

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-529182

(P2011-529182A)

(43) 公表日 平成23年12月1日(2011.12.1)

(51) Int.Cl.
G 0 1 N 29/00 (2006.01)F 1
G 0 1 N 29/18テーマコード (参考)
2 G 0 4 7

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-520007 (P2011-520007)
 (86) (22) 出願日 平成21年7月22日 (2009.7.22)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年3月2日 (2011.3.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/NL2009/050452
 (87) 国際公開番号 W02010/011140
 (87) 国際公開日 平成22年1月28日 (2010.1.28)
 (31) 優先権主張番号 08160912.5
 (32) 優先日 平成20年7月22日 (2008.7.22)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)
 (31) 優先権主張番号 09157642.1
 (32) 優先日 平成21年4月8日 (2009.4.8)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 508353293
 ネーデルランツ オルガニサティー フォ
 ール トゥーゲパストナトゥールヴェテン
 シャッペリーク オンデルズーク テーエ
 ンオー
 オランダ国 2 6 2 8 フェーカー デル
 フト シューマーケルストラート 9 7
 (74) 代理人 110000442
 特許業務法人 武和国際特許事務所
 (72) 発明者 フォルケル, アルノ ヴィレム フレデリ
 ク
 オランダ国 2 6 2 2 カーエン デルフ
 ト アブストレフト 1 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 腐食の監視

(57) 【要約】

表面に沿って伝送される複数の超音波を用いて物体の表面をモデル化する方法は、・これらの超音波を表面に沿った複数の経路に沿って伝送させるステップと、・これらの経路に沿った各超音波の伝播時間を求めるステップと、を含む。これらの超音波の少なくとも一部は、S 0 モードを示し、周波数に依存した速度を有する。この速度 (c) は第1の屈曲点 (B P 1) までの周波数では相対的に高く、第1の屈曲点 (B P 1) と第2の屈曲点 (B P 2) との間の周波数では相対的に急速に低下し、第2の屈曲点 (B P 2) を超えた周波数では相対的に低い。これらの超音波は、第1の屈曲点 (B P 1) またはそれ以下にある周波数範囲を有する。

【選択図】 図 5

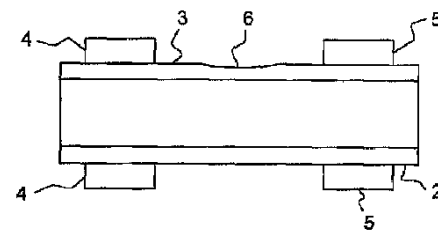


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物体 (2) の表面 (3) に沿って伝送される複数の超音波を用いて前記表面 (3) をモデル化する方法であって、

前記表面 (3) に沿った複数の経路に沿って前記複数の超音波を伝送させるステップと、

前記複数の経路に沿った前記複数の超音波の伝播時間を求めるステップと、
を含み、前記複数の超音波の少なくとも一部は、S 0 モードを示し、周波数に依存した速度を有し、前記速度 (c) は第 1 の屈曲点 (B P 1) までの周波数では相対的に高く、前記第 1 の屈曲点 (B P 1) と第 2 の屈曲点 (B P 2) との間の周波数では相対的に急速に低下し、前記第 2 の屈曲点 (B P 2) を超えた周波数では相対的に低く、

前記複数の超音波は、前記第 1 の屈曲点 (B P 1) またはそれ以下にある周波数範囲を有することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記周波数範囲は、前記周波数範囲内の肉厚と周波数との積が $2.0 \text{ MHz} \cdot \text{mm}$ 以下になるように選択される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記周波数範囲は、 150 kHz 未満、好ましくは 120 kHz 未満、の帯域幅を有する、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記超音波はパルス波である、請求項 1、2、または 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記超音波はガイド波またはレイリー波である、先行請求項の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記物体 (2) は円周を有し、一部の経路は前記円周を少なくとも一回りする、先行請求項の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記物体 (2) は液体、好ましくは油または水、を輸送するためのパイプである、先行請求項の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記物体 (2) は液体、好ましくは油または水、を貯蔵するための容器である、先行請求項の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

先行請求項の何れか 1 項に記載の方法を実行するためのコンピュータプログラム製品。

【請求項 10】

物体 (2) の表面 (3) に沿って伝送される複数の超音波を用いて前記表面 (3) をモデル化するための装置 (1) であって、

第 1 の振動子 (4) および少なくとも 1 つの第 2 の振動子 (5) であって、前記第 1 の振動子 (4) と各第 2 の振動子 (5) とは前記表面 (3) に沿った経路を画定する、第 1 の振動子および少なくとも 1 つの第 2 の振動子と、

