

(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2011-529170

(P2011-529170A)

(43) 公表日 平成23年12月1日(2011.12.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 29/04 (2006.01)	GO 1 N 29/10	2 GO 4 7
GO 1 N 29/24 (2006.01)	GO 1 N 29/24 5 0 2	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-512154 (P2011-512154)  
 (86) (22) 出願日 平成21年6月9日 (2009.6.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年12月27日 (2010.12.27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2009/057082  
 (87) 国際公開番号 W02009/150148  
 (87) 国際公開日 平成21年12月17日 (2009.12.17)  
 (31) 優先権主張番号 102008027384.8  
 (32) 優先日 平成20年6月9日 (2008.6.9)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 509167110  
 ジーイー センシング アンド インスペク  
 ション テクノロジーズ ゲゼルシャフ  
 ト ミット ベシュレンクテル ハフツン  
 グ  
 ドイツ デー-50354 ヒュルトウ  
 ロベルト-ボッシュ-ストラッセ 3  
 (74) 代理人 100080089  
 弁理士 牛木 護  
 (74) 代理人 100137800  
 弁理士 吉田 正義  
 (74) 代理人 100161665  
 弁理士 高橋 知之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カップリングチェックを使用した改良超音波非破壊検査

(57) 【要約】

本発明は、試験片(7)の超音波非破壊検査方法に関する。前記方法は、複数の試験サイクルからなり、各サイクルは、複数の超音波振動子(2)による試験片(7)への少なくとも1つの超音波パルスの送信と、該超音波振動子または任意の他の超音波振動子による試験片(7)を通過する少なくとも1つの超音波パルスの受信とからなる。本方法は、複数の超音波振動子(2)が位相制御可能であり、少なくとも1つの放射体グループを形成することを特徴とし、本方法は、少なくとも1つの第1試験サイクルからなり、第1試験サイクルでは、少なくとも1つの放射体グループ(1)の位相制御可能な超音波振動子(2)が、送信の間、受信の際に試験片(7)の背面エコーが前記放射体グループによって検出されるように制御される。そして本方法は、少なくとも1つの第2試験サイクルからなり、第2試験サイクルでは、同じ少なくとも1つの放射体グループ(1)の位相制御可能な超音波振動子(2)が、試験片(7)に送信される超音波パルスの主伝搬方向(8, 8')が第1試験サイクルの主伝搬方向とは異なるように制御される。本発

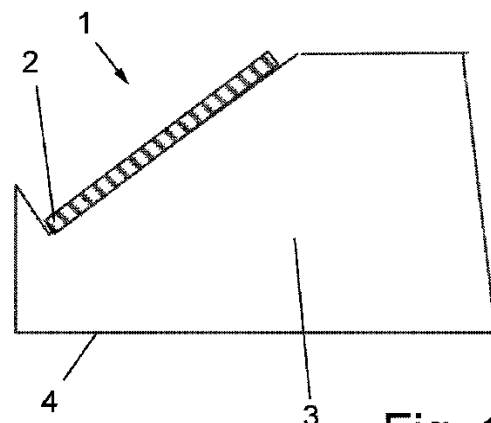


Fig. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

いくつかの試験サイクルからなり、前記各試験サイクルはいくつかの超音波振動子(2)による試験片(7)への少なくとも1つの超音波パルスの送信と、前記超音波振動子(2)または任意でさらなる超音波振動子(2)による、前記試験片(7)を通過する少なくとも1つの超音波パルスの受信とを含み、いくつかの前記超音波振動子(2)は、それぞれ正確に位相制御可能であり、少なくとも1つのフェイズドアレイ(1)を形成し、少なくとも1つの第1試験サイクルからなり、前記第1試験サイクルにおいて、送信の間、少なくとも1つの前記フェイズドアレイ(1)の位相制御可能な前記超音波振動子(2)が、前記試験片(7)の背面エコーが受信の際に該フェイズドアレイで捕捉されるように制御され、少なくとも1つの第2試験サイクルからなり、前記第2試験サイクルにおいて、送信の間、同じ少なくとも1つの前記フェイズドアレイ(1)の位相制御可能な前記超音波振動子(2)が、前記試験片(7)に送信される超音波パルスの主伝搬方向(8, 8')が前記第1試験サイクルの主伝搬方向とは異なるように制御されることを特徴とする試験片(7)の超音波非破壊検査方法。

10

**【請求項 2】**

前記第1試験サイクルにおいて、送信された超音波パルスの主伝搬方向が、前記各フェイズドアレイ(2)に面する前記試験片(7)に垂直に方向付けられることを特徴とする請求項1に記載の超音波非破壊検査方法。

**【請求項 3】**

異なる主伝搬方向  $a_2, a_2', \dots$  を有するいくつかの前記第2試験サイクルからなることを特徴とする請求項1または2に記載の超音波非破壊検査方法。

20

**【請求項 4】**

前記第2試験サイクルで異なる主伝搬方向を得るために、いくつかの隣接するフェイズドアレイ(1, 1', 1''')が同時に送信することを特徴とする請求項3に記載の超音波非破壊検査方法。

**【請求項 5】**

前記第2試験サイクルの1つにおいて、少なくとも2つの隣接するフェイズドアレイ(1, 1', 1''')が同じ位相制御の下で同時に送信することを特徴とする請求項4に記載の超音波非破壊検査方法。

30

**【請求項 6】**

前記試験片(7)および少なくとも1つのフェイズドアレイ(1)の間で、回転や移動といった相対運動が実行されることを特徴とする請求項1~5のいずれか1項に記載の超音波非破壊検査方法。

**【請求項 7】**

前記試験片(7)としてのパイプまたは棒の長手方向表面に沿って配置されるいくつかのフェイズドアレイ(1...1<sup>n</sup>)によって前記パイプまたは棒を検査し、1つの前記第1試験サイクルおよび少なくとも1つの第2試験サイクルが、それぞれ少なくとも1つのフェイズドアレイ(1...1<sup>n</sup>)によってクロックシーケンスで実行されることを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載の超音波非破壊検査方法。

40

**【請求項 8】**

前記第1試験サイクルおよび少なくとも1つの第2試験サイクル、好ましくはいくつかの第2試験サイクルが、各場合において、前記クロックシーケンスの各クロックサイクルで、少なくとも2つの隣接するフェイズドアレイの同数のグループで実行されることを特徴とする請求項7に記載の超音波非破壊検査方法。

