

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6004587号
(P6004587)

(45) 発行日 平成28年10月12日 (2016. 10. 12)

(24) 登録日 平成28年9月16日 (2016. 9. 16)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 N 29/24 (2006.01)

G O 1 N 29/24

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-541159 (P2013-541159)	(73) 特許権者	595006223
(86) (22) 出願日	平成23年11月7日 (2011. 11. 7)		ナショナル リサーチ カウンシル オブ
(65) 公表番号	特表2014-503803 (P2014-503803A)		カナダ
(43) 公表日	平成26年2月13日 (2014. 2. 13)		カナダ国, オンタリオ ケー1エー Oア
(86) 国際出願番号	PCT/CA2011/001234		ール6, オタワ, モントリオール ロード
(87) 国際公開番号	W02013/063676		1 2 0 0
(87) 国際公開日	平成25年5月10日 (2013. 5. 10)	(74) 代理人	100107456
審査請求日	平成26年10月29日 (2014. 10. 29)		弁理士 池田 成人
(31) 優先権主張番号	61/410, 473	(74) 代理人	100148596
(32) 優先日	平成22年11月5日 (2010. 11. 5)		弁理士 山口 和弘
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100123995
			弁理士 野田 雅一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサアセンブリおよび構造的完全性を監視するためのシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

湾曲面に適合でき、励起すること及び短い超音波パルスを検出することができる圧電膜と、

前記圧電膜が超音波トランスデューサとして作用できるようにするよう前記圧電膜の上面に隣接する上側電極と、

前記上側電極および前記上側電極から電子制御器に延びる第1の電気コネクタの少なくとも一部を覆い、監視されるべき部品の部分を実質的に取り囲むような形状およびサイズを有する柔軟な絶縁層と、

前記上側電極と位置合わせされる前記部品のある部位に少なくとも0.2 MPaの圧縮力を加えるようになっている常設のまたは半常設のクランプとを備える超音波トランスデューサアセンブリ。

10

【請求項 2】

前記クランプは、

張力がかけられるときに当該超音波トランスデューサアセンブリを前記部品の前記部分の凸面に適合させるバンドであって、当該超音波トランスデューサアセンブリが柔軟である、バンド

該クランプ上に直接に付着される柔軟な前記超音波トランスデューサのための下側電極としての機能を果たすバンド、

該クランプ上に直接に付着される柔軟な前記超音波トランスデューサのための下側電

20

極としての機能を果たすバンドであって、当該超音波トランスデューサアセンブリが前記絶縁層を取り囲む保護層を更に備える、バンド、

前記絶縁層を取り囲む柔軟な前記超音波トランスデューサのための保護カバーとしての機能を果たすバンド、

金属またはガラス繊維織布から形成されるチューブクランプであって、前記部分を取り囲むための変形可能なバンドを備えるチューブクランプ、および、

異なる温熱条件下で一定の張力を維持するためにばねまたはばねワッシャを有する張力付与機構

よりなる群から選択されるものである、請求項 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

10

【請求項 3】

当該超音波トランスデューサアセンブリは、

パイプまたはパイプ取付具の形態を有する前記部品に取り付けられたトランスデューサアセンブリ、

高温で作業するのに十分な構造的、電氣的、および、化学的な完全性を保つ材料からなるトランスデューサアセンブリ、

高温で作業するのに十分な構造的、電氣的、および、化学的な完全性を保つ材料からなるトランスデューサアセンブリであって、前記圧電膜が、圧電粉末と誘電材料および／または圧電材料の有機前駆体との混合物から成る 1 つ以上の層を使用する製造に適合した組成物を有し、熱処理後に、前記圧電膜が、柔軟性、熱衝撃耐性、および、超音波帯域幅を向上させるレベルの多孔率を有する、トランスデューサアセンブリ、

20

上面が当該超音波トランスデューサアセンブリと物理的に緊密に接触するとともに下面が前記部品と物理的に緊密に接触する超音波伝達材料から成る超音波結合層を備えるトランスデューサアセンブリ、

上面が当該超音波トランスデューサアセンブリと物理的に緊密に接触するとともに下面が前記部品と物理的に緊密に接触する超音波伝達材料から成る超音波結合層を備えるトランスデューサアセンブリであって、前記結合層が、高温ペーストもしくは液体、または、軟質金属を備える、トランスデューサアセンブリ、

上面が当該超音波トランスデューサアセンブリと物理的に緊密に接触するとともに下面が前記部品と物理的に緊密に接触する超音波伝達材料から成る超音波結合層を備えるトランスデューサアセンブリであって、

30

前記結合層が金属箔を備え、

前記クランプが、少なくとも 1 MPa の圧縮力を加えるようになっており、

前記クランプが、少なくとも 10 MPa の圧縮力を加えるようになっており、

前記クランプが、前記金属箔を塑性変形させるために 1 MPa よりも大きい初期圧縮力を加え、その後、相当に低い圧縮力を加えるようになっており、

前記金属箔が、前記クランプよりも相当に大きい圧縮力によって歪まされ、もって、当該超音波トランスデューサアセンブリと前記部品との間の緊密な物理的接触を維持することにのみ役立つようになっている、トランスデューサアセンブリ、