前記超音波を前記第 1 の振動子 (4) から各第 2 の振動子 (5) まで前記経路に沿って伝送させるための送信ユニット (12) と、

前記複数の経路に沿った前記複数の超音波の伝播時間を求めるように構成された処理ユニット (10) と、

を備え、前記複数の超音波の少なくとも一部は、S 0 モードを示し、周波数に依存した速度を有し、前記速度 (c) は第 1 の屈曲点 (B P 1) までの周波数では相対的に高く、前記第 1 の屈曲点 (B P 1) と第 2 の屈曲点 (B P 2) との間の周波数では相対的に急速に低下し、前記第 2 の屈曲点 (B P 2) を超えた周波数では相対的に低く、

前記複数の超音波は、前記第 1 の屈曲点 (B P 1) またはそれ以下にある周波数範囲を

10

20

30

40

50

有することを特徴とする装置。

【請求項 1 1】

前記周波数範囲は、前記周波数範囲内の肉厚と周波数との積が $2.0 \text{ MHz} \cdot \text{mm}$ 以下になるように選択される、請求項 1 0 に記載の装置。

【請求項 1 2】

好ましくは 150 kHz 未満、より好ましくは 120 kHz 未満、の帯域幅を有する、請求項 1 0 または 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記超音波はパルス波、好ましくはガイド波またはレイリー波、である、請求項 1 0、1 1、または 1 2 に記載の装置。

10

【請求項 1 4】

前記表面のモデルを表示するための表示ユニット (1 3) をさらに備える、請求項 1 0 乃至 1 3 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記表面 (3) のモデルを記憶するためのメモリユニット (1 1) をさらに備える、請求項 1 0 乃至 1 4 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 1 6】

物体を監視するためのシステムであって、前記システムは請求項 1 乃至 1 5 の何れか 1 項に記載の装置 (1) を備え、前記物体は好ましくはパイプラインであり、より好ましくは液体を輸送するためのパイプラインである、システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、腐食の監視に関する。特に、本発明は、金属パイプなどの物体の状態を調べるための、また必要であればトモグラフィ法を用いて当該物体の表現を作成するための、単一経路または複数経路の超音波測定を用いた腐食の監視に関する。

【背景技術】

【0002】

トモグラフィ法を用いた腐食の監視方法および装置は、2008年8月20日に欧州特許出願公開第1959229号として公開され、また2008年8月28日に国際公開第2008/103036号として公開された欧州特許出願第07102653号 (T N O) 明細書に記載されている。

30

【0003】

上記の欧州特許出願においては、超音波信号が送信ユニットから受信ユニットまで物体の表面に沿って送られ、直接信号のみが分析される。直接信号とは、(円筒状または球形の)物体の周囲を一回りせずに、少なくとも360度未満で、受信ユニットに到達する信号である。ただし、複数経路または間接信号、すなわち物体の周囲を360度を超えて伝播する信号、を用いることも可能である。これは、受信ユニットが複数の信号、その一部は(円筒状)物体の長さに対して鋭角でその物体の周囲を一回り以上してきた信号、を受信するという現象をもたらす。この角度により、劣化の幅(周方向)ばかりでなく長さ(縦方向)も推定できるので、いくつかの劣化をより詳細に調べることができる。

40

【0004】

特開第2007-3537号(日立製作所)は、直接および間接の両音波を用いて配管を監視する方法を開示している。この日本特許出願明細書の図7は、さまざまな角度で伝播する波を如何に利用できるかを示している。同特許出願明細書の図3は、波(この特定の例においてはラム波)のさまざまなモード、すなわちA0およびS0、での肉厚と周波数との積に対する相対速度(縦軸)の図を示している。周知のように、S0モードを表す曲線は2つの屈曲点(または「変曲点」、すなわち、相対的に低い周波数(言及した例においては、肉厚と周波数との積が2にほぼ等しい)における第1の屈曲点と、相対的に高い周波数(言及した例においては、肉厚と周波数との積が3にほぼ等しい)における第2

50

の屈曲点、を示すことが分かる。非分散波が用いられているので、これは一様な速度を有するSH0モード(図10)にする必要がある。ただし、分散の補正も用いられている。これは、S0モードの速度がSH0モードの速度に等しいことを意味する。

