

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3752411号
(P3752411)

(45) 発行日 平成18年3月8日(2006.3.8)

(24) 登録日 平成17年12月16日(2005.12.16)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 F 23/28 (2006.01) GO 1 F 23/28 D
GO 1 S 7/526 (2006.01) GO 1 S 7/52 J

請求項の数 33 (全 49 頁)

(21) 出願番号	特願2000-4905 (P2000-4905)	(73) 特許権者	391015007
(22) 出願日	平成12年1月13日 (2000.1.13)		エンドレス ウント ハウザー ゲゼルシ
(65) 公開番号	特開2000-205932 (P2000-205932A)		ヤフト ミット ベシユレンクテル ハフ
(43) 公開日	平成12年7月28日 (2000.7.28)		ツング ウント コンパニー
審査請求日	平成12年1月13日 (2000.1.13)		Endress + Hauser Gm
審査番号	不服2003-3283 (P2003-3283/J1)		bH + Co.
審査請求日	平成15年2月27日 (2003.2.27)		ドイツ連邦共和国 マオルブルク ハオブ
(31) 優先権主張番号	09/229778		トシユトラーセ 1
(32) 優先日	平成11年1月13日 (1999.1.13)	(74) 代理人	100061815
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 矢野 敏雄
		(74) 代理人	100094798
			弁理士 山崎 利臣
		(74) 代理人	230100044
			弁護士 ラインハルト・アインゼル

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プローブマッピング診断方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容器の中の材料に関するプロセス変数に対応する有効な出力結果を発生させるために多くの反射パルスを有する時間領域反射測定 (T D R) 信号を処理するための方法において、前記容器の中のプローブに沿って T D R 信号を周期的に検出するステップと、振幅がゼロ値として評価される少なくとも 1 つの点を持つ少なくとも 1 つの反射のために前記 T D R 信号を走査するステップと、
 前記少なくとも 1 つの反射から基準反射を選択するステップと、
 前記選択された基準反射に基準点を設定するステップと、
 前記基準点に基づいて前記出力結果を計算するステップとを含むことを特徴とする、
 T D R 信号を処理するための方法。

10

【請求項 2】

前記基準反射を選択するステップが、
 前記少なくとも 1 つの反射のそれぞれにおいて、振幅がゼロ値として評価される連続した点の数を決めるステップと、
 前記基準反射として、前記少なくとも 1 つの反射のうちで前記連続したゼロ値を最も多く有する 1 つの反射を選択するステップを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記基準反射を選択するステップが、
 前記少なくとも 1 つの反射のそれぞれにおいて、振幅がゼロ値として評価される点によっ

20

て表される、とぎれない距離を決めるステップと、
前記基準反射として、前記少なくとも1つの反射のうちで前記ゼロ値のとぎれない距離が最も大きい1つの反射を選択するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項4】

前記基準反射を選択するステップが

振幅がゼロ値として評価される点の基準幅スレッシュホールドを定義するステップと、前記少なくとも1つの反射のそれぞれにおいて振幅がゼロ値として評価される点の幅を決定するステップと、

前記基準反射として、前記少なくとも1つの反射のうちで前記ゼロ値の幅が前記基準幅スレッシュホールドよりも大きい一番右の反射を選択するステップとを含む、請求項1記載の方法。

10

【請求項5】

容器の中の材料に関するプロセス変数に対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定(TDR)信号を処理するための方法において、
 プローブに沿って基準信号を決定するステップと、

前記基準信号上に第1の基準点を確立するステップと、

周期的に前記容器の中の前記プローブに沿って、TDR信号を検出するステップと、

振幅がゼロ値として評価される少なくとも1つの点を持つ少なくとも1つの反射に関して前記TDR信号を走査するステップと、

前記少なくとも1つの反射から、1つの基準反射を選択するステップと、

20

前記基準反射上に第2の基準点を設定するステップと、

前記第1の基準点および前記第2の基準点を基にして前記出力結果を計算するステップとを含む、

ことを特徴とするTDR信号を処理するための方法。

【請求項6】

前記出力結果を計算するステップが、前記基準信号上の前記第1の基準点を前記TDR信号上の前記第2の基準点にアラインメントし、そして前記アラインメントされた基準信号の各ポイントを前記アラインメントされたTDR信号から引き算することによってベースライン信号を計算するステップと、

前記ベースライン信号を利用して前記出力結果を計算するステップとを含む、請求項5記載の方法。

30

【請求項7】

基準反射を選択するステップが、前記少なくとも1つの反射のそれぞれの、振幅がゼロ値として評価される連続した点の数を決定するステップと、

前記基準反射として、前記少なくとも1つの反射のうちで前記評価された連続したゼロ値を最も多く有する1つの反射を選択するステップとを含む、請求項5記載の方法。

【請求項8】

基準反射を選択するステップが、前記少なくとも1つの反射のそれぞれにおいて、振幅がゼロ値として評価される点によって表される、とぎれない距離を決めるステップと、

前記基準反射として、最も大きいとぎれない前記ゼロ値の距離を持つ前記少なくとも1つの反射の1つを選択するステップを含む、請求項5記載の方法。

40

【請求項9】

基準反射を選択するステップが、振幅がゼロ値として評価される点の基準幅スレッシュホールドを定義するステップと、

前記少なくとも1つの反射のそれぞれにおいて振幅がゼロ値として評価される点の幅を決定するステップと、

前記基準反射として、前記少なくとも1つの反射のうちで前記ゼロ値の幅が前記基準幅スレッシュホールドよりも大きい一番右の反射を選択するステップとを含む、請求項5記載の方法。

【請求項10】

50

容器の中の材料に関するプロセス変数に対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定 (T D R) 信号を処理するための方法において、前記容器の中のプローブに沿って基準信号を決定するステップと、前記基準信号を用いてプローブの終わりロケーション基準を確立するステップと、前記プローブに沿って周期的に T D R 信号を検出するステップと、前記 T D R 信号上に検出されたプローブの端ロケーションを決めるステップと、前記 T D R 信号上のプロセス変数反射を検出することを試みるステップと、前記プローブの終わりロケーション基準、前記検出されたプローブの端ロケーションおよび前記プロセス変数反射を基にシステムステータスを決定するステップと、前記システムステータスが機能的であるときに、前記出力結果を計算するステップとを含む、
10
ことを特徴とする T D R 信号を処理するための方法。

【請求項 1 1】

検出されたプローブの終わりロケーションを確立する前記ステップが、前記 T D R 信号においてプローブの終わり反射の負のピークを見つけるステップと、前記負のピークを囲むプローブの終わりウィンドウの中で前記プローブの終わり反射の正のピークを見つけるステップと、前記プローブの終わり反射の前記負のピークのロケーションとして、前記検出されたプローブの終わりロケーションを確立するステップとを含む、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 2】

前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記基準のプローブの終わりロケーションよりも小さいとき、壊れているケーブルを表示するステップをさらに含む、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 3】

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも小さい測定用長さを確立するステップと、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも小さいとき、壊れているケーブルを表示するステップをさらに含む、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 4】

さらにプローブの終わりピークトウピークスレッシュホールドを確立するステップと、前記 T D R 信号の上の、プローブの終わりの負のピークとプローブの終わりの正のピークを検出するステップと、前記プローブの終わり負のピークと前記プローブの終わり正のピークとの間の差異として、プローブの終わりピークトウピーク振幅を計算するステップと、前記プローブの終わりピークトウピーク振幅が前記プローブの終わりピークトウピークスレッシュホールドよりも小さいとき、高周波接続条件の損失を表示するステップをさらに含む、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 5】

前記プローブの終わり基準ロケーションが、前記検出されたプローブの終わりロケーションよりも小さいか、または等しく、そしてプロセス変数反射が前記プローブの終わり基準ロケーションの前に検出されるときに、前記システムステータスが機能的である、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも小さい測定用長さを確立するステップをさらに含み、前記プローブの終わり基準ロケーションが、前記検出されたプローブの終わりロケーションよりも小さいか、または等しく、そしてプロセス変数反射が前記測定用長さの前に検出されるときに、前記システムステータスが機能的である、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも大きな最大のプローブの長さを確立する

10

20

30

40

50

ステップと、

前記検出されたプローブの終わりロケーションが、前記最大のプローブの長さよりも大きいか、または等しく、そして前記プロセス変数反射が検出されないときに、低振幅反射条件を表示するステップとをさらに含む、請求項 10 記載の方法。

【請求項 18】

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも大きな最大のプローブの長さ確立するステップと、

少なくとも 1 つの前記プロセス変数反射が検出され、そして空の容器条件が検出されたときにリセットされる低い信号タイマを確立するステップと、

前記検出されたプローブの終わりロケーションが、前記最大のプローブの長さよりも大きいか、または等しく、そして前記プロセス変数反射が検出されず、さらに前記低い信号タイマが低い信号タイマ限界よりも大きいか、または等しいときに低振幅反射条件を示すステップと、

前記検出されたプローブの終わりロケーションが、前記最大のプローブの長さよりも大きいか、または等しく、そして前記プロセス変数反射が検出されず、さらに前記低い信号タイマが前記低い信号タイマ限界未満であるときに、前記以前の TDR 信号から計算された前記出力結果を保持し続けるステップとをさらに含む、請求項 10 記載の方法。

【請求項 19】

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも小さい測定用長さを確立するステップと、

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも大きな最大のプローブの長さ確立するステップと、

前記プロセス変数反射が検出されず、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも大きいか、または等しく、さらに前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記最大のプローブの長さよりも小さいか、または等しいときに、空の容器条件を表示するステップとをさらに含む、請求項 10 記載の方法。

【請求項 20】

前記基準信号上に第 1 の基準点を確立するステップと、

振幅がゼロ値として評価される少なくとも 1 つの点を持つ少なくとも 1 つの反射に関して TDR 信号を走査するステップと、

前記少なくとも 1 つの反射から、1 つの基準反射を選択するステップと、

前記基準反射上に第 2 の基準点を設定するステップとをさらに含み、

これによって前記第 1 の基準点から前記基準信号の上の距離およびロケーションが測定され、そして前記第 2 の基準点から前記 TDR 信号の上の距離およびロケーションが測定される、請求項 10 記載の方法。

【請求項 21】

容器の中の材料に関するプロセス変数に対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定 (TDR) 信号を処理するための方法において、前記容器の中のプローブに沿って基準信号を決定するステップと、

前記基準信号を用いて基準のプローブの終わりロケーションを確立するステップと、

前述の基準プローブの終わりロケーションよりも小さい測定用長さを確立するステップと、

前記基準のプローブの終わりロケーションよりも大きい最大のプローブの長さ確立するステップと、

前記プローブに沿って周期的に TDR 信号を検出するステップと、前記 TDR 信号上に検出されたプローブの終わりロケーションを決めるステップと、前記測定長さにおよび前記最大の長さに対する前記検出されたプローブの終わりロケーションの位置に基づいてシステムステータスを決定するステップと、

前記システムステータスが機能的であるときに、前記出力結果を計算するステップとを含む、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする T D R 信号を処理するための方法。

【請求項 2 2】

システムステータスを決定するステップが、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも小さいときに、壊れているケーブルを表示するステップを含む、請求項 2 1 記載の方法。

【請求項 2 3】

容器の中の材料に関するプロセス変数に対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定 (T D R) 信号を処理するための方法において、前記容器の中のプローブに沿って基準信号を決定するステップと、
前記基準信号を用いてプローブの終わりロケーション基準を確立するステップと、
前記プローブの終わりロケーション基準よりも小さい測定用長さ確立するステップと、
前記プローブの終わりロケーション基準よりも大きい最大のプローブの長さ確立するステップと、

10

前記プローブに沿って周期的に T D R 信号を検出するステップと、
前記 T D R 信号上に検出されたプローブの端ロケーションを決めるステップと、
前記 T D R 信号上のプロセス変数反射を決定することを試みるステップと、
前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも小さいときに、壊れているケーブル条件を表示するステップと、

前記プロセス変数反射がプロセス変数スレッシュホールドよりも大きく、しかも前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さより小さくないときに、前記出力結果を計算するステップと、

20

前記プロセス変数反射が前記プロセス変数スレッシュホールド未満であって、そして前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記最大のプローブの長さよりも大きいか、または等しいときに、低振幅反射条件を表示するステップと、

前記プロセス変数反射が前記プロセス変数スレッシュホールドよりも小さく、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記最大のプローブの長さ未満であって、さらに前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも大きいか、または等しいときに、空の容器条件を表示するステップとを含む、

ことを特徴とする T D R 信号を処理するための方法。

【請求項 2 4】

前記基準信号上に第 1 の基準点を確立するステップと、
前記 T D R 信号上の第 2 の基準点を決定するステップとをさらに含み、
それによって、前記基準信号の上の距離およびロケーションが前記第 1 の基準点から計算され、

30

前記 T D R 信号の上の距離およびロケーションが前記第 2 の基準点から計算される、請求項 2 3 記載の方法。

【請求項 2 5】

容器の中の材料に関するプロセス変数に対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定 (T D R) 信号を処理するための方法において、前記容器の中のプローブに沿って基準信号を決定するステップと、
前記基準信号を用いてプローブの終わりロケーション基準を確立するステップと、
前記プローブの終わりロケーション基準よりも小さい測定用長さ確立するステップと、
前記プローブの終わりロケーション基準よりも大きい最大のプローブの長さ確立するステップと、

40

前記プローブに沿って周期的に T D R 信号を検出するステップと、
前記 T D R 信号上に検出されたプローブの端ロケーションを決めるステップと、
前記 T D R 信号上のプローブの終わりピークトウピーク振幅を決定するステップと、
前記 T D R 信号上のプロセス変数反射を決定することを試みるステップと、
前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも小さいときに、壊れているケーブル条件を表示するステップと、

50

前記プロセス変数反射がプロセス変数スレッシュホールドよりも大きく、しかも前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さより小さくなく、さらに前記プローブの終わりピークトウピーク振幅が前記プローブの終わりデルタスレッシュホールドよりも小さくないとき、前記出力結果を計算するステップと、

前記プロセス変数反射が前記プロセス変数スレッシュホールド未満であって、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記最大のプローブの長さよりも大きいか、または等しく、そして前記プローブの終わりピークトウピーク振幅が前記プローブの終わりデルタスレッシュホールドより小さくないときに、低振幅反射条件を表示するステップと、

前記プロセス変数反射が前記プロセス変数スレッシュホールドよりも小さく、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記最大のプローブの長さ未満であって、前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも大きいか、または等しく、そして前記プローブの終わりピークトウピーク振幅が前記プローブの終わりデルタスレッシュホールドよりも小さくないときに、空の容器条件を表示するステップとを含む、
ことを特徴とする T D R 信号を処理するための方法。

【請求項 26】

前記基準信号上の第 1 の基準点を確立するステップと、

前記 T D R 信号上の第 2 の基準点を定めるステップとを含み、

これによって、前記基準信号の上の距離およびロケーションが前記第 1 の基準点から計算され、

前記 T D R 信号の上の距離およびロケーションが前記第 2 の基準点から計算される、請求項 25 記載の方法。

【請求項 27】

容器の中の材料に関するプロセス変数と対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定 (T D R) 信号を処理するための装置において、周期的に、前記容器の中のプローブに沿って T D R 信号を検出するための装置と、
振幅がゼロ値として評価される少なくとも 1 つの点を持つ少なくとも 1 つの反射に関して前記 T D R 信号を走査するための装置と、

前記少なくとも 1 つの反射から 1 つの基準反射を選択するための装置と、

前記基準反射上に 1 つの基準点を設定するための装置と、

前記基準点に基づいて前記出力結果を計算するための装置とを含む、

ことを特徴とする T D R 信号を処理するための装置。

【請求項 28】

容器の中の材料に関するプロセス変数と対応する有効な出力結果を発生させるための多くの反射パルスを持つ時間領域反射測定 (T D R) 信号を処理するための装置において、前記容器の中のプローブに沿って基準信号を決定するための装置と、

前記基準信号を用いてプローブの終わりロケーション基準を確立するための装置と、

前記プローブに沿って周期的に T D R 信号を検出するための装置と、

前記 T D R 信号上に検出されたプローブの終わりロケーションを決めるための装置と、

前記 T D R 信号上のプロセス変数反射を検出することを試みるための装置と、

前記プローブの終わりロケーション基準、前記検出されたプローブの終わりロケーションおよび前記プロセス変数反射を基にシステムステータスを決定するための装置と、
前記システムステータスが機能的であるときに、前記出力結果を計算するための装置とを含む、

ことを特徴とする T D R 信号を処理するための装置。

【請求項 29】

測定用長さを確立するための装置と、

前記検出されたプローブの終わりロケーションが前記測定用長さよりも小さいときに、壊れているケーブルを表示するための装置とをさらに含む、請求項 28 記載の装置。

【請求項 30】

前記 T D R 信号上で、プローブの終わりの負のピークおよびプローブの終わりの正のピーク

10

20

30

40

50

クを検出するための装置と、
前記プローブの終わりの負のピークと前記プローブの終わりの正のピークとの間の差異として、プローブの終わりのピークトウピーク振幅を計算するための装置と、
前記プローブの終わりピークトウピーク振幅が、プローブの終わりピークトウピークスレッシュールドよりも小さいとき、高周波接続条件の損失を示すための装置とをさらに含む、請求項 28 記載の装置。

【請求項 31】

測定用長さを確立するための装置をさらに含み、
前記プローブの終わり基準ロケーションが、前記検出されたプローブの終わりロケーションよりも小さいか、または等しく、そしてプロセス変数反射が前記測定用長さの前に検出されるとき、前記システムステータスが機能的である、請求項 28 記載の装置。

10

【請求項 32】

最大プローブ長さを確立するための装置と、
前記検出されたプローブの終わりロケーションが、前記最大のプローブの長さよりも大きいか、または等しく、さらに前記プロセス変数反射が検出されないときに、低振幅反射条件を表示するための装置とをさらに含む、請求項 28 記載の装置。

【請求項 33】

少なくとも 1 つの前記プロセス変数反射が検出され、そして空の容器条件が検出されたときにリセットされる低い信号タイマをさらに含み、
システムステータスを決定するための前記装置は前記低い信号タイマを配慮する、請求項 28 記載の装置。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプロセス変数を測定するための装置及び方法に関する。もっとくわしく言えば、本発明は信号反射の飛走時間 $t_{\text{ime-of-flight}}$ を用いて、第 1 媒質と第 2 媒質との間のインターフェースのロケーション位置の正確な指示を行わせるための改良された方法に関し、また、プロセス変数に影響を与える潜在的な条件、状況を検出し、補正し、又は報知応答する方法に関する。

【0002】

30

【従来の技術】

プロセス及び貯蔵産業は、久しく長い間、レベル、フロー流量、温度等のようなプロセスパラメータを測定するため種々の型式の装置を使用している。複数の種々異なる技術（機械的、容量的、超音波、液圧的等）が多くの適用面アプリケーション向けに測定手段として供されている。しかしながら、他の多くの適用面アプリケーションでは、利用可能な技法が解決手段を提供できず、又はリーズナブルなコストでそのような解決手段を提供することができなかった。レベル測定システムを有用に利用し得る多くのアプリケーションにとって現在利用可能なレベル測定システムは、コストが掛かり過ぎる。