柔軟な前記超音波トランスデューサのためのグランドとしての機能を果たすように十分に導電性がある前記部品に電氣的に結合される下側電極を更に備えるトランスデューサアセンブリ、

40

前記第 1 の電気コネクタから絶縁される第 2 の電気コネクタによって前記電子制御器に電氣的に結合される下側電極を更に備えるトランスデューサアセンブリ、

前記絶縁層が、上側絶縁体と下側絶縁体との間に導電経路を備え、この導電経路と前記上側電極との間の電氣的な接触を行なうためにビアが前記下側絶縁体を貫通形成されている、トランスデューサアセンブリ、

前記絶縁層がマイカまたはポリイミドの層を備える、トランスデューサアセンブリ、

前記部品の表面が、柔軟な前記超音波トランスデューサの下側電極としての機能を果たすとともに、前記電子制御器に対する電気接続部を有する、トランスデューサアセンブリ

50

リ、

前記部品の表面が、柔軟な前記超音波トランスデューサの下側電極としての機能を果たすとともに、前記電子制御器に対する電気接続部を有する、トランスデューサアセンブリであって、前記圧電膜が、圧電セラミックおよび／または誘電セラミックの有機前駆体から形成されるセラミック結合剤によって、監視されるべき前記部品に結合される、トランスデューサアセンブリ、

トランスデューサアレーを形成するために、複数の同様な別個独立の圧電膜が前記絶縁層に沿って離間される、トランスデューサアセンブリ、および、

トランスデューサアレーを形成するために、複数の同様な別個独立の圧電膜が前記絶縁層に沿って離間される、トランスデューサアセンブリであって、前記別個独立の膜が、前記電子制御器によって独立に電子的にアドレス可能であり、または、共通に電子制御される、トランスデューサアセンブリ

よりなる群から選択されるものである、請求項 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

【請求項 4】

トランスデューサアセンブリを形成するための方法であって、

柔軟な圧電膜に隣接する上側電極を少なくとも含む柔軟な超音波トランスデューサを設けるステップと、

前記上側電極を絶縁層に結合するステップであり、前記絶縁層が、監視されるべき部品の部分を実質的に取り囲むような形状およびサイズを有する、ステップと、

前記上側電極から電子制御器への絶縁された電気接続部を設けるステップと、

前記上側電極と位置合わせされる前記部品の部位に少なくとも 0.2 MPa の圧縮圧力を加えるようになっている常設のまたは半常設のクランプを設けるステップとを備える方法。

【請求項 5】

前記部品の前記部分の表面の一部を前処理するステップと、

前記表面の一部にカップラントを付着させ、前記カップラントと前記表面との間の緊密な物理的接触を行なうステップであって、前記カップラントが、箔として貼り付けられる軟質金属からなる、ステップと、

既に組み合わされた層を前記カップラントに取り付けて、前記カップラントと前記柔軟な超音波トランスデューサとの間の緊密な物理的接触を行なうステップであって、このステップが、前記軟質金属の箔を塑性変形させるために 1 MPa よりも大きい初期圧縮力を加える工程を備える、ステップと、

下側電極と、前記下側電極から前記電子制御器への絶縁された導体とを加えるステップであって、前記下側電極には、金属箔が設けられる、ステップとを備える、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

柔軟な前記超音波トランスデューサを設ける前記ステップは、

圧電粉末と誘電材料および／または圧電材料の有機前駆体との混合物から成る 1 つ以上の層を付着させる工程と、付着された前記層を熱処理する工程と、前記圧電膜を形成するために、付着された前記層をポーリングする工程とを備えるステップ、および、

銀ペーストまたは金ペーストとして、または、導電金属の薄膜蒸着によって、前記上側電極を付着させるステップ

よりなる群から選択されるものである、請求項 4 又は 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記圧電膜及び前記部品とそれぞれ緊密な物理的接触を行う金属箔を更に備える、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

【請求項 8】

前記圧縮力が少なくとも 1 MPa である、請求項 1 ～ 3 及び 7 のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本発明は、超音波検出アセンブリ、および、高温で作動する物体を含む湾曲物体の監視に特に有用なシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

[0002]腐食や浸食、疲労、クリープは、構造体の寿命を制限して、多くの産業に著しい経済的影響を引き起こす劣化メカニズムの例である。構造体の寿命の予測はしばしば十分に正確ではなく、そのため、構造体の健全状態を決定するべく、構造体に対して定期的に複数の検査方法が適用される。超音波法は、劣化メカニズムに晒される構造体の状態を評価するための最も有益な非破壊検査法のうちの1つである。

【0003】

[0003]発電プラント、オイル&ガス、および、航空宇宙産業の部品、例えば、それぞれの輪郭表面を有するパイプおよび他の車両部品の構造健全性モニタリング（SHM）は、望ましいが、扱いにくい。検査されるべき構造部品へのアクセスは、例えば、検査官の安全性に対する懸念、または、断熱のために制限される構造表面へのアクセス、隣接する機構、電気ライン、空気圧ライン、または、液圧制御ライン等に起因して困難である。また、アクセスがなされると、圧電材料と検査されるべき部品との間の適切な接触をもたらすようにセンサを設置することが困難となる場合がある。また、検査は、実行しているプロセスの停止を必要とする場合がある。したがって、特に、電子的要求により構造体の状態を常に（要求に応じて）検出できるようにするトランスデューサにおいては、永久的にあるいは半永久的に設置されるトランスデューサがしばしば好ましい。検査間の時間は、一般に、構造体の残りの寿命の正確な予測を与えるように選択される。そのため、センサの容易な電子的監視を伴う永久的に取り付けられるトランスデューサは、構造体の状態の監視を更に短く且つ低コストにしたいという要求がある。