【0005】

したがって、上記の日本特許出願明細書から結論付けうることは、提案された動作範囲は、第2の屈曲点またはその付近であり、S0モードの曲線(図3)とSH0モードを表す(ほぼ水平な)線(図10)との交点によって与えられるということである。これは、この日本特許出願明細書には周波数が500kHz(=0.5MHz)であり、肉厚が6mmであると言及されていることから、周波数を肉厚に掛けた値は3MHz・mmになり、第2の屈曲点に正確に一致するという事実によって確認される。

10

【0006】

ただし、一部の用途においては第2の屈曲点の周波数は極めて高い減衰を受けるため、この従来技術の監視方法はこのような用途においては実質的に役に立たないことが明らかである。これは、特に、液体が充填されたパイプまたは容器を監視する場合に当てはまる。液体は圧縮に抵抗するため、極めて高い減衰を引き起こすからである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的は、従来技術の上記および他の問題を克服し、液体が充填されたパイプまたは容器に用いられた場合であっても、その動作範囲において高い減衰がない超音波による監視および/またはモデル化の方法およびシステムを提供することである。

20

【0008】

したがって、本発明は、表面に沿って伝送される超音波を用いて物体の表面をモデル化する方法を提供する。この方法は、

- ・ 複数の超音波を表面に沿った複数の経路に沿って伝送させるステップと、
- ・ 各経路に沿った超音波の伝播時間を求めるステップと、

を含み、これらの超音波の少なくとも一部はS0モードを示し、周波数に依存した速度を有し、この速度は、第1の屈曲点までの周波数では相対的に高く、第1の屈曲点と第2の屈曲点との間の周波数では相対的に急速に低下し、第2の屈曲点を越えた周波数では相対的に低く、これらの超音波は第1の屈曲点またはそれ以下の周波数範囲を有することを特徴とする。

30

【0009】

第1の屈曲点またはそれ以下の周波数範囲を用いることによって、従来技術の方法の利点を保持しながら、減衰の大幅な低減が達成される。したがって、従来技術の極めて高い減衰が回避されるため、本方法は、パイプおよび容器など、液体が充填された物体に用いることができる。さらに、第1の屈曲点またはそれ以下の動作範囲を用いることによって、屈曲点間の曲線の急勾配部分が用いられるため、物体(一般にはパイプまたは容器であるが、これだけに限定されない)の肉厚のばらつきに対して最大の感度が達成される。

【0010】

なお、上記の周波数範囲は、相対的に狭い帯域幅を有しうるため、周波数帯域というより、むしろ周波数と称されうることに留意されたい。実際には、複数の周波数を含む周波数範囲が一般に用いられるであろう。周波数範囲の帯域幅は、好ましくは150kHz未満であり、より好ましくは120kHz未満であるが、帯域幅が100kHz未満、例えば50kHz、の周波数範囲を用いることもできる。

40

【0011】

本発明により用いられる周波数(範囲)はパイプまたは容器の肉厚に応じて異なるが、周波数と肉厚との積はほぼ2MHz・mm(またはkHz・m)未満、すなわち肉厚が6mmであれば周波数範囲はほぼ0.33MHz未満、であることが好ましい。したがって、周波数範囲は、この周波数範囲における肉厚と周波数との積が2.0MHz・mm以下になるように選択される。

50

【 0 0 1 2 】

超音波はパルス波を含むことが好ましい。超音波はガイド波および／またはレイリー波を含むことがさらに好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明の方法は、一部の信号経路が物体の周囲を少なくとも一回りし、これにより複数の超音波がいくつかの振動子ユニットに到達する場合に特に好都合である。

【 0 0 1 4 】

これらの超音波信号を監視および／またはモデル化、例えばトモグラフィ法を用いたモデル化、に用いることができる。

【 0 0 1 5 】

本発明は、上記の方法を実行するためのコンピュータプログラム製品をさらに提供する。コンピュータプログラム製品は、CDまたはDVDなどのデータ担体に格納されたコンピュータ実行可能命令セットを含みうる。このコンピュータ実行可能命令セットは、プログラム可能なコンピュータに上記方法を実行させるものであり、遠隔サーバから、例えばインターネット経由で、ダウンロードするためにも利用できる。

【 0 0 1 6 】

本発明は、S0曲線の第1の屈曲点またはそれ以下で動作する装置をさらに提供する。より具体的には、本発明は、表面に沿って伝送される複数の超音波を用いて物体の表面をモデル化する装置を提供する。この装置は、

- ・ 第1の振動子および少なくとも1つの第2の振動子であって、第1の振動子と各第2の振動子とは上記表面に沿った経路を画定する、第1の振動子および少なくとも1つの第2の振動子と、