【0003】

大容量石油貯蔵のようなある用途では被測定材料物資の価値が必要とされる極めて高い精度のため要求されるレベル測定システムのハイコストを償うのに十分高いものである。そのような高価な測定システムはサーボタンクゲージングシステム又は周波数変調の連続波 CW レーダシステムを含んでいる。

40

【0004】

更に、製造物の品質を維持し、資源を保有し、安全性を改善する等のため製造物のレベルを測定する必要性が高い多くのアプリケーションがある。しかし、プラントが、その測定のための計装備を完全に備えるには低コストの測定システムが要求される。

【0005】

従来の測定アプローチとは異なった要求をするあるプロセス測定アプリケーションがある。例えば、レベル測定中高い湿度及び高い圧力に対する能力を要求するアプリケーション

50

は典型的には容量測定に依拠しなければならない。しかし、従来の容量測定システムは、材料特性を変えると誘発されるエラーの影響を受けやすい。更に、容量測定技術の本来固有の性質は、1つより多くのフルイド流体層を入れる容器におけるそのような容量レベル測定技術の使用を妨げるものである。

【0006】

超音波飛走時間 *time-of-flight* 技術は材料特性の変化するに従って変化するレベル指示に関する問題点、困難性を低減している。しかし、超音波測定は、高温とは、高圧下で、又は真空中で作動し得ない。更に、超音波センサは、音響ノイズに対して低いトランスを有する。

【0007】

それらの問題点を解決するための1つの技術的アプローチは、導波パルスの使用である。それらの導波パルスは、デュアルプローブ伝送線を通して貯蔵された材料内に伝搬され、プローブインピーダンスの変化 - これは液体レベルと相関する - から反射される。次いでプロセスエレクトロニクスは、飛走時間 *time-of-flight* 信号を、有意のフルイドレベル読取値に変換する。従来の導波パルス技術は、高品質の短いパルスを生じさせ、そのような短時間の事象に対して飛走時間 *time-of-flight* を測定するのに必要とされる装置の特性性質に基づき非常に高価である。更に、そのようなプローブは、単純な構成でなく、簡単な容量レベルプローブに比して、作製するのに高価である。

【0008】

最近、*National Laboratory System* によって開発された技術は著しく安価な回路で、速く低いパワーパルスを発生し、その戻りリターンのタイミングをとることを可能にする。例えば下記参照のこと。U.S. Patent Nos. 5,345,471及び5,361,070)。然し、この新しいテクノロジーだけではレベル測定技術をプロセス及び貯蔵測定アプリケーションに利用可能に高めることはできない。当該の新規な技術により発生されたパルスは、広帯域であり、また方形波ではない。加えて、発生されたパルスは、著しく低いパワーレベルを有する。そのようなパルスは、100MHz以上の周波数を有し、ほぼ1nW以下の平均パワーレベルを有する。それらのファクタは、パルスをプローブのところまで往復伝搬させ、戻ったパルス进行处理し解釈するのに克服すべき新たな問題を提示する。

【0009】

反射されたパルスは、プロセス変数の測定のため、反射パルスのアライメントのために使用される基準点の決定を阻害する反射を含み得る。誤ったポイントが基準として選択された場合とか、又は、基準が測定ごとに変化する場合には、システムはプロセス変数の測定に対して誤った結果を生じる。

【0010】

測定すべきプロセス変数は種々の理由で検出されない状態におかれることがあり、それらの種々の理由は、プローブの破損、材料レベルからの低い振幅反射、高周波コネクションのロス及び容器の空ら状態を含む。それらの条件、状況のうちの最初の3つによっては、誤ったレベル測定を来たし、この誤ったレベル測定は、補正しなければならないものであり、これに対し、後者のものは、有効なレベル測定状態コンディションである。それらの条件、状況を検出し、誤った結果を回避するためそれらの間で区別できることが重要である。

【0011】

測定すべきプロセス変数は、反射信号の他のパルス、これらは測定すべきプロセス変数に関連性が無い、に振幅の点で類似の1つの反射パルスを生じさせ得る。システムは、誤った結果を回避するため、どの反射パルスが測定すべきプロセス変数に基づくかを決定しなければならない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、容器における材料のレベルに関連性の無いファクタに基づく反射を追跡

10

20

30

40

50

するため、基準信号を周期的ペースで自動的に更新する方法を提供することである。それにより、材料レベルに基づく反射の検出及び適当なプロセス変数の正確な応答が可能となる。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題は本発明により、容器の中のプローブに沿ってTDR信号を周期的に検出するステップと、

周期がゼロ値として評価される少なくとも1つの点を持つ少なくとも1つの反射のために前記TDR信号を走査するステップと、

前記少なくとも1つの反射から基準反射を選択するステップと、

前記基準反射に基準点を設定するステップと、

前記基準点に基づいて前記出力結果を計算するステップにより解決される。

10

【0014】

【発明の実施の形態】

第1に、それらの低いパワーで、高い周波数のパルスを、プローブのところまで伝搬させ、それらの戻りをさせるため、センサ装置を設けなければならない。そのようなセンサ装置は下記特許明細書に記載されている。米国特許第5,661,251号、名称SENSOR APPARATUS FOR PROCESS MEASUREMENT及び米国特許第5,827,985号 名称 SENSOR APPARATUS FOR PROCESS MEASUREMENT。それらの特許明細書の開示内容は、本願明細書中に明示されている。

20

【0015】

センサ装置は、ことに、プロセス容器及び貯蔵容器における材料レベルの測定に向いているが、それに限られるものでない。明らかのように、センサ装置は、フロー流量、組成、誘電率、含有湿度等のような他のプロセス変数の測定のため使用し得る。本願明細書及び請求の範囲に使用されている用語“容器”(“vessel”)とは、パイプ、シュート、入れ物、タンク、貯蔵器等又は他の任意の貯蔵容器のことである。そのような貯蔵容器は、亦、燃料タンク、自動車又は車両のフルイド貯蔵システムのホスト又はエンジンオイル用の貯蔵器、液圧フルイド、ブレーキフルイド、ワイパフルイド、クーラント、パワーステアリングフルイド、トランスミッションフルイド及び燃料用のものを含み得る。

30

【0016】

本発明は、従来の同軸ケーブル又はデュアル伝送線に対する代替手段として、安価な信号導体 - 伝送線を介して電磁エネルギーを伝搬するものである。Goubau線は、レベル測定向けのアプリケーションを対象とし、ここでは、経済的ロッド又はケーブルプローブ(即ち、ツイン又はデュアル導体アプローチの代わりに1つの導体)が望まれる。単一導体のアプローチは、新規なパルス発生及び検出テクノロジーを活用するのみならず、経済的な容量レベルプローブに類似の手法でプローブを構成することを可能にする。

【0017】

本発明は、詳しくは、導体からの戻ったパルス进行处理し、解釈するための単一のプロセッサ装置に関する。本発明により使用される低パワーで広帯域のパルスに基づき、プロセス変数の有意の指示を行わせるためのそのような信号処理は困難である。従来の信号処理技術は、パルスの反射を監視するため、簡単なピーク検出のみを使用する。

40

【0018】

本発明は、著しく高速の導波パルスの飛走時間time-of-flightの測定のため構成された信号処理回路を提供する。超音波レベル測定のような類似のプロセスにて使用される技術は広汎に異なっており、信号特性における差に基づき、導波電磁波の検出には不十分である。例えば超音波信号は、遙かにノイズ性が大きく、ほぼ120dB及びそれより高い大きなダイナミックレンジを有する。これに関連した導波電磁波は、ノイズが低く、超音波信号に比して低いダイナミックレンジ(10:1より低い)を有し、周囲の環境的インピーダンスによりモディファイされる。本発明の信号処理装置は、周囲の環境

50

的影響から、それらの低パワー信号の適当な反射パルスを決断するように構成される。

【0019】

標準的電磁反射測定は、時間領域反射測定(TDR)として知られている。レベル測定のためのTDR装置は、伝搬中継パルスの飛走時間time-of-flightの測定及び伝搬中継パルスの開始個所にて受信された、引き続いて発生された反射パルスの測定を要する。この測定は、典型的には、受信したパルスの最大振幅間の時間インターバルを求めることにより実施される。時間インターバルを求めることは、送信パルスと受信パルスとの間のインターバルをカウントすることにより行われる。

【0020】

本発明はセンサ装置のプロブ素子にコンタクト接触する材料のインターフェースにより生ぜしめられる有効反射パルス信号を求めるため信号処理回路を提供する。本発明の処理装置は、特に上述のように高速で低パワーのパルス进行处理するのに有用である。信号処理装置の有利な実施例では、処理は反射パルスのアナログ出力のデジタルサンプリングに基づいて実施される。但し、明らかなように類似の信号処理技術をリアルタイムでのアナログ信号に対して使用できる。

10

【0021】

本発明は、容器における材料に対するプロセス変数に相応する有効な出力結果を生成するため複数の反射パルスを有する時間領域反射測定(TDR)信号を処理するための方法を提供する。当該の方法は、容器におけるプロブに沿って基準信号を求め、そして、基準信号を用いてプロブロケーション位置の基準端部を確定するステップを有する。前記方法は又、プロブに沿ってTDR信号を周期的に検出すること、前記TDR信号上にてプロブロケーションの検出端部を求めること、プロブロケーションの基準端部と、プロブロケーションの検出端部との間の差に基づくシステムステータスを求めること、そして、システムステータスが機能性を有している場合に出力結果を計算することの各ステップを包含する。

20

【0022】

本発明は、基準信号と時間領域反射測定(TDR)信号をアラインメントさせて距離及びロケーションの計算及び比較を行うようにした方法を提供する。前記方法は、基準信号上で第1の基準点を設定し、そして、TDR信号上で第2の基準点を設定する各ステップを含む。参照信号上での距離及びロケーションは、第1の基準点に対して相対的に計算され、そして、TDR信号上での距離及びロケーションは、第2の基準点に対して相対的に計算される。1つの基準点を設定する方法は、順次のゼロ値の最大数を有する信号において反射を検出するステップを含み、又、そこにおいて反射が最初1つの基準スレッシュホールドにクロスするポイントとして基準点を設定するステップを含むものである。1つの基準点を設定する代替選択的な方法は、ゼロ値の途切れていない最大距離を表す信号において反射を検出するステップを含み、又そこにて反射が最初に1つの基準スレッシュホールドにクロスするポイントとして基準点を設定するステップを含むものである。1つの基準点を設定する有利な方法は、1つの基準点-幅スレッシュホールドより大きなゼロ値の幅を有する信号において最も右の(rightmost)反射を検出するステップを含み、又、そこにて反射が最初に1つの基準スレッシュホールドにクロスするポイントとして基準点を設定するステップを包含する。

30

40

【0023】

本発明の1つの側面は、ケーブルの破損した状態を検出する可能性である。前記方法は、プロブロケーションの基準端部より小さい1つの測定長を設定するステップを含む。ケーブルの破損状態は、次のような場合に検出される、即ち、プロブロケーションの検出端部が測定長より小さい場合検出される。

【0024】

本発明の別の側面は、高周波コネクタ状態条件の欠如を検出する可能である。前記方法は次のような各ステップを含む、即ち、プロブのピークピークスレッシュホールドを設定すること、TDR信号上で、プロブの負のピークの1つの端部及びにプロブの正のピ

50

ークの端部検出すること、そして、プローブの負のピークの端部と、プローブの正のピークの端部との差としてプローブのピークピーク振幅の端部を計算することの各ステップを含む。高周波コネクション状態条件の欠如が次のような場合に検出される、即ち、プローブのピークピーク振幅の端部がプローブのピークピークスレッショルドの端部より小である場合に検出される。

【 0 0 2 5 】

本発明の別の側面は、低振幅レベルの反射状態条件を検出する可能性である。前記方法は、最大のプローブの長さを設定するステップを含み、前記の最大の長さは、プローブロケーションの基準端部より大である。低振幅レベル反射状態条件は、次のような場合に検出される、即ち、プローブロケーションの検出端部が最大のプローブ長さより大であるか、又はそれに等しくそして、レベルの反射が検出されなかった場合に検出される。

10

【 0 0 2 6 】

本発明の更なる側面は、次のような場合にのみ低振幅レベル反射状態条件を指示することである、即ち存在するレベル反射が検出されることなく、又は、容器の空ら状態が検出されることなく延長された期間に亘って当該の低振幅レベル反射状態条件が起こった場合のみ当該の指示をするものである。

【 0 0 2 7 】

本発明のなおさらなる側面は、容器の空ら状態を検出する可能である。前記方法は、プローブロケーションの基準端部より小さい測定長を設定し、そして、プローブロケーションの基準端部より大である最大のプローブ長を設定するステップと含む。容器の空ら状態は次のような場合検出される、即ち、プローブロケーションの端部は、測定長より大又はそれに等しく、プローブロケーションの端部が最大プローブ長さより小又はそれに等しく、そして、レベル反射が検出されなかった場合前記の容器の空ら状態が検出される。

20

【 0 0 2 8 】

本発明の更なる目的、利点及び新規な特徴が以降の明細書の記載事項に明示されており、図面を参照して当業者には以降の記載内容に関連して明らかになる。

【 0 0 2 9 】**【実施例】**

図面を用いて説明すると、図 1 は、プロセス測定のための表面波伝送線センサ装置の動作を略示する。装置 1 0 は、貯蔵容器 1 4 内に配された第 1 の媒質 1 1 と、第 2 の媒質 1 2 との間のインターフェースのようなプロセス変数のレベル測定にて使用するのに適する。第 1 の媒質 1 1 は空気であり、第 2 の媒質 1 2 は液体又は他の材料のようなプロセス変数である。

30

【 0 0 3 0 】

本発明は、単一の導体伝送線又はプローブ素子 1 8 を容器 1 4 の表面 2 0 に固定するための機械的取付装置 1 6 を有する。機械的取付 1 6 は、トランシーバ 2 2 をしてパルスを送る方向へプローブ素子上にパルスを伝送せしめることを可能にする。パルスが第 1 媒質 1 1 と、第 2 媒質 1 2 との間のインターフェース 2 6、例えば液体の上面に達すると反射パルスが矢印 2 8 の方向に向かってプローブ素子 1 8 へ戻される。

【 0 0 3 1 】

トランシーバ 2 2 は、処理回路に結合されており、この処理回路は、反射されたパルスを検出して戻りパルスを解釈し、容器 1 4 中の第 2 媒質 1 2 のレベルを指示する出力信号を発生する。有利にはトランシーバ 2 2 は広帯域パルスを非常に低い平均パワーレベルで例えば、ほぼ 1 nW 以下又は 1 μ W 以下のピークパワーで伝送する。パルスの周波数は、有利にほぼ 1 0 0 メガヘルツ以上である。

40

【 0 0 3 2 】

トランシーバ 2 2 は、伝送パルス発生器 3 0 を有し、この発生器 3 0 は一連の高周波パルスを発生し、それらのパルスをケーブル 3 2 を介して取付 1 6 へ伝送する。トランシーバ 2 2 も又伝送パルス発生器 3 0 に結合されたシーケンシャル支援発生器 3 0 を有する。サンプルパルス発生器 3 4 は、シーケンシャル発生器 3 2 に結合されている。サンプルホー

50

ルドバッファ36は、サンプルパルス発生器34及びケーブル37に結合されている。トランシーバ22は、マイクロパワー広帯域パルスレーダ送信器であり、この送信器は、Livermore, California.に所在のThe University of California内の研究所のThe Lawrence Livermore National Laboratoryにより開発されたものである。他のトランシーバ22も本発明の信号処理装置に使用することもできることが明らかである。

【0033】

上述のように、取り付け装置16は、低パワー高周波パルスを送受信するように特別に設計されなければならない。上述の共に継続する出願 - その開示は、参照として明示されている - は、トランシーバ22に対する適当な取り付け16を提示している。エレクトロニクス及び処理回路を取り付け装置16から離れて設けられた遠隔の取り付け個所に設けることができる。

10

【0034】

線38上のトランシーバ22からの出力が、アンプ40に結合されている。アンプ40からの出力により線42上のTDRアナログ信号が送出される。本発明の有利な実施例は、デジタルサンプリングシステムを使用し、そして、アナログ出力信号に関連するデジタル信号を処理するが、本発明の処理装置はアナログ信号を直接処理するように構築することができる。

【0035】

本発明では、A/D変換器44がアンプ44に結合されている。A/D変換器44の1つの出力側がマイクロプロセッサ46の1つの入力側に結合されている。図示の実施例では、マイクロプロセッサ46は、モトローラ社のMC68HC711E9のマイクロプロセッサである。但し本発明により他の適当な任意のマイクロプロセッサを使用することもできる。マイクロプロセッサ46は、高速のクロックも低速のクロックも実現するために使用される。ほぼ2MHzの方形波であるマイクロプロセッサ46により、生成されるPRFクロックが伝送パルス発生器32に結合供給される。マイクロプロセッサ46も又、同期SINC発振器をも実現し、この発振器はほぼ40Hzの周波数を有する方形波を発信する。同期SINC発振器は、シーケンシャル支援発生器32に結合されている。

20

【0036】

マイクロプロセッサ46は、又RAM48及びEEPROM50に結合されている。マイクロプロセッサ46の1つの出力端子が、出力側52に結合されている。出力側52は、4~20mAの出力信号を喪失し、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26のレベルの指示を行うものである。

30

【0037】

アンプ40からのTDRアナログ信号は、伝送線システム上で伝搬されるリアルタイム信号の等化時間信号の(ETS)である。ETS信号は、デジタルサンプリングにより時間的に展開され、それにより信号をコンディショニング及びプロセッシングのための従来のハードウェアの使用を可能にする。本発明の信号処理装置は、リアルタイムであっても又はETSによるものであっても、有効なパルス反射を求めるための手段を提供するものである。それらの結果は、上面20、底面21、センサスタートプレート又はプローブエレメント18の端部19に対して相対的な媒質11及び12の位置に関連する情報を求めるのにフレキシビリティ融通性を可能にする。プロセス材料の位置情報は、伝送線上のインピーダンス不連続性により生ぜしめられた信号反射及び後続の信号処理により導出される。

40

【0038】

ケーブル32、取付部16、及びプローブエレメント18を有する伝送線の信号レスポンス応答は、境界条件の変化により生ぜしめられたインピーダンス変化及び固有の伝送設計特性に依存する。それらの境界条件は、センサ環境における変化を求めるため使用される直接又は間接的に測定されるバルクプロセス材料の大きさ又は位置に関連付けられる。所定の位置ロケーションにおけるセンサのインピーダンスは、センサの相互作用に基づくセ

50

ンサの環境又は境界条件の変動、その信号及びその周囲状態に従って変化し得る。

【0039】

アンブ40からの時間領域反射測定(TDR)アナログ信号の一例を図2に示す。図2では、最初の大きな電圧変動又はパルス54が取り付け部16におけるインピーダンス変化により発生される。望ましい実施例においては、取り付け部16は基準反射パルスとして、このインピーダンス変化を提供する。図2の第2の反射パルス56は、容器14の中の固有の干渉によって、発生する。この干渉反射56は、梯子、戸、溶接のしわ、材料蓄積、または容器14からの他の内部的要因によって生じることがある。第3の反射パルス58は、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26によってもたらされる。第4の反射パルス60は、プローブ素子18の末端19によって発生される。