【0004】

[0004]構造健全性モニタリングのためのセンサは、しばしば、例えば高温のような過酷な環境で作動することが求められる。したがって、永久的に取り付けられるトランスデューサも、高温で長期にわたってその性能を維持することが求められる場合がある。高温トランスデューサの形態は、“高温クランプオン式超音波フローメータトランスデューサ（Extreme Temperature Clamp-on Ultrasonic Flowmeter Transducer）”と題されるBaumoelの米国特許第7,185,547号明細書の場合のように遅延ラインとトランスデューサの冷却とを使用することを提案してきた。遅延ラインおよび冷却は、広範囲に及ぶ構造健全性モニタリングにおいてそのようなトランスデューサの価値を著しく制限する。したがって、その本質的特性のかなりの割合を高温で維持できる材料から成るトランスデューサを開発することが求められる。

【0005】

[0005]超音波トランスデューサを高温表面から分離するために同様の技術が使用されてきたが、センサの動作のために必要とされると認識されたその分離は、センサの使用を損ない、部品の周囲の多くの空間を占める。

【0006】

[0006]この分野における特許の他の例は、“高温超音波トランスデューサ（High temperature Ultrasonic Transducer）”と題されるRundeらのも米国特許第3,781,576号明細書、“高温圧力結合型超音波ガイド（High Temperature Pressure Coupled Ultrasonic Waveguide）”と題されるCainesの米国特許第4,392,380号明細書、“高温場での測定のための超音波トランスデューサ装置および方法（Ultrasonic Transducer Apparatus and Metho

10

20

30

40

50

d for High Temperature Measurements)”と題されるRumboldらの米国特許第4, 567, 770号明細書、“高温超音波カップラント材料を使用する方法(Method of Using a High Temperature Ultrasonic Couplant Material)”と題されるRundeらの米国特許第4, 738, 737号明細書、“高温用途のための超音波トランスデューサ(Ultrasonic Transducers for High Temperature Applications)”と題されるLynnworthの米国特許第4, 783, 997号明細書、“接着型圧電装置、これを測定する方法および接着型圧電要素(Bonded Type Piezoelectric Apparatus, Method for Manufacturing the Same and Bonded Type Piezoelectric Element)”と題されるSatoらの米国特許第5, 325, 012号明細書、“超音波トランスデューサ、超音波検知、これを組み込んだ高温処理システム(Ultrasonic Transducer and Ultrasonic Detection and High Temperature Processing Systems Incorporating Same)”と題されるStubbsらの米国特許第5, 886, 456号明細書、および、“構造健全性モニタリング(SHM)トランスデューサアセンブリおよびシステム(Structural Health Monitoring (SHM) Transducer Assembly and System)”と題されるKearnsらの米国特許第7, 743, 659号明細書である。

【0007】

[0007] Kobayashi, M., Jen, C. KおよびLevesque, D. による“可撓性超音波トランスデューサ(Flexible Ultrasonic Transducer)”, IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, vol. 53, no. 8, August 2006は、柔軟な超音波トランスデューサ(FUT)を原位置SHM、NDT、および、オンライン診断に適用できることを教示する。そのようなFUTの屈曲時の柔軟性および操作性を明らかにするため、太いパイプに関して1つの実験が室温および高温で行なわれた。図1および図2に示されるように、粘性油超音波カップラントが検査位置でパイプ上に適用され、該カップラントが75ミクロンステンレス鋼箔およびPZT圧電セラミック膜で覆われ、その上に電極としての機能を果たすべく銀ペーストが載置された。パイプ自体はグランド(アース)としての機能を果たした。FUTを所定位置に保持するために機械的なホルダが設けられる。

【0008】

[0008] Kobayashiらの機械的なホルダはパイプを取り囲むが、そのホルダはFUTのためのクランプではなかった。これは、この技術ではその用語が使用されていないからであり、また、図1および図2に示されるように、FUTを取り囲む幅広い開口がクランプに存在することから、FUTの活性領域に圧力がほぼないからである。クランプの目的は、単に、油が付いた丸みのある表面上でのFUTの滑りを防止することである。また、この先行技術では、電気的な接続が、実際の工業用途において実用的でないばね荷重ピンによりなされる。

【0009】

[0009] 例えばBrownの米国特許第5, 166, 573号明細書のようなある種の柔軟なトランスデューサを使用する他の先行技術は、高分子系FUTおよび柔軟なUTアレーを製造する方法を教示するが、構造体を永久的に監視するべく取り付けのための実用的なアセンブリを教示していない。また、これらのトランスデューサの圧電層は高分子系であるため、これらの圧電層が本質的に高温用途で役に立たない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