**【請求項 9】**

少なくとも2つの隣接するフェイズドアレイ(1, ..., 1<sub>4</sub>)の音場が、前記クロックシーケンスの2つの連続するクロックサイクルにおける第1試験サイクル、且つ/または、第2試験サイクルで空間的に重なり合うことを特徴とする請求項8に記載の超音波非破壊検査方法。

50

## 【請求項 10】

前記棒またはパイプが、フェイズドアレイ（1，・・・，14）に対して前へ送られて回転させられ、長手方向に移動された前記棒またはパイプの長手方向部分が、1つのフェイズドアレイまたはいくつかのフェイズドアレイの異なる円周方向位置で、移動方向付近の少なくとも1つの前記フェイズドアレイ（1，・・・，14）または隣接するグループによって前記各クロックサイクルで前記クロックサイクルが検査されるように選択されることを特徴とする請求項8または9に記載の超音波非破壊検査方法。

## 【請求項 11】

いくつかの超音波振動子（2）と、いくつかの試験サイクルを実行して評価する制御および評価ユニットとからなり、これらがいくつかの超音波振動子（2）による試験片（7）への少なくとも1つの超音波パルスの送信と、前記超音波振動子（2）または任意でさらなる超音波振動子（2）による、前記試験片（7）を通過する少なくとも1つの超音波パルスの受信とを含み、いくつかの前記超音波振動子（2）は、それぞれ正確に位相制御可能であり、少なくとも1つのフェイズドアレイ（1）を形成し、前記制御および評価ユニットは、少なくとも1つの第1試験サイクルにおいて、正確に位相制御可能な少なくとも1つの前記フェイズドアレイ（1）の前記超音波振動子（2）が、超音波パルスの送信の間、前記試験片（7）の背面エコーが受信の際に送信用の各フェイズドアレイによって捕捉されるように制御され、少なくとも1つの第2試験サイクルにおいて、同じ少なくとも1つのフェイズドアレイ（1）の位相制御可能な前記超音波振動子（2）が、送信の間、前記試験片（7）に送信される超音波パルスの主伝搬方向（8，8'）が前記第1試験サイクルの主伝搬方向とは異なるような制御を実現するように設計されることを特徴とする試験片（7）の超音波非破壊検査装置。

10

20

## 【請求項 12】

前記試験片（7）および少なくとも1つのフェイズドアレイ（1）の間の相對運動手段が提供されることを特徴とする請求項11に記載の超音波非破壊検査装置。

## 【請求項 13】

前記試験片（7）としてパイプまたは棒の検査に使用されることを特徴とする請求項12に記載の超音波非破壊検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

30

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、好ましくは棒やパイプである試験片の超音波非破壊検査の方法および関連装置に関する。本方法は、それぞれが、いくつかの超音波振動子による試験片への超音波パルスの送信、および、該送信または任意のさらなる超音波振動子により試験片を通過する超音波パルスの受信を含むいくつかの試験サイクルからなる。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波検査は、例えば溶接線や鉄鋼品，鋳物，半仕上げの製品またはパイプなどの伝音材料（ほとんどの金属が属する）の内部および外部の欠陥を発見するのに適した検査方法である。すべての検査方法のように、超音波検査もまた標準化されており、参照することにより本書に含まれる例えば「D I N E N 1 0 2 2 8 - 3 1 9 9 8 - 0 7 鉄鋼品の非破壊検査 - 第3章：フェライト系鋼品およびマルテンサイト系鋼品の超音波検査」のようなガイドラインに従って実行される。適切な検査装置および検査方法が、超音波による試験片の非破壊検査として知られている。一般の参照は、「J . アンド H . クラウツラマー I S B N , 超音波材料検査 , 第6版」のテキストブックに対して行われる。

40

## 【0003】

この方法は、通常、境界面の音の反射に基づいている。最もよく使用される音源は、一つまたは二つの超音波振動子を備える試験プローブであり、その音響放射は、いずれの場

50

合も10kHzから100MHzの範囲の周波数である。パルス-エコー法の場合、超音波プローブは、連続的な放射エネルギーを放射せずに、1μm以下の非常に短い音波パルスを放射する。送信機から放射されるパルスは、検査対象の試験片をそれぞれの音速で通過し、金属と空気の境界面でほとんど完全に反射される。音響振動子は、大抵はパルスを送信できるだけでなく、入射してくるパルスを電気的な測定信号に変換することができ、受信機としても機能する。音波パルスが送信機から試験片を通り、戻ってくるまでに要する時間は、オシロスコープやコンピュータ装置で測定される。材料内の音速cは既知であるので、例えば試料の厚さを検査することができる。検査対象の試験片と超音波振動子を結合させるために、それらの表面上に、接触媒質(例えば、膠(溶剤)、ジェル、水または油)が塗布される。振動子と試験片との間で相対運動する場合には、音響信号を送信するために、試験片は、しばしば適切な液体に浸されたり(浸漬技術)、規定の方法で湿らされたりする。

10

#### 【0004】

境界面、すなわち試験片の境界を定める外側の壁面での音響特性の変化、内部の境界面、すなわちパイピング(空洞)などの内部欠陥での音響特性の変化、くぼみ、二枚割れ、裂け目、または検査対象の試験片内の構造の別な障害での音響特性の変化のために、音波パルスは、反射され、送信機としても受信機としても作動する試験プローブの振動子に戻ってくる。送信と受信の間に経過した時間により、距離を計算することができる。測定された時間の差異を使用して、画像信号が生成され、モニターやオシロスコープに可視化される。この画像信号を使用して、試験片における音響特性の変化の位置を決定することができ、必要ならば、欠陥(専門用語で「不連続」(discontinuity)と呼ばれる)のサイズを推量することができる。自動試験設備の場合には、情報が記憶され、試験片に関連付けられて、様々な方法で直ちにまたは後で記録される。

20

#### 【0005】

試験片の超音波非破壊検査の方法において、材料試験の高品質を達成して維持するためには、超音波振動子の良好なカップリングを提供し、それを監視することが最も重要である。したがって、関連する背面エコーを受信するような方法で試験片に送信する超音波振動子が、既知のシステムで使用される。カップリングの品質は、例えば元の信号に対する減衰といったその強度によって決定することができる。一つまたは二つ以上にさらに分けられた超音波振動子は、実際に測定する超音波を送信するのに役立つ。これらの追加の振動子は、一般に背面エコーを生成するように設計されていない。この試験プローブの構造は、ただ一つの振動子のカップリング測定結果のみに基づいて、その他の振動子のカップリングの品質に関して結論を出さなければならない点において不利である。これは、測定の信頼性の低下の原因となる。別の既知の構造では、カップリングを試験するのに必要な一つの超音波振動子と、さらなる送信方向のためのもう一つの追加の超音波振動子がそれぞれ一つの試験プローブにまとめられる。これは、超音波振動子が多数あるために、それぞれの試験プローブが比較的が大きくなること、また試験プローブの形状を試験片の表面形状ごとに適応させなければならないことの原因となる。これは、超音波検査の実行を複雑にし、そのコストをより高くしている。