- ・ 上記複数の超音波を上記第1の振動子から各第2の振動子まで上記経路に沿って伝送させるための送信ユニットと、

- ・ 上記複数の経路に沿った上記複数の超音波の伝播時間を求めるように構成された処理ユニットと、

を備え、上記超音波の少なくとも一部は、S0モードを示し、周波数に依存した速度を有し、この速度は、第1の屈曲点までの周波数では相対的に高く、第1の屈曲点と第2の屈曲点との間の周波数では相対的に急速に低下し、第2の屈曲点を超えた周波数では相対的に低く、これらの超音波は、第1の屈曲点またはそれ以下にある周波数範囲を有することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本発明は、物体を監視するシステムをさらに提供する。このシステムは、上記の装置を備え、物体は好ましくはパイプラインであり、より好ましくは液体を輸送するためのパイプラインである。

【 0 0 1 8 】

以下に、添付図面に示されている例示的实施形態を参照しながら本発明をさらに説明する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明により表面がモデル化される物体を模式的に示す。

【 図 2 】 本発明により生成されうる三次元物体モデルを模式的に示す

【 図 3 】 本発明により生成されうる二次元物体モデルを模式的に示す。

【 図 4 】 本発明において用いられるような超音波のいくつかのモードについて、周波数と肉厚との積と超音波の速度との間の関係を模式的に示す。

【 図 5 】 図 4 の S0 モードの関係を減衰と共に周波数と肉厚との積の関数として模式的に示す。

【 図 6 A 】 本発明において用いられる超音波パルスを模式的に示す。

【 図 6 B 】 本発明において用いられる超音波パルスを模式的に示す。

【 図 7 】 本発明による表面モデル化装置を模式的に示す。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0020】

図1に単なる非限定例として示されているパイプ2は、モデル化対象の表面3を備えている。図示の例において、表面3は、例えば腐食に起因しうる、凹部6を有する。表面3を適切にモデル化することによって、凹部6の範囲と（相対的な）高さを求めうる。

【0021】

第1の振動子ユニット4と第2の振動子ユニット5とがパイプ2の表面3の両側に取り付けられている。第1および第2の振動子ユニットの両方が超音波を送受信できるようにしてもよいが、本発明においては第1の振動子ユニット4を超音波パルス波の送信に用い、第2の振動子ユニット5をこれらの波の受信に用いる。これらの振動子ユニットは、それ自体が公知のものでもよく、圧電ユニットでもよい。

10

【0022】

第1の振動子4が発生させたパルス波またはパルスは、規定の持続時間、例えば数 μ s（マイクロ秒）、を有する。実際の持続時間は、特定の用途、例えば振動子ユニットの寸法および相互間の距離、に応じて変わりうる。振動子の数は可変である。少なくとも1つの第1の振動子4と少なくとも1つの第2の振動子5とを設ける必要があるが、第2の振動子5は複数、例えば2つ、3つ、4つ、8つ、またはそれ以上用いることが好ましい。第2の振動子5を複数用いると、パルス波が伝播される経路が複数になることから、表面のモデル化が向上される。同様に、第1の振動子4も複数用いることが好ましい。図2および図3の例においては、8つの第1の振動子4と8つの第2の振動子5とが用いられているが、本発明はこの特定の数に限定されるものではない。複数の第1および/または第2の振動子は、等間隔に配置されることが好ましいが、これは必須ではない。

20

【0023】

例示的な三次元モデルが図2に示され、パルス波が伝播する複数の経路が二次元モデルとして図3に示されている。図2の三次元モデル70は、図3の二次元モデル72に基づいている。

【0024】

図2のモデル70は、パイプ、例えば図1のパイプ2、の（外）面を表す。x軸およびy軸は、パイプ状モデルの断面に延在し、z軸はその縦方向に延在する。この例の各寸法は、メートル（m）単位である。図2の三次元モデルは、実は、図1の物体2の再構築である。三次元の再構築は、トモグラフィの分野では、それ自体が公知である。

30

【0025】

図2のモデル化された表面は、第1の振動子4のセットと第2の振動子5のセットとの間に延在する。第1の振動子4の各々と第2の振動子5の各々との間に経路71が延在する。これらの経路に沿ったパルスの伝播時間は、これらの経路の長さに比例する。滑らかで平坦な面に沿って延在する経路は、図1の凹部6を横切る経路より短くなる。したがって、これらの経路に沿った伝播時間は異なり、パルスはそれぞれ異なる時刻に到着することになる。