[0010]したがって、湾曲物体に永久的に設置でき、高温および過酷な環境を含む長期間にわたって性能を維持できるとともに、構造体の状態の容易で自動化された電子的監視を可能にし得る、構造健全性モニタリングを行なうための改良された超音波トランスデューサアセンブリの必要性がある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

[0011]構造的健全性モニタリングなどのために、従来技術により特徴付けられる困難を回避しつつ耐久性および信号品質を向上させるトランスデューサアセンブリを提供する。クランプを使用する1つの大きな利点は、かなり高い圧力を加え、それにより、例えば高温用途において多種多様なカップラントを使用できるという点であるが、柔軟な圧電膜を伴うクランプは、カップラントを何ら伴わない低温用途の場合であっても、トランスデューサアセンブリの耐久性を向上させて、剥離を回避し、信号品質および強度を向上させるという利点を有する。

10

【0012】

[0012]したがって、湾曲面に適合できる圧電膜と、圧電膜が超音波トランスデューサとして作用できるようにするべく圧電膜の上面に隣接する少なくとも柔軟な電極と、この上側電極および上側電極から電子制御器に延びる第1の電気コネクタの少なくとも一部を覆い、監視されるべき部品（被監視部品）の部分をほぼ取り囲むような形状およびサイズを有する柔軟な絶縁層と、上側電極と位置合わせされる部品の部位に少なくとも0.2 MPaの圧縮力を与えるようになっている常設のあるいは半常設のクランプとを含む超音波トランスデューサアセンブリを提供する。上側電極と位置合わせされる部位でのFUTのクランプは、FUTと部品の前記部分との間の超音波結合を高めるために接触が必要とされる場合に圧力が加えられることを確保する。

20

【0013】

[0013]トランスデューサアセンブリは、パイプまたはパイプ取付具（例えば、エルボ、カップラ、パイプジョイントなど）、他の形状の部品、特に、凸面を含む部分を有する部品などの湾曲面に合わせてトランスデューサアセンブリがクランプされ得るように柔軟であることが好ましい。トランスデューサアセンブリの構造のために選択される材料は、高温などの厳しい過酷な環境下で十分な構造的、電氣的、および、化学的な完全性を保つことができ、それにより、アセンブリを高温作動に適するようにする。例えば、圧電膜は、圧電粉末と誘電材料および／または圧電材料の有機前駆体との混合物から成る1つ以上の層を使用する製造に適合する組成物を有することができる。したがって、結果として得られる圧電膜は、柔軟性、熱衝撃耐性、および、超音波帯域幅を向上させるレベルの多孔率を有することができる。

30

【0014】

[0014]トランスデューサアセンブリは、被監視部品と物理的に緊密に接触するために、トランスデューサアセンブリと物理的に緊密に接触する超音波伝達材料から成る超音波結合層（カップラント）を更に備えてもよい。カップラントは、高温ペーストまたは液体、あるいは、アルミニウム、金、スズ、亜鉛、または、半田付けおよび蝋付けの技術分野において知られる他の合金などの軟質金属からなるものであってもよい。軟質（または、温度軟化する）金属の箔は、カップラントシステムの寿命にとって特に好ましい場合がある。一部の箔（金など）は、緊密な物理的接触を確保するために更に大きな圧力（圧縮力）を必要とする。したがって、金属箔カップラントが使用される場合、クランプは、少なくとも1 MPaの圧縮力、または、少なくとも10 MPaの圧縮力を与えるようになっていてもよい。クランプは、金属箔を塑性変形させるために1 MPaよりも大きい初期圧縮力を与え、その後、緊密な物理的接触を維持するためにかなり低い圧縮力を与えるようになっていてもよい。金属箔は、クランプよりもかなり大きい圧縮力によって歪まされてしまっている場合があり、その場合、クランプは、アセンブリと部品との間の緊密な物理的接触を維持することにより役立ち得る。

40

【0015】

50

[0015]アセンブリは、上側電極とは反対側の表面上に、圧電膜に隣接して下側電極を更に備えてもよい。下側電極は、柔軟な超音波トランスデューサのためのグランド（アース）としての機能を果たすように十分に導電性がある部品に電氣的に結合されてもよく、あるいは、第1の電気コネクタから絶縁される第2の電気コネクタによって電子制御器に電氣的に結合されてもよい。下側電極がクランプとしての機能を果たしてもよい。

【0016】

[0016]絶縁層は、上側絶縁体と下側絶縁体との間に導電経路を含んでもよく、この場合、導電経路と上側電極との間の電氣的な接触を行なうためにビア（via）が下側絶縁体を貫通する。絶縁層がマイカまたはポリイミドから形成されてもよい。

【0017】

[0017]圧電層は、圧電セラミックおよび／または誘電セラミックの有機前駆体から形成されるセラミック結合剤によって、被監視部品に結合されてもよい。

【0018】

[0018]保護層が絶縁層を取り囲んでもよい。クランプは、保護層としての機能を果たすバンドであってもよい。クランプは、金属またはガラス繊維織布から形成される、前記部分を取り囲むための変形可能なバンドを備えるチューブクランプであってもよく、また、異なる温熱条件下で一定の張力を維持するためにばねあるいはばねワッシャを有する張力付与機構を有してもよい。より変形可能なバンド材料は、該材料をより複雑な形状を有する部品に適合させる優れた適合性を有する。