30

#### 【発明の概要】

40

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

上述の問題点に鑑み、より低コストで、且つ/または、より高精度に不連続(discontinuity)を見つけることができる、試験片の超音波非破壊検査方法および関連装置を提供することが本発明の目的である。この目的は、請求項1に係る発明の方法および独立請求項に係る発明の装置によって達成される。有利な実施形態は、従属請求項の主題の各事例に表される。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

超音波非破壊検査に関する本発明に係る方法は、いくつかの試験サイクルからなり、各

50

試験サイクルは、いくつかの超音波振動子による試験片への少なくとも1つの超音波パルスの送信、および、該送信による、または、任意でさらなる超音波振動子による、試験片を通過する少なくとも1つの超音波パルスの受信を含む。本発明に係る方法によれば、いくつかの超音波振動子は、個別に正確な位相制御が可能であり、少なくとも1つのフェイズドアレイを形成する。このようなフェイズドアレイはまた、フェイズドアレイ試験プローブと呼ばれる。フェイズドアレイは、一般的に16, 32, 64, 128または256、好ましくは16の個別の振動子からなり、これらの振動子は、直線状の配列でハウジングに収容され、任意の小型電子送信機プリアンプシステムの対応する番号に接続される。この方法では、個別の発振器素子が時間制御、すなわち正確な位相および任意の位相シフトで起動信号を送られることができ、こうして音場をある方向に変え、且つ/または、ある深さに焦点を合わせることができる。

10

**【0008】**

本発明に係る方法は、少なくとも1つの第1試験サイクルからなり、この第1試験サイクルでは、送信の間、位相制御可能な少なくとも1つのフェイズドアレイの超音波振動子が、受信の際にこのフェイズドアレイで試験片の背面エコーを捕捉する方法で制御される。この通例パルスを送信したフェイズドアレイと同じフェイズドアレイで受信される背面エコーを使用して、フェイズドアレイと試験片の関連する表面部分との間のカップリングの品質を入手することができ、背面に反射される間に試験片を通過するときの減衰によって品質を評価することができる。最も多くは平行である試験片を限定する面のために、第1試験サイクルで送信される超音波パルスの主伝搬方向は、好ましくは、それぞれのフェイズドアレイに面する試験片の表面に対して垂直に方向付けられる。

20

**【0009】**

また、本発明者らは、背面エコーによる測定が、カップリングの品質を決定することができるだけでなく、いわゆる試験片の二枚割れを高度の信頼性で見つける機能を提供することを発見した。二枚割れは、圧延鋼材で材料が割れて二つに分かれる形状になる傷である。それは、半仕上げの鑄造製品での空洞、特にパイピングにより生じ、安全に関して高い関連性がある。

**【0010】**

本発明に係る方法は、さらに少なくとも1つの第2試験サイクルからなり、この第2試験サイクルでは、送信の間、試験プローブ付近の試験片の領域の傷をさらに測定するために、位相制御可能な超音波振動子が、試験片に送信された超音波パルスの主伝搬方向を得られるように制御される。この主伝搬方向は、第1試験サイクルの主伝搬方向とは異なる。主伝搬方向の変化のために、通例背面エコーは検出されない。当業者は、検査対象となる試験片の所望の領域に方向付けられた関連する超音波パルスの適切な主伝搬方向を手に入れるために、少しの試験で試験片の形状に適合した固有の位相制御を選択しなければならない。

30

**【0011】**

位相制御可能なフェイズドアレイの使用は、位相制御が可能であるために、振動子の固有の位置合わせ、またはその誘導部分を必要としない点で有利なだけではない。試験片の形状への適合は、試験片の形状への位相制御によって容易に実行することができる。それどころか、第1試験サイクルおよび第2試験サイクルが同じ1つのフェイズドアレイまたはいくつかのフェイズドアレイで実行されることができ、というさらなる利点も有する。試験組立部品は、こうして大幅に簡易化される。この場合のフェイズドアレイからなる試験プローブは、分解能を増大できるように、小さくすることができる。また、この方法はより低コストで実行することができる。

40

**【図面の簡単な説明】****【0012】**

【図1】ある実施形態に係る本発明のフェイズドアレイの側面図である。

【図2】ある実施形態に係る本発明のフェイズドアレイが棒の長手方向に沿って配列されている様子を示す図である。

50

【図3 a】ある実施形態に係る本発明のフェイズドアレイによって送信される超音波パルスの主伝搬方向を示す図である。

【図3 b】ある実施形態に係る本発明のフェイズドアレイによって送信される超音波パルスの主伝搬方向を示す図である。

【図4】ある実施形態に係る本発明のクロックサイクルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

好ましい実施形態では、超音波非破壊検査方法は、異なる主伝搬方向を有するいくつかの第2試験サイクルからなる。したがって、非連続(disc continuity)の試験対象である試験片の体積は大きくなり、考えられる傷が異なる角度の下で鳴動するようにさらされることで、信号は最大となり、本発明に係る方法の精度が増大される。

10

【0014】

別な実施形態では、第2試験サイクルにおいて、いくつかの隣接したフェイズドアレイが同時に送信する。同時に測定される試験片の体積が増加して、進行が迅速化されるだけでなく、比較的単純な方法で、検出感度を空間的により一定にすることができ、隣接するフェイズドアレイの間の音が弱い領域でも検出感度を増大することができる。2つの隣接するフェイズドアレイの集まりが、それぞれの試験サイクルで同時に送信する方法は、参照することにより本書に含まれる独国特許出願公開公報DE 198 134 14 B 4に記載される。

【0015】

20

別な有利な実施形態によれば、例えば回転、且つ/または、長手方向の移動といった試験片と少なくとも1つのフェイズドアレイとの間の相対運動が、例えば試験サイクルの実行と同時に、または断続的に、可能な限り完全な試験片の取得および検査のために提供される。

【0016】

超音波非破壊検査に関する本発明に係る方法は、とりわけ試験片としてパイプまたは棒の検査に適しており、この検査は、パイプまたは棒の長手方向の表面に沿って配置されるいくつかのフェイズドアレイによって行われる。手順の中で、1つの第1試験サイクルおよび少なくとも1つの第2試験サイクルは、それぞれ少なくとも1つのフェイズドアレイによるクロックシーケンスで実行される。非常に正確で迅速な検査を達成するために、第1試験サイクルおよび少なくとも1つの第2試験サイクル、好ましくはいくつかの第2試験サイクルは、各場合において、いくつかの隣接するフェイズドアレイのグループと同じ数のグループで、クロックシーケンスの各クロックサイクルで実行される。