10

【0040】

本発明は、所定の時間において、または既知の境界条件の下でセンサ性能を特徴付けまたは記録することにより、信号処理機能を初期化する。この初期特徴付けは、初期境界条件として使用することができる。換言すると、基準または初期境界信号は、第1および第2媒質11および12が容器14内に入れられる前に測定され、そして蓄積されている。

【0041】

初期境界信号(I.B.)の1例が図3に描かれている。初期境界信号は、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26によって生じる反射パルスで引き起こされる有効インピーダンス変化を決めるための助けとして用いられる。図3においては、初期電圧ピークまたは反射パルス62は、容器14内での干渉によって生ずる。図3のパルス62は、図2におけるパルス56に相当する。図3におけるパルス64は、プローブ素子18の末端19に相当する。

20

【0042】

センサ特徴付けは、工場における校正、環境特徴付けまたはプローブマッピング、及びセンサ再特徴付け、または再校正を含んでいる。特徴付けは、最適性能を提供するために、単に1つの初期化手順の、または1つに組み合わせられた複数初期化手順の、使用を可能とするような方法で行われることができる。容器14内の取り付け部のような、その設置環境の内部及び外部における、センサ及びその信号の特徴付けは、その初期境界条件として参照される。

【0043】

工場における校正は、安定した既知の環境において特徴づけられたセンサ性能を含んでおり、これは装置性能に関するベースラインを提供する一方、ここではフィールド設置において遭遇する影響及び効果を無視している。タンクまたは容器14内にセンサを取り付けるような、フィールド設置は、センサへの新しい境界条件に関する環境を存在させることができる。この条件は、容器または容器の恒久的内容物によって生じるもので、センサとそれら容器内容物の相互作用によってセンサ応答に影響を与えるものである。

30

【0044】

本発明は、センサの自動再特徴付けか、または手動再特徴付けのいずれかを提供する。再特徴付けは、望ましいプロセス変数を表現する有効な信号を決定する際に補正されるべき、それらの環境変化を可能とする新しいベースラインまたはプローブマップを確立するために実行されることができる。

40

【0045】

本発明の信号処理の第2フェーズは、インピーダンス変化するアナログ導体の有効な信号応答によって発生されるパルス反射を検出することを必要としている。換言すると、プロセッサ装置は、プローブ素子18と接触している第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26によって生じるインピーダンスパルス反射の位置を確認する。多くの数学的技術が、インピーダンス変化による位置情報を決定するのに使用されることができる。このインピーダンス変化は、プローブ素子18に沿ったインピーダンス変化を原因とする、位置に関する時間的な信号反射を発生させる。

【0046】

50

インピーダンス変化の検出は、図2に示されるTDRアナログ出力信号に適用される、1つまたはそれ以上の引き続く技術を含むこともできる。1つの検出方法は、タイムアライメントされたTDR信号のピーク振幅検出であり、これは図4に示されている。換言すれば、図4の信号はシフトされ、その結果として取り付け部16におけるインピーダンス変化によって提供された初期反射パルス54の時間として、時間ゼロがセットされる。図4においては、第1反射パルス66は容器14内の干渉によって生じる。第2反射パルス68はインターフェース26によって生じたものである。第3反射パルス70は、プローブ素子18の末端19によって生じる。

【0047】

別の検出技術は、図4のタイムアライメントされたTDR信号の第1の微分信号の正ピークの後の第1ゼロクロスを検出することである。この微分信号は図5に描かれている。繰り返すと、第1反射パルス72は容器14内の干渉によって生じたものである。第2反射パルス74はインターフェース26によって生じ、そして第3反射パルス76はプローブ素子18の末端19によって生じたものである。プロセッサ装置は、この技術を用いてピーク反射パルスの最大絶対値を決める。このことは、ロケーション78に実例が示されている。もし、絶対最大が負の値であれば、ロケーション80における先行するゼロクロスがインターフェース26のロケーションであると決められる。もし、絶対最大が正のピークであれば、次の引き続くゼロクロスがインターフェース26の表示として用いられる。

【0048】

有効インターフェース26を決めるための、さらに別の技術は、ベースライン信号の使用である。このベースライン信号は図6に描かれている。ベースライン信号は図4のタイムアライメントされたTDR信号から、図3の初期境界信号を差し引くことによって決められる。このため、容器14内の干渉によって生じたパルス反射66は、初期境界パルス反射62によってキャンセルされる。こうして、図6における初期パルス反射82は、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26によって生じたものである。反射パルス84はプローブ素子18の末端19によって生じたものである。プロセッサは、インターフェース26によって生じたパルス反射として、最も大きな正ピーク86の時間を決める。

【0049】

インターフェース26の実際位置を決めるためのさらに別の技術は、図6のベースライン信号の第1の微分信号を用いることである。ベースライン信号の微分信号は図7に描かれている。ここでも再び指摘すると、第1反射パルス88は、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26によって生じたものである。第2反射パルス90は、プローブ素子18の末端19によって生じたものである。プロセッサはパルス反射88のピーク絶対値92を求める。このピーク絶対値が負電圧と関連しているので、プロセッサはインターフェース26に関する時間として、第1の先行するゼロクロス94に進む。もし、最大絶対値が正ピークであれば、次の引き続くゼロクロスがインターフェースレベルとして用いられる。

【0050】

本発明のいくつかの実施例は、インターフェース26の有効検出に関連するデータを検証するために、上に取り上げた技術の2つまたはそれ以上の組み合わせを用いる。信号の短期間ヒストリはまた、インターフェース26の位置におけるあらゆる変化の有効性を具体化するのに、そしてこの変化がセンサの近傍において現在用いられているプロセス条件内で可能であることを検証するのに用いることができる。

【0051】

本発明の望ましい実施例においては、プロセッサは上に説明された4つの技術または方法の各々を用いて、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26によって生じる有効なインピーダンス不連続のロケーションを決定する。各方法には、重み付けされた係数が割り当てられている。説明されている実施例においては、図6に描かれているベ

10

20

30

40

50

ースライン信号計算には1.1の重み付け係数が割り当てられ、一方他の3つの技術には1.0の重み付け係数が割り当てられている。これらの重み付け係数は、4つの方法の間での同意の程度を示すための意味づけを提供する。もし、センサによる検出に従って計算された境界条件が、4つの方法のいくつかで実質的な同意が存在しないような形で、4つの検出方法の間で矛盾が生じるならば、有効な結果は、2つまたは3つの検出方法の間で実質的な同意が存在するかどうかに依存している。もし4つの方法のすべてによる有効インピーダンスパルスの検出において実質的な隔たりが存在するならば、最も高い重み付け係数を持つ方法が、有効な検出方法として用いられる。

【0052】

本発明においては、マイクロプロセッサ46は、上に説明された4つの方法の各々を用いてインターフェース26によって生じる有効なインピーダンス変化の位置を計算するためのソフトウェアを持つようにプログラムされている。図8は、有効信号を決めるために本発明のマイクロプロセッサ46によって実行される段階を描いている。ブロック100に描かれているように、マイクロプロセッサ46は最初に初期化される。信号プロセッサの動作モードがブロック102に描かれている。

10

【0053】

最初の動作モードは図3に描かれている初期境界(I.B.)信号をセットし、そして蓄積することである。この初期境界信号は、プロセス材料が容器14内におかれる前に発生されている。マイクロプロセッサ46は、最初に、ブロック104に描かれているように入力初期境界信号を受け取る。このデータは、ブロック106に描かれているように、取り付け部16によって生じた初期インピーダンス変化を基にしてアラインメントされた時間である。次に、マイクロプロセッサ46は、初期境界条件に関連するタイムアラインメントされたデータを、ブロック108に描かれているようにEEPROM50内に蓄積する。一旦初期境界信号が蓄積されたならば、マイクロプロセッサ46はブロック102における動作モードまで戻る。

20

【0054】

1つの実施例においては、容器14内へのセンサ装置10の初期設置の間だけは、本発明の信号プロセッサが手作業で初期境界条件を確立することもできる。別の実施例においては、初期境界条件は信号プロセッサの動作の間に、前もって決められた時間毎に更新されることもある。

30

【0055】

ブロック110に描かれているように、信号プロセッサの通常動作の間には、マイクロプロセッサ46は入力TDR信号を受け取る。この入力TDR信号は、図2に描かれているTDRアナログ信号のアナログ-デジタルコンバータ44から得られたデジタル表現である。図2から図7においては、アナログ信号が参照されたとはいえ、本発明のマイクロプロセッサ46がそれら信号のデジタル表現を用いることもできることは理解される。本発明によるアナログ信号を処理するのにアナログプロセッサも用いられることもまた、理解される。

【0056】

ブロック112に描かれているように、マイクロプロセッサ46は次にTDR信号のタイムアラインメントを提供する。換言すれば、マイクロプロセッサ46は入力TDR信号を時間シフトさせて、時間ゼロが図2に示される初期の大きな反射パルス54によって表されている取り付け部16のインターフェースのロケーションにおいて始まるようにする。

40

【0057】

描かれている実施例においては、マイクロプロセッサ46は、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26を表す有効パルス反射の位置を決めるのに4つの異なる検出方法を利用する。最初の方法においては、マイクロプロセッサ46は、図8のブロック114に描かれているように、(図4に描かれている)タイムアラインメントされたTDR信号のピーク反射パルスを検出する。図4におけるピーク71は、インターフェース26に相当する有効な反射パルスである。しかし、この例においては、ピーク検出段階は

50

ピーク 115 が有効ピークであると決定してしまう。実際にはピーク 115 は容器 14 内の干渉に相当するものであるが、有効パルスとされてしまうのである。このことは、タイムアライメントされた TDR 信号のピーク検出方法が単独で用いられるとき、いくらかの間違いを発生させる理由の説明となる。次に、マイクロプロセッサ 46 は、図 8 におけるブロック 116 に描かれているように、最大パルス値の位置に相当する時間を求める。次にこの時間値は、容器 14 の上面 20 とインターフェース 26 との間の距離に変換される。この段階はブロック 118 に描かれている。次に、第 1 検出方法を用いて計算されたこの距離結果が蓄積される。

【 0058 】

一旦センサ上のインピーダンス変化の時間位置が導き出されたならば、検出された時間を、プロセス変数のインターフェース 26 の距離等価位置に変換するのに用いることができるかなりの数の技術が存在することは理解される。複数のインピーダンス変化間の時間間隔は、数学的な関係を有しており、すなわち複数のインピーダンス変化間の時間関係は光線の速度に比例しており、そして主体となる材料の相対誘電定数の連続的関数である。もし第 1 媒質 11 が大気であるならば、誘電定数は実質的に 1.0 に等しい。続いて、間隔の主体時間は、材料誘電および環境的周囲条件に関する連続的な関数関係を加えることによって補正されることができる。

【 0059 】

既知の長さのセンサまたは導体を用いるような、そして次に主体材料インターフェースからプローブ素子 18 の末端 19 までのパルス移行時間の関係変化を用いるような、他の技術も用いることができる。換言すれば、一旦有効インピーダンスパルスのロケーションが決められたならば、インピーダンスインターフェースとプローブ素子 18 の末端 19 との間の時間または距離はインターフェース 26 のレベルを決めるのに用いることができる。既知の長さを持つセンサの場合においては、材料インターフェース 26 からプローブ素子 18 の末端 19 までの差異時間間隔は、材料誘電定数の連続的な関数関係で除算された主体材料 12 の厚さに比例して変化する。容器 14 に対して固定されたロケーションを持つプローブ素子 18 を備えることにより、材料レベルまたは材料の厚さはセンサ位置に関してオフセットされる。この位置関係は簡単な数学的等式を用いて求められる。

【 0060 】

同様に、各材料の相対誘電定数が既知であれば、多層材料を通過してセンサ上を移動するパルスの速度は各材料のレベルを決めるのに用いることができる。センサが容器 14 に対して固定されたロケーションを有しているとき、各材料の位置はセンサ位置へのオフセットを持つ、時間差異の関数として求めることができる。センサはまた、校正及び/または材料誘電値決定のために用いることができる信号反射を作るために、既知距離においてマーカーを持つように設計されることもできる。

【 0061 】

マイクロプロセッサ 46 はまた、ブロック 120 に描かれているようにタイムアライメントされた TDR 信号の微分信号をも計算する。この微分信号のアナログ表現は図 5 に描かれている。次にマイクロプロセッサ 46 は信号の絶対最大値に近い第 1 のゼロクロスのロケーションを決める。最大値が正の値から得られるならば、マイクロプロセッサ 46 は正のピークの後の次の引き続くゼロクロスを求める。絶対最大値が負の値から得られたならば、マイクロプロセッサ 46 は検出された絶対最大の前の第 1 ゼロクロスを求める。この段階がブロック 122 に描かれている。続いてマイクロプロセッサ 46 は、ブロック 124 に描かれているように検出されたゼロクロスに相当する時間値を決める。この時間値は次に、ブロック 126 に描かれているように、第 1 媒質 11 と第 2 媒質 12 との間のインターフェース 26 のレベルに相当する距離に変換される。第 2 検出方法を用いて計算された距離が次に蓄積される。

【 0062 】

第 3 の検出方法においては、ブロック 128 に描かれているように、マイクロプロセッサ 46 は、図 4 においてアナログ形式で描かれているタイムアライメントされた TDR 信

10

20

30

40

50

号から、EEPROM50(図3)に蓄積されている初期境界信号を差し引くことによってベースライン(BL)信号を計算する。このベースライン信号は図6にアナログ形式で描かれている。次にマイクロプロセッサ46は、ブロック130に描かれているようにベースライン信号の正の最大値のロケーションを決定する。この正の最大値は、図6におけるロケーション86に描かれている。次にマイクロプロセッサ46は、ブロック132に描かれているように、検出された正の最大値に相当する時間値を決定する。続いてマイクロプロセッサ46は、ブロック134に描かれているように、時間値を、第1媒質11と第2媒質12との間のインターフェース26のロケーションを表す距離変化に変換する。第3の検出方法を用いて計算された距離が次に蓄積される。

【0063】

第4の検出方法においては、マイクロプロセッサ46は、ブロック136に描かれているようにベースライン信号の第1の微分信号を発生させる。ベースライン信号の第1の微分のアナログ表現は図7に描かれている。次にマイクロプロセッサ46は、ブロック138に描かれているように、絶対最大値に隣接するゼロクロスのロケーションを決定する。もし、その絶対最大値が正の値であれば、次の引き続くゼロクロスが用いられる。もし、絶対最大値が負の値であるならば、インターフェース26のロケーションとして最初の先行するゼロクロスが用いられる。続いてマイクロプロセッサ46はブロック140において、ゼロクロスの時間位置を決定する。図7の例においては、負のピーク92に隣接する最初の先行ゼロクロス94が時間位置として用いられる。続いてマイクロプロセッサ46はブロック142に描かれているように、時間変化を決める。次にこの時間変化は、ブロッ

【0064】

次にマイクロプロセッサ46は、ブロック146に描かれているように、上に説明された4つの方法の各々から検出された距離の有効性をチェックする。距離変化の各々が、例えば1ミリメートルのような、前もって決められた感度レベルに丸められる。

【0065】

4つの方法の各々からの、蓄積されている4つの結果すべてが同じであれば、マイクロプロセッサ46は有効な出力が決定されたと判断する。そこでブロック150に描かれているように、マイクロプロセッサは、その出力を適切な形式にフォーマットし、そしてその結果を出力52に送る。もし、4つの検出方法からの4つの蓄積されている結果が異なるならば、マイクロプロセッサ46はブロック152に描かれているように、検出方法の各々に関して確立されている重み付け係数を考慮する。この点においてマイクロプロセッサ46は4つの蓄積されている方法の結果を、以前の結果と比較することができる。もし4つの蓄積されている結果のどれかが、前もって決められた量以上に以前の結果から隔たっているならば、マイクロプロセッサ46は、その蓄積されている結果を無視することもできる。マイクロプロセッサ46は、ブロック154に描かれているように重み付けされた結果の加算を提供する。マイクロプロセッサ46によるこの加算の例は、以下に備えられている。次にマイクロプロセッサ46は、ブロック156における重み付けされた結果を用いて、インターフェース26からの有効なインピーダンス反射として最も適切な距離を選択する。続いてブロック150においてマイクロプロセッサ46は、この選択された結果を出力する。

【0066】

3つの異なる例が、プロセス測定上の重み付け係数の効果を説明するために備えられている。

【0067】

【表1】

10

20

30

40

表 1

方法	X (cm)	重み付け係数	選択された結果
ピーク TDR	29.0	1.0	
微分 TDR	36.9	1.0	
最大ベースライン	37.1	1.1	37.1
微分ベースライン	37.3	1.0	

10

【 0 0 6 8 】

【表 2】

表 2

方法	X (cm)	重み付け係数	選択された結果
ピーク TDR	36.9	1.0	
微分 TDR	37.3	1.0	37.3
最大ベースライン	37.1	1.1	
微分ベースライン	37.3	1.0	

20

【 0 0 6 9 】

【表 3】

表 3

方法	X (cm)	重み付け係数	選択された結果
ピーク TDR	37.1	1.0	
微分 TDR	37.3	1.0	
最大ベースライン	37.1	1.1	37.1
微分ベースライン	37.3	1.0	

30

【 0 0 7 0 】

表 1 においては、インターフェース 26 のレベルまたは距離 X に関して検出された結果の各々は異なっている。この場合、最も大きな重み付けをされた係数は、最大の検出されたベースライン値が用いられていることを表示している。このため、マイクロプロセッサ 46 によって選択された結果は、37.1 cm である。

【 0 0 7 1 】

表 2 においては、最大ベースライン方法は 37.1 cm の距離を表示したままである。しかし、TDR 信号方法の微分およびベースライン信号方法の微分の両方が、37.3 cm の結果を提示している。このため、2つの等しい結果が互いに加えられるとき、37.3 cm の距離は 2.0 の重み付け係数を有する。ピーク TDR 信号方法からの距離 36.9

40

50

cmは、1.0の重み付け係数を有している。最大ベースライン方法による距離37.1は1.1の重み付け係数を有している。このため、図8におけるブロック156における選択段階の間に、マイクロプロセッサ46は2.0の最も大きな重み付け係数を、そして37.3cmの相当する距離結果を選択する。

【0072】

表3においては、ピークTDR方法と、最大ベースライン方法の両方が37.1cmの距離結果を提示している。微分TDR方法と微分ベースライン方法の両方とも37.3cmの結果を生じさせている。このため、距離37.1は2.1の重み付け係数を有し、一方距離37.3cmは2.0の重み付け係数を有している。このため、マイクロプロセッサ46は、ブロック156における選択段階において37.1cmの結果を選択する。

10

【0073】

他の検出技術も本発明によって用いることができるのは理解される。加えて、もし、必要であれば、他の検出技術の1つに最も高い重み付け係数を適用することもできる。別の実施例においては、検出技術の各々に異なる重み付け係数を割り当てることもできる。そのような重み付け係数は、適用知識と経験に基づいて選択され、そして適用される。

