

(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2018-513976  
(P2018-513976A)

(43) 公表日 平成30年5月31日(2018.5.31)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 29/26 (2006.01)	GO 1 N 29/26	2 GO 4 7
GO 1 N 29/28 (2006.01)	GO 1 N 29/28	
GO 1 N 29/38 (2006.01)	GO 1 N 29/38	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-552932 (P2017-552932)  
 (86) (22) 出願日 平成28年4月6日 (2016.4.6)  
 (85) 翻訳文提出日 平成29年12月5日 (2017.12.5)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/026208  
 (87) 国際公開番号 W02016/164457  
 (87) 国際公開日 平成28年10月13日 (2016.10.13)  
 (31) 優先権主張番号 62/144, 118  
 (32) 優先日 平成27年4月7日 (2015.4.7)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 512237268  
 エジソン・ウェルディング・インスティテュート、インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国オハイオ州43221, コロンバス, アーサー・イースト・アダムス・ドライブ 1250  
 (74) 代理人 100169904  
 弁理士 村井 康司  
 (74) 代理人 100175617  
 弁理士 三崎 正輝  
 (72) 発明者 ロジャー スペンサー  
 アメリカ合衆国, オハイオ州 43103, アッシュヴィル, クラフト ドライブ 115

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー溶接部の検査用のフェーズドアレイシステム

(57) 【要約】

プローブの一端においてアレイとして構成された複数の超音波トランスデューサ素子であって、トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るべく動作自在であり、トランスデューサ素子は、別個のサブグループとして更に構成され、且つ、それぞれのサブグループは、その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて起動される、トランスデューサ素子、並びに、試験条件の下にあるレーザー溶接部内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、プローブがレーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、プローブの端部上において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及びメンブレインと超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ材料を更に含む材料の組合せを含む少なくとも1つのフェーズドアレイプローブを含むレーザー溶接部を非破壊的に特徴づけるシステムである。

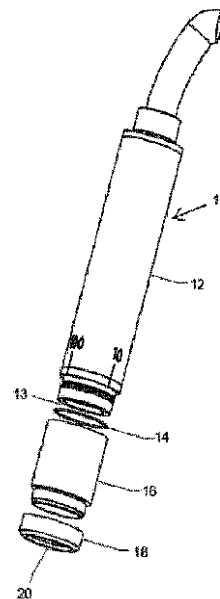


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

レーザー溶接部を非破壊的に特徴づけるシステムであって、

(a) 少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブであって、

(i) 前記プローブの一端においてアレイとして構成された複数の超音波トランスデューサ素子であって、

a) 前記トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るべく、動作自在であり、

b) 前記トランスデューサ素子は、別個のサブグループとして更に構成され、且つ、それぞれのサブグループは、前記その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて、起動されうる、超音波トランスデューサ素子、及び、

(ii) 試験条件の下にあるレーザー溶接部内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、前記プローブが前記レーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、前記プローブの前記端部において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及び前記メンブレインと前記超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ又は中実音響遅延材料を更に含む材料の組合せ、を含むフェーズドアレイプローブと、

(b) 前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブとの通信状態にあるデータプロセッサであって、前記プローブから受信されたデータを処理し、且つ、特徴づけられたレーザー溶接部の色分けされた超音波 C スキャン画像を生成する少なくとも 1 つの撮像アルゴリズムを含むソフトウェアを含むデータプロセッサと、  
を有するシステム。

**【請求項 2】**

前記超音波トランスデューサ素子のアレイは、線形の形状を有する一次元アレイとして構成されている請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 3】**

前記超音波トランスデューサ素子のアレイは、湾曲した形状を有する三次元アレイとして構成されている請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 4】**

前記アレイ内のトランスデューサ素子の数は、100 個であり、且つ、前記トランスデューサ素子は、 $3 \times 3$  又は  $5 \times 2$  個の素子のサブグループとして 1 つにグループ化されている請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 5】**

前記その他のサブグループとは独立的に、且つ、前記サブグループ内のそれぞれのトランスデューサ素子ごとに異なる時間インターバルにおいて、それぞれのサブグループを起動するステップは、信号合焦及び操向能力を前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブに対して提供する請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 6】**

前記システムは、ハンドヘルド携帯型システムとして構成されている請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 7】**

前記システムは、自動化されたシステムとして構成されている請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 8】**

前記システムは、前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブを保持するべくロボット又はその他の機械的なアクチュエータ上において取り付けられるように適合された取付具を含む請求項 7 に記載のシステム。

**【請求項 9】**

前記ロボット又はその他の機械的なアクチュエータは、既定の位置の範囲を通じて前記プローブを運動させるべく動作自在であり、且つ、前記既定の位置の範囲は、特徴づけら

10

20

30

40

50

れる溶接部の高完全性スキヤンの生成を促進するべく動作自在である請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記取付具は、スライドを含み、且つ、前記スライドは、溶接された部分の形状及び場所の変動を受け入れるコンプライアンスを提供し、且つ、前記コンプライアンスは、前記プローブが、既定の変位の範囲に跨って一定である既定の力により、検査対象の溶接部の表面に適用されることを許容する請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 11】

レーザー溶接部を非破壊的に特徴づけるシステムであって、  
 (a) 少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブであって、  
 (i) 前記プローブの一端においてアレイとして構成された 100 個のトランスデューサ素子であって、

a) 前記トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るべく動作自在であり、

b) 前記トランスデューサ素子は、 $3 \times 3$  又は  $5 \times 2$  個のトランスデューサ素子の別個のサブグループとして更に構成され、且つ、

c) それぞれのサブグループは、その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて、起動されうる、トランスデューサ素子、及び

(ii) 試験条件の下にある前記レーザー溶接部内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、前記プローブが前記レーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、前記プローブの前記端部上において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及び前記メンブレインと前記超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ又は中実音響遅延材料を更に有する材料の組合せ、

を含むフェーズドアレイプローブと、

(b) 前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブとの通信状態にあるデータプロセッサであって、前記プローブから受信されたデータを処理し、且つ、特徴づけられたレーザー溶接部の色分けされた超音波 C スキヤン画像を生成する少なくとも 1 つの撮像アルゴリズムを含むソフトウェアを含むデータプロセッサと、

を有するシステム。

【請求項 12】

前記超音波トランスデューサ素子のアレイは、湾曲した形状を有する三次元アレイとして構成されている請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記その他のサブグループとは独立的に、且つ、前記サブグループ内のそれぞれのトランスデューサ素子ごとに異なる時間インターバルにおいて、それぞれのサブグループを起動するステップは、信号合焦及び操向能力を前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブに対して提供する請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記システムは、ハンドヘルド携帯型システムとして構成されている請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記システムは、自動化されたシステムとして構成されている請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記システムは、前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブを保持するべくロボット又はその他の機械的なアクチュエータ上において取り付けられるように適合された取付具を含む請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記ロボット又はその他の機械的なアクチュエータは、既定の位置の範囲を通じて前記

