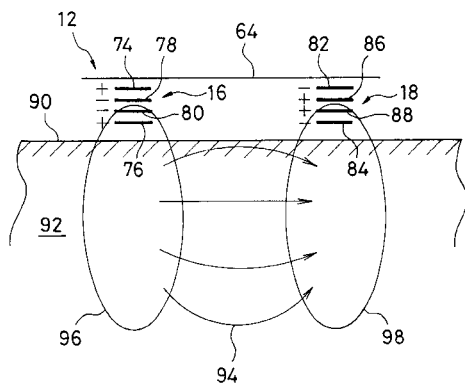
【 図 1 】



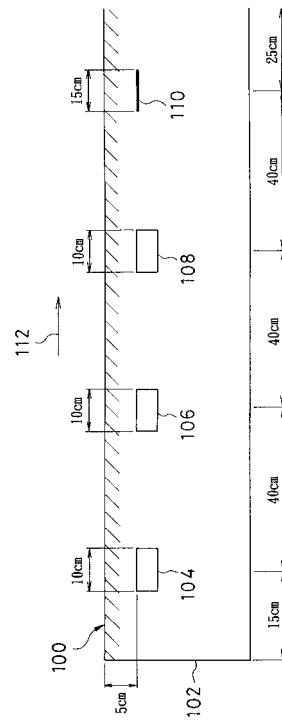
【 図 2 】



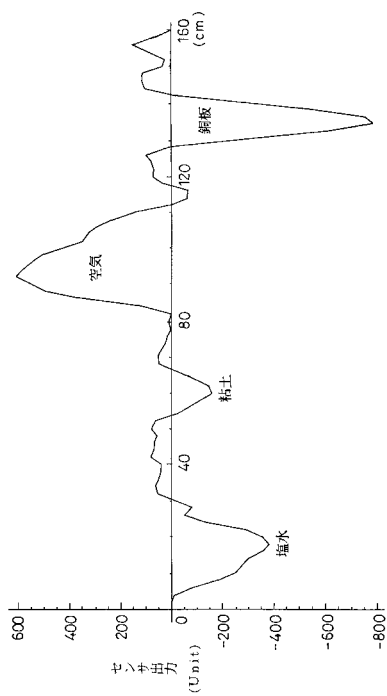
【圖 3】



【 図 4 】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 森 康成
岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内
- (72)発明者 弓井 孝佳
岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内

審査官 田中 秀直

- (56)参考文献 特開平3 - 148090 (JP, A)
特開平6 - 249963 (JP, A)
特表2000 - 505550 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
G01V 3/00-3/40
G01R 27/00-27/32
JSTPlus(JDreamII)