【0074】

有効インターフェース26を決めるためのさらに別の技術は、図6に描かれたベースライン信号を用いるパターン認識である。このパターン認識技術は図6に示される反射パルス82の全体パターンと、そして反射されたパルス82がスレッシュールド電圧に達した後に採取されたいくつかのサンプルされたポイントとを用いる。ポイントのタイミングは、有効と考えられるパターンに関する明白な境界内になくてもならない。この技術は、雑音および他の現象によって発生される信号パルススパイクによる読み取り間違いに対して保護される点で、現存するピーク検出方法よりも改善されている。

20

【0075】

図9を参照すると、反射された信号200は、立ち上がりコンポーネント202と、そして立ち下がりコンポーネント204（波線で示されている）とを含み、形状においてほとんど正弦曲線を示している。ベースライン反射信号200は、図6において見られるように、中心は約ゼロボルトである。

【0076】

有効インターフェース26を決めるためのベースライン方法においては、スレッシュールド電圧210に関して、反射された信号200の立ち上がりコンポーネント202上の2つのポイント206及び208を識別することによって、反射された信号200の立ち上がりコンポーネント202の中心（すなわち、プロセス材料レベル）が決められる。これらポイント206及び208の間の中間ポイントは、反射された信号200の立ち上がりコンポーネント202の中心である。立ち下がりコンポーネント204上のポイントはゼロで置換される。

30

【0077】

パターン認識技術においては、立ち下がりコンポーネント206上のポイントはゼロに置換されることはない。代わりに、負ポイントは2の補数技術を用いてそれらの絶対値に変換される。2の補数技術は、負の符号を持つ数の絶対値を決めるための技術として当業技術者にとっては良く知られており、そして標準的な教科書に記述され、また説明されているものである。

40

【0078】

例えば、1990年にSaunder's College出版から発行されたDigital Concepts & Applicationsと題する教科書の225ページのHolt氏、Rinehart氏およびWinston氏による章を参照する。2の補数技法の使用の結果、第二のポジティブゴーイングコンポーネント212が、2つの立ち上がりピーク202と212とを作成する。

【0079】

パターン認識技法に従って、処理材料のための有効なインターフェース26が、4の（4つの）ポイントパターンと、そして全体の反射されたパルス200の二重のポジティブゴ

50

ーイングピーク202および212とを使用することによって、決定される。最初のポイント206がスレッシュホールド電圧210に関連して検出されると、ポジティブゴーイングピーク202と212の上の第2のポイント208、3番目のポイント214および4番目のポイント216とは、最初のポイント206からの特定の時間フレーム内に起こらなければならない。この時間のフレームは、有効な、反射パルス200の全体的な幅218によって決定される。4の(4つの)ポイント206、208、214および216が特定の時間のフレームの中に起こらないならば、反射したパルス200は無効であると考えられる。

【0080】

反射したパルス200が有効であることがわかるならば、最初のポイント206と第2のポイント208との間の中点を計算することによって、1番目のポジティブゴーイングピーク202の中点(すなわち、処理材料のための有効なインターフェース26)が決定される。パターン内のポイントの数は4に限定される必要がないことは理解されるであろう。本発明の範囲から離れることのない、追加のポイントも使用されることができる。

10

【0081】

環境変化(温度、湿度、圧力)、電源変動(電圧、電流、電力)、電磁影響(rf/u波から放射される電力はIC出力にバイアスを生じさせる)および機械的な振動等の他の条件のような動作条件における変化が、電子的なパラメータと出力信号の望まれないドリフトを引き起こすことはよく知られている。

【0082】

動作条件における上で説明された変動による反射した信号の時間的、電圧的ドリフトを補うために、本発明のさらなる実施例は補正用素子または要素を含んでいる。これはソフトウェアが信号処理ループを実行する都度、計算される。次に、以前に説明されたベースライン減算方法の利用前に、補正素子または要素がそれぞれの信号サンプルに加算される。

20

【0083】

図10を参照すると、デジタル化され、そしてマイクロプロセッサ内に蓄積された初期の境界またはプローブマップタイムアラインメント信号220が、示されている。この信号220は、図3に示された信号62に対応している。この信号220は、信号220のネガティブゴーイングコンポーネント224の開始センタライン222上に位置している開始電圧 V_{min} に対してタイムアラインメントされている。

30

【0084】

図11は、リアルタイムTDR信号226が初期の境界信号220に対して、時間と電圧の両方でドリフトしているという状況について図示している。ベースライン手順がこの状況で用いられるとき、結果は有効とはならないであろう。これらの信号ドリフトを補うために、本発明による補正素子または要素を使用して、この無効の結果が克服され、補正されることができる。リアルタイムTDR信号226は、新しいセンタライン228を有している。このセンタラインは時間において t_i だけシフトされており、また電圧において V_{comp_i} だけシフトされている。

【0085】

時間および電圧変動 t_i および V_{comp_i} を得ることによって、そしてデジタル化されたリアルタイムTDR信号226をドリフト t_i および V_{comp_i} だけ調整することによって補償を実行することができる。この補正要素 V_{corr} は、プローブマップ信号220の初期限界のネガティブゴーイングコンポーネント224上の特定のポイント230を、リアルタイムTDR信号226のネガティブゴーイングコンポーネント234上のその相当するポイント232から引き算し、そして2の補数技法を用いてその結果を反転させることによって計算される。これは、信号220と226のオフセット極性にかかわらず、常にリアルタイムTDR信号226に加算される数値 V_{corr} をもたらす。補正要素 V_{corr_e} は、次の公式によって代数的に表される。

40

【0086】

$$V_{corr} = - (V_{real} - V_{pm}) ,$$

50

ここで $V_{c o r r}$ = 補正要素、

$V_{r e a l}$ = リアルタイム TDR 信号 226 上のポイント 232、

$V_{p m}$ = プローブマップ信号 220 上の初期境界上の相当するポイント 230 である。

【0087】

補償されたサンプルポイント $V_{c o m p}$ (すなわち有効な信号のセンター) は、次の公式によって決定される。

【0088】

$$V_{c o m p} = V_{s a m p l e} + V_{c o r r}$$

ここで $V_{c o m p}$ = 補償されたサンプルポイントの値

$V_{s a m p l e}$ = 補正されていないポイントの値

$V_{c o r r}$ = 補正要素

時間および電圧におけるこの補償を完成させれば、ベースライン手順を実行することができる。結果としてのベースライン信号は図 12 に示されている。この補償された結果は有効な反射パルスを提供する。このパルスは容易に分析されて、必要とされている有効で正確な $t_{v a l i d}$ を提供する。

【0089】

図 9 ~ 12 に図示されて示されているパターン認識技法と補正要素を実現するために、マイクロプロセッサ 46 内にプログラムされたソフトウェアは、図 13 および 14 に示されるように変更される。図 13 と 14 は、ソフトウェア変更の結果、マイクロプロセッサ 46 によって実行される追加ステップについて図示している。追加ステップは、図 8 に示されているステップの中の適切なロケーションに挿入されるように示されている。図 8 の参照数字に相当している図 13 および 14 における参照数字は、同じステップを指示するように意図されている。さらに、図 13 および 14 には示されていないとしても、ステップ 110 と 130 それぞれの前後に起こる図 8 に示されているステップの残り部分は、図 13 および 14 に示されるステップと結びついて実行されることは理解されるであろう。パターン認識技法を使用するときには、ステップ 136 ~ 140、ステップ 120 ~ 126 およびステップ 114 ~ 118 は実行されないであろう。しかしながら、補正要素はパターン認識技法なしでも使用されるかもしれない。その場合、図 8 のステップのすべてが実行されるかもしれない。

【0090】

図 13 および 14 を参照すると、補正要素を計算し、そして加えるためのステップがブロック 250 に示され、さらに図 8 に図示される処理においてブロック 112 と 128 との間で実行される。ブロック 250 で実行されるステップの、より詳細な内訳は図 14 に示される。

【0091】

図 14 を参照すると、ブロック 112 においてマイクロプロセッサ 46 が TDR 信号のタイムアライメントを提供した後に、ブロック 252 においてマイクロプロセッサ 46 は上に指摘した公式に従って、初期境界信号 220 上の特定のポイント 230 を、リアルタイム信号 226 上の対応するポイント 232 から引き算する。ブロック 254 では、マイクロプロセッサ 46 は 2 の補数技法を、ポイント 232 と 230 との間のネガティブな差異の値に使用する。

【0092】

2 の補数技法が適用された後に、ブロック 252 で決定された補正要素 $V_{c o r r}$ がリアルタイム TDR 信号の補償されていないサンプルポイントに加えられて、補償されたサンプルポイント $V_{c o m p}$ の値が発生される。その後マイクロプロセッサ 46 は、タイムアライメントさせられた、そして補正された TDR 信号から、初期境界信号を引き算することによってベースライン (BL) 信号を計算して、図 12 にアナログ形式で描かれているようなベースライン信号を発生させる。ブロック 123 の後には、マイクロプロセッサ 46 はブロック 136、ブロック 120、ブロック 114 に進むか、または 260 において図 13 に示されるようなパターン認識技法を使用することもできることは理解されるで

10

20

30

40

50

あろう。

【0093】

パターン認識技法を使用すると、マイクロプロセッサ46は最初にブロック262において、2の補数技法をベースライン信号200(図9参照)のネガティブゴーイングコンポーネント204に関して使用する。図9に示されるように、その後マイクロプロセッサ46は、ブロック264において、(信号の幅218に基づいて決定された)前もって決められた4の(4つの)ポイントパターンを探し出す。この前もって決められたパターンが見つけれないならば、マイクロプロセッサ46は、有効なパターンが見つけれるまでベースライン信号サンプルを捜し続ける。このステップはブロック266において実行される。一旦、有効なパターンが見つけれられたなら、図8で示されるブロック130のように、マイクロプロセッサ46は有効なベースライン信号の正の最大値のロケーションを決定する。

10

【0094】

図6に示されるベースライン信号を決定するために、図3の初期境界信号は、図4のタイムアライメントされたTDR信号から引き算される。理想的には、第1および第2媒質11および12が容器14内に入れられる前に、センサ長全体にわたる初期境界信号またはプローブマップが測定され、そして蓄積される。実際には、プローブ18が容器14内に設置される都度、あるいは他の理由によって初期バックグランド信号が更新されるべき必要のあるときに、初期境界信号を決めるために容器14を空にすることはしばしば実用的ではない。材料12を含んでいる容器14内にプローブ18が設置されるときには、インターフェース26より上のプローブ18の部分は材料12の中には浸されておらず、そしてインターフェース26より下のプローブ18の部分は材料12の中に浸されている。部分プローブマッピングは、フィールド測定されたサンプルTDR信号の部分を、工場、またはフィールドにおいて求められたバックグランド信号の部分と組み合わせて、容器14を空にすることなしに、プローブ18の全体の長さに関する初期境界信号を発生させる。部分プローブマッピングは、プローブ18の設置の直後か、または初期境界信号を更新するための動作の間に行うことができる。

20

【0095】

部分プローブマッピング処理は、図15、図16及び図17に描かれている。図15はプローブ18に関して蓄積されているバックグランド信号300を示している。バックグランド信号300は、工場において初期的に測定されるか、または設置サイトにおいて決められるかのいずれかであり、そしてプローブ18の後の使用のためにEEPROM50に蓄積される。バックグランド信号300は、過渡ポイント310によって分割される。部分Aは過渡ポイント310より上のプローブ18の部分に関する信号、すなわち上方部分であり、そして部分Bは過渡ポイント310より下のプローブ18の部分に関する信号、すなわち下方部分である。

30

【0096】

図16は、プローブ18が部分的に材料12の中に浸されているときの、容器14内に設置されたプローブ18によって感知されたサンプルTDR信号320を示している。このサンプルTDR信号320は、部分プローブマップの発生に関して捕捉されたものである。このサンプルTDR信号320は、取り付け構造および容器14の構造物などの内部構造によって生じるいくつかの反射パルス322を含んでいる。このサンプルTDR信号320は、バックグランド信号300に関する過渡ポイント310に相当する過渡ポイント310によって分割される。部分Aは過渡ポイント310より上のプローブ18の部分に関する信号、すなわち上方部分であり、そして部分Bは過渡ポイント310より下のプローブ18の部分に関する信号、すなわち下方部分である。過渡ポイント310は、サンプルTDR信号320の部分Aが、材料12内に浸されておらず、接触してもいない、そして真っ直ぐにつり下げられているプローブ18の部分に関するものとなるように選択される。材料12とのインターフェース26の反射レベルは、サンプルTDR信号320における変動324によって表されている。

40

50

【 0 0 9 7 】

図 1 7 は、部分プローブマップ 3 4 0 を示している。部分プローブマップ 3 4 0 は、サンプル T D R 信号 3 2 0 から過渡ポイント 3 1 0 までの非浸入プローブ範囲を、バックグラウンド信号 3 0 0 内に蓄積されているプローブ範囲の残りと組み合わせることによって計算される。こうして、図 1 7 に示される結果的な部分プローブマップ 3 4 0 は、図 1 6 の部分 A である、過渡ポイント 3 1 0 より上のサンプル T D R 信号 3 2 0 と、図 1 5 の部分 B である、過渡ポイント 3 1 0 より下のバックグラウンド信号 3 0 0 との組み合わせである。過渡ポイント 3 1 0 においては、バックグラウンド信号 3 0 0 のオフセット 3 0 6 と、サンプル T D R 信号 3 2 0 のオフセット 3 2 6 と間の差異に関して考慮するための調節が必要である。この調節は、サンプル T D R 信号のオフセットドリフト、雑音およびリングング減衰、およびこれまでにマップされていなかった容器 1 4 内の異質な物体からの反射を考慮する。調節の後に、部分プローブマップ 3 4 0 はオフセット 3 4 6 を有している。

10

【 0 0 9 8 】

5 メートル (1 5 フィート) の、最小プローブ範囲または長さは、部分プローブマップを実行するには好都合である。過渡ポイント 3 1 0 は、これが材料 1 2 とのインターフェース 2 6 よりも上にあるように、同時に他方ではプローブ 1 8 と取り付け部 1 6 との間のインターフェースよりも少なくとも 1 メートルは下にあるように、選択されるべきである。正確さのためには、部分プローブマッピングはプローブ長の末端付近では実行されないようにすべきである。

【 0 0 9 9 】

過渡ポイント 3 1 0 における、サンプル T D R 信号 3 2 0 のオフセット 3 2 6 への、そしてバックグラウンド信号 3 0 0 のオフセット 3 0 6 への、調節の計算は、正確なプローブマッピングがなされていることを要求する。この調節は、過渡ポイント 3 1 0 における部分プローブマップ 3 4 0 が円滑になるよう、バックグラウンド信号 3 0 0 の部分 B のオフセット 3 0 6 に適用される。もしこの調節が行われなければ、過渡ポイント 3 1 0 において部分プローブマップ 3 4 0 には不連続が存在するようになる。この不連続は容器 1 4 内の材料 1 2 のレベルを示す信号として解釈されかねない。この調節値は、多くの方法によって計算可能であるが、そのうちのいくつかは以下に説明される。

20

【 0 1 0 0 】

調節を計算する 1 つの方法は単純に、過渡ポイント 3 1 0 におけるサンプル T D R 信号 3 2 0 と、過渡ポイント 3 1 0 におけるバックグラウンド信号 3 0 0 との間の差異を計算することである。これは過渡ポイント 3 1 0 において、サンプル T D R 信号 3 2 0 と、バックグラウンド信号 3 0 0 との両方に関して等しい信号値を確保して、部分プローブマップ 3 4 0 内のあらゆる不連続を除去するものである。

30

【 0 1 0 1 】

過渡ポイント 3 1 0 の周囲でのサンプル T D R 信号 3 2 0 とバックグラウンド信号 3 0 0 とにおける変動を克服するために、この 2 つの信号の部分にわたる平均または二乗平均平方根 (R M S) 計算を実行するような、より強力な調節計算が必要とされることもある。平均または R M S のような、より強力な調節計算は信号の全体範囲にわたって、または信号のより小さな部分にわたって行うことができる。その結果、第 2 の方法は、部分プローブマップ 3 4 0 を発生させるために用いられた 2 つの信号部分の平均値間の差異として調節を計算することである。これは、バックグラウンド信号 3 0 0 の部分 B にわたる平均信号値と、サンプル T D R 信号 3 2 0 の部分 A にわたる平均信号値との差異である。第 3 の方法は、2 つの信号間のよりわずかな部分にわたる平均値間の差異として調節を計算することである。これは、バックグラウンド信号 3 0 0 とサンプル T D R 信号 3 2 0 両方の部分 B にわたる平均信号値間の差異である。第 4 の方法は、両方の信号の全範囲にわたる平均値間の差異として調節を計算することである。これはバックグラウンド信号 3 0 0 の全範囲にわたる平均信号値と、サンプル T D R 信号 3 2 0 の全範囲にわたる平均信号値との間の差異である。第 5 の方法は、2 つの信号の上方部分の平均値間の差異として調節を計算することである。これはバックグラウンド信号 3 0 0 の部分 A にわたる平均信号値と、サンプル T

40

50

D R 信号 3 2 0 の部分 A にわたる平均信号値との間の差異である。望ましい実施例においては、第 3 の方法が用いられている。

【 0 1 0 2 】

調節値を計算するのに全プローブ範囲を用いる代わりに、バックグラウンド信号 3 0 0 とサンプル T D R 信号 3 2 0 上のより小さな間隔を用いることができる。別の変化した方法は、過渡ポイント 3 1 0 の周囲の小さな間隔にわたる平均信号値の間の差異として調節を計算することである。これは、過渡ポイント 3 1 0 付近のバックグラウンド信号 3 0 0 の部分 A の小さな間隔にわたる平均信号値と、過渡ポイント 3 1 0 付近のサンプル T D R 信号 3 2 0 の部分 A の小さな間隔にわたる平均信号値との間の差異である。例えば、デジタル化された信号に関しては、調節は、過渡ポイント 3 1 0 に最も近いバックグラウンド信号 3 0 0 の部分 A における 4 つのサンプルポイントの平均と、過渡ポイント 3 1 0 に最も近いサンプル T D R 信号 3 2 0 の部分 A における 4 つのサンプルポイントの平均との間の差異である。

10

【 0 1 0 3 】

サンプル T D R 信号 3 2 0 の部分 A と、選択された調節要素によって調節されたバックグラウンド信号 3 0 0 の部分 B との組み合わせである部分プローブマップ 3 4 0 は、初期境界信号として利用されるために蓄積される。以前に説明されたように、この初期境界信号は、容器 1 4 内の材料 1 2 のレベルを決めるために用いられる。

【 0 1 0 4 】

上で議論したレベル測定計算は 3 つの主要な信号、T D R 信号、基準信号およびベースライン信号、にかかわっている。T D R 信号は、プローブ 1 8 に沿って伝送された信号の反射を含む測定信号である。T D R 信号はアナログの信号としてトランシーバ 2 2 によって集められ、そしてアンプ 4 0 を通過する。望ましい実施例は、アナログの T D R 信号をデジタル T D R 信号に変えるのにアナログ-デジタルコンバータ 4 4 を使用する。デジタル T D R 信号 4 0 0 の例が図 1 8 に示されている。しかしながら、直接的にアナログの T D R 信号を処理するために、本発明によってプロセッサ装置を組立てることも可能であることは理解される。T D R 信号 4 0 0 では、最初の大きい反射パルス 4 0 2 は、取り付け部 1 6 におけるインピーダンス変化のためであり、第 2 の大きい反射パルス 4 0 6 は材料レベル 2 6 のためであり、そして 3 番目の大きい反射パルス 4 0 4 はプローブ 1 8 の末端 1 9 のためである。