【0019】

[0019]トランスデューサアレーを形成するために、複数の別個独立の圧電膜が絶縁層に沿って離間されてもよく、各圧電膜は同様のものである。別個独立の圧電膜は、電子制御器によって独立に電子的にアドレス可能であり、あるいは、共通に電子制御される。

【0020】

[0020]また、トランスデューサアセンブリを形成するための方法を提供する。この方法は、柔軟な圧電膜に隣接する上側電極を少なくとも含む柔軟な超音波トランスデューサを設けるステップと、前記上側電極を絶縁層に結合するステップであって、絶縁層が、被監視部品の部分をほぼ取り囲むような形状およびサイズを有する、ステップと、上側電極から電子制御器への絶縁された電気接続部を設けるステップと、上側電極と位置合わせされる部品の部位に少なくとも0.2 MPaの圧縮圧力を与えるようになっている常設のあるいは半常設のクランプを設けるステップとを備える。

【0021】

[0021]この方法は、部品の前記部分の表面の一部を前処理するステップと、表面の一部にカップラントを付着させて、カップラントと表面との間の緊密な物理的接触を行なうステップと、既に組み合わされた層をカップラントに取り付けて、カップラントと柔軟な超音波トランスデューサとの間の緊密な物理的接触を行なうステップとを更に備えてもよい。カップラントが金属箔の形態を成す場合、装着するステップは、軟質金属箔を塑性変形させるために1 MPaよりも大きい初期圧縮力を与える工程を備えてもよい。あるいは、カップラントを付着させるステップは、接着結合の技術分野において知られる高分子系接着剤、銀ペースト、セラミックセメント、ガラスなどの接着材料を塗布する工程を備えてもよい。

【0022】

[0022]カップラントおよび部品が導電性でない場合、この方法は、下側電極と、下側電極から電子制御器への絶縁された導体とを付着させるステップを更に備えてもよい。下側電極は、チタン、アルミニウム、または、ステンレス鋼箔、あるいは、他の金属または金属化箔であってもよい。

【0023】

[0023]柔軟な超音波トランスデューサを設けるステップは、圧電粉末と誘電材料および／または圧電材料の有機前駆体との混合物から成る1つ以上の層を付着させる工程と、付着された層を熱処理する工程と、圧電膜を形成するために、付着された層をポーリングす

10

20

30

40

50

る工程とを備えてもよく、また、銀ペーストまたは金ペーストとして、あるいは、金、銀、白金、または、アルミニウムなどの導電金属の薄膜蒸着によって、上側電極を付着させる工程を更に備えてもよい。あるいは、柔軟な超音波トランスデューサは、別個独立の部品として設けられてもよく、または、絶縁層と一体であってもよい。

【0024】

[0024]電子制御器は、電気パルス発生器、電気信号検出器、電氣的なアナログーデジタル信号変換器、デジタルメモリ、および、導体によってあるいは無線でデジタル信号をやりとりするための通信インタフェースを備えてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0025】

[0025]本発明の好ましい実施形態は、添付図面と併せて解釈される以下の説明から更に詳しく理解されよう。

【図1】本発明の一実施形態に係るクランプオン多素子型（多要素型）トランスデューサアレーの斜視図を示している。

【図2】本発明の一実施形態に係る単一素子型（単一要素型）トランスデューサアセンブリの部分断面図を示している。

【図3】本発明の一実施形態に係る多素子型トランスデューサアセンブリの部分断面図を示している。

【図4A】本発明の一実施形態に係るトランスデューサアセンブリを形成するためのレイアップ形態の一例の部分断面図を示している。

【図4B】本発明の一実施形態に係るトランスデューサアセンブリを形成するためのレイアップ形態の他の例の部分断面図を示している。

【図4C】本発明の一実施形態に係るトランスデューサアセンブリを形成するためのレイアップ形態の他の例の部分断面図を示している。

【図4D】本発明の一実施形態に係るトランスデューサアセンブリを形成するためのレイアップ形態の他の例の部分断面図を示している。

【発明を実施するための形態】

【0026】

[0026]実施形態の以下の詳細な説明は、本発明の特定の実施形態を示す添付図面を参照する。しかしながら、この発明は、異なる形態で具現化されてもよく、本明細書中に記載される実施形態に限定されると解釈されるべきではない。

【0027】

[0027]図1は、構造的完全性を監視するための多素子型超音波トランスデューサアセンブリの実施形態の一例の概略図である。この例では、チューブクランプ18が機械的に拘束する層として使用される。チューブクランプは、アセンブリの他の全ての層を取り囲み、この例ではチューブによって表わされる被監視部品10に対する強固な取付けを行なう。チューブクランプ18は、超音波が伝えられる必要があるトランスデューサアセンブリの層間の良好な物理的接触を確保する。トランスデューサアセンブリはパイプに装着される。被監視部品の他の共通の例としては、パイプ取付具、特に圧力容器が挙げられる。この例では、トランスデューサアセンブリアレーの導電体を電子制御器22に接続されるようになっている外部多導体ケーブル21に接続するために接続ボックス20が使用される。他の実施形態では、外部多導体ケーブル21の各導体がトランスデューサの各素子ないしは各要素へ続き、接続ボックス20が不要である。