30

【0017】

好ましくは、いくつかの隣接するフェイズドアレイの音場は、クロックシーケンスのそれぞれ連続する2つのクロックサイクルにおける、第1試験サイクル、且つ/または、第2試験サイクルで、空間的に重なり合う。その結果、確実に、検出感度がより一定になり、隣接するフェイズドアレイの音の弱い領域もまた検出感度を増大することができる。連続するクロックサイクルにおいて、フェイズドアレイの右隣が関係するフェイズドアレイとともに同時に送信し、続いて左隣が送信する方法は、独国特許出願公開公報DE 198 134 14 B 4に記載され、本発明に係る方法の実施形態の1つに適用される。

40

【0018】

可能な限り完全な円周方向および長手方向での捕捉に関して、棒またはパイプは、フェイズドアレイに対して前に送られ、且つ/または、回転させられる。クロックサイクルは、長手方向に移動した棒またはパイプの長手方向部分が移動方向付近の少なくとも1つのフェイズドアレイによって各クロックサイクルで検査されるように、または回転のために、1つまたはいくつかのフェイズドアレイの異なる円周位置で隣接するグループによって各クロックサイクルで検査されるように選択される。棒またはパイプの場合に、こうして信頼性のある傷の探知が達成されることが分かった。好ましくは、試験サイクルと同時に回転および前送りが実行される。回転および前送りの速度は、好ましくは棒またはパイプ

50

の長手方向部分が少なくとも一度は円周方向で捕捉されるように、すなわちフェイズドアレイが直線状に配列される場合には、棒またはパイプがフェイズドアレイによって測定される通り道に沿って移動する間に一度長手方向軸の周りを回転するように選択される。

【0019】

本発明はさらに試験片の超音波非破壊検査のための装置に関連し、該装置はいくつかの超音波振動子と、いくつかの試験サイクルを実行し、評価する制御および評価ユニットとからなる。この場合、各試験サイクルは、いくつかの超音波振動子による試験片への超音波パルスの送信と、該送信による、またはさらなる超音波振動子による、試験片を通過する超音波パルスの受信を含む。本発明に係る装置は、いくつかの超音波振動子が位相制御可能であり、少なくとも一つのフェイズドアレイを形成し、少なくとも第1試験サイクルで、超音波パルスを送信する間、受信の際にそれぞれのフェイズドアレイによって試験片の背面エコーを取得できるように、少なくとも一つのフェイズドアレイの位相制御可能な超音波振動子が制御され、該制御が可能ないように制御および評価ユニットが設計されることを特徴とする。少なくとも一つの第2試験サイクルにおいて、(少なくとも一つの)同じフェイズドアレイの位相制御可能な超音波振動子は、試験片へ送信される超音波パルスの主伝搬方向が第1試験サイクルの主伝搬方向と異なるように、送信の間制御される。

10

【0020】

すでに上述したように、試験片のそれぞれの表面部分に対するフェイズドアレイの音響カップリングの品質は、第1試験サイクルで生成される背面エコーによって取得されて評価される。すなわち、該品質は、試験片の背面で反射される超音波パルスによって取得されて評価され、より具体的には、超音波パルスが背面に反射しながら試験片を通過する際の減衰によって取得されて評価される。試験片を限定する面の最も多くは平行であるために、第1試験サイクルで送信される超音波パルスの主伝搬方向は、好ましくはそれぞれのフェイズドアレイに面する試験片の表面に対して垂直に方向付けられる。また、本発明者は、驚いたことに、背面エコーを使用した測定は、カップリングの品質を測定できるだけでなく、特に試験片の二枚割れの発見にもまた適しており、検査の信頼性を増大することを発見した。

20

【0021】

すでに述べたように、本発明に係る方法は、さらに、少なくとも一つの第2試験サイクルが制御および評価ユニットによって実行され、送信の間、位相制御可能な超音波振動子は、試験片に送信される超音波パルスの主伝搬方向が第1試験サイクルの主伝搬方向とは異なるように制御され、試験プローブを取り囲む試験片の領域のさらなる傷を測定することを特徴とする。好ましくは、この主伝搬方向には背面エコーは検出されない。当業者は、検査対象となる試験片の所望の領域に方向付けられた関連する超音波パルスの適切な主伝搬方向を手に入れるために、少しの試験で試験片の形状に適合した固有の位相制御を選択しなければならない。

30

【0022】

正確な位相制御が可能でフェイズドアレイの使用は、位相制御が可能であるために、振動子またはその誘導部分の個別の試験片表面への位置合わせを必要としない点で有利なだけではない。すなわち、この位相制御のために、このようなことが試験片の形状に応じて迅速に且つ個別に実行される。それどころか、結果として、第1試験サイクルおよび第2試験サイクルは同じ一つのフェイズドアレイまたはいくつかのフェイズドアレイで実行されるさらなる利点を有する。試験組立部品は、こうして大幅に簡易化される。この場合フェイズドアレイに対応する実質的な試験プローブは、分解能を増大できるように、小さくすることができる。全体的に見ると、超音波非破壊検査は、本発明に係る装置を用いて、より低コストで、より確実に実行することができる。

40

【0023】

本発明に係る装置の別な利点のある実施形態によれば、試験片と少なくとも一つのフェイズドアレイとの間の相対運動の方法が提供される。また、少なくとも一つのフェイズドアレイに対して非円形の試験片の位置を機械的に固定する位置決め装置が提供される。こ

50

の場合、好ましくは、位置決め装置は取り外し可能に設計される。

【0024】

本発明はさらに、試験片としてのパイプまたは棒の超音波非破壊検査のための上述の実施形態の1つである装置の使用に関する。

【0025】

本発明は、いくつかの図を参照して以下に説明されるが、それぞれに示される実施形態に発明を限定するものではない。

【0026】

図1は、本発明に従って、位相を正確に制御可能な個々の超音波振動子を複数使用したフェイズドアレイ1の典型的な構造の側面図を図式的に示している。各超音波振動子2は、検査対象の試験片7に結合するために誘導本体2に配置される。超音波振動子2の所望の送信方向および検査の間に隣接する試験片の表面の形状に応じて、誘導本体3は、接触表面4の領域の点で図示される形状と異なってもよい。第1送信方向は、個々の超音波振動子2によって送信される超音波パルスの中の位相シフトを選択することで、ある程度は変化することができる。こうしてフェイズドアレイ1は、第1試験サイクルおよび第2試験サイクルを実行するために使用することができる。