20

30

【 0 1 0 5 】

基準号は、測定されるべきレベルに関連しない、測定環境の構造物および他の要素によるバックグラウンド反射をマップするのに使用される。図 1 9 は基準信号 4 1 0 を示す。基準信号 4 1 0 においては、最初の大きい反射パルス 4 1 2 は取り付け部 1 6 におけるインピーダンス変化のためであり、そして第 2 の大きい反射パルス 4 1 4 はプローブ 1 8 の末端 1 9 のためである。E E P R O M 5 0 にはいくつかの基準信号が蓄積されている。これらはレベル測定計算での使用において、システムに関するモード設定に基づいて、選択可能である。利用可能な基準信号は、工場の基準信号、ユーザの基準信号、部分的なプローブマップ、および周期的なプローブマップを含んでいる。工場の基準信号は通常、ユーザへのセンサの出荷の前に、センサ性能を特徴付ける、安定した既知の環境の中において、センサ製造施設で測定される。工場の基準信号は、出荷の前に、4 つの基準信号ロケーションすべてに収納される。ユーザ基準信号はユーザによって、望ましくは容器 1 4 が空であるときに測定が行われて、実際の環境で決定される。これは、バックグラウンド信号反射を引き起こす実際の測定環境における容器構造物および他の影響を考慮したプローブの全体の長さの基準信号を提供する。部分的なプローブマップが、T D R 信号 (図 1 6) の非浸入のプローブ範囲を、前の基準信号からのプローブ範囲の残りに結合することによって計算される。容器 1 4 を空にするのが実用的ではない時には、部分的なプローブマッピングが、基準信号 4 1 0 の計算を可能にする。部分的なプローブマッピングの性能は、ユーザの介入を必要とする。部分的なプローブマップと同様の周期的なプローブマップは、T D R 信号の非浸入しているプローブ範囲を前の基準信号からのプローブ範囲の残りと同

40

50

み合わせる。しかしながら、周期的なプローブマッピングは以下に説明されるようにユーザ介入なしで自動的に実行される。必要な基準信号を使用して装置10のモードを設定することができる。メモリを保存するために、選択されたモードで使用される基準信号だけがRAM48内に維持される。

【0106】

ベースライン信号は、TDR信号から基準信号を引き算することによって計算される。ベースライン信号420の負の値を排除するために引き算の結果にオフセットを加えることができる。図20は、TDR信号400から基準信号410を引き算し、そして垂直軸の範囲の半分である128のカウントのオフセットを加えることによって計算されたベースライン信号420を示している。図20に示されているベースライン信号420においては、最初の大きい反射パルス426は材料レベル26のためであり、そして第2の大きい反射パルス424はプローブ18の末端19の反射における変化のためである。取り付け部16のインピーダンス変化による反射402、412は、TDR信号400から基準信号410の引き算で相殺される。

10

【0107】

すべての3つの信号400、410、420は、同じ単位を有している。垂直な軸は、パルスの振幅を表すデジタル電圧カウントの単位を有している。図18~20においては、振幅情報は256カウントが可能な8つのビットを使用して表現されている。したがって、5Vの電圧範囲に関しては、1つの電圧カウントは、およそ20mV(5V/256カウント)に等しい。水平の軸には、関連するパルス振幅の受信までの時間を表すデジタル時間カウントの単位がある。時間はパルスの伝播速度によって直接距離に関連するので、各デジタル時間カウントはまた、デジタル距離カウントをも表している。図18~20においては、時間または距離情報は水平軸において512のカウントを可能とする9つのビットを使用して表現されている。プローブマップ長401は、水平軸の距離カウントでカバーされる総距離または長さである。したがって、水平の軸における10mmおよび512カウントの距離カウントに関しては、プローブマップ長401は5.12m(10mm/カウント*512カウント)である。距離測定値の分解能は、プローブマップ長さ401に逆比例する。プローブ18の長さが短くなるに従い、距離カウントの大きさを減らすことによって、プローブマップ長さ401を短くすることができる。距離カウントの大きさを減らすことは、距離測定値の分解能を増加させる。

20

30

【0108】

容器14の中の条件が変化しない限り、ベースライン信号420は、ほとんどのバックグラウンド雑音から免れており、そして材料レベル26による反射パルスは最初の大きい反射パルス426である。あいにく時間がたつにつれて、TDR応答は基準信号410と異なってくる。それがアップデートされるまでこれらの変動は基準信号410に含まれないので、これらの変動はTDR信号400から基準信号410を引き算することによって取り消されず、ベースライン信号420における反射パルスとして現れる。材料12のレベル26に関係のない多くの要素がTDR信号400を経時変化させる。これらの要素は、プローブ18上への材料の蓄積、温度変化、容器14の条件変化および取り付け条件の変化を含んでいる。図20で示されているように、ベースライン信号420はプローブマップ直後には、「クリーン」な状態である。しかし、時間経過的な変動によって、ベースライン信号は、ますます雑音を含むようになる。図21に示される後のベースライン信号430は、現在のTDR信号から以前に計算された基準信号410を引き算した結果である。基準信号410と現在のTDR信号の収集の間の合間に起こるバックグラウンド雑音における変動は、後のベースライン信号430内においてレベル反射パルス436の前に雑音パルス432を引き起こす。この雑音パルス432は潜在的にレベル反射として誤った解釈をされ、そして誤ったレベル測定値をもたらす結果となり得る可能性を有している。レベル反射パルス436の振幅は雑音パルス432よりも大きいため、初めには雑音は測定に影響しない。しかしチェックされないままにしておくと、雑音パルス432は成長して結局、レベル反射パルス436の振幅に等しいか、またはそれよりも大きくなること

40

50

があり得る。

【0109】

周期的なプローブマッピングの処理は、基準信号410を現在値に保つという問題を導き出す。このようにしてバックグラウンド要素のためにTDR信号400に含まれる変動がベースライン信号420を計算する際に、考慮される。基準信号410が「定期的に」アップデートされる限り、ベースライン信号420は雑音から自由な状態のままにされている。部分的なプローブマッピングにおいては、ユーザが手動で部分的なプローブマッピングの処理を作動させ、そして過渡ポイントに入ることの代わりに、周期的なプローブマッピングの処理は自動的にマッピングの処理を作動させ、そして周期的なプローブマッピング処理で使用されるTDR信号のレベル反射から過渡ポイントを決定することを除いて、周期的なプローブマッピングは部分的なプローブマッピングと同様である。

10

【0110】

部分的なマッピングとしては、周期的なマッピングは、新しい基準信号を計算するために基準信号の下側の部分を現在のTDR信号の上部に合わせる。周期的なプローブマッピングは基準信号410によって始められる。この信号は各周期的なプローブマッピング動作によって、アップデートされる。周期的なプローブマッピングで使用されるオリジナルの基準信号は、様々なシステムモードで使用される、いずれの基準信号決定方法によっても供給することができる。

【0111】

レベル反射パルス406の部分をマップアウトするのを防ぐために、周期的なプローブマッピングは容器14の中の材料12のレベル26が安定するまで待っている。TDR信号400のレベル反射パルス406に対応しているベースライン信号420のレベル反射パルス426が、セットされたレベル測定の回数だけ反射ウィンドウ444の中に残っているならば、レベル26は、周期的なプローブマッピングの自動起動においては十分安定していると考えられる。反射ウィンドウ444を狭くすることによって、周期的なプローブマッピングの起動のための安定性条件は増加する。反射ウィンドウカウンタは、レベル反射パルス426が反射ウィンドウ444内に残っている、連続した回数を追跡する。反射ウィンドウ444の外にレベル反射パルス426があるとき、反射ウィンドウカウンタはゼロにリセットされ、そして反射ウィンドウ444のバウンドはリセットされる。レベル反射パルス426が、ユーザが選択した連続的なレベル測定の回数だけ反射ウィンドウ444の中に残っているとき、周期的なプローブマッピングは自動的に作動される。本発明の好ましい実施例は、同じレベルにおいて4回の連続したレベル反射を必要とする。すなわち、反射ウィンドウ444はゼロの幅の距離カウントを持っている。

20

30

【0112】

周期的なプローブマッピングが作動されたときに、TDR信号400が集められ、そして現在のベースライン信号430が計算される。レベル反射パルス436内のレベル反射ロケーション438は決められている。プローブマップ長401およびレベル反射ロケーション438に基づいて、レベル反射ロケーション438よりも十分前に過渡ポイント442が選ばれる。表4は、距離カウントの数に関する異なったプローブマップ長401のための、レベル反射ロケーション438に関する過渡ポイント442の望ましいロケーションを記載している。過渡ポイント442はレベル反射ロケーション438に先立つべきである。

40

【0113】

【表4】

表 4

プローブマップ長さ	距離カウンタの分解能	レベル反射ロケーションに先立つ距離カウンタの数における過渡ポイントロケーション
< 3 m	6.53 mm	10
< 6 m	13.06 mm	5
< 6 m	19.59 mm	4
< 9 m	26.12 mm	3
< 12 m	32.65 mm	3
< 15 m	39.18 mm	3
< 18 m	45.71 mm	3
<= 20 m	52.24 mm	3

【 0 1 1 4 】

過渡ポイント 4 4 2 もまた、基準信号 4 1 0 に先立って見つけられる。この過渡ポイント 4 4 2 は、プローブ 1 8 に沿った両方の信号の同じロケーションを表している。過渡ポイント 4 4 2 の前の TDR 信号 4 0 0 の上部 4 0 8 は、過渡ポイント 4 4 2 に引き続く先の基準信号 4 1 0 の下側の部分 4 1 8 と結合され、新しい基準信号 4 4 0 を形成する。新しい基準信号 4 4 0 における過渡ポイント 4 4 2 においては、部分 4 0 8 と 4 1 8 との間のどんな不連続も排除するためにオフセット調整が適用される。

【 0 1 1 5 】

このオフセット調整は、先の信基準号 4 1 0 の信号レベル 4 1 7 と、TDR 信号 4 0 0 の信号レベル 4 0 7 とにおける差異のために、過渡ポイント 4 4 2 における新しい基準信号 4 4 0 を円滑化する。過渡ポイント 4 4 2 において新しい基準信号 4 4 0 を円滑にするため、オフセット調整は、過渡ポイント 4 4 2 に続く、先の基準信号 4 1 0 の部分 4 1 8 に適用される。この調整が行われなければ、過渡ポイント 4 4 2 において新しい基準信号 4 4 0 に不連続があるかもしれない。この不連続はレベル反射信号として解釈され、そして誤ったレベル測定を引き起こしかねない。部分的なプローブマッピングに関連して以前に説明したものを含み、多くの方法によってオフセット調整値を計算することができる。

【 0 1 1 6 】

周期的なプローブマッピングから生じる新しい基準信号 4 4 0 は、次にレベル測定計算における基準信号として使用され、そして後には先の基準信号として、より新規の新しい基準信号を計算する際に使用される。新しい基準信号 4 4 0 は、レベル測定計算における使用のため RAM 4 8 に保持され、そして周期的に EEPROM 5 0 に伝えられる。新しい基準信号 4 4 0 が EEPROM 5 0 に移されるレートは、ユーザが選択可能である。

【 0 1 1 7 】

システム 1 0 に必要な RAM 4 8 の量を減少させるために、プローブマッピングおよびレベル測定動作を、実際に現在の TDR 信号 4 0 0 を蓄積しないで、実行することができる。レベル測定が実行される都度、AD変換器 4 4 からのデジタル電圧サンプルの連続した流れとして、TDR 信号 4 0 0 がマイクロプロセッサ 4 6 によって受け取られる。このデジタル電圧は、取り付け部 1 6 からプローブ 1 8 の末端 1 9 までプローブマップ長さ 4 0 1 に沿って進行する、異なったロケーションでの反射パルスの振幅を表している。模範的な実施例では、プローブマップ長さ 4 0 1 に沿って 5 1 2 個のサンプルが存在する。レベル測定を実行する 1 つの方法は、基準信号 4 1 0 のすべての 5 1 2 個のサンプルと共

10

20

30

40

50

に、TDR信号400のすべての512個のサンプルを蓄積して、そして差異プラスオフセットを取り上げて、ベースライン信号420のすべての512個のサンプルを計算することである。この方法は、RAM48の1.5キロバイトがこれらの3つの信号を収納するために割り当てられるのを必要とする。望ましい方法は、RAM48内には基準信号410を収納し、そしてベースライン信号420の512個のサンプルをポイント・ポイント計算し、TDR信号400の各ポイントとして、マイクロプロセッサ46によって受信される。この望ましい方法は、基準信号410とベースライン信号420を収納するために割り当てられたRAM48の1.0キロバイトを必要とするだけである。この計算がTDR信号400からのサンプルを必要とするとき、基準信号410からの対応するサンプルをベースライン信号420からの対応するサンプルに加え、そしてベースラインオフセットを引き算することによって、必要なサンプルを再構築することができる。

10

【0118】

システム10に必要なRAM48の量を減少させる望ましい方法を使用すると、周期的なプローブマッピングは図23に概説されているように実行される。ステップ450で、周期的なプローブマッピングルーチンにエンターすると、システムはレベル反射ロケーション438がレベル反射ウィンドウ444内にあるかどうかを決定する。レベル反射ロケーション438がレベル反射ウィンドウ444にないならば、ステップ452で反射カウンタはリセットされ、ステップ454で反射ウィンドウ444はリセットされ、そしてステップ456で周期的なプローブマッピングルーチンから出る。

【0119】

レベル反射ロケーションがレベル反射ウィンドウにあるならば、ステップ458で反射カウンタが増加され、ステップ460でシステムは反射カウンタが周期的なプローブマップ起動カウントよりも大きいか否かをチェックする。反射カウンタが周期的なプローブマップ起動カウントほど大きくないならば、ステップ456で周期的なプローブマップルーチンから出る。反射カウンタが周期的なプローブマップ起動カウントよりも大きいならば、ステップ462において周期的なプローブマッピングが自動的に作動開始される。

20

【0120】

ステップ462では、過渡ポイント442のロケーションが決められ、ステップ464では、TDR信号400のポイントと先の基準信号410とを使用して、過渡ポイントオフセット調整が計算され、過渡ポイント442における新しい基準信号440が円滑化される。ステップ466ではTDR信号400を再構築することによって、新しい基準信号440の上部408が計算される。TDR信号400は、先の基準信号410の値プラス、ベースライン信号420の値マイナス、ベースラインオフセット値をとることによって過渡ポイント442にまでポイントアップされて再構築されたポイントである。再構築されたTDR信号値は新しい基準信号440の値であり、そしてこれは先の基準信号410の値の上に蓄積される。ステップ468では、新しい基準信号440の下側の部分418が計算される。新しい基準信号440の下側の部分418は、過渡ポイントオフセット調整を先の基準信号410の各ポイントに加えることによってポイント毎に計算されたポイント値であり、そしてこの結果は、先の基準信号410のポイントの上に蓄積される。

30

【0121】

ステップ470では、システムは新しい基準信号440がEEPROM50内に蓄積されるべきかどうかを決める。新しい基準信号440がEEPROM50内に蓄積されないのであれば、ステップ474反射カウンタはリセットされ、そしてステップ456では、周期的なプローブマッピングルーチンから出る。新しい基準信号440がEEPROM50内に蓄積されるならば、ステップ472では新しい基準信号440がEEPROM50内に蓄積され、ステップ474で反射カウンタはリセットされ、そしてステップ456で周期的なプローブマッピングルーチンから出る。

40

【0122】

前の周期的なプローブマップ基準信号をリセットするか、または初期化するために、新しい「初期の」周期的なプローブマップ参照信号がEEPROM50に蓄積されるかもしれ

50

ない。すべてのモードのための初期の基準信号として、工場における基準信号はEEPROM50に収納されるが、(容器が容易に空にされる)ことが可能であれば、全体のプローブマップ長さ401に関してユーザの基準信号を計算することは勧められる。容器が容易に空にできないならば、プローブ18の非浸入している部分に沿った測定環境によるバックグラウンド反射をマップするために、部分的なプローブマップが実行されるべきである。また、プローブマップ長さ401は、プローブ18の長さ以上であるということも重要である。プローブマップ長さ401が短過ぎるならば、プローブの終わり検出に基づくアルゴリズムが適切に機能しないであろう。

【0123】

上で議論したレベル測定計算では、TDRおよび基準信号とは、取り付け部16におけるインピーダンス変化によって生じた初期の反射パルスの時間に対してタイムアラインメントされている。このタイムアラインメントは、取り付け部16からの反射パルスの時点で基準点に対して時間ゼロを、そして対応的に距離ゼロをセットするように行われる。基準点は、ベースライン信号の計算が、そして他の計算が実行される前に、TDR信号と基準信号がアラインメントさせられるポイントである。基準点は、すべての距離計算の基準である。したがって、時間と距離測定値は、基準点によって識別される取り付け部16のロケーションで開始されてプローブ18に沿って計算される。

10

【0124】

好ましい条件の下では、選択された基準スレッシュホールド486以下に降下した最初のポイントに基準点を設定することができる。図24で示されたオフセットと温度ドリフトによって引き起こされるような、より好ましくない条件では、TDR信号480はプレ基準反射482と、取り付け部16による基準反射484とを含むことができる。両方ともに基準スレッシュホールド486より下に下がるポイントを含んでいる。基準スレッシュホールド486より下に降下する最初のポイントは、プレ基準反射482におけるプレ基準点488である。これに続いて基準反射484におけるリアル基準点490が生じる。取り付け16の反射信号によるリアル基準点490は、プレ基準点488の後に起こる。この条件の間には、計算に使用される基準点はプレ基準点488に不当に設定することができるか、または環境要素のためにリアル基準点490とプレ基準点488との間で切り換えが行われることがある。この切り換えは、基準信号がTDR信号480と誤ってアラインメントし、これは誤った結果を引き起こす。TDR信号480が基準信号にアラインメント

20

30

【0125】

基準スレッシュホールド486に交差する多重反射によって引き起こされる問題を克服する際に使用することができる、いくつかの手順がある。AD変換器44によってその振幅がゼロ値として評価されるTDR信号480のサンプルは、ゼロ値と呼ばれている。

【0126】

基準スレッシュホールド486に交差する多重反射によって引き起こされる問題を克服するための1つの手順は、連続したゼロ値の数を数えることである。AD変換器44によってその振幅がゼロ値と評価されるポイントは、TDR信号480において各反射にゼロ値を含んでいる。ゼロ値の最も大きい数を持つ反射が、基準反射として選ばれる。図24のTDR信号の上に、この方法を使用すると、第1反射482内の、そして第2反射484内のゼロ値の数がカウントされる。連続したゼロ値をより多く有しているために、反射484が基準反射として選択されるであろう。そして、基準点はロケーション490に設定されるだろう。ここでは基準反射484は、基準スレッシュホールド486に交差している。