【0028】

[0028]図2は、単一の圧電素子を有する本発明の一実施形態に係る超音波トランスデューサアセンブリの一部の詳細な断面図の概略的な例示である。なお、層の一部の極端な薄さは、これらの層を縮尺表示するには適さない。例えば、典型的な例では、電極が数百ナノメートル厚となる場合があり、圧電層および電気箔が数ミクロン厚となる場合があり、絶縁層が数百ミクロン厚となる場合があり、また、チューブクランプバンドが数ミリメートル厚あるいはそれよりも薄くなる場合がある。

【0029】

[0029]この実施形態において、上側電極14と下側電極12との間に配置される圧電膜13は、導電体16、16'により伝えられる電氣的励起によって駆動される。圧電膜13は、この実施形態では、たとえそれが現場での付着によって形成された場合であっても、湾曲した物体に適合するように曲がるべく何らかの柔軟性を有することが好ましい。圧電膜13は、励起できて短い超音波パルスを検出できる一方でバックキングの必要性を回避するべく、何らかの内部減衰を有することが好ましい。トランスデューサアセンブリが高温の部品を監視するために使用されるようになっている場合には、圧電膜13が上側電極14および下側電極12の両方の熱膨張に対する良好な抵抗を示すことが好ましい。圧電膜13は、高温で圧電性を維持する材料から形成されるとよい。圧電膜におけるこれらの特性は、例えば、ゾルーゲル法として当該技術分野において知られる方法によって圧電膜を形成することにより得ることができる。上側電極14および下側電極12はいずれも、疑似エコーを回避するために、超音波波長と比べて薄いことが好ましい。薄い電極は、一般に、柔軟であるという利点も有し、それにより、これらの電極を湾曲面に適合させることができる。導電体16、16'は、上側電極および下側電極を電子制御器22に接続するとともに、上側絶縁体17および下側絶縁体15によってアセンブリの他の導電部分から電氣的に分離される。しばしばグラウンドと称される下側電極に対する接続部16'は、部品10が導電性であって下側電極が部品10に接続される場合には、部品10に対して接続され得る。幾つかの実施形態では、トランスデューサアセンブリの導電体16、16'と電子制御器22との間で接続ボックス20を使用することが好ましい場合がある。そのような場合、適切な導電ケーブル21が電子制御器22を接続ボックス20に接続する。導電体16、16'は、配線、箔ストリップ、または、当該技術分野において知られる任意の他の導電手段の形態を成すことができる。電気絶縁層15、17は、高温でその特性を維持しつつ（部品10が高温で監視される場合）、湾曲面を有する部品に適合するために、柔軟材料から成ることが好ましい。絶縁層に適することで知られる材料としては、マイカ、ガラス繊維織布、および、ポリイミドが挙げられる。この超音波トランスデューサアセンブリ層12～17を部品10に対して保持するために、クランプ18が設けられる。クランプ18は、層を互いにおよび部品10と物理的に緊密に接触させた状態に維持する圧力を与える。同時に、クランプ18は、外的侵襲からアセンブリを保護する。

【0030】

[0030]圧電層13によりもたらされる超音波励起は、一般に、結合層11を介して部品10へより良好に伝えられる。結合層11は、液体、ゲル、または、固体であってもよく、また、好ましくは、圧電層により発生される超音波の波長と比べて薄くすべきである。結合層として使用されてもよい幾つかの材料としては、超音波液体カップラント、高分子接着材料、銀および金のペースト、金、アルミニウム、亜鉛、および、スズのような軟質金属箔、並びに、アルミニウム、亜鉛、スズ、および、半田付けおよび蝋付けの技術分野において知られる他の合金のような低融解温度金属が挙げられる。

【0031】

[0031]本発明の超音波トランスデューサアセンブリの部品10に対する設置を容易にするため、層12～18は製造設備内で予め組み合わされることが好ましい。予め組み合わされたトランスデューサは、その後、被監視部品10に対して、該部品の表面を必要に応じて前処理するとともに結合層11を加えた後に設置される。幾つかの結合層は、所望の特性を得て特定の温度で作用するべく熱処理を必要とする場合がある。

【0032】

[0032]多素子型超音波トランスデューサアセンブリも対象となり得る。図3は、図2に示される単一素子形態に類似するが部品10に沿って多くの素子ないしは要素を有する実施形態の一例を示している。この実施形態における導電体16は、接続ボックス20とは無関係にトランスデューササブアセンブリのそれぞれの素子の上側電極14を接続し、それにより、素子ごとに独立した超音波動作を可能にする。下側電極接続部16'、または、グラウンド接続部は、全ての素子において共通である。なお、様々な目的のため、独立に