【0026】

このモデルは、さまざまな経路に沿ったパルスの到着時刻を算出する。このモデルのすべての経路は等しい長さを有すると最初に想定されている場合、凹部6を横切る経路では測定された伝播時間と計算された伝播時間との間に差異が発生する。この差異は、モデルを調整することによって打ち消すことができる。モデルの各初期値は、実際の物体（パイプなど）の各測定値および/または理論的考察に基づくものでもよい。

40

【0027】

図3の二次元例において、横軸はパイプ状モデルの円周Rに沿って延在し、z軸はその縦方向に延在する。これらの寸法は、メートル（m）単位である。

【0028】

図3から分かるように、複数の第1の振動子4と複数の第2の振動子5とがモデルの円周に沿って等間隔に配置されている。第1の振動子が発生させたパルスは、第2の振動子

50

によって検出される。到着時刻、ひいては伝播時間、は、第 1 の振動子 4 の各々と第 2 の振動子 5 の各々との間に延在する経路セット 7 1 に少なくともほぼ対応する。図面を明確にするために、図 3 にはこのような経路セット 7 1 が 1 つだけ示されている。

【0029】

上で説明したように、このモデルは、物体の表面（図 1 の 3）に関する情報を含んでいる。この情報は、いくつかの点における表面の（相対的または絶対的）高さを表す値セットを含みうる。図 1 に示されているように、凹部 6 の表面の高さは、第 1 の振動子 4 がある位置の表面の高さより低い。この表面を正確にモデル化するには、多数の、例えば数百または数千もの、表面点が必要とされる。

【0030】

測定伝播時間は、各パルスの到着時刻からそれぞれの送信時刻を引くことによって求められる。送信時刻は、一般には、起動信号が第 1 の振動子ユニットに送信された時点を記録することによって求められ、到着時刻は、一般には、検出信号が第 2 の振動子ユニットから受信された時点を記録することによって求められる。

【0031】

次に、計算された伝播時間と測定された伝播時間とが比較され、差異があれば如何なるものでも記録される。次に、これら差異がなくなるようにモデルを最適化するために、最適化手順が用いられる。この最適化手順は、それ自体が公知である手順でもよい。適切な公知の最適化手順は、レーベンバーグ - マルカート手順およびガウス - ニュートン手順である。

【0032】

本発明の方法には、表面波が用いられることが好ましい。表面波は、各パルスによって、単なる点の情報ではなく、経路の情報が得られるという利点がある。レイリー波は、表面に追従するため、極めて適切な表面波であることが分かっている。結果として、レイリー波の伝播時間は、表面構造に関して極めて正確な情報をもたらす。

【0033】

ただし、特に表面に関する情報ばかりでなく、物体の肉厚に関する情報も必要な場合は、ガイド波も極めて適切である。特に、所与の周波数において波の伝搬速度は肉厚に応じて決まるというガイド波の好都合な分散挙動が利用される。したがって、測定された速度変化は何れも肉厚のばらつきを示す。レイリー（パルス）波と表面（パルス）波との組み合わせも使用しうる。

【0034】

図 3 には、一部の超音波経路 7 1 が振動子ユニット 4 から振動子ユニット 5 に直接延在し、これらの振動子ユニット間の最短ルートを取っていることも示されている。他の経路は、振動子ユニット 5 に到達する前に、物体の周囲を、時には 360 度を超えて、回っている。図 3 において、これは経路 7 1' によって示されている。経路 7 1' は、経路 7 1 として続き、物体の周囲に 360 度を超えて延在している（図 3 の二次元表面モデル 7 2 は、ほぼ円筒状の表面を表す、図 2 の三次元表面モデル 7 0 の表現であることに注目されたい）。この（間接）経路 7 1' は、（直接）経路 7 1 と同じ振動子ユニット 5 に到達する。すなわち、振動子 5 は、超音波を複数の経路から受信することが分かる。

【0035】

物体の表面上を伝播する超音波の速度は、さまざまな要因に依存する。すなわち、波の周波数、物体の肉厚（表面が物体の壁面である場合、速度は肉厚に依存する）、および波の特定のモード、すなわち対称（S）モードおよび非対称（A）モードなど、に依存する。図 4 には、さまざまなモード、すなわち対称モード S0 および S1、非対称モード A0 および A1、およびシアモード SH0、について、速度 c が周波数 f と（壁の）肉厚 d との積（MHz・mm 単位）の関数として（m/s 単位で）表されている。他のモードも存在するが、本発明にはあまり関係ないので、図 4 から省かれている。