40

【0127】

基準スレッシュホールド486に交差する多重反射によって引き起こされる問題を克服する第2の解決策は、ゼロの連続した値でTDR信号480に沿った最も大きい距離を表している反射について決めることである。この手順は、ゼロ値を表している各ポイントの検出

50

をもって、前の手順のように始まるであろう。しかしながら、ポイントの生の数を数えることの代わりに、走査分解要素を使用して、各ポイントが距離測定値に変えられるであろう。ゼロの値であるそれぞれの反射のとぎれない距離が追跡されるであろう。ゼロ値で作り上げられる、TDR信号480の最も大きいとぎれない距離を示すTDR信号480における反射が、基準反射として選択される。次に、選択された基準反射が最初に、基準スレッシュホールド486に交差するロケーションが、基準点が設定されるであろう。

【0128】

基準スレッシュホールド486に交差する多重反射によって引き起こされる問題を克服する望ましい解決策は、信号内での連続したゼロ値の一番右のストリングの開始ロケーションに基準点を設定することである。これはユーザに定義された基準幅スレッシュホールドと少なくとも同じくらい広いものである。これは、マイクロプロセッサ46によってポイントごとに受け取られる都度、TDR信号480に実行することができる。この処理の前に、基準幅スレッシュホールドが設定される。これは反射が基準反射として考えられる前に必要な連続したゼロ値の数、または反射が基準反射として考えられる前に必要な距離的な幅、を定義するものである。連続ゼロカウンタまたは距離カウンタは、信号の基準反射となりうる反射において見つけられる、連続したゼロの数を、または距離的な幅を数えるために使用されている。基準幅スレッシュホールドに等しいか、より多くのゼロの値の幅を有するTDR信号480における一番右の反射が、基準反射として選択される。基準点は、選択された基準反射484が最初に基準スレッシュホールド486に交差しているロケーションに設定される。この機能を実行する手順を実現するための、いくつかの方法がある。1つの例は図25で示され、基準幅スレッシュホールドは連続したゼロ値の数を定義する。これは反射が基準反射であると考えられる前に必要である。

【0129】

この手順はステップ496では、これが入って来たTDR信号480の最初のポイントであるかどうかを決めるためにチェックする。これは新しく入って来ている信号のために、基準フラグを、そして連続ゼロカウンタを初期化するためのものである。それが最初のポイントならば、ステップ497で基準フラグはゼロ(0)にセットされ、そして連続ゼロカウンタはゼロ(0)にセットされる。基準フラグは、信号が現在も基準反射となりうる反射であるかどうかを示している。

【0130】

ステップ498で、このルーチンは、現在の信号値、電圧カウント値、が基準スレッシュホールド以下であるかどうか、チェックする。現在の信号値が基準スレッシュホールドを越えていれば、ステップ499で基準フラグはゼロ(0)にセットされ、そしてコントロールはステップ504に移されて、最後の信号値がゼロ値だったかどうかを決める。現在の信号値が、基準スレッシュホールド以下ならばその信号は基準反射であって、コントロールはステップ500に移される。

【0131】

ステップ500では、このルーチンは基準フラグがワン(1)に等しいかどうかチェックする。これは信号が既に基準反射であることを表している。基準フラグが1に等しくないならば、これは基準反射の最初のポイントであり、そしてステップ501では基準フラグはワン(1)に等しくセットされ、そして基準ロケーションが蓄積される。基準ロケーションは、基準反射となりうる反射が最初に基準スレッシュホールド以下に交差するポイントである。

【0132】

ステップ502で、このルーチンは現在の信号値、電圧値がゼロ(0の電圧カウント)かどうかチェックする。現在の信号値がゼロならば、ステップ503では連続ゼロカウンタが増加され、そしてTDR信号480の次のポイントがマイクロプロセッサ46によって受け取られるまで、ルーチンから出る。

【0133】

現在の信号値が、ゼロでなく、また基準スレッシュホールドの下にないならば、ステップ50

10

20

30

40

50

4でルーチンは最後の信号値がゼロ(0の電圧カウント)だったかどうかチェックする。最後の信号値がゼロ値でなかったならば、TDR信号480の次のポイントが受け取られているまで、ルーチンから出る。最後の信号値がゼロだったならば、通過した直前の信号は少なくとも1つの連続したゼロ値であり、そして処理はステップ505に続く。

【0134】

ステップ505でルーチンは、連続ゼロカウンタが基準幅スレッシュホールドよりも大きいか、または等しいかどうかをチェックする。このステップには、少なくとも1つの連続したゼロ値のストリングの上昇側の最初の非ゼロポイントにおいて達する。そしてこの瞬間に連続ゼロカウンタは、基準反射となりうる反射における連続したゼロ値の数のカウントを含んでいる。例えば、図24の基準反射484に関して、領域492では連続ゼロカウンタはゼロ値の数のカウントを保持している。連続ゼロカウンタが基準幅スレッシュホールドよりも下ならば、反射は考えられず、そしてステップ507で連続ゼロカウンタはゼロにリセットされ、そしてTDR信号480の次のポイントが受け取られているまで、ルーチンから出る。

10

【0135】

連続ゼロカウンタが、基準幅スレッシュホールドに等しいか、またはより大きいとき、ステップ506で基準点が設定される。ステップ506で基準点は、ステップ501で蓄積された基準ロケーションに設定される。これは現在の基準反射のために、基準スレッシュホールドの下の最初のポイントに基準点を設定する。ステップ507で連続ゼロカウンタはゼロにリセットされ、そしてTDR信号480の次のポイントが受け取られているまで、この処理から出る。この処理は後に、TDR信号480の中の基準反射となりうる反射に関してチェックし続ける。

20

【0136】

プローブ18の末端19を検出する能力は、空の容器と、低い振幅レベル反射と、壊れているプローブとの間での検出および分化を可能にする。これらの条件を検出して、区別できるということは、容器14が空であるとき、容器14が空ではないが何のレベル反射も認められないとき、そしてプローブ18が壊れているときに、装置10が適切に表示することを可能とする。装置10の出力52はアラームを含んでいる。このアラームはプローブ破壊条件、レベル反射なし条件が検出されたときにアクティブとされる。

【0137】

図27および28に示されるように、プローブ18の末端19によって引き起こされるプローブの終わり応答510、520は、通常は正のピーク514、524に隣接した鋭い負のピーク512、522によって特徴付けられる。負のピーク512、522および正のピーク514、524の振幅は、および負のピーク512、522と正のピーク514、524との間の距離は、プローブ18のタイプに従って異なるものである。例えば、プローブ終わり応答510、520に変化を引き起こすいくつかの要素は、プローブがコーティングされているか、またはコーティングがされていないか、プローブの末端に重りがあるか、ループされているかどうか、そしてプローブの直径、を含んでいる。プローブの終わり応答510、520は、フィールド設置条件によってもまた影響される。

30

【0138】

TDR信号508のプローブの終わり応答510の位置は、容器14の中の材料のレベル26に関する、そしてプローブ18の条件に関する、情報を提供する。プローブ18上を移動するパルスの速度は、プローブ18が没入している材料の誘電体によって変化する。図1に示される2つの材料の場合には、パルスはプローブ18に沿って、最初の誘電体定数を持つ最初の材料11の中を、そして第2の誘電体定数を持つ第2の材料12の中を伝わる。このようにしてパルスは、最初の材料11の中では材料11の誘電定数に従って最初の伝播速度を有し、そして第2の材料12の中では材料12の誘電体定数に依存する第2の伝播速度を有する。プローブ18の長さにおける変化、および材料12に浸されているプローブ18の長さにおける変化は、TDR信号508のプローブの終わり応答510の位置に変化を生じさせる。TDR信号508のプローブの終わり応答510の位置の変

40

50

化は、プローブ18の末端19までの距離変化として察知される。空の容器14を、低振幅レベルの反射を、そして壊れているプローブ18検出して、区分するための方法は、TDR信号508のプローブの終わり応答510に対する基準信号528のプローブの終わり応答520の位置に基づいて行われる。

【0139】

基準信号528の決定の間に、プローブ18の末端19の位置が求められ、そしてEEPROM50内に蓄積される。プローブ18の末端19の位置を示すプローブ終わり位置526は、プローブの終わり応答520の負のピーク522のロケーションによってセットされる。プローブの終わり位置526は、測定長さ530と最大プローブ長さ532を計算するのに使用される。

10

【0140】

測定長さ530は、プローブの終わり位置526マイナス短縮された公差534として計算される。25cmの典型的な重り長さの場合で、そして最悪、約±5cmの分解の場合には、30cmの値が短縮された公差534として適切である。測定長さ530には、1.0mの短い限界から、プローブの端の位置526マイナス短縮された公差534の長い限界までの許容できる範囲がある。短い限界は、取り付け部16からの反射が支配的になっている領域内で測定値を防ぎ、そして長い限界は、プローブの終わり反射520が支配的になっている領域内で測定値を防ぐ。測定長さ530は、短い限界まではユーザによって手動で減少させることができる。しかし、測定長さ530はユーザによって、手動で増加させることはできない。

20

【0141】

基準信号528のアップデートの間に計算された測定長さ530は、TDR信号508の分析の間にロッキング距離として使用される。測定長さ530を超えているTDR信号508における反射は、材料レベルを決める際には、考えに入れられない。これは、プローブ18の末端19からのゴースト反射を、システムが間違っしてレベル反射として検出することを防ぐ。ユーザがプローブ18を短くしたが、しかし新しい基準信号を作成することができないときにも、測定長さ530がまた使用される。測定長さ518の手動の減少は、短くされたプローブ18をマッピングすることなしでシステムが機能することを許容する。

【0142】

最大のプローブ長さ532は、プローブの端の位置526プラス長くされた公差536として、基準信号528のアップデートの間に計算される。長くされた公差536は、空の容器条件と低い振幅のレベル反射条件との間を区分するように使用されている。長くされた公差536は、プローブ18に沿った信号の伝播速度を変える、プローブ18上への材料蓄積および容器14の中の材料の誘電率による影響を補償する。30cmの長くされた公差536に関する値が、適切であることが知られている。

30

【0143】

測定長さ530および最大のプローブ長さ532は、図26のサンプルされたTDR信号508を、そして図27の基準信号528を、3つのセクションに分割する。これらの値は、プローブの端の位置526に基づいて計算される。これは基準信号528への各アップデートの間にEEPROM50内に蓄積される。現在のTDR信号508のプローブの終わり応答510の負のピーク512が、3つの区分のうちのどこに位置しているか、を基にして異なった条件が決定される。

40

【0144】

プローブの終わり応答510と、壊れているプローブ応答とは非常に類似している。事実上、壊れているプローブは、プローブ18に関するまさに別のタイプの末端19そのものである。EEPROM50内に蓄積されているプローブの終わり位置526は、容器14が空であるときのプローブ18の末端19のロケーションを表している。これはプローブの終わり応答510の負のピーク512のTDR信号508に沿った最小のロケーションである。壊れているプローブを検出する条件の1つは、短くされたプローブの長さの検出

50

である。これはプローブの終わり応答510の負のピーク512のロケーションが、TDR信号508に関して、基準信号528の決定の間に計算され、蓄積されたプローブの終わり位置526よりも、より短い距離であることによって表される。壊れているプローブ条件は、プローブの破損、またはプローブの末端において重りが無くなっていることによって引き起こされるかもしれない。

【0145】

ユーザはフィールドにおいて、プローブ18のための新しい基準信号を決めることなくプローブ18の長さを短くすることがあるという事実によって、壊れているプローブ検出は、複雑である。これは短くされたプローブ18に関する新しい基準信号を決めるには、時々、容器14を空にすることが実行不可能であるために生じるものである。システムが蓄積されたプローブの端のロケーション426を使用するならば、新しい基準信号を決めることなくフィールドにおいてプローブ18を短くすることは、壊れたプローブ表示を引き起こしかねない。したがって壊れたプローブ検出のための調整可能な評価基準が実現される。測定長さ530は、壊れたプローブ検出のための評価基準として、使用される。現在のTDR信号508のプローブの終わり応答510の負のピーク512が、測定長さ530の前に起こるならば、システムは壊れたプローブ表示を出力する。測定長さ530はEEPROM50内に蓄積され、そしてユーザによって手動で減らされることができる。これはユーザが、壊れているプローブ条件を検出するTDR信号508の領域を調整することを許容する。

【0146】

壊れたプローブ表示を発生されるためにすべてが合致しなければならない、3つの条件がある。1番目は、上で議論したように、現在のTDR信号508のプローブの終わり応答510の負のピーク512のロケーションによって決められた現在のプローブの終わりロケーションが、蓄積されている測定長さ526より少なくなければならぬ。第2は、プローブの終わり応答510は、ポジティブピークがあとに続いている、負のピークから成っていることである。これは、大きいレベル反射パルスが壊れているプローブ条件として曲解されることを防ぐことになる。第3条件は、負のピーク512の電圧カウントとプローブの終わり応答510のポジティブピーク514の電圧カウントとの間のプローブのピークからピークへの応答538の終わりが、プローブデルタ応答値の終わりよりも大きいかまたは等しくなくてはならないことである。プローブデルタ応答の終わりの望ましい値は800mVである。これは20mVの電圧カウントにおける、40の電圧カウントに同等である。

【0147】

容器14が空であるときには、どんなレベル反射パルスもない。このためシステムノイズに基づいて、システムが誤ったレベル測定を引き起こす場合があった。容器14が空であるとき、信号雑音におけるレベル反射を発見してしまうことを防ぐために、ベースライン信号540の分析ではスレッシュールドレベル反射値が使用される。ベースライン信号540(図28)は、タイムアラインメントさせたTDR信号508(図26)から、タイムアラインメントさせた基準信号528(図26)を引き算することによって計算される。上側のスレッシュールド542はベースライン信号540の上部に適用され、そして下側のスレッシュールド544はベースライン信号540の下側の部分に適用される。スレッシュールドインデックス546が、上側のスレッシュールド542が使用されているベースライン信号540の部分、下側のスレッシュールド544が使用されているベースライン信号540の一部から分割する。

【0148】

基準反射によって、基準点に近い容器14の中の取り付け部16および環境要素から引き起こされる信号の上部に関するTDR信号508の、そして基準信号528の、より大きな振幅およびスロープのために、上側のスレッシュールド542は下側のスレッシュールド544よりも大きい。高い振幅の、そしてスロープの、これらの領域内でのタイムアラインメントにおける小さいエラーは、結果として起こされるベースライン信号においてよ

10

20

30

40

50

り大きい雑音振幅を引き起こす。レベル反射の振幅の関数としてスレッシュホールド値を、例えば最後の反射された振幅未満の固定されたカウンに、設定することができる。そうでなければ、あらかじめセットされたレベルにスレッシュホールドを設定することができる。例えば、128の電圧カウンにセットされたベースラインオフセットを用いて、上側のスレッシュホールドを145カウンに、そして下側のスレッシュホールドを133カウンに、設定することができる。プローブの長さの関数として、または例えば2メートルの固定値として、スレッシュホールドインデックスを設定することができる。

【0149】

ベースライン信号540において側のスレッシュホールド542と、または下側のスレッシュホールド544と交差する、どんな反射パルスもないならば、これが空の容器14か、または低い振幅レベル反射のいずれを表しているのかが決められなければならない。プローブ18に沿った信号の伝播速度は、プローブ18は没入している材料に基づいて変化するという事実に基づいて2つの条件を区別することができる。プローブ18が材料に浸されているならば、プローブの終わり応答510の負のピーク512のロケーションは、空の容器のためのプローブの端の位置526から移動する。材料レベルが下がった後に残っているプローブ18上における材料の蓄積はまた、プローブ18に沿った信号伝播速度に影響を与える。材料蓄積の効果を配慮するために、空の容器条件と低い振幅レベル反射条件との間を区分するようにプローブ最大の長さ532が使用される。プローブの端の位置526が決定評価基準として使用されたならば、プローブ18上における材料蓄積は、システムが低い振幅レベル反射条件と空の容器条件とを混乱させる原因となり得る。

【0150】

低い振幅レベル反射条件と判断するために合致されなくてはならない2つの条件がある。1番目は、プローブの終わり応答510の負のピーク512は、プローブ最大の長さ532を超えてシフトされている必要があり、このことはプローブ18が没入している材料が信号伝播速度を変化させたことを表示している。第2は、ベースライン信号540の上部の上側のスレッシュホールド542を超えた、またはベースライン信号540の下側部分における、下側のスレッシュホールド544を超えた、ベースライン信号540には反射があるはずがない。これらの条件の両方が合致したとき、システムは低振幅レベル反射条件を表示する。

【0151】

空の容器条件に決められるための2つの条件がある。1番目は、プローブの終わり応答510の負のピーク512が、測定長さ530とプローブ最大の長さ532との間のウィンドウの中にあるに違いない。第2は、ベースライン信号540の上部において上側のスレッシュホールド542を超えて、またはベースライン信号540の下側の部分において下側のスレッシュホールド544を超えてベースライン信号540には反射があるはずがない。これらの条件の両方が合致しているとき、システムは空の容器条件を表示する。

【0152】

プローブの終わり応答の形が、高周波接続の損失について決めるために使用されている。高周波接続が失われたとき、TDR信号550上のプローブデルタ値の終わりは、図29に示されるように非常に小さくなる。これは高周波接続なしでは、基準点を通るどんな重要な反射パルスもないという事実のためである。

【0153】

高周波接続を持っている図27のTDR信号を使用すると、プローブ応答形の終わりの決定は示される通りとなる。レベル測定の間には、ブロッキング距離552から最後のサンプル、この場合サンプル511、までのTDR信号508が分析される。ブロッキング距離552は基準点から、例えば30cmに、セットされた距離である。プローブの端のロケーションは、プローブの終わり応答510の負のピーク512を使用して決められる。次にシステムは、プローブの端ウィンドウ540内でプローブの終わり応答510のポジティブピーク514を負のピーク512の付近で探す。プローブの端ウィンドウ540は、基準反射パルスの降下しているスロープ上のポイントがプローブの終わり応答のポジテ

10

20

30

40

50

ィブピークとして、使用されることを防いでいる。TDR信号508に沿って512のデジタルサンプルを抽出する場合には、プローブの端ウィンドウ540の望ましいサイズは負のピーク512のどちらかの側にも100の距離カウントである。プローブの終わりのピークからピークへの応答538が、プローブの終わりのデルタスレッシュールド未満であれば、システムは高周波接続の損失を表示する。電圧カウントサイズがおよそ20mVである時の、プローブの終わりデルタスレッシュールドに関する望ましい値は5つの電圧カウントである。

【0154】

図29は、高周波の接続が失われた後のTDR信号550を示している。システムはプローブの終わり応答のロケーションを探し、負のピーク554を発見する。次にシステムは 10
プローブの端ウィンドウ556内にポジティブピークを探し、そしてポジティブピーク558を発見する。図29においては、プローブの終わりのピークからピークへの応答560はプローブの終わりデルタスレッシュールド以下であるため、システムは高周波接続の損失を表示する。

【0155】

図30を参照すると、上側のスレッシュールド信号レベル564と下側のスレッシュールド信号レベル566とがベースライン信号562の分析で使用されている。高いSN比を持つ好ましい条件下においては、レベル反射パルスはスレッシュールド564、566の 20
どちらかと交差する最初のパルスである。図30は低SN比の場合を示している。ここでは雑音反射パルス568、レベル反射パルス570およびプローブの終わり反射からのゴースト反射パルス572のすべてはスレッシュールド564と交差している。図30はブロッキング距離564、測定長さ576およびスレッシュールドインデックス578をも示している。