10

20

30

40

50

プローブを運動させるべく動作自在であり、且つ、前記既定の位置の範囲は、特徴づけられる溶接部の高完全性スキンの生成を促進するべく動作自在である請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記取付具は、スライドを含み、且つ、前記スライドは、溶接された部分の形状及び場所の変化を受け入れるコンプライアンスを提供し、且つ、前記コンプライアンスは、前記プローブが、既定の変位の範囲に跨って一定である既定の力により、検査対象である溶接部表面に適用されることを許容する請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 19】

レーザー溶接部を非破壊的に特徴づける自動化されたシステムであって、

10

(a) 少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブであって、

(i) 前記プローブの一端においてアレイとして構成された 100 個のトランスデューサ素子であって、

a) 前記トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るべく動作自在であり、

b) 前記トランスデューサ素子は、 $3 \times 3$  又は  $5 \times 2$  個のトランスデューサ素子の別個のサブグループとして更に構成され、且つ、

c) それぞれのサブグループは、前記その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて、起動されうる、トランスデューサ素子と、

ii) 試験条件の下にあるレーザー溶接部内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、前記プローブが前記レーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、前記プローブの前記端部上において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及び前記メンブレインと前記超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ又は中実音響遅延材料を更に有する材料の組合せと、

20

を含むフェーズドアレイプローブと、

(b) 前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブとの通信状態にあるデータプロセッサであって、前記プローブから受け取ったデータを処理し、且つ、特徴づけられたレーザー溶接部の色分けされた超音波 C スキャン画像を生成する少なくとも 1 つの撮像アルゴリズムを含むソフトウェアを含むデータプロセッサと、

30

(c) 前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブを保持するべくロボット又はその他の機械的なアクチュエータ上において取り付けられるように適合された取付具であって、前記取付具は、スライドを含み、前記スライドは、溶接された部分の形状及び場所の変動を受け入れるコンプライアンスを提供し、且つ、前記コンプライアンスは、前記プローブが、既定の変位の範囲に跨って一定である既定の力により、検査対象の溶接部表面に適用されることを許容する、取付具と、

を有するシステム。

【請求項 20】

前記超音波トランスデューサ素子のアレイは、湾曲した形状を有する三次元アレイとして構成されている請求項 19 に記載のシステム。

40

【請求項 21】

前記その他のサブグループとは独立的に、且つ、前記サブグループ内のそれぞれのトランスデューサ素子ごとに異なる時間インターバルにおいて、それぞれのサブグループを起動するステップは、信号合焦又は操向能力を前記少なくとも 1 つのフェーズドアレイプローブに対して提供する請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記ロボット又はその他の機械的なアクチュエータは、既定の位置の範囲を通じて前記プローブを運動させるべく動作自在であり、且つ、前記既定の位置の範囲は、特徴づけられる溶接部の高完全性スキンの生成を促進するべく動作自在である請求項 19 に記載のシステム。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

## 関連出願の相互参照

本特許出願は、2015年4月7日付けで出願されると共に「Matrix Phased Array System for Inspection of Laser Welds」という名称を有する米国仮特許出願第62/144,118号明細書の利益を主張するものであり、この特許文献の開示は、引用により、そのすべてが本明細書に含まれ、且つ、すべての目的のために、本米国実用特許出願の一部を構成する。

## 【0002】

本発明は、一般に、産業的な製造プロセスの成果を評価する際に使用される検査システム及び装置に関し、且つ、更に詳しくは、レーザービーム溶接によって生成される溶接部の品質を評価する非破壊検査又は評価システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0003】

レーザービーム溶接は、1つ又は複数のレーザーを使用して複数の金属片を結合する溶接技法である。レーザービームは、高溶接速度における狭くて深い溶接部の生成を許容する濃縮熱源を提供する。レーザー溶接プロセスは、しばしば、大量生産用途において使用されている。電子ビーム溶接と同様に、レーザービーム溶接は、高パワー密度(1MW/cm<sup>2</sup>のレベル)を有しており、その結果、熱の影響を受ける部分が小さくなるのみならず、加熱及び冷却速度も大きくなる。このプロセスにおいて使用されるレーザーのスポットサイズは、通常、0.2mm~13mmの範囲であるが、溶接には、相対的に小さなサイズのみが使用されている。浸透の深さは、供給されるパワーの量に比例するが、レーザーの焦点の場所にも依存している。溶接部の浸透は、焦点が被加工物の表面のわずかに下方に位置している際に最大となる。用途に応じて、連続的な又はパルス化されたレーザービームを使用することができる。通常、カミソリの刃などの薄い材料を溶接するには、ミリ秒の長さのパルスが使用されており、深い溶接部の場合には、連続レーザーシステムが利用される。

## 【0004】

レーザービーム溶接は、炭素鋼、HSLA鋼、ステンレス鋼、アルミニウム、及びチタニウムを溶接する能力を有する多様なプロセスである。結果的に得られる溶接部の品質は、電子ビーム溶接のものと同様に、良好であり、且つ、溶接の速度は、供給されるパワーの量に比例するが、被加工物のタイプ及び厚さにも依存している。ガスレーザーは、その高パワー能力に起因して、特に大量生産用途に適している。レーザービーム溶接は、特に自動車産業において有力である。但し、高炭素鋼を溶接する際には、高冷却速度に起因して、ひび割れが懸念事項であり、且つ、レーザービーム溶接によって生成される溶接部は、しばしば、溶接部の完全性について評価しなければならない。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

音響法は、一般に使用されている様々な検査用途のための非破壊的検査方法である。その他の非破壊的試験方法とは異なり、音響法は、評価対象の溶接部との関係において、表面情報と内部情報の両方を提供する。更には、音響法は、試料内への相対的に深い浸透と、溶接結合部内における小さな不連続性に対する相対的に高い感度と、を許容している。但し、音響法は、特定の制限事項を有している。最も重要な制限事項は、試験装置を使用し、且つ、音響データを分析するための熟練の操作者の要件のみならず、不十分な接合及び障害を有する溶接結合部の識別における非常に主観的な特性を含む。従って、超音波による非破壊評価(NDE: Non Destructive Evaluation)の分野は、熟練した操作者及び試験データの主観的な解釈の関与を除去する方式によって不良品質の結合部を識別する信頼性の高いプロセス又は技法を必要としている。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

以下は、本発明の特定の例示用の実施形態の概要を提供している。この概要は、広範な大要ではなく、且つ、本発明の主要な又は重要な態様又は素子の識別又はその範囲の線引きを意図したものではない。