【0036】

S0 モードのグラフは、3 つの区間、すなわち（本例において） $f \times d = 0$ と $f \times d =$

10

20

30

40

50

2 のほぼ間にあり、速度 c が相対的に高い第 1 の区間と、（本例において） $f \times d = 2$ と $f \times d = 3$ のほぼ間にあり、速度が相対的に急速に低下する第 2 の区間と、（本例において） $f \times d = 3$ のほぼ上方にある第 3 の区間と、を含むと言えることが分かる。これらの区間を分ける点は、図 4 に屈曲点 B P 1 および B P 2 として示されている。第 1 の屈曲点 B P 1 の下方では速度が相対的に高く（図示の例ではほぼ 5800 m/s ）、屈曲点 B P 1 および B P 2 の間では速度が相対的に急速に低下し、第 2 の屈曲点 B P 2 の上方では速度が相対的に低い（図示の例ではほぼ 3000 m/s ）。上記のように、特開第 2007 - 3537 号の従来技術の方法は、第 2 の屈曲点または変曲点 B P 2 における周波数を用いている。本発明者らは、この周波数の選択は、油または水を収容したパイプまたは容器など、液体を収容した物体には適切でないことを見出した。その理由は、この周波数では減衰が大きすぎて本方法が有効ではないからである。これについて、図 5 を参照して説明する。

10

【0037】

図 5 は、S 0 モードのグラフを減衰（ dB/m 単位）のグラフと共に模式的に示す。見て分かるように、減衰は、第 2 の屈曲点 B P 2 において 75 dB/m にほぼ等しい。実際に、これは、各振動子ユニット 5 に到達する各超音波のパワーが極めて小さいため、その検出は不可能ではないにしても極めて困難であることを意味する。

【0038】

これに対して、本発明は、第 1 の屈曲点 B P 1 またはそれ以下の周波数（または周波数範囲）の使用を提案する。このような周波数における減衰は 18 dB/m 未満であり、 57 dB/m の向上をもたらすことが図 5 から明らかである。したがって、本発明による方法および装置は、液体が充填された物体にも使用できる。

20

【0039】

なお、用語「屈曲点」および「変曲点」は、本明細書では区別なく用いられていることに留意されたい。厳密な数学的意味では、図 5 における S 0 曲線の屈曲点 B P 1 および B P 2 は変曲点ではない。すなわち、図示の S 0 曲線は、屈曲点 B P 1 および B P 2 の間の中間に位置する単一の変曲点を有する。この（数学的）変曲点は、曲線の勾配が増加から減少に変わる点である。ただし、屈曲点 B P 1 および B P 2 は「変曲点」とも称しうる。その理由は、これらの屈曲点において曲線が屈曲または変曲するからである。実際に、S 0 曲線は、これらの屈曲点において最大の曲率を示す。

30

【0040】

図 5 から分かるように、第 1 の屈曲点 B P 1 は、 $f \times d = 2$ （ $\text{MHz} \cdot \text{mm}$ ）の位置にある。図 5 のグラフは 6 mm の肉厚 d に基づいているので、対応する周波数は $0.33 \text{ MHz} = 330 \text{ kHz}$ である。したがって、本発明は（肉厚が 6 mm のとき）最大でほぼ 330 kHz の周波数、例えば 330 kHz 、 300 kHz 、または 250 kHz の周波数、を用いると言えるが、これより低い周波数を用いることもできる。このような周波数を用いることによって、流体が充填された物体に起因する減衰は大幅に低減される。

【0041】

物体のモデル化をさらに向上させるために、波形補正を用いて分散波を補正することもできる。これは、図 6 A および図 6 B に模式的に示されている。図 6 A は、元のパルス 8 1（太線）とその歪んだパルス波形 8 2（細線）とを示し、図 6 B は再構築されたパルス 8 3 を示す。

40

【0042】

図 6 A には、分散により歪んだパルス 8 2 が示されている。すなわち、元のパルス 8 1 に比べると、パルスの元の位相関係が失われ、パルスが時間的に広がっている。これは、パルスの到着時刻、ひいてはその伝播時間、の判定をより不正確にする。これは、図 3 に示されているように複数の経路が用いられる場合に、特に問題となる。

【0043】

分散による精度低下は、場合によっては波形補正を適用することによって回避しうる。国際公開第 2008 / 103036 号（TNO）において、この波形補正（位相補正）は