【0156】

スレッシュールドは、固定レベルに設定することができ、またはそれを前の信号のレベル反射パルスの振幅の関数として設定することもできる。後者の場合では、前のベースライン信号がベースライン信号562だったならば、レベル反射パルス570の振幅が計算され、そして上側のスレッシュールド564はより低い固定された電圧カウント、例えば4 30
カウント（各カウントが-20mVの時には-80mV）、に設定され、そして下側のスレッシュールド566はさらに低い、例えば8カウント、に設定されるであろう。これらの新しいスレッシュールド564、566は、次のベースライン信号におけるレベル反射パルスを決定する際に使用されるであろう。

【0157】

レベル測定は、ブロッキング距離574と測定長さ576との間でスレッシュールド564、566に交差するベースライン信号562の最大の振幅パルスによって決定される。図30では、雑音パルス568、レベル反射パルス570およびゴースト反射パルス572のすべてがスレッシュールド564と交差している。ゴースト反射パルス572の振幅がレベル反射パルス570の振幅よりも大きいとしても、それは測定長さ576を超えており、したがってレベル測定を行うときには考慮されない。雑音パルス568とレベル反射パルス570の両方は、ブロッキング距離574と測定長さ576との間に発生しているが、しかしレベル反射パルス570の振幅は雑音パルス568の振幅よりも大きい。したがって、容器14の中でのレベルを決めるためには、レベル反射パルス570が使用される。 40

【0158】

上の診断およびレベル測定技法は、図31に示されるように実現される。ステップ102、112および150に関して図31に示されている部分的に描かれたボックスは、図8で示された同じ数字のステップを参照している。以下の議論では、図26で示されたTDR信号508および図30で示されたベースライン信号562が参照される。

【0159】

図8のステップ112におけるデータのタイムアラインメントに続いた図31のステップ 50

600では、システムは壊れているプローブ18がないかどうかチェックする。ステップ600は、プローブの端のロケーション526が、以前に発生している測定長さ530より少ないかどうかチェックする。プローブの端ロケーション526が測定長さ530の前に起こるならば、ステップ602で壊れているプローブが表示され、そしてコントロールは図8に示されるステップ150に移される。

【0160】

壊れているプローブ18が検出されないならば、ステップ604でシステムは高周波接続の損失があったかどうかチェックする。ステップ604では、システムはプローブの終わりのピークからピークへの応答538が、プローブの終わりデルタスレッシュールドよりも少ないかどうかを決める。プローブの終わりのピークからピークへの応答538が、プローブの終わりデルタスレッシュールドよりも小さいならば、ステップ606でシステムは高周波接続の損失を表示し、そしてコントロールは図8のステップ150に移される。

10

【0161】

高周波接続の損失が検出されないならば、ステップ608でシステムは測定範囲内にレベル反射があるか否かをチェックする。ステップ608でシステムは、測定範囲内で反射が検出されているかどうかをチェックする。ベースライン信号における反射パルスの振幅が、上側のスレッシュールド564よりも、または下側のスレッシュールド566よりも大きい場合、反射は検出される。測定範囲はブロッキング距離574から測定長さ576に広がっている。測定範囲内で反射パルスが検出されるならば、ステップ610では、容器14の中の材料12のレベルが計算される。容器14の中の材料12のレベルを決めるための様々な方法が、図8のステップ114~144に示されている。

20

【0162】

材料レベルが計算された後に、ステップ612で低い信号タイマが、リセットされる。この信号タイマについては以下で説明される。ステップ614において次に、システムは周期的なマップモードであるかどうかをチェックする。システムが周期的なマップモードであるならば、基準信号は周期性を基に自動的にアップデートされる。そうでなければ、基準信号はユーザ介入なしではアップデートされない。システムが周期的なマップモードでないならば、コントロールは図8のステップ150に移される。システムが周期的なマップモードであるならば、ステップ616でレベル測定結果はフォーマットされ、そして出力され、さらにステップ618で図23に示されている周期的なプローブマップルーチンが実行される。周期的なプローブマップルーチンが完了した後に、コントロールは図8に示されるステップ102に移される。

30

【0163】

レベル反射が測定範囲内に検出されないならば、ステップ620でシステムは、低い振幅レベル反射条件があるか否かをチェックする。ステップ620で、システムはTDR信号の上のプローブの端のロケーションは、そのときに、または後に起こる、最大のプローブ長さ532よりも大きいか、または等しいかをチェックする。TDR信号508の上のプローブの端ロケーションが、プローブの終わり応答510の負のピーク512によって示される。TDR信号のプローブの端のロケーションが最大のプローブ長さ532に、またはそれを越えて発生するならば、それは低振幅レベル反射条件である。最後の有効なレベル反射は、測定範囲内か、または空の容器のどちらかで検出されるので、低い信号タイマは時間を追跡している。ユーザによってセットされたタイマ限界は、アラームか他の出力が活性される前に、どれくらい長い間、低振幅レベル反射条件が許容されるかを示している。

40

【0164】

低振幅レベル反射条件が検出されるとき、ステップ622でシステムは、低い信号タイマがタイマ限界よりも大きいかどうかをチェックする。低い信号タイマがタイマ限界よりも大きいならば、ステップ624でシステムは低振幅反射レベル条件を示すために、必要な出力を起動し、そして図8に示されるステップ150に制御を戻す。低い信号タイマがタイマ限界ほど大きくないならば、ステップ626でシステムは、最後のレベル測定値を表

50

示し続け、そして図 8 にされるステップ 150 に制御を戻す。

【0165】

低振幅レベル反射条件が検出されないならば、ステップ 628 でシステムは空の容器 14 があるかどうかをチェックする。ステップ 628 で、システムは TDR 信号のプロブの端のロケーションが、そのときに、または後に発生する測定長さ 530 より大きいか、または等しいかどうかをチェックする。プロブの終わり応答 510 の負のピーク 512 によって、TDR 信号 508 上のプロブの端のロケーションが示される。TDR 信号のプロブの端のロケーションが、測定長さ 530 に、またはその後起こるならば、ステップ 630 でシステムは空の容器を示す。これは有効なレベル測定であり、そしてコントロールは、低い信号タイマをリセットするためにステップ 612 に移される。プロブの終
10
わりが、測定長さ 530 において、またはそれを越えて現れないならば、それは低レベル反射条件として扱われ、そしてコントロールはステップ 622 に移されて、低い信号タイマがタイマ限界よりも大きいかが決められる。

【0166】

本発明が望ましい、ある実施例を参照しながらに詳細に説明されたが、説明されたような、そして請求項に定義されるような変動と変更とは、本発明の範囲と精神の中に存在する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】容器における容器中の液体のようなプロセス変数のレベルを測定するための単一導体材料レベルセンサを略示し、又、パルス送信器及び受信器並びにプロセス変数のレベ
20
ルを求めるための処理回路を示す。

【図 2】送信器及び受信器により発生された時間領域反射測定 (TDR) 信号のアナログ信号出力を示す。

【図 3】プロセス変数が容器にて設定される前の容器の内側の初期の境界状態を指示するアナログ出力信号である。

【図 4】タイムアライメントされたアナログ TDR 出力信号である。

【図 5】図 4 の時間整列された TDR 信号のアナログの微分信号である。

【図 6】図 3 の初期境界信号が、図 4 のタイムアライメントされた TDR 信号から差し引かれた場合に発生されるアナログベースライン信号である。

【図 7】図 6 のベースライン信号の微分のアナログ信号である。
30

【図 8】プロセス変数におり生ぜしめられた反射パルスに基づくプロセス変数の実際の有効なレベル指示を求めるため本発明のプロセス処理装置により実行される各ステップを示すフローチャートである。

【図 9】有効ベースライン信号を求めるパターン認識技術を示す図 6 に示した信号に相応するアナログベースライン信号である。

【図 10】図 3 に相応するアナログの初期境界又は、プロブマップ時間整列信号である。

【図 11】動作状態における変動により生ぜしめられた図 10 に示す初期境界信号に対して相対的なリアルタイムの初期境界信号のドリフトをアナログ的に示す。

【図 12】図 11 に示す信号におけるドリフトを保証するため、本発明により補正ファクタの適用後のベースライン信号のアナログ表示である。
40

【図 13】プロセス変数によって生ぜしめられた反射パルスに基づくプロセス変数の実際の有効なレベル指示を求めるため、パターン認識技術を使用し、補正ファクタを求めて適用するため、本発明の処理装置により実行される各ステップを含む図 8 に示すフローチャートの 1 セグメントを示す。

【図 14】補正ファクタを計算し、初期境界信号に補正ファクタを加えるため、図 13 におけるブロック 250 にて実行されるステップを拡大するフローチャートである。

【図 15】プロブに対するバックグラウンド信号を示す。

【図 16】容器中で捕捉された 1 つのサンプル TDR 信号を示す。

【図 17】バックグラウンド信号の部分とサンプル TDR 信号の部分を組み合わせること
50

により発生される部分的プローブマップを示す。

【図18】容器中のプローブに沿って捕捉されたデジタルTDR信号を示す。

【図19】容器中のプローブに対するデジタル基準信号を示す。

【図20】基準信号の後、まもなく計算された容器中のプローブに対するデジタルベースライン信号を示す。

【図21】基準信号の暫時の更新なしで事後の時点にて計算された容器中のプローブに対するデジタルベースライン信号を示す。

【図22】更新された基準信号を示す。

【図23】周期的プローブマッピングを実施するために使用されるステップのフローチャートを示す。

10

【図24】1つの基準スレッシュホールドにクロスするプレ基準反射を有する1つのTDR信号を示す。

【図25】プレ基準反射に基づく問題を克服するための処理手順を示すフローチャートである。

【図26】プローブ反射の端部を強調したデジタルTDR信号及び所属のパラメータを示す。

【図27】デジタル基準信号及び所属のパラメータを示す。

【図28】上方のスレッシュホールド、下方のスレッシュホールド及びスレッシュホールドインデックスを有するデジタルベースライン信号を示す。

【図29】高周波コネクシオンの欠如後のデジタルTDR信号を示す。

20

【図30】S/N比と共にデジタルベースライン信号を示す。

【図31】ケーブルの破損状態の検出、高周波コネクシオンの欠如、有効な材料レベル反射、周期的マップモードの時における周期的マッピングの作動、低振幅レベル反射及び容器の空ら状態の検出を含めた診断的及び検出ルーチンを実行するため使用されるステップのフローチャートを示す。

【符号の説明】

- 10 装置
- 11 第1媒体
- 12 第2媒体
- 14 貯蔵容器
- 16 機械的取り付け装置
- 18 プローブ素子
- 19 末端
- 20 上面
- 21 底面
- 22 トランシーバ
- 24 矢印
- 26 インターフェース
- 28 矢印
- 30 送信パルス発生器
- 32 シーケンシャル遅延発生器
- 34 サンプルパルス発生器
- 36 サンプルアンドホールドバッファ
- 37 ケーブル
- 38 ライン
- 40 増幅器
- 42 ライン
- 44 アナログ - デジタルコンバータ
- 46 マイクロプロセッサ
- 48 RAM

30

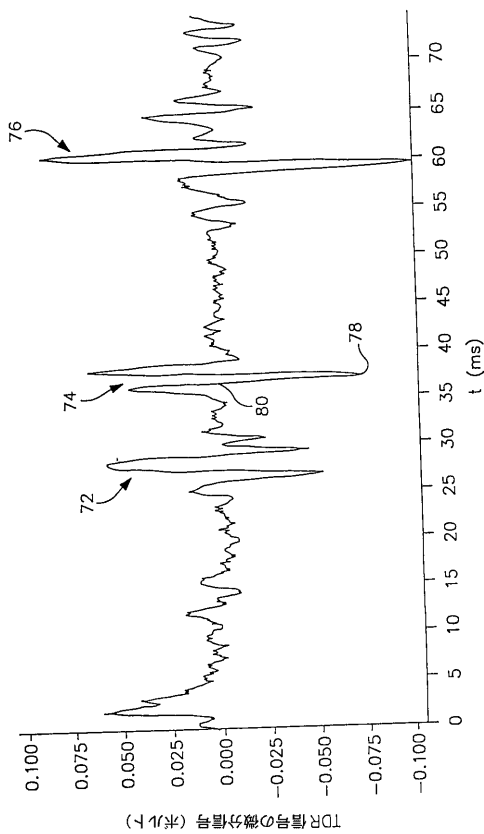
40

50

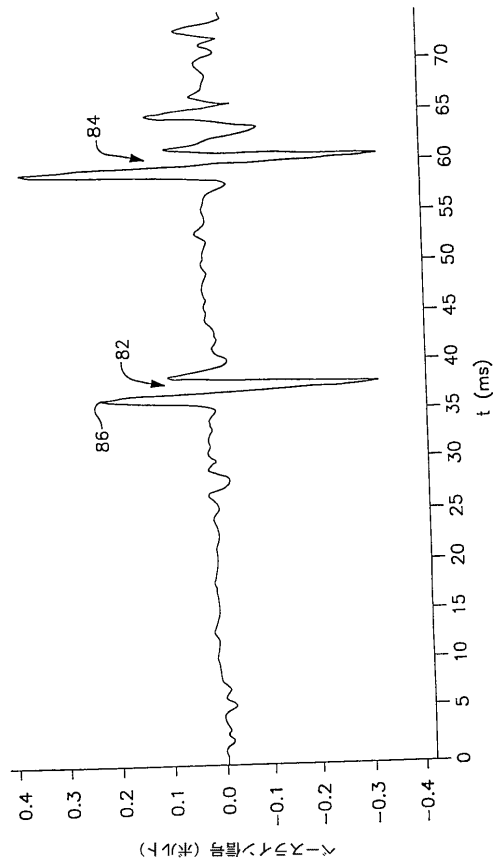
5 0	E E P R O M	
5 2	出力	
5 4 ~ 7 0	パルス	
7 1	ピーク	
7 2 ~ 7 6	パルス	
7 8	絶対最大ロケーション	
8 0	ゼロクロスロケーション	
8 2	パルス反射	
8 4	反射パルス	
8 6	最大正ピーク	10
8 8 , 9 0	反射パルス	
9 2	ピーク絶対値	
9 4	ゼロクロス位置	
2 0 0	反射された信号	
2 0 2	立ち上がりコンポーネント	
2 0 4	立ち下がりコンポーネント	
2 0 6 , 2 0 8	ポイント	
2 1 0	スレッショールド電圧	
2 1 4 , 2 1 6	ポイント	
2 1 8	全体幅	20
2 2 0	タイムアラインメントされた信号	
2 2 2	開始中央ライン	
2 2 4	立ち下がりコンポーネント	
2 2 6	リアルタイム T D R 信号	
2 2 8	新しい中心	
2 3 0	特定ポイント	
2 3 2	立ち下がりコンポーネント上の相当するポイント	
2 3 4	立ち下がりコンポーネント	
3 0 0	バックグラウンド信号	
3 0 6	オフセット	30
3 1 0	過渡ポイント	
3 2 0	サンプル T D R 信号	
3 2 2	反射パルス	
3 2 4	変動	
3 2 6	オフセット	
3 4 0	部分プローブマップ	
3 4 6	オフセット	
4 0 0	デジタル T D R 信号	
4 0 2 ~ 4 0 6	反射パルス	
4 0 8	T D R 信号上部	40
4 1 0	基準信号	
4 1 2	反射パルス	
4 1 7	信号レベル	
4 1 8	基準信号下側部分	
4 2 0	ベースライン信号	
4 2 4	反射パルス	
4 2 6	レベル反射パルス	
4 3 0	ベースライン信号	
4 3 2	雑音パルス	
4 3 6	レベル反射パルス	50

4 3 8	レベル反射ロケーション	
4 4 0	新しい基準信号	
4 4 2	過渡ポイント	
4 4 4	反射ウィンドウ	
4 8 0	TDR 信号	
4 8 2 , 4 8 4	反射	
4 8 6	スレッショールド	
4 8 8	プレ基準点	
4 9 0	リアル基準点	
5 0 8	TDR 信号	10
5 1 0	プローブの終わり応答	
5 1 2 , 5 1 4	ピーク	
5 1 8	測定長さ	
5 2 0	プローブの終わり応答	
5 2 2 , 5 2 4	ピーク	
5 2 6	プローブの終わり位置	
5 2 8	基準信号	
5 3 0	測定長さ	
5 3 2	最大プローブ長さ	
5 3 4	公差	20
5 3 8	ピークへの応答	
5 4 0	ベースライン信号	
5 4 2 , 5 4 4	スレッショールド	
5 4 6	スレッショールドインデックス	
5 6 2	ベースライン信号	
5 6 4 , 5 6 6	スレッショールド信号レベル	
5 6 8	雑音反射パルス	
5 7 0	レベル反射パルス	
5 7 2	ゴースト反射パルス	
5 7 6	測定長さ	30
5 7 8	スレッショールドインデックス	