【0027】

図2は、例として、本発明のフェイズドアレイ1, 1', ... 1<sup>n</sup>が試験片としての棒の長手方向9に沿って配列されている様子を示し、フェイズドアレイ1, 1', ... 1<sup>n</sup>は、試験片の表面に隣接して配置されている。それぞれのフェイズドアレイ1, 1', ... 1<sup>n</sup>の超音波振動子2は、この場合、長手方向9に垂直な方向に区分されて配置され、128個の振動子が提供され、例えば16個の振動子がそれぞれ1つのフェイズドアレイを形成する。超音波振動子2によって送信される超音波パルスの中の位相シフトは、紙面および長手方向9に垂直な平面で第1送信方向を旋回可能にし、それぞれ長手方向軸9に隣接する立体角領域で試験片7の広範囲な検査が可能になる。フェイズドアレイ1, 1', ... 1<sup>n</sup>は、互いに受信を妨げないように、それぞれ電気的および音のクロストーク減衰10によって互いに分断される。

【0028】

図3aおよび3bは、図1に示すフェイズドアレイ1を用いて、それぞれ超音波振動またはフェイズドアレイ3によって誘導本体3を経由して試験片7に送信される超音波パルスの主伝搬方向8および8'が、例えば送信された超音波パルスの異なる主伝搬方向により2つの試験サイクルを生成するために、異なる位相制御6および6'によってどのように変化されるのかを示している。

【0029】

図4は、本発明に係る方法の考えられるクロックサイクルを示している。工程において、それぞれ試験片の長手方向に互いに隣り合う2つのフェイズドアレイ1, 1', 1'', ... 1<sup>n</sup>が、各クロックサイクル0, 1, 2において3つの試験サイクル1, 2, 2'で超音波パルスを送信し、個々の超音波振動子の中の位相シフトが、必要ではないが異なって選択されることができる。クロックサイクル0, 1, 2は、背面エコーによる二枚割れおよび試験片の各フェイズドアレイのカップリングの検査のために、それぞれ第1試験サイクル1からなり、フェイズドアレイに隣接する試験片表面に垂直な送信が起こる。その一方、各クロックサイクルのサイクル2では、各フェイズドアレイの超音波振動子2は、関係するフェイズドアレイの立体角2で水平な送信が成し遂げられる正確な位相で制御される。位相制御を変化させることで、各フェイズドアレイによる別な立体角2への送信が、各クロックサイクルのサイクル2'で起こる。検出感度は、重なり合って連続するクロックサイクルの音場によって、より一定になる。隣接するフェイズドアレイの音場が重なり合うために、隣接するフェイズドアレイの間の音が弱い領域でも増大した検出感度が得られる。クロックサイクルのために、音場は試験片の長手方向に沿って動かされる。同時に、試験片(例えばパイプや棒)は、フェイズドアレイの下で同じ長手方向速度で動かされ、回転され、関係するフェイズドアレイの異なる円周方向部分の下で、各クロックサ