## 【0007】

本発明の一態様によれば、レーザー溶接部を非破壊的に特徴づける第1システムが提供される。第1システムは、プローブの一端においてアレイとして構成された複数の超音波トランスデューサ素子であって、トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るように動作自在であり、トランスデューサ素子は、別個のサブグループとして更に構成され、且つ、それぞれのサブグループは、その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて、起動されうる、超音波トランスデューサ素子、並びに、試験条件の下にあるレーザー溶接物内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、プローブがレーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、プローブの端部上において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及びメンブレインと超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ又は中実音響遅延材料を更に含む材料の組合せを含む少なくとも1つのフェーズドアレイプローブと、少なくとも1つのフェーズドアレイプローブとの通信状態にあるデータプロセッサであって、プローブから受け取ったデータを処理し、且つ、特徴づけられたレーザー溶接部の色分けされた超音波Cスキャン画像を生成する少なくとも1つの撮像アルゴリズムを含むソフトウェアを含むデータプロセッサと、を含む。

10

20

## 【0008】

本発明の別の態様によれば、レーザー溶接部を非破壊的に特徴づける第2システムが提供される。この第2システムは、プローブの一端においてアレイとして構成された100個のトランスデューサ素子であって、トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るべく動作自在であり、トランスデューサ素子は、3×3又は5×2個のトランスデューサ素子の別個のサブグループとして更に構成され、且つ、それぞれのサブグループは、その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて、起動されうる、トランスデューサ素子、並びに、(i i)試験条件の下にあるレーザー溶接部内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、プローブがレーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、プローブの端部上において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及びメンブレインと超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ又は中実音響遅延材料を更に含む材料の組合せを含む少なくとも1つのフェーズドアレイプローブと、少なくとも1つのフェーズドアレイプローブとの通信状態にあるデータプロセッサであって、プローブから受け取ったデータを処理し、且つ、特徴づけられたレーザー溶接部の色分けされた超音波Cスキャン画像を生成する少なくとも1つの撮像アルゴリズムを含むソフトウェアを含むデータプロセッサと、を含む。

30

## 【0009】

本発明の更に別の態様においては、レーザー溶接部を非破壊的に特徴づける第3システムが提供される。この第3システムは、プローブの一端においてアレイとして構成された100個のトランスデューサアレイ素子であって、トランスデューサ素子は、超音波信号を生成するのみならず、その反射を受け取るべく動作自在であり、トランスデューサ素子は、3×3又は5×2個のトランスデューサ素子の別個のサブグループとして更に構成され、且つ、それぞれのサブグループは、その他のサブグループとは独立的に、且つ、異なる時間インターバルにおいて、起動されうる、トランスデューサ素子、並びに、試験条件の下にあるレーザー溶接部内への音響エネルギーの直接的な転送を可能にしつつ、プローブがレーザー溶接部の凹凸を有する表面に準拠することを許容する材料の組合せであって、プローブの端部上において取り付けられた曲がりやすいメンブレイン及びメンブレイン

40

50

と超音波トランスデューサ素子のアレイの間に配設された流体が充填されたチャンバ又は中実音響遅延材料を更に含む材料の組合せを含む少なくとも1つのフェーズドアレイプローブと、少なくとも1つのフェーズドアレイプローブとの通信状態にあるデータプロセッサであって、プローブから受け取ったデータを処理し、且つ、特徴づけられたレーザー溶接部の色分けされた超音波Cスキャン画像を生成する少なくとも1つの撮像アルゴリズムを含むソフトウェアを含むデータプロセッサと、少なくとも1つのフェーズドアレイプローブを保持するべくロボット又はその他の機械的なアクチュエータ上において取り付けられるように適合された取付具であって、取付具は、スライドを含み、スライドは、溶接された部分の形状及び場所の変動を受け入れるコンプライアンスを提供し、且つ、コンプライアンスは、既定の変位の範囲に跨って一定である既定の力により、プローブが検査対象の溶接部表面に適用されることを許容する、取付具と、を含む。

10

【0010】

本発明の更なる特徴及び態様については、例示用の実施形態に関する以下の詳細な説明を参照及び理解した際に、当業者に明らかとなろう。当業者には理解されるように、本発明の範囲及び精神を逸脱することなしに、本発明の更なる実施形態が可能である。従って、図面及び関連する説明は、その特性が、限定ではなく、例示を目的としているものと見なされたい。

【0011】

本明細書に包含されると共にその一部分を形成する添付図面は、本発明の1つ又は複数の例示用の実施形態を概略的に示しており、且つ、以上の概略的な説明及び以下の詳細な説明と共に、本発明の原理を説明するべく機能する。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の例示用の一実施形態による超音波プローブの分解斜視図を提供する。

【図2】図1のプローブの一端においてアレイとして構成された複数の超音波トランスデューサ素子の概略図であり、この場合に、超音波トランスデューサ素子の既定のグループは、既定の方式により、互いとの組合せにおいて動作している。

【図3】本発明のシステム及び装置によって非破壊的に評価されているレーザー溶接部を含む製造された部品の写真であり、この場合には、本発明のシステムの視覚的出力の例示を目的として、分析対象の溶接部のエリアのCスキャンが、写真上においてオーバーレイされている。

30

【図4】レーザー溶接部が評価されている際に本発明のシステム及び装置によって生成されるCスキャンの画像キャプチャであり、且つ、この場合には、可視状態にあるエリアの全体が、部品の溶接された領域を表し、且つ、通常は赤色で提示される中央の斜めのセクションが、実際のレーザー溶接部を表している。

【図5】本発明のシステム及び装置による評価に適したレーザー溶接部の外観を示す写真を提供する。

【図6】本発明のシステム及び装置による評価に適したレーザー溶接部の外観を示す更なる写真を提供する。

【図7】本発明の例示用の一実施形態によるレーザー溶接部を非破壊的に特徴づける携帯型システムの正面斜視図である。

40

【図8】図7のシステムの基本機能のブロックダイアグラムである。

【図9】本発明のシステムの自動化されたバージョンがスキャン判断の既定の基準の評価に基づいて更なる動作を許容する方式を示すフローチャートを提供する。

【図10】本発明の例示用の自動化された一実施形態のプローブを保持する取付具コンポーネントの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図を参照し、本発明の例示用の実施形態について説明する。以下の詳細な説明は、例示を目的として、多数の詳細事項を含んでいるが、当業者は、以下の詳細事項に対す

50

る多数の変更及び変形は、本発明の範囲に含まれることを理解するであろう。従って、本発明の以下の実施形態は、特許請求されている本発明に対する一般性のなんらの損失を伴うことなしに、且つ、これに対して制限を課すことなしに、記述されるものである。

#### 【0014】

本出願は、引用により、すべての目的のために、米国特許出願第12/186,047号明細書(米国特許第8,215,173号明細書)、米国特許出願第13/468,502号明細書(米国特許第9,063,059号明細書)、及び米国特許出願第14/183,643号明細書(米国特許第9,037,419号明細書)のすべてを包含する。本明細書において使用されている用語との関係において、本発明は、第1及び第2被加工物又は金属の上部及び下部シートの間におけるレーザー溶接部の完全性を分析するのに有用であると記述されている。但し、本発明は、材料、構成、又は被加工物の数とは無関係に、すべての溶接部に対して適用可能である。従って、本開示は、一般に、レーザー溶接部を参照しているが、当業者は、本発明が、接着剤の分野においてキス接合(kissing bond)又は弱い接合としばしば呼称される、結合部のスタック部分(stuck portion)を検出していることを理解するであろう。又、本発明は、金属及び非金属に対して同様に適用可能であり、且つ、レーザー溶接に限定されるものではなく、且つ、いくつかの実施形態は、中実状態の溶接部、蝟付けされた結合部、及びはんだ付けされた結合部を検査するべく使用されてもよい。従って、本方法は、レーザー溶接部の自動化された分析において特定の用途を有するが、連続的な接合を評価するべく使用されてもよい。