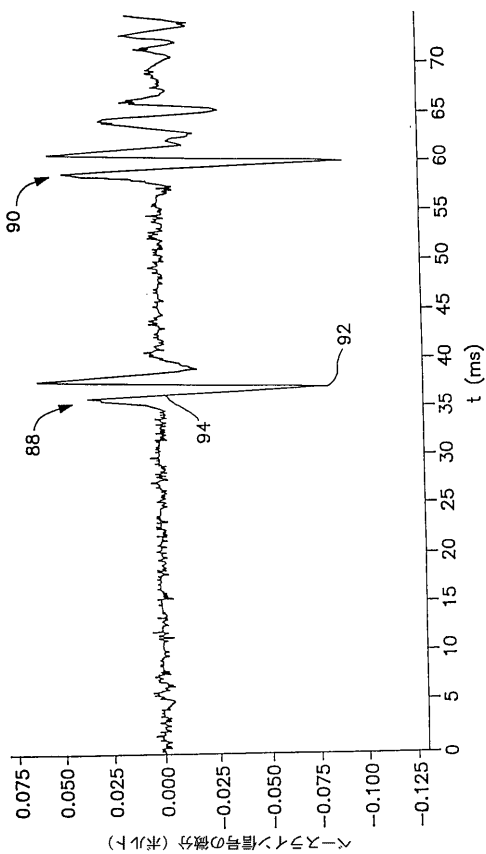
【 図 5 】



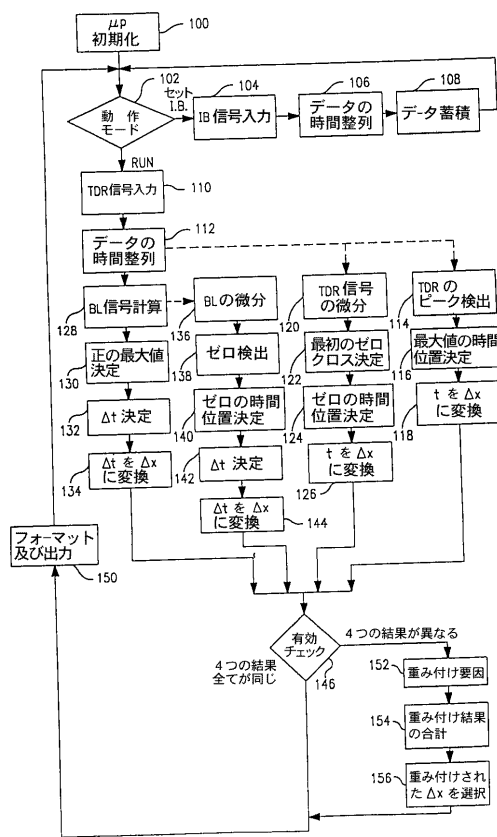
【 図 6 】



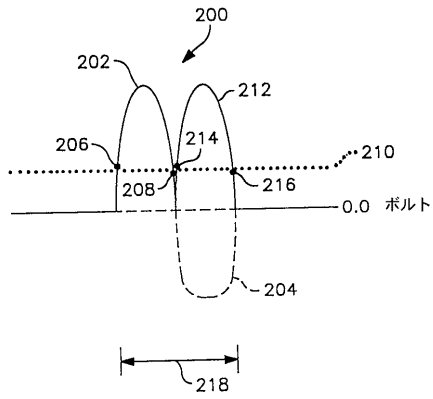
【 図 7 】



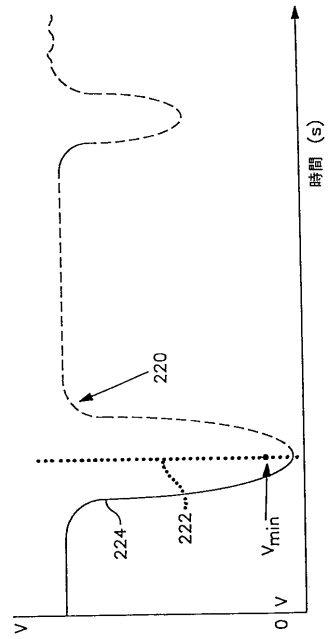
【 図 8 】



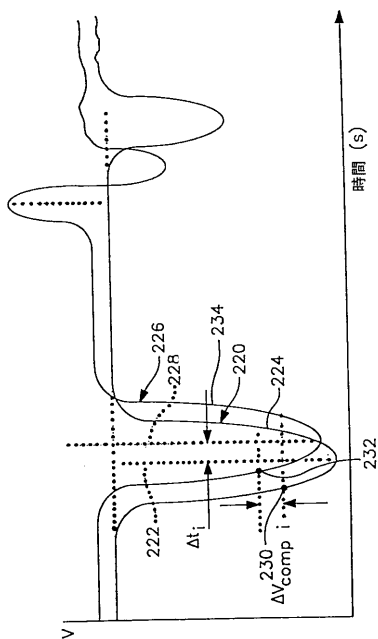
【 図 9 】



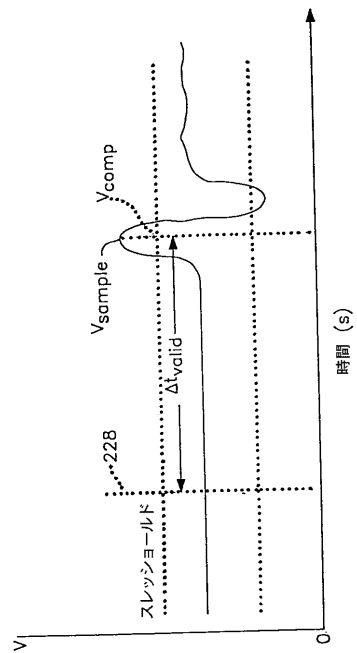
【 図 10 】



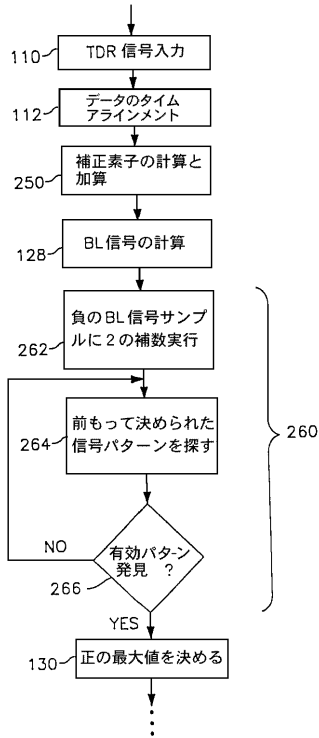
【 図 11 】



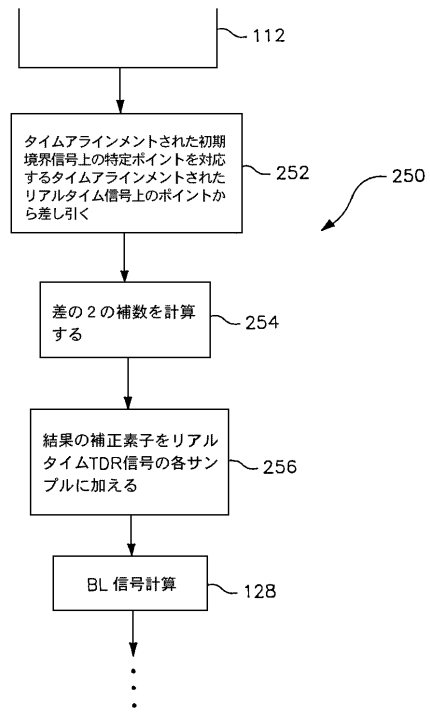
【 図 12 】



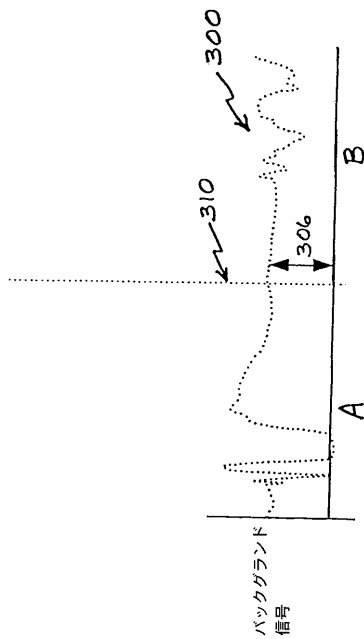
【 図 1 3 】



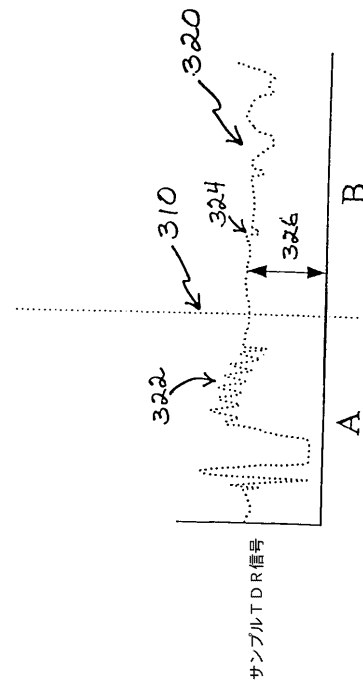
【 図 1 4 】



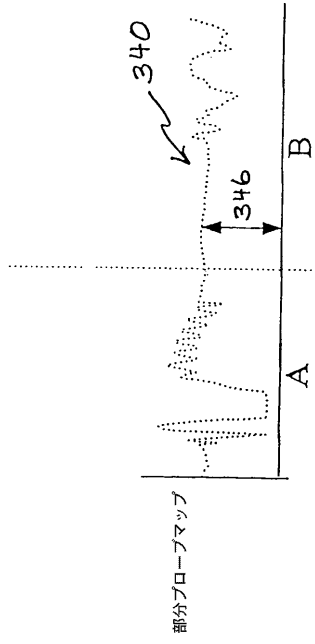
【 図 1 5 】



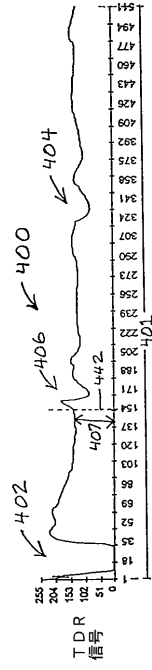
【 図 1 6 】



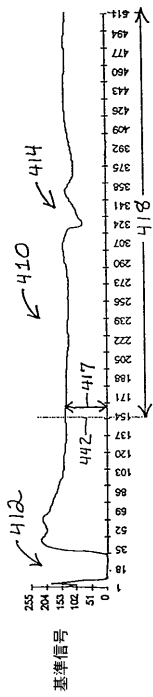
【 図 17 】



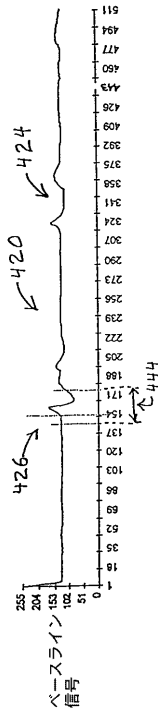
【 図 18 】



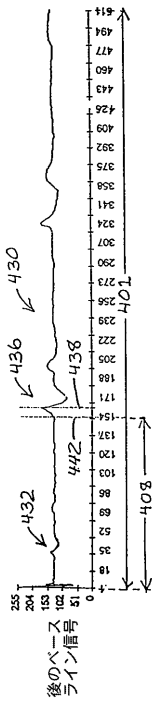
【 図 19 】



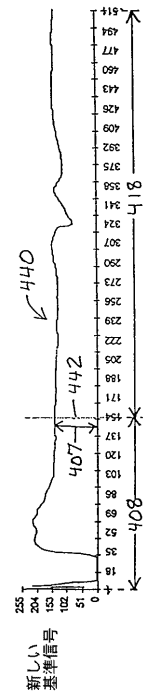
【 図 20 】



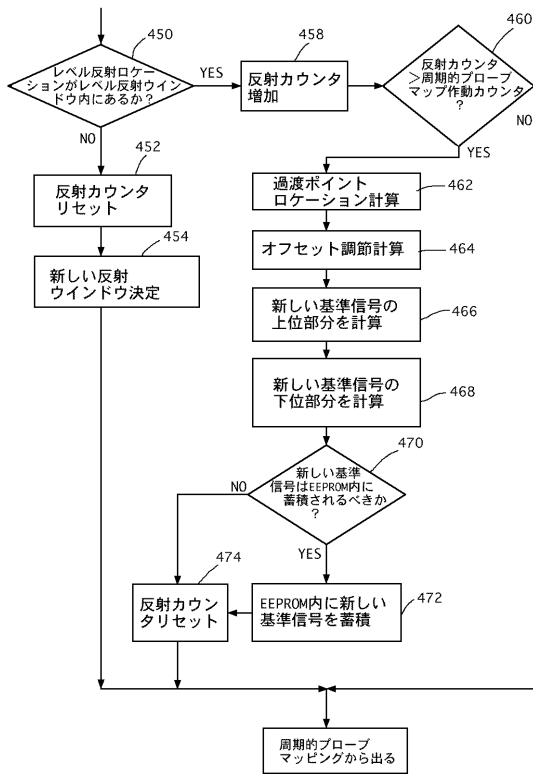
【図 2 1】



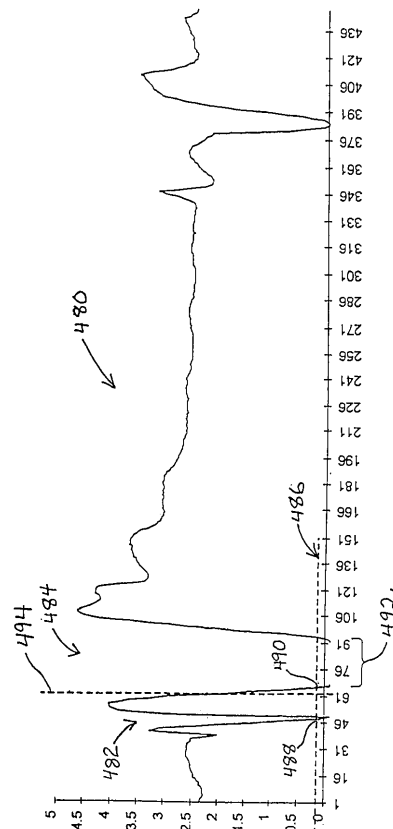
【図 2 2】



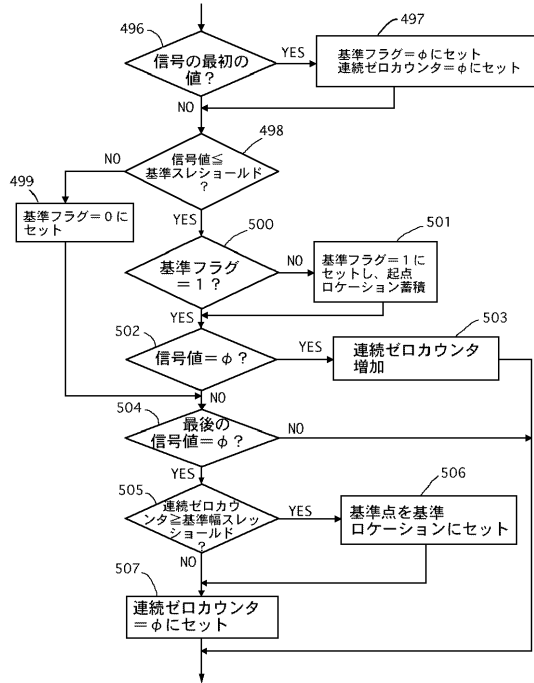
【図 2 3】



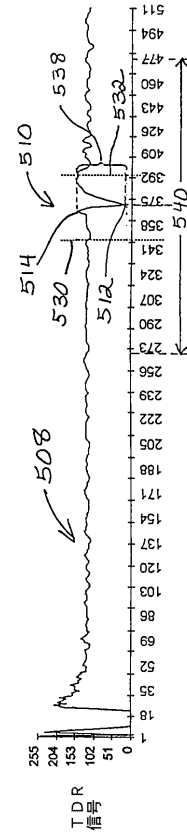
【図 2 4】



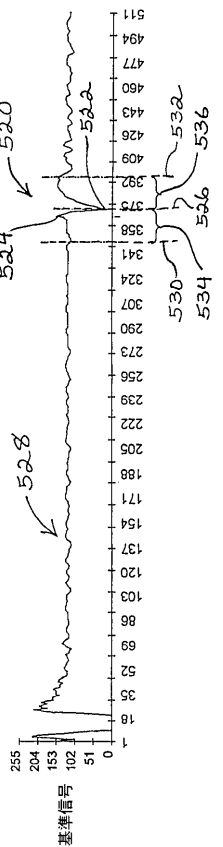
【 図 2 5 】



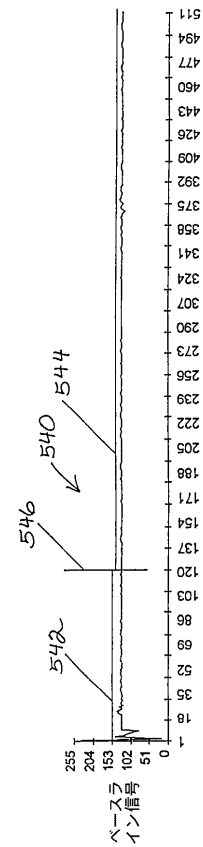
【 図 2 6 】



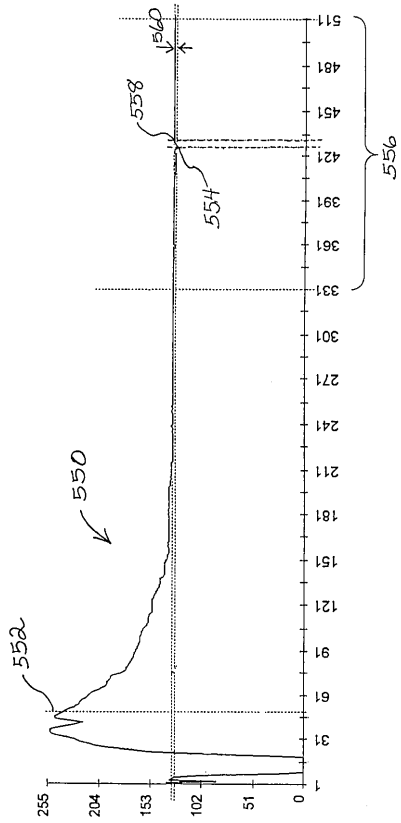
【 図 2 7 】



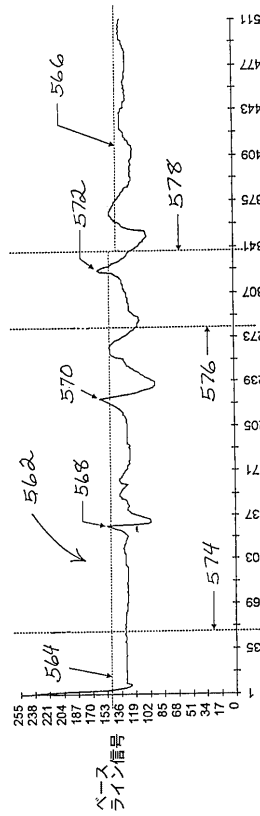
【 図 2 8 】



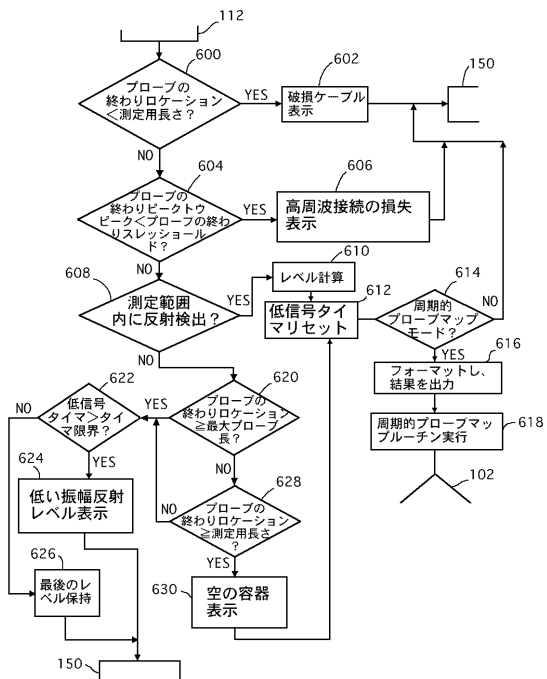
【 図 29 】



【 図 30 】



【 図 31 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ウィリアム パトリック マッカーシー
アメリカ合衆国 インディアナ インディアナポリス ペニーロイヤル レーン 7832
- (72)発明者 ケネス エル. パーデュ
アメリカ合衆国 インディアナ フランクリン ウェスト 75 サウス 2721
- (72)発明者 ドナルド ディ. カミングス
アメリカ合衆国 インディアナ グリーンウッド サウスハイヴン ロード 990
- (72)発明者 ゲルト ヴァルトマン
アメリカ合衆国 インディアナ グリーンウッド レーク ドライヴ 213

合議体

審判長 杉野 裕幸

審判官 濱野 隆

審判官 山川 雅也

- (56)参考文献 特許第2960693(JP, B2)
特許第2989187(JP, B2)
特開平10-142169(JP, A)
特開平10-142170(JP, A)
特開昭58-85120(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F23/00-25/00