50

、歪んだパルスの周波数スペクトルに周波数領域補正係数を掛けることによって実現されている。補正後、パルスの位相ひいては形状は、図 6 B に示されているように復元される。この復元されたパルス波 8 3 は、その伝播時間の正確な検出を可能にする。

【 0 0 4 4 】

物体の表面をモデル化する装置が図 7 に示されている。装置 1 は、処理ユニット (P U) 1 0 と、メモリユニット (1 1) と、送信ユニット (T U) 1 2 と、表示ユニット (D U) 1 3 とを備える。処理ユニット 1 0 は、本発明の方法を具現化するソフトウェアプログラムの命令を実行可能なマイクロプロセッサを備えることが好ましい。メモリユニット 1 1 は、このソフトウェアプログラムのほか、表面点値セットを含む、モデルのパラメータを記憶しうる。表示ユニット 1 3 は、モデル、特に図 2 に示されている種類の再構築、を表示可能な表示画面を備えることが好ましい。送信ユニット 1 2 は、処理ユニット 1 0 の制御下で、第 1 の振動子 (単数または複数) 4 に供給されるパルス送信信号を生成できる。さらに、送信ユニット 1 2 は、第 2 の振動子 (単数または複数) 5 によって生成されたパルス検出信号を受信し、適切なパルス検出情報を処理ユニット 1 0 に供給することができる。

10

【 0 0 4 5 】

送信ユニット 1 2 は、例えば無線周波数 (R F) 通信または赤外線通信を用いて、振動子 4 および 5 と無線通信を行うように構成しうる。処理ユニット 1 0 は、さらに波形補正 (スミア除去) を適用するように構成しうる。波形補正のための適切なプログラムステップをメモリユニット 1 1 に記憶させうる。

20

【 0 0 4 6 】

本発明によると、送信ユニット 1 2 と振動子ユニット 4 および 5 とは、 S 0 グラフの第 1 の屈曲点 (図 4 および図 5 の B P 1) またはそれ以下の周波数で動作するように構成される。

【 0 0 4 7 】

本発明は、パイプまたはチューブに限定されず、他の物体、例えば船体、飛行機胴体、車体、装甲車両の甲板 (の部分) の表面または壁、または他の表面または壁構造、例えば貯蔵タンク、ロッド、鋼橋、および建造物内の金属構造物、にも適用しうることを理解されるであろう。

【 0 0 4 8 】

本発明は、 S 0 モード曲線の第 1 の屈曲点 (「第 1 の変曲点」) またはそれ以下の周波数は、第 2 の屈曲点 (「第 2 の変曲点」) の周波数より減衰が著しく小さく、測定にはるかに適しているという洞察に基づく。本発明は、特に複数経路の用途に適しているが、勿論これだけに限定されるものではない。言い換えると、本発明は、単一経路の用途にも使用しうる。

30

【 0 0 4 9 】

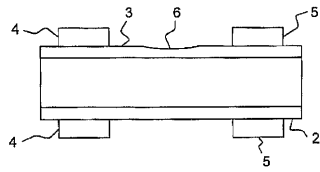
なお、本明細書で用いられている用語は何れも本発明の範囲を限定するように解釈されるべきではないことに留意されたい。特に、単語「備える / 含む (c o m p r i s e (s)) 」および「備えた / 含んだ (c o m p r i s i n g) 」は、明記されていない何れかの要素を排除しようと意図されているものではない。単一の要素は、複数の要素またはその均等物に置換可能である。

40

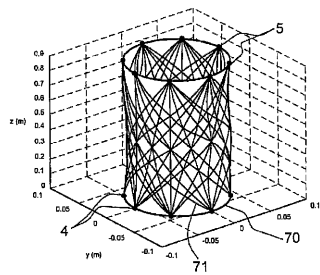
【 0 0 5 0 】

本発明は上記の実施形態に限定されず、添付の特許請求の範囲に定義されている本発明の範囲から逸脱することなく多くの修正および追加を行いうることを当業者は理解されるであろう。