アドレス可能な素子が望ましい場合があり、また、上側および下側絶縁層 15 と 17 との間に平行な絶縁導体を設けることができる。

【0033】

[0033]本発明の超音波トランスデューサアセンブリの層においては、被監視部品の湾曲面に適合し得る多くの形態が存在する。拡大断面図として図 4 A に示されるトランスデューサアセンブリ形態は、部品 10 および下側電極 12 に緊密に接触する結合層 11 を伴う図 2 および図 3 に既に描かれた形態と同様である。圧電層 13 は、下側電極 12 および上側電極 14 と物理的に緊密に接触する。導電体 16 は、その端部の一方が下側絶縁体 15 の穴を通じて上側電極 14 と導電接触するとともに、その端部の他方が接続ボックス 20 または電子制御器 22 にある（選択される制御構成に応じて）。2つの絶縁層、すなわち、下側絶縁層 15 および上側絶縁層 17 は、アセンブリの他の導電部分から導電体 16 を絶縁するために使用されてもよい。

10

【0034】

[0034]あるいは、単一の上側絶縁体を使用することができ、その場合、必要とされる程度まで、代わりの絶縁体が設けられる。クランプ 18 は、必要な層を互いに物理的に緊密に接触させた状態に維持し、また、同時に、外的侵襲からアセンブリを保護してもよい。

【0035】

[0035]他のトランスデューサアセンブリ形態が拡大断面図で図 4 B に示されている。同様の参照符号は類似の要素を示しており、それらの説明はここでは繰り返さない。この場合には、圧電層 13 が部品 10 と緊密に接触する。この緊密接触は、部品 10 の表面上に直接に圧電膜 13 を形成することによって、あるいは、代わりに、圧電層と同様の特性を有する結合剤を用いて被監視部品に対して圧電膜を結合させることによって得ることができる。この実施形態では、下側電極が部品 10 によって与えられ、また、このグランド面との電気的な接続は接続ボックスまたは電気制御器（図示せず）に対して与えられる。

20

【0036】

[0036]図 4 C は、クランプ 18 が下側電極 12 でもある、トランスデューサアセンブリの拡大断面図を概略的に示している。この例では、圧電層 13 がクランプ 18 と緊密に接触する。この形態は、超音波の効率的な伝達を可能にするために選択された結合層 11 が部品 10 との緊密な物理的接触を行なうべく更に大きな力の機械的拘束を必要とする場合に、例えば、部品の表面が特に粗く、あるいは、カップラント 11 が硬い場合に、特に有益となり得る。柔軟な超音波トランスデューサの残りの部分は、先と同じであるが、上側絶縁層 17 を取り囲んでアセンブリを外的侵襲から保護するために保護層 19 を設けることが更に望ましい場合がある。保護層 19 は、大きな圧力を絶縁層 17 に加える必要は全くない。

30

【0037】

[0037]図 4 D は、軟質金属箔であってもよい下側電極 12 以外のカップラント 11 を有さないトランスデューサアセンブリの拡大断面図を概略的に示している。

[発明の項目]

[項目 1]

湾曲面に適合できる圧電膜と、

40

前記圧電膜が超音波トランスデューサとして作用できるようにするよう前記圧電膜の上面に隣接する上側電極と、

前記上側電極および前記上側電極から電子制御器に延びる第 1 の電気コネクタの少なくとも一部を覆い、監視されるべき部品の部分を実質的に取り囲むような形状およびサイズを有する柔軟な絶縁層と、

前記上側電極と位置合わせされる前記部品のある部位に少なくとも 0.2 MPa の圧縮力を加えるようになっている常設のまたは半常設のクランプと
を備える超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 2]

当該超音波トランスデューサアセンブリが柔軟であり、前記クランプは、張力がかけら

50

れるときに当該超音波トランスデューサアセンブリを前記部品の前記部分の凸面に適合させるバンドを備える、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目3]

パイプまたはパイプ取付具の形態を有する前記部品を更に備える、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目4]

当該超音波トランスデューサアセンブリを形成するために使用される全ての材料は、高温で作業するのに十分な構造的、電氣的、および、化学的な完全性を保つ、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目5]

前記圧電膜は、圧電粉末と誘電材料および／または圧電材料の有機前駆体との混合物から成る1つ以上の層を使用する製造に適合した組成物を有し、熱処理後に、前記圧電膜は、柔軟性、熱衝撃耐性、および、超音波帯域幅を向上させるレベルの多孔率を有する、項目4に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目6]

上面が当該超音波トランスデューサアセンブリと物理的に緊密に接触するとともに下面が前記部品と物理的に緊密に接触する超音波伝達材料から成る超音波結合層を更に備える、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目7]

前記結合層は、高温ペーストまたは液体、あるいは、アルミニウム、金、スズ、亜鉛、または、半田付けおよび蝕付けの技術分野において知られる他の合金などの軟質金属を備える、項目6に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目8]

前記結合層が金属箔を備え、

前記クランプは、少なくとも1MPaの圧縮力を加えるようになっており、

前記クランプは、少なくとも10MPaの圧縮力を加えるようになっており、

前記クランプは、前記金属箔を塑性変形させるために1MPaよりも大きい初期圧縮力を加え、その後に相当に低い圧縮力を加えるようになっており、前記金属箔は、前記クランプよりも相当に大きい圧縮力によって歪まされ、これは、当該超音波トランスデューサアセンブリと前記部品との間の緊密な物理的接触を維持することにのみ役立つようになっている、項目6に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目9]