10

20

30

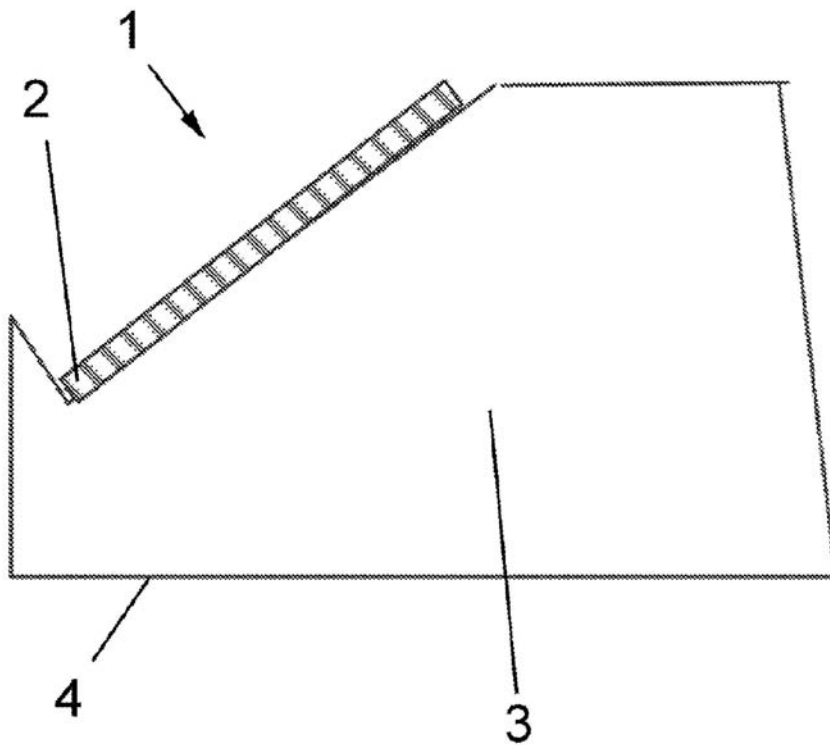
40

50

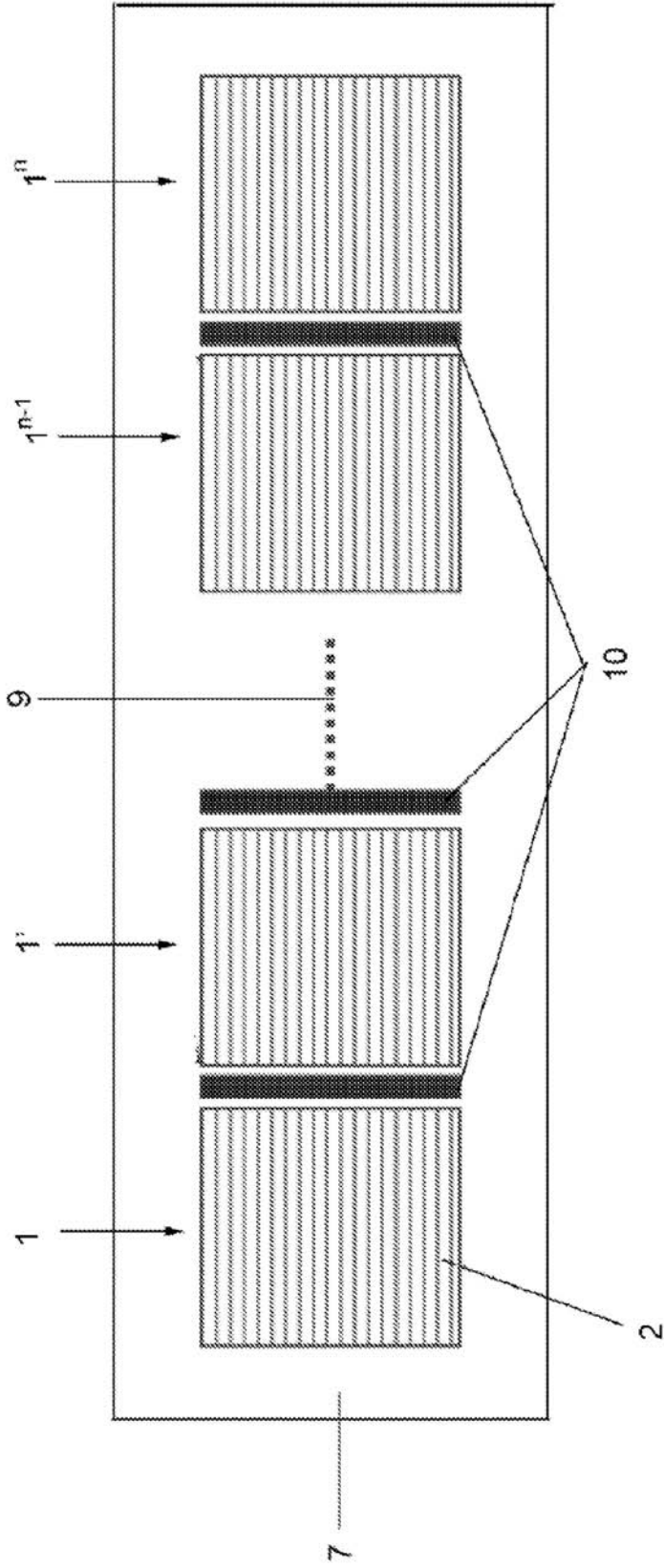


イクルでほぼ同じ長さ方向部分が得られ、こうして試験片の異なる立体角領域に音を放つようになっている。

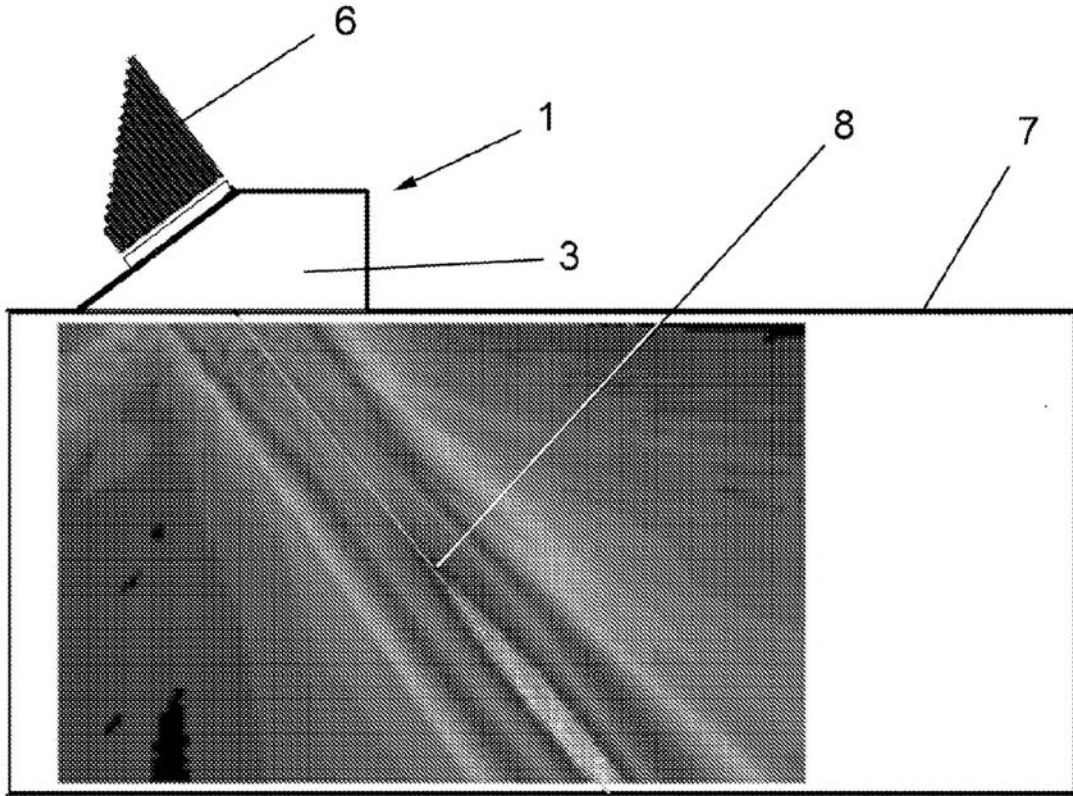
【図1】



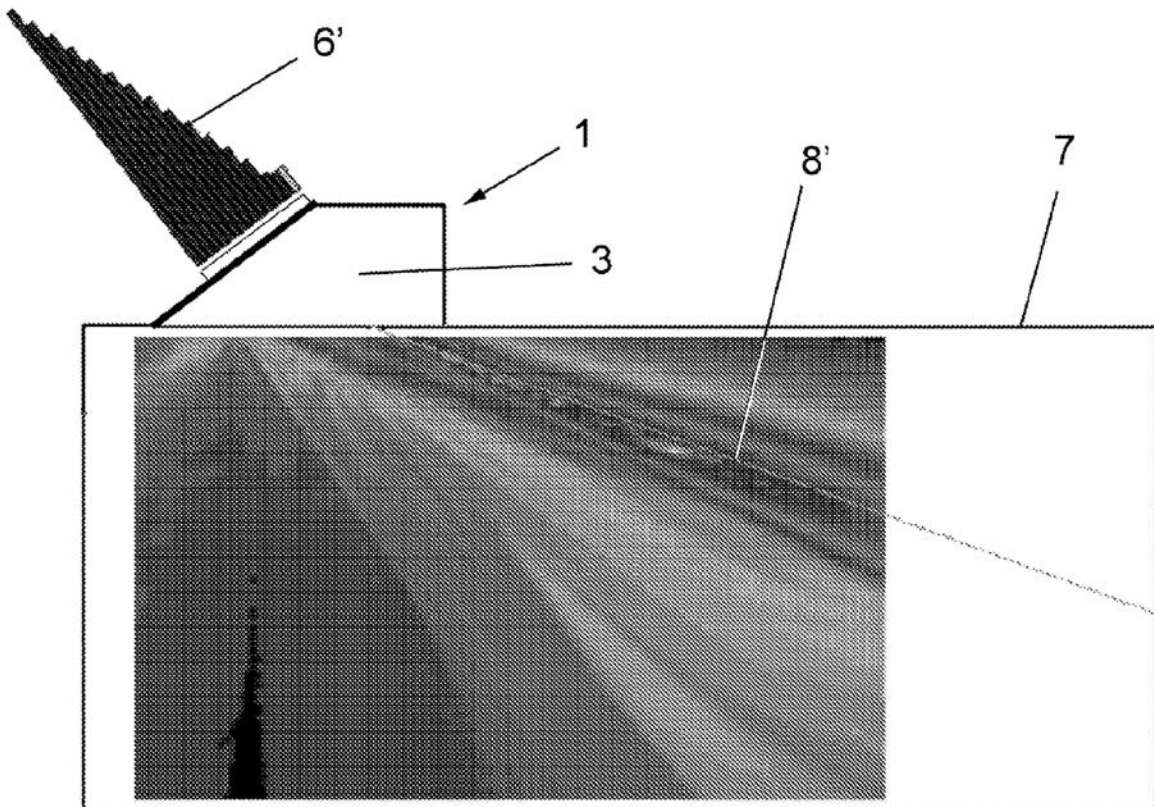
【 図 2 】



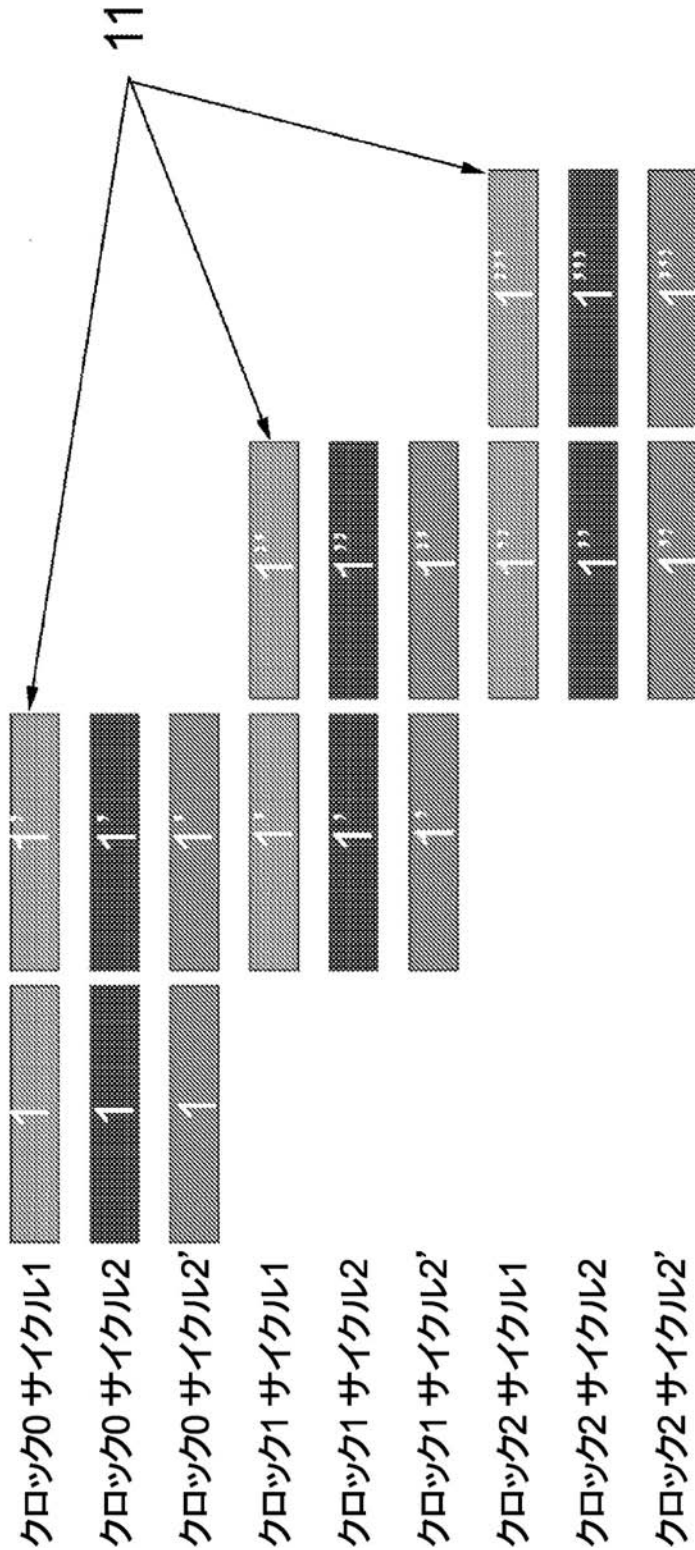
【図 3 a】



【図 3 b】



【 図 4 】



【 手続 補正書 】

【 提出日 】 平成22年3月16日 (2010.3.16)

【 手続 補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

いくつかの試験サイクルからなり、前記各試験サイクルはいくつかの超音波振動子(2)による試験片(7)への少なくとも1つの超音波パルスの送信と、前記超音波振動子(2)または任意でさらなる超音波振動子(2)による、前記試験片(7)を通過する少なくとも1つの超音波パルスの受信とを含み、いくつかの前記超音波振動子(2)は、それぞれ正確に位相制御可能であり、少なくとも1つのフェイズドアレイ(1)を形成し、前記試験片(7)および少なくとも1つのフェイズドアレイ(1)の間の回転または移動といった相対運動が実行され、少なくとも1つの第1試験サイクルからなり、前記第1試験サイクルにおいて、送信の間、少なくとも1つの前記フェイズドアレイ(1)の位相制御可能な前記超音波振動子(2)が、前記試験片(7)の背面エコーが受信の際に該フェイズドアレイで捕捉されるように制御され、少なくとも1つの第2試験サイクルからなり、前記第2試験サイクルにおいて、送信の間、同じ少なくとも1つの前記フェイズドアレイ(1)の位相制御可能な前記超音波振動子(2)が、前記試験片(7)に送信される超音波パルスの主伝搬方向(8, 8')が前記第1試験サイクルの主伝搬方向とは異なるように制御されることを特徴とする試験片(7)の超音波非破壊検査方法。

【請求項2】

前記第1試験サイクルにおいて、送信された超音波パルスの主伝搬方向が、前記各フェイズドアレイ(2)に面する前記試験片(7)に垂直に方向付けられることを特徴とする請求項1に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項3】