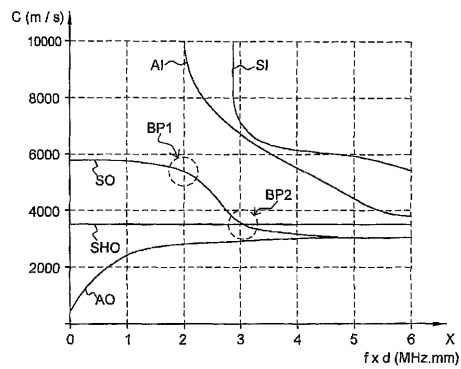
【図 1】



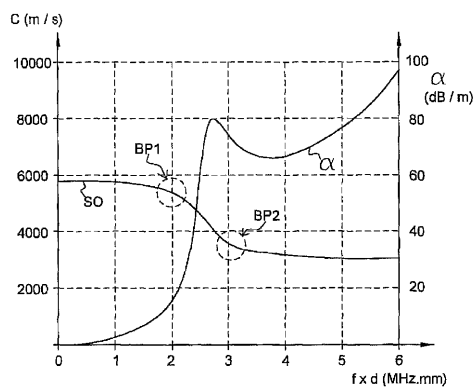
【図 2】



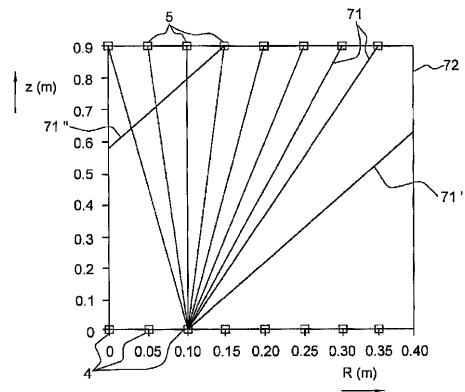
【図 4】



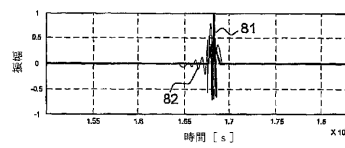
【図 5】



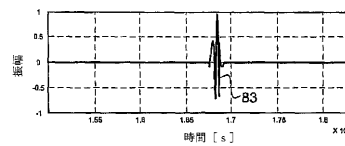
【図 3】



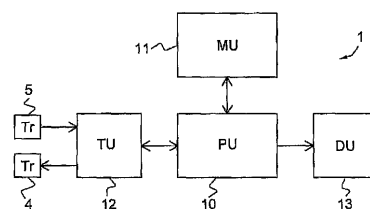
【図 6 A】



【図 6 B】



【図 7】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NL2009/050452

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. G01N29/04	G01N29/07	G01N29/34 G01N29/44
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 294 912 B1 (KWUN HEGEON [US]) 25 September 2001 (2001-09-25)	1-5, 10-13
Y	column 4, line 65 - column 5, line 12 column 6, line 7 - line 9; figure 4 column 8, line 52 - column 9, line 10	6-9, 14-16
Y	US 5 965 818 A (WANG WEICHENG DAVID [US]) 12 October 1999 (1999-10-12)	6-9, 14-16
	column 2, line 28 - line 43; figure 2 column 4, line 46 - column 5, line 13 column 6, line 10 - line 12	
A	GB 2 403 009 A (HITACHI LTD [JP]) 22 December 2004 (2004-12-22)	1-16
	page 5 - page 7, line 2; figures page 21, line 3 - line 11 page 28, line 18 - page 29, line 4	
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 19 January 2010		Date of mailing of the international search report 27/01/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Savage, John

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NL2009/050452

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007 003537 A (HITACHI LTD) 11 January 2007 (2007-01-11) cited in the application paragraphs [0018], [0021]; figure 3 -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/NL2009/050452

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6294912	B1	25-09-2001	US 6373245 B1 16-04-2002
			US 2001019263 A1 06-09-2001
			US 2001017541 A1 30-08-2001
			US 6624628 B1 23-09-2003
			US 2002105324 A1 08-08-2002
US 5965818	A	12-10-1999	CA 2258439 A1 15-07-1999
GB 2403009	A	22-12-2004	CN 1573328 A 02-02-2005
			JP 3747921 B2 22-02-2006
			JP 2005010055 A 13-01-2005
			KR 20040110076 A 29-12-2004
			TW 254130 B 01-05-2006
			US 2004255678 A1 23-12-2004
JP 2007003537	A	11-01-2007	JP 4012237 B2 21-11-2007

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ブローム, ヨースト ヘラルドゥス ペトルス

オランダ国 2 6 1 1 エルセー デルフト ハストハイスラーン 2 7 0

(72)発明者 マスト, アルヤン

オランダ国 3 0 7 1 エンペー ロッテルダム マースカデ 3 1 - ベー

(72)発明者 ファン ベーク, ピーテル ヤコブス ヘイスベルトゥス

オランダ国 2 4 9 8 デーエス デン ハーグ ワテルムント 7 4

Fターム(参考) 2G047 AB01 AC12 BC02 BC11 CA01 CB04 EA08 GA14 GF06 GF11

GG41