10

20

#### 【0015】

スタック溶接部(stuck weld)又はスタック結合部(stuck joint)は、溶接境界面における局所的な溶解によって被加工物(例えば、シート金属片)が1つに保持されてはいるものの、溶接プロセスの結果として、受け入れ可能な溶接部が形成されてはいない際に、発生する。スタック溶接部は、通常、受け入れ可能な溶接部を生成するには不十分である溶接境界面における熱の結果としてもたらされる。適切に形成された溶接部が存在していない状態においては、金属のシートの間の特定の接触点において溶解が発生しうる。被覆された材料が存在する場合には、被覆が溶解すると共に再凍結し、これにより、事実上、これらの部分を1つにはんだ付けしうる。この結果得られる接合は、多くの場合に、軽負荷下において被加工物を1つに保持するには、十分強力ではあるものの、適正な力によって引き剥されることになる。溶接部の完全性を分析するべく、超音波試験が使用された場合に、送信された超音波ビーム(即ち、音波)は、溶解が発生していない場合には、シート間の境界面を通過しない。スタック溶接部が発生し、その結果、溶解がもたらされた場合には、送信された超音波ビームは、シート境界面を部分的に通過することになる。溶接部が適切に形成されている場合には、送信された超音波ビームは、シート境界面を完全に通過することになる。

30

#### 【0016】

フェーズドアレイ超音波試験(PAUT: Phased Array Ultrasonic Testing)は、欠陥検出、サイズ設定、及び撮像のために使用することができる。PAUT技術は、音響プローブの特性を電子的に変更する能力を含む。プローブの変更は、アレイプローブの個々の素子に送信される信号(パルス)及びそれから受信される信号(エコー)において時間シフトを導入することにより、実行される。非破壊的評価を目的として超音波データを収集及び表示するための3つの共通フォーマットが、Aスキャン、Bスキャン、及びCスキャン提示である。それぞれの提示モードは、検査対象の材料の領域を視覚化及び評価するための手段を提供している。Aスキャンは、従来の超音波欠陥検出器及び波形表示隙間ゲージによって一般に提供されているように、超音波信号の時間及び振幅を示す単純なRF波形提示である。Aスキャンは、振幅変調スキャンであり、且つ、パルスエコー超音波計測に一般に適用されているように、水平方向及び垂直方向の掃引が、それぞれ、時間又は距離、並びに、振幅又は大きさ、に比例している。従って、トランスデューサの下方の深さについて、音響境界面の場所及び大きさが通知される

40

50



。受け取られたエネルギーの相対量が、垂直方向軸に沿ってプロットされ、且つ、経過した時間（これは、材料内における音響エネルギーの移動時間に関係する）が水平方向軸に沿って表示される。A スキャン表示を利用している大部分のインストルメントにおいては、その自然な高周波の形態（RF）において、十分に整流されたRF信号として又はRF信号の正又は負の半体として、信号を表示することができる。A スキャン提示においては、未知の反射器から得られた信号の振幅を既知の反射器からのものと比較することにより、相対的な不連続性のサイズを推定することができる。反射器の深さは、水平方向の掃引における信号の位置により、判定することができる。本発明においては、フェーズドアレイシステムからのC スキャンは、二次元アレイを使用してx軸及びy軸の電子的スキャンを生成するステップを伴っている。信号の振幅又は深さのデータは、対象のゲート処理されている領域内において収集される。データは、プログラミングされたビームアパーチャを使用することにより、それぞれの焦点基準（focal law）の進捗に伴ってプロットされる。線形又はマトリックスフェーズドアレイプローブを利用することにより、ビームの操向を複数の方向において実現することができる。

#### 【0017】

本発明は、レーザー溶接プロセスの品質管理の一部分としての、レーザー溶接部の工場内における破壊的な試験を低減し、これにより、時間及び費用を節約する。又、この技術は、疑わしい不適合なレーザー溶接部に対する現場における試験をも提供する。適切なアルゴリズム及び信号処理が本発明の重要な態様である。本発明の視覚化コンポーネントとの関連において、素子から素子にプローブアレイ内において移動した際に、画像が変化することになり、従って、本発明は、既定の方式によって色を割り当てる1つ又は複数のアルゴリズムを含む。プローブコンポーネントとの関連において、レーザープローブは、曲がりやすいメンブレインを含んではいないプローブとの比較において、プローブと評価対象の部分の間における音響的結合を改善する、相対的にフラットな、但し、曲がりやすい、メンブレインを含む、2次元プローブであってもよい。その他の実施形態においては、1次元の線形プローブ又は3次元の湾曲したプローブが使用されている。プローブの設計は、通常、本体又は柱状ハウジング、水柱、及びレーザー溶接部の滑らかではない表面を受け入れると共にプローブが分析対象の部分上において前後に揺動することを防止する曲がりやすいメンブレインを含む。本発明のプローブコンポーネントのミッドチューブ部分（図1を参照されたい）は、米国特許出願第13/468,502号明細書（米国特許第9,063,059号明細書）及び米国特許出願第14/183,643号明細書（米国特許第9,037,419号明細書）に記述されているプローブの物理的な長さのほぼ半分である。

#### 【0018】

図1は、本発明の例示用の一実施形態による超音波プローブの分解斜視図を提供しており、この場合には、プローブ10は、上部部分12と、トランスデューサアレイ13と、リング14と、ミッドチューブ部分16と、プローブキャップ18と、曲がりやすいメンブレイン20と、を含む。図2は、図1のプローブの一端においてアレイとして構成された複数の超音波トランスデューサ素子の概略図であり、この場合には、超音波トランスデューサ素子の既定のグループが、既定の方式により、互いとの組合せにおいて動作している。例示用の一実施形態においては、レーザー溶接部評価システムは、相対的に小さな超音波ビームを生成して、重ね溶接部内の2つの金属シートの溶解における溶接部の幅を判定するべく、64個から100個（10×10）の超音波トランスデューサ素子に拡張されると共に、それぞれの超音波トランスデューサ素子のピッチが低減されており、この場合に、金属の上部シートは、通常、下部シートよりも薄い（図5及び図6を参照されたい）。この実施形態においては、プローブ素子は、グループ化されており、且つ、抵抗スポット溶接部又はその他の溶接部タイプの評価において単一の素子を起動しているのとは対照的に、レーザー溶接部を評価するべく、8～10個の素子が一度に起動されている。いくつかの実施形態においては、3×3又は5×2個の素子のグループ化は、レーザー溶接部の相対的に薄いエリア内への下方への超音波ビームの電子的な合焦を許容している。