異なる主伝搬方向  $a_2$ ,  $a_2'$ , ... を有するいくつかの前記第2試験サイクルからなることを特徴とする請求項1または2に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項4】

前記第2試験サイクルで異なる主伝搬方向を得るために、いくつかの隣接するフェイズドアレイ(1, 1', 1''')が同時に送信することを特徴とする請求項3に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項5】

前記第2試験サイクルの1つにおいて、少なくとも2つの隣接するフェイズドアレイ(1, 1', 1''')が同じ位相制御の下で同時に送信することを特徴とする請求項4に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項6】

前記試験片(7)としてのパイプまたは棒の長手方向表面に沿って配置されるいくつかのフェイズドアレイ(1...1<sup>n</sup>)によって前記パイプまたは棒を検査し、1つの前記第1試験サイクルおよび少なくとも1つの第2試験サイクルが、それぞれ少なくとも1つのフェイズドアレイ(1...1<sup>n</sup>)によってクロックシーケンスで実行されることを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項7】

前記第1試験サイクルおよび少なくとも1つの第2試験サイクル、好ましくはいくつかの第2試験サイクルが、各場合において、前記クロックシーケンスの各クロックサイクルで、少なくとも2つの隣接するフェイズドアレイの同数のグループで実行されることを特徴とする請求項6に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項8】

少なくとも2つの隣接するフェイズドアレイ(1, ..., 1<sub>4</sub>)の音場が、前記クロックシーケンスの2つの連続するクロックサイクルにおける第1試験サイクル、且つ/または、第2試験サイクルで空間的に重なり合うことを特徴とする請求項7に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項9】

前記棒またはパイプが、フェイズドアレイ(1, ..., 1<sub>4</sub>)に対して前へ送られて回転させられ、長手方向に移動された前記棒またはパイプの長手方向部分が、1つのフェイズドアレイまたはいくつかのフェイズドアレイの異なる円周方向位置で、移動方向付近の少なくとも1つの前記フェイズドアレイ(1, ..., 1<sub>4</sub>)または隣接するグループ

によって前記各クロックサイクルで前記クロックサイクルが検査されるように選択されることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の超音波非破壊検査方法。

【請求項 10】

少なくとも 1 つのフェイズドアレイ (1) を形成し、正確に位相制御可能であるいくつかの超音波振動子 (2) と、試験片 (7) および少なくとも 1 つの前記フェイズドアレイ (1) の間の相対運動手段と、いくつかの試験サイクルを実行して評価する制御および評価ユニットとからなり、これらがいくつかの超音波振動子 (2) による前記試験片 (7) への少なくとも 1 つの超音波パルスの送信と、前記超音波振動子 (2) または任意でさらなる超音波振動子 (2) による、前記試験片 (7) を通過する少なくとも 1 つの超音波パルスの受信とを含み、前記制御および評価ユニットは、少なくとも 1 つの第 1 試験サイクルにおいて、正確に位相制御可能な少なくとも 1 つの前記フェイズドアレイ (1) の前記超音波振動子 (2) が、超音波パルスの送信の間、前記試験片 (7) の背面エコーが受信の際に送信用の各フェイズドアレイによって捕捉されるように制御され、少なくとも 1 つの第 2 試験サイクルにおいて、同じ少なくとも 1 つのフェイズドアレイ (1) の位相制御可能な前記超音波振動子 (2) が、送信の間、前記試験片 (7) に送信される超音波パルスの主伝搬方向 (8, 8') が前記第 1 試験サイクルの主伝搬方向とは異なるような制御を実現するように設計されることを特徴とする試験片 (7) の超音波非破壊検査装置。

【請求項 11】

前記試験片 (7) としてパイプまたは棒の検査に使用されることを特徴とする請求項 10 に記載の超音波非破壊検査装置。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2009/057082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01N29/26		
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 G10K		
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, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2006 010010 A1 (INTELLIGENDT SYSTEMS & SERVICE [DE]) 6 September 2007 (2007-09-06) abstract paragraphs [0008], [0024] - [0028]; figure 5	1-13
X	KOMURA I ET AL: "Crack detection and sizing technique by ultrasonic and electromagnetic methods" NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN, AMSTERDAM, NL, vol. 206, no. 2-3, 1 June 2001 (2001-06-01), pages 351-362, XP002485128 ISSN: 0029-5493 page 352, left-hand column, last paragraph - page 354, left-hand column, paragraph 1; figures 2,3,6	1-13
<input 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 *B* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  18 August 2009		Date of mailing of the international search report  25/08/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5616 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Filipas, Alin

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2009/057082

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102006010010 A1	06-09-2007	EP 1830185 A1	05-09-2007
		US 2007227249 A1	04-10-2007



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/057082

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G01N29/26		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N G10K		
Recherchiertes, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 010010 A1 (INTELLIGENT SYSTEMS & SERVICE [DE]) 6. September 2007 (2007-09-06) Zusammenfassung Absätze [0008], [0024] - [0028]; Abbildung 5	1-13
X	KOMURA I ET AL: "Crack detection and sizing technique by ultrasonic and electromagnetic methods" NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN, AMSTERDAM, NL, Bd. 206, Nr. 2-3; 1. Juni 2001 (2001-06-01), Seiten 351-362, XP002485128 ISSN: 0029-5493 Seite 352, linke Spalte, letzter Absatz - Seite 354, linke Spalte, Absatz 1; Abbildungen 2,3,6	1-13
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche		Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts
18. August 2009		25/08/2009
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 6918 Patentan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Fillipas, Alin

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/057082

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006010010 A1	06-09-2007	EP 1830185 A1	05-09-2007
		US 2007227249 A1	04-10-2007

## 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, 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, 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 オベルデヨルファー, ヨーク  
ドイツ, 5 0 9 3 7 ケルン, ダウナー シュトラーセ 2 4

(72)発明者 フォルター, ステファン  
ドイツ, 5 2 1 5 2 シメラス, イン デン クーレン

(72)発明者 セムラー, ウルリッヒ  
ドイツ, 5 0 3 2 1 ブリュール, ローミューレ 3 6

(72)発明者 シュレーダー, オラフ  
ドイツ, 5 0 8 2 5 ケルン, マリエンストル. 2 8

Fターム(参考) 2G047 AA06 AA08 AB01 BA03 BC03 BC07 CA01 DB02 GB02 GB17  
GF06 GF17

## 【要約の続き】

明はさらにそれらの関連装置および使用に関する。

## 【選択図】図1