10

20

30

40

50

単一素子の超音波ビームは、発散することになり、これが、フェーズドアレイの重要な側面である。本発明においては、素子は、グループ化されており、且つ、グループのそれぞれの素子は、一度に1つの素子だけ、インデクシングされる。次いで、素子のグループが起動され、且つ、読取値が取得される。アパーチャの全体がインデクシングされ、且つ、すべての素子の蓄積が実現される時点まで、更なるインデクシングが実行される。図3は、本発明のシステム及び装置によって評価されているレーザー溶接部を含む部品の写真であり、この場合には、特許請求されているシステムの視覚的出力を示すことを目的として、溶接部のエリアのCスキャンが、写真上においてオーバーレイされている。図4は、レーザー溶接部が評価されている際に本発明のシステム及び装置によって生成されるCスキャンの画面キャプチャであり、且つ、この場合には、可視状態にあるエリアの全体は、部品の溶接された領域を表し、且つ、通常は赤色で提示される中央の斜めのセクションは、実際のレーザー溶接部を表している。中央の斜めの領域の外側のエリアは、通常、青色で提示され、且つ、赤色及び青色領域は、溶接されたエリアの全体を一緒に表している。本発明は、約1mmという公称的な境界溶接部幅を有する重ね結合レーザー溶接部における試験に成功した。又、炭素鋼シート材料の2つのシート積層体についても、試験を実施した。通常は、32チャンネルボードが使用され、且つ、溶接部の幅のソフトウェア計測は、迅速で反復可能な結果を提供している。

10

20

30

40

50

#### 【0019】

又、本発明は、検査対象の表面に対して垂直に超音波プローブ10を保持する際に操作者を支援するシステム及び方法をも提供している。分析対象の溶接部の両側における個々の素子又は素子のグループからの信号時間が監視され、且つ、これらの素子が、ほぼ等しい時間を検出した際に、システムは、超音波プローブが分析対象の表面に対して垂直であるものと判定する。この結果、この態様は、本発明の自動キャプチャ機能をもたらす。レーザー溶接部の検査は、基本的に、溶接部の幅の検査である。溶接部の長さは、不確定状態にあり、且つ、理論的には、無限の寸法を有しうる。プローブを移動させることにより、システムは、未定義の長さを有する溶接部の長さに沿って検査し、且つ、その幅を判定する。

#### 【0020】

本発明の様々な実施形態においては、超音波信号の送信を導くと共にそれらからの応答を合計及び受信するべく、コンピュータ化されたコントローラが音響プローブ及びトランスデューサ素子に結合されている。コントローラは、(i)音響信号を生成及び取得し、(ii)それぞれの素子のグループ分けごとにレーザー溶接部の表面を検出し、(iii)表面プロファイル及びプローブの向きの差について補正するように、インストルメントのゲート処理を調節し、(iv)接合されていないエリア及び良好な接合を有するエリアから反射された応答の間の信号振幅比を計測し、(v)応答のサブセットをレーザー溶接部と関連した接合されていないエリアから反射されたものとして認識し、且つ、サブセットを応答の残りの部分から分離し、(vi)非層間剥離寸法の範囲を計測し、且つ、(vii)レーザー溶接部の非層間剥離の二次元の色分けされた画像を提示するべく、動作自在である。要すれば、本発明の別個の利点のいくつかは、(i)超音波トランスデューサ素子のアレイを有する1、2、又は3次元マトリックスプローブ、(ii)超音波ビームの合焦及び操向能力を形成するためのサブ素子のグループ内における位相遅延、(iii)適合可能な超音波プローブメンブレイン(減衰の補正を必要としない)、及び(iv)望ましくない音響反射をフィルタリングによって除去するべく電子ゲートを利用する撮像プロセスを含む。

#### 【0021】

図7及び図8を参照すれば、例示用の一実施形態において、本発明は、レーザー溶接された結合部を含む部品及びコンポーネントの破壊的な試験に対する必要性を低減又は除去する、完全に統合された、携帯型の(即ち、ハンドヘルド型の)、電池で動作する、非破壊検査システムとして組み立てられている。このユニットは、装置が、費用効率に優れ、且つ、生産ラインにおいて使用されるべく携帯型となるように、原価が相対的に安く、サ

イズが相対的に小さく、且つ、電池で動作する能力を有する、超音波フェーズドアレイ回路を含む。従って、このシステムは、大幅な費用の節約及び高度な効率性を伴って、溶接された製品の完全性をチェックするツールとして使用することができる。「E W I S p o t S i g h t (登録商標)」と呼称されうる、このシステムは、リアルタイムフィードバックを提供しつつ、検査エリアの超音波Cスキャン画像を視覚化することにより、フェーズドアレイ超音波撮像技術を利用して結合部エリアの状態を正確に評価する。このシステムは、金属及び非金属から製造された部品及びコンポーネントの検査のために、様々な製造環境において利用することができる。このシステムは、レーザー溶接部及びその他の溶接部タイプを含む、様々な結合構成の品質を評価するべく、有効である。本発明は、レーザー溶接されたコンポーネント又は部品の品質の評価との関係において、自動車及び航空宇宙産業において、特に有用である。

10

## 【0022】

図7に示されているように、本発明の携帯型バージョンは、1つ又は複数の生産環境において検査システムとして使用されるべく意図されている。このシステムの基本コンポーネントは、(i)超音波フェーズドアレイ送信及び受信回路、(ii)データ処理能力及び1つ又は複数の撮像アルゴリズムを有する完全に統合されたコンピュータ、(iii)迅速な接続/切断電気接続を有する少なくとも1つのフェーズドアレイプローブ、及び(iv)フェーズドアレイプローブ用の安全な保管空間をその内部において提供するキャリングハンドルを有する、エルゴノミック設計を有し、且つ、完全に携帯型である、ケースを含む。図7に示されているように、携帯型のレーザー溶接部結合検査ユニット400の例示用の一実施形態は、本体410と、ハンドル424と、を含む。本体410は、電源スイッチ412、USB及び外部モニタ接続用のサイドアクセス413、画面414、アルミニウムプレート416、コネクタアダプタ417(例えば、Hypertronix又はOmni Connectorアダプタ)、コード巻き付け部418、スタイラス保管エリア420、及びアームレスト422を更に含む。ハンドル424は、プローブ保管エリア426を更に含む。プローブ100は、プローブコネクタ103に接続されており(例えば、マルチピンのOmniコネクタ)、プローブコネクタ103は、次いで、コネクタアダプタ417において溶接部結合検査ユニット400に接続することになる。様々な例示用の実施形態において、超音波フェーズドアレイ送信及び受信回路は、32チャンネルの同時多重化能力を有する128チャンネルのフェーズドアレイ回路を更に含み、コンピュータは、生産環境におけるコンピュータマウス及びキーボードの必要性を除去することによって検査速度を改善するフラットなタッチスクリーンディスプレイを有する、Windows 7又は8(或いは、更に高度なもの)オペレーティングソフトウェアによって稼働するIntel i7デュアルコアを搭載した高耐久型のタブレットコンピュータを含み、1つ又は複数の撮像アルゴリズムは、フェーズドアレイ電子回路からのデータを処理するべく、1つ又は複数の適切な撮像アルゴリズムを提供するSpot Sight(登録商標)撮像ソフトウェア(EWI Inc., Columbus, Ohio)を更に含み、少なくとも1つのマトリックスフェーズドアレイプローブは、100個の素子の2Dマトリックスフェーズドアレイプローブを更に含み(1D又は3Dプローブを含んでもよく、或いは、これらによって置換されてもよい)、且つ、エルゴノミック型のケーシングは、内部電子回路の冷却を許容するのに必要とされるすべての機能、インスツルメントを搬送するためのハンドル、並びに、プローブの安全な保管及びすべての必要とされる電源及びデータポートに対するアクセスを許容する様々な機能を更に含む。又、通常、無線接続(例えば、Bluetooth(登録商標)、Wi-Fi、セルラーネットワークなど)及び充電式電池が含まれている。この実施形態の上述の態様は、事実上、(i)多数のデータが画面上において表示された状態において、溶接部及び結合するその他のタイプの材料を定量的に評価する能力、(ii)自給型の非破壊超音波検査システム、(iii)ハンドヘルド型の携帯性、(iv)電池による電力供給、(v)タッチスクリーン及び無線機能、及び(vi)超音波プローブからユニットまでの丈夫で迅速な電氣的/機械的接続、という有利な特徴を本発明に対して付与している。

20

30

40

50

## 【 0 0 2 3 】

図 8 は、携帯型溶接部結合検査ユニット 4 0 0 の例示用の実施形態の基本的な機能を示すシステムブロックダイアグラムを提供している。本実施形態においては、フェーズドアレイ電子回路 5 2 0 は、データ処理ソフトウェアからの起動コマンドにより、マトリックス（又は、線形）フェーズドアレイプローブ 5 1 0 を起動する。次に、検査対象の結合エリアの溶解した且つ溶解していない状態について処理されるべく、フェーズドアレイプローブ 5 1 0 によって検出された超音波信号が撮像アルゴリズム 5 3 0 に供給される。最後に、溶接部の平均溶解幅などの更なる通知データと共に、色分けされた超音波 C スキャン画像 5 4 0 が画面上において表示される。E W I Spot Sight（登録商標）ソフトウェアは、超音波信号が、前部及び後部表面反射用のゲート及び境界面反射用のその他のゲートである、様々なゲートを使用してプローブアレイの個々のサブグループによって検出されるのに伴って、超音波信号を処理する。未加工の超音波データがデュアルゲート撮像アルゴリズムによってリアルタイムで処理されるのに伴って、超音波 C スキャン画像がプロットされる。操作者に対するフィードバック時間は、一秒未満であり、且つ、結果が不満足である場合にプローブを再位置決めしなければならないシステムとの比較において、プローブの調節は、相対的に容易且つ高速である。これらの利点にも拘らず、様々な溶接部を検査する際には、いくつかの要因により、（ i ）経年劣化するメンブレインの音響インピーダンスの変化、（ i i ）センサ/プローブ内に含まれている圧電素子の自然な劣化、（ i i i ）トランスデューサの間のわずかな差、及び（ i v ）すべての溶接部のサイズを縮小させるシステムの自然な傾向を含む、望ましくない変動が生じうる。これらの変数について補償するべく、本発明のいくつかの実施形態は、第 1 画像ゲートと第 2 画像ゲートの間の比率の調節を許容する機能を含む。この機能は、既知の溶接部サイズの溶接部に対してシステムを較正し、これにより、システムの全体的な精度を増大させる能力をシステムの操作者に対して付与する。これを実現するべく、システム操作者は、既知の又は既定のサイズを有する溶接部を含む基準上に、プローブを配置する。画像が基準よりもわずかに大きい又は小さい場合に、ソフトウェア内の特定の入力を通じて、次いで、ゲート比率が操作者によって調節される。携帯型溶接部結合検査ユニット 4 0 0 の画面上に出現する画像は、基本的に、第 1 ゲートからの信号強度を第 2 ゲートからの強度と比較することによって生成される。

10

20

30

## 【 0 0 2 4 】

図 9 及び図 1 0 を参照すれば、本発明は、手動による動作のために、或いは、完全に自動化されたシステムとして、構成されてもよい。手動構成は、検査プローブの手動による操作のみならず、ユーザーインターフェイスの操作をも伴っている。この実施形態は、評価のために十分なスキャンを提供するために、特徴づけられる溶接部を特定し、且つ、次いで、プローブを物理的に操作するべく、システムの操作者に依存している。又、検査の準備の際に、操作者は、それぞれの個々の溶接部ごとに特定のパラメータを選択し、且つ、次いで、実際の評価用の適切な画像をキャプチャする前に、受け入れ可能なスキャンを識別するべく、プローブフィードバックを監視している。システムは、通常、多数の溶接部を検査するべく使用されることから、操作者によるすべての溶接部の手動による検査は、不十分且つ非実際的なものとなる可能性が高い。従って、本発明の自動化されたバージョンは、操作者のタスクの多くを自動化することにより、操作者入力が低減又は除去された、多数の溶接部の検査を許容している。自動化された実施形態によれば、検査パラメータを制御機器からの電子入力に基づいてリモートで選択することができる。この実施形態においては、操作者からの入力を伴うことなしに、異なる金属の厚さ、合金、積層体の層、又はその他の関連する状態の検査パラメータを検査のために選択することができる。これに加えて、パラメータは、必要に応じて、それぞれの溶接部ごとに、且つ、検査対象のそれぞれの異なる被加工物ごとに、変更することができる。

40

## 【 0 0 2 5 】

動き及び信号のキャプチャ/分析との関連において、単一経路シーケンスが利用されており、プローブが溶接部上に配置されたら、スキャンングが実行される。但し、適切なス

50

キャンが認識されない場合には、第2のプログラム可能な動きが利用される。プローブは、機械的アクチュエータにより、溶接部上において配置され、機械的アクチュエータは、被加工物表面に対するプローブの角度を変更するべく、接触点を中心として、プローブを回転させる能力を更に有する。初期接触の際に、検査「スキャン」が完了し、この場合に、それぞれのプローブ素子がトリガされ、且つ、Cスキャン画像又はCスキャン内に含まれているタイプの情報を表す出力データを構築するべく、結果的に得られたそれぞれの素子からの超音波計測データが使用される。Cスキャン画像は、溶接部が被加工物のすべての層に浸透している正常な領域のみならず、浸透が完全ではないエリアをも表示している（或いは、出力されるデータが、これを表示している）。少なくとも1つのアルゴリズムが、溶接部のアウトラインを構築するべく、計測データを評価し、次いで、計測された被加工物に対するプローブの垂直性、計測された溶接部のアウトライン、及び内部空洞を考慮することにより、溶接部の特性を判定する。ソフトウェアが、最大又は最小幅、断面積、周囲、形状、又は空洞の包含を含む、溶接部の、既定の、操作者によって定義された基準に基づいて、合格/不合格信号を供給する。次いで、合格/不合格の結論は、更なる検査の必要性を評価するべく、使用される。更なる検査が認可された場合には、システムは、恐らくは、溶接部の状態を更に良好に表す、部品のスキャンを生成するべく、更なる位置を通じてプローブを操作する。これらの更なるスキャンのすべては、更なる評価のために保存される。更なる移動の完了の際に、すべてのキャプチャされたスキャンが、第1スキャンと同一の方法によって評価され、且つ、合格/不合格の「判断」が、それぞれのスキャンごとに確立される。システムは、スキャン判断の既定の基準の評価に基づいた更なる動作を許容している。限定を伴うことなしに、溶接幅を含む、計測された溶接部の特性は、合格/不合格の決定及び外部ディスクドライブ又はその他のストレージ媒体内における保存のために提供される。

10

20

30

40

50

#### 【0026】

図9は、このシステムの自動化されたバージョンがスキャン判断の既定の基準の評価に基づいて更なる動作を許容する特定の例示用のプロセス/方法400を示すフローチャートを提供している。この例においては、検査プログラムが、ステップ410において選択されており、プローブが、溶接部に移動され、且つ、検査が、ステップ412において始まり、溶接部データが、ステップ414において分析され、且つ、合格/不合格の判定が実施されている。検査された溶接部が合格した場合には、システムは、ステップ428においてプロセスの完了に移動し、且つ、ステップ430において、検査レポートが生成及び保存される。検査された溶接部がステップ416において不合格となった場合には、第2障害判定がステップ418において実施される。検査された溶接部が、ステップ418においても、不合格となった場合には、システムは、ステップ428においてプロセスの完了に移動し、且つ、ステップ430において、検査レポートが生成及び保存される。検査された溶接部が、ステップ418においては、不合格とならなかった場合には、更なる検査が必要であるという判定がステップ420において実施される。次いで、データキャプチャが、ステップ422において始まり、超音波プローブが、ステップ424において再方向付けされ、データキャプチャが、ステップ426において終了し、且つ、ステップ414において、データ分析が、溶接部の品質の判定が最終的に完了される時点まで、再度始まる。

#### 【0027】

自動化された実施形態においては、検査プローブは、空気圧シリンダ、ロボットアクチュエータ、又はその他の機械的装置によって溶接結合部上において配置されており、これにより、人間の操作者が手動でプローブを溶接部から溶接部に移動させる必要性が除去されている。外部コマンドを使用することにより、プローブ内の超音波素子が起動され、且つ、検査対象の溶接部の画像（即ち、スキャン）が生成される。受け入れ可能なスキャンをサーチする際にプローブを操作する操作者の機能を複製することを目的として、自動化されたアクチュエータは、恐らくは、受け入れ可能な結果を生成するべく、位置の範囲を通じてプローブを移動させる。サーチの際に生成されたスキャンデータ及び画像は、更な

る処理のために保存され、且つ、外部コマンドを受信した際に、システムは、自動的に選択された検査パラメータに基づいた基準に従って、キャプチャされた画像を検討する。検討対象の例示用の特性は、様々な場所における計測された溶接部の幅、溶接部の浸透の合計面積、溶接部の周囲長、溶接部の形状、又はこれらの組合せを含むことができる。又、プローブ内の別個の素子における超音波信号の反射に基づいた、被加工物表面に対する計測された垂直性も関連している。選択されたデータは、溶接結合部の品質について評価され、且つ、計測された溶接部の品質は、更に幅広の移動の範囲を有する更なる検査のために、或いは、受入可能又は受入不能として溶接部にラベル付与するべく、使用することができる。

**【 0 0 2 8 】**

例示用の一実施形態においては、本発明の自動化されたバージョンは、部品の形状及び場所の変動を受け入れるために必要とされるコンプライアンスを提供するスライドを有する、本明細書においては、「取付具」と呼称される、装置上において取り付けられた、又はこれによって保持された、プローブを含む。このコンプライアンスは、プローブが、幅広の変位の範囲に跨って一定である既知の力により、検査対象の表面に対して適用されることを許容している。又、圧力は、検査プローブが特定範囲内の圧力を利用していることに伴って、制御可能である。移動は、衝突の際のプローブに対する損傷を防止するべく、十分な範囲を有する。図 10 を参照すれば、本発明の例示用の一実施形態は、取付具 500 を含み、取付具 500 は、超音波プローブ 510 を保持し、且つ、プローブクレードル 512、クランプブロック 514、適合したシリンダ 516、線形のレール組立体 520、移動ストップ 522、留め具 524、フレーム 526、及び取付フランジ 528 を有するスライドを更に含む。

**【 0 0 2 9 】**

本発明は、その例示用の実施形態の説明によって例示されており、且つ、これらの実施形態は、特定の詳細事項を伴って記述されているが、添付の請求項の範囲をこれらの詳細事項に制限する又はなんらかの方式で限定する意図は存在していない。当業者には、更なる利点及び変更が容易に明らかとなろう。従って、本発明は、その更に幅広の態様において、図示及び記述されている特定の詳細事項、代表的な装置及び方法、及び / 又は例示用の例のいずれかに限定されるものではない。従って、一般的な発明概念の精神及び範囲から逸脱することなしに、これらの詳細事項からの逸脱が実施されてもよい。

10

20

30

【 図 1 】

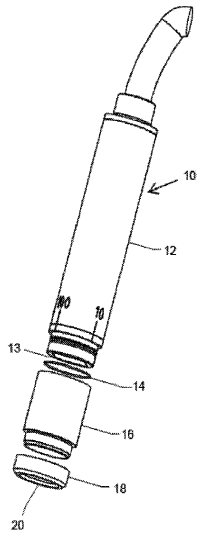


FIG. 1

【 図 2 】

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

FIG. 2

【 図 3 】

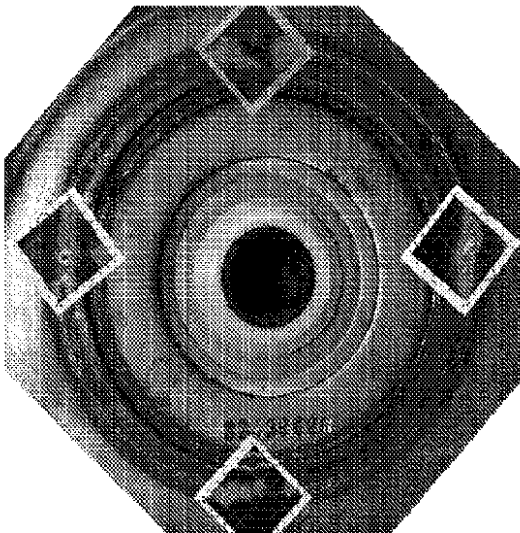


FIG. 3

【 図 4 】

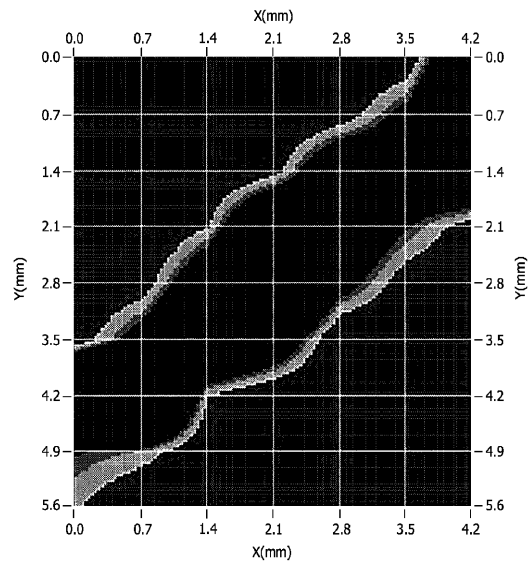
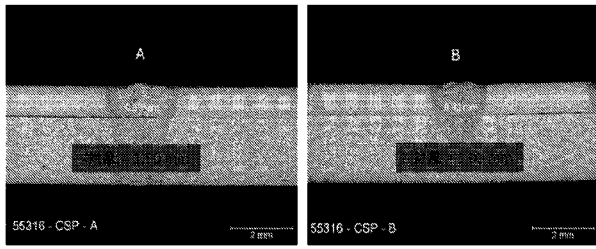
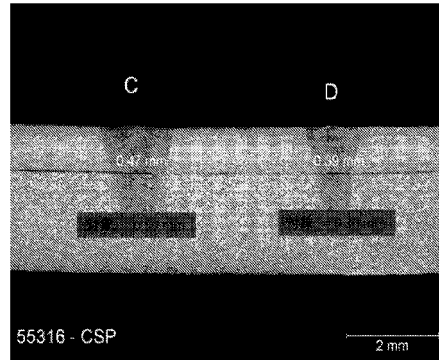


FIG. 4

【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

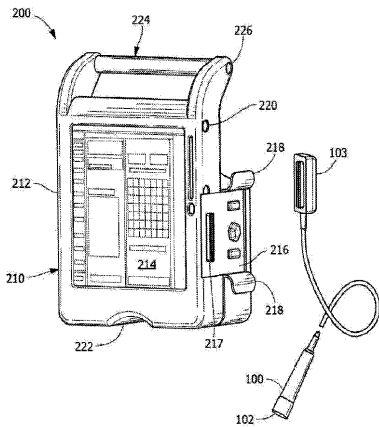
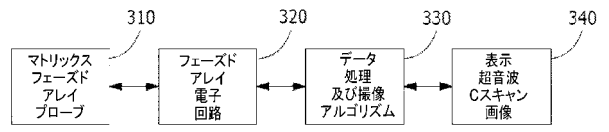


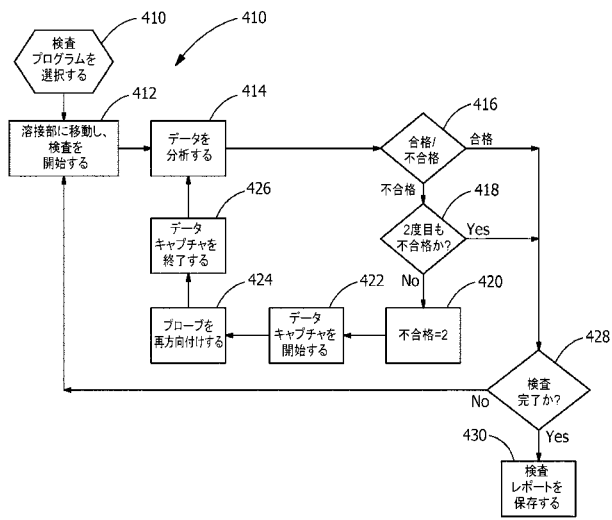
FIG. 7

【 図 8 】





【 図 9 】



【 図 10 】

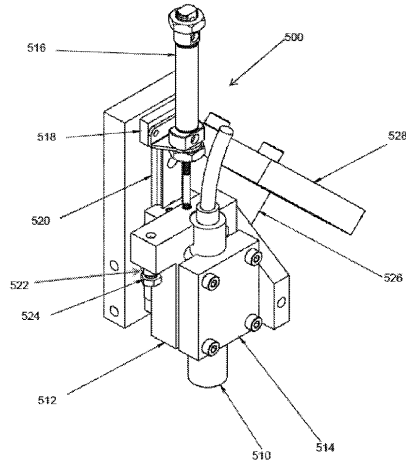


FIG. 10

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2016/026208
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - G01N 29/04; G01N 29/06; G01N 29/265 (2016.01) CPC - G01N 29/262; G01N 29/043; G01N 29/0645; G01N 29/28 (2016.02) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>D. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - G01N 29/04; G01N 29/06; G01N 29/265 (2016.01) CPC - G01N 29/262; G01N 29/043; G01N 29/0645; G01N 29/28 (2016.02)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC - 73/588, 617, 618, 620, 644; 702/39 (keyword delimited)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Orbit, Google Patents, ProQuest Search terms used: transducer array, weld, inspection, variations, mounted, slide, actuator, probe		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/0165730 A1 (EDISON WELDING INSTITUTE) 19 June 2014 (19.06.2014) entire document	1, 3, 5-7
Y		2, 4, 8-22
Y	US 2005/0126293 A1 (DASCH) 16 June 2005 (16.06.2005) entire document	2
Y	WO 2012/089335 A1 (STMICROELECTRONICS S.R.L.) 05 July 2012 (05.07.2012) entire document	4, 11-22
Y	US 4,532,808 A (WENTZELL et al) 06 August 1985 (06.08.1985) entire document	8-10, 16-22
A	US 6,948,369 B2 (FLEMING et al) 27 September 2005 (27.09.2005) entire document	1-22
A	US 5,370,006 A (ZOLLINGER et al) 06 December 1994 (06.12.1994) entire document	1-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input 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 application or patent 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 May 2016		Date of mailing of the international search report 24 JUN 2016
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT O&P: 571-272-7774

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1 . W I N D O W S

(72)発明者 ポール ポウルウェア

アメリカ合衆国, オハイオ州 4 3 2 2 0 , コロンブス, パートルー ドライブ 2 2 1 2

(72)発明者 ジョン ケー . ナ

アメリカ合衆国, オハイオ州 4 5 4 5 8 , センターヴィル, コッパートン ドライブ 9 4 9 4

Fターム(参考) 2G047 AA06 AA07 AB07 BA03 DA03 DB02 EA11 EA12 EA13 GB02

GB19 GE01 GF20 GF31 GG01