柔軟な前記超音波トランスデューサのためのグランドとしての機能を果たすように十分に導電性がある部品に電氣的に結合される下側電極を更に備える、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目10]

前記第1の電気コネクタから絶縁される第2の電気コネクタによって前記電子制御器に電氣的に結合される下側電極を更に備える、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目11]

前記絶縁層は、上側絶縁体と下側絶縁体との間に導電経路を備え、この導電経路と前記上側電極との間の電氣的な接触を行なうためにビアが前記下側絶縁体を貫通形成されている、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目12]

前記絶縁層がマイカまたはポリイミドの層を備える、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目13]

前記部品の表面は、柔軟な前記超音波トランスデューサの下側電極としての機能を果たすとともに、前記電子制御器に対する電気接続部を有する、項目1に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

10

20

30

40

50

[項目 1 4]

前記圧電層は、圧電セラミックおよび／または誘電セラミックの有機前駆体から形成されるセラミック結合剤によって、監視されるべき前記部品に結合される、項目 1 3 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 1 5]

前記クランプが柔軟な前記超音波トランスデューサのための下側電極としての機能も果たすバンドであり、柔軟な前記超音波トランスデューサが前記クランプ上に直接に付着される、項目 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 1 6]

前記絶縁層を取り囲む保護層を更に備える、項目 1 5 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 1 7]

前記クランプは、前記絶縁層を取り囲む柔軟な前記超音波トランスデューサのための保護カバーとしての機能も果たすバンドである、項目 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 1 8]

トランスデューサアレーを形成するために、複数の同様な別個独立の圧電膜が前記絶縁層に沿って離間される、項目 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 1 9]

前記別個独立の膜は、前記電子制御器によって独立に電子的にアドレス可能であり、または、共通に電子制御される、項目 1 8 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 2 0]

前記クランプは、金属またはガラス繊維織布から形成されるチューブクランプであって、前記部分を取り囲むための変形可能なバンドを備えるチューブクランプである、項目 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 2 1]

前記クランプは、異なる温熱条件下で一定の張力を維持するためにばねまたはばねワッシャを有する張力付与機構を含む、項目 1 に記載の超音波トランスデューサアセンブリ。

[項目 2 2]

トランスデューサアセンブリを形成するための方法であって、
柔軟な圧電膜に隣接する上側電極を少なくとも含む柔軟な超音波トランスデューサを設けるステップと、

前記上側電極を絶縁層に結合するステップであり、前記絶縁層が、監視されるべき部品の部分を実質的に取り囲むような形状およびサイズを有する、ステップと、

前記上側電極から電子制御器への絶縁された電気接続部を設けるステップと、

前記上側電極と位置合わせされる前記部品の部位に少なくとも 0.2 MPa の圧縮圧力を加えるようになっている常設のまたは半常設のクランプを設けるステップとを備える方法。

[項目 2 3]

前記部品の前記部分の表面の一部を前処理するステップと、

前記表面の一部にカップラントを付着させ、前記カップラントと前記表面との間の緊密な物理的接触を行なうステップと、

既に組み合わされた層を前記カップラントに取り付けて、前記カップラントと前記柔軟な超音波トランスデューサとの間の緊密な物理的接触を行なうステップとを更に備える、項目 2 2 に記載の方法。

[項目 2 4]

前記カップラントを付着させる前記ステップが箔を貼り付ける工程を備え、

前記既に組み合わされた層を取り付ける前記ステップは、アルミニウム、金、スズ、亜鉛、または、半田付けおよび蝋付けの技術分野において知られる他の合金などの軟質金属を箔として貼り付ける工程を備え、

10

20

30

40

50

前記既に組み合わせられた層を取り付ける前記ステップは、前記軟質金属箔を塑性変形させるために1MPaよりも大きい初期圧縮力を加える工程を備える、項目23に記載の方法。

〔項目25〕

前記カップラントおよび前記部品のうちの一方が非導電性であり、

前記柔軟な超音波トランスデューサを設ける前記ステップは、下側電極と、前記下側電極から前記電子制御器への絶縁された導体とを加える工程を備える、項目23に記載の方法。

〔項目26〕

前記下側電極には、チタン箔またはステンレス鋼箔などの金属箔が設けられる、項目25に記載の方法。

〔項目27〕

前記カップラントを付着させる前記ステップは、接着結合の技術分野において知られる高分子系接着剤、銀ペースト、セラミックセメント、ガラスなどの接着材料を塗布する工程を備える、項目23に記載の方法。

〔項目28〕

前記柔軟な超音波トランスデューサを設ける前記ステップは、圧電粉末と誘電材料および／または圧電材料の有機前駆体との混合物から成る1つ以上の層を付着させる工程と、付着された前記層を熱処理する工程と、前記圧電膜を形成するために、付着された前記層をポーリングする工程とを備える、項目22に記載の方法。

〔項目29〕

前記柔軟な超音波トランスデューサを設ける前記ステップは、銀ペーストまたは金ペーストとして、あるいは、金、銀、白金、または、アルミニウムなどの導電金属の薄膜蒸着によって、前記上側電極を付着させる工程を備える、項目28に記載の方法。

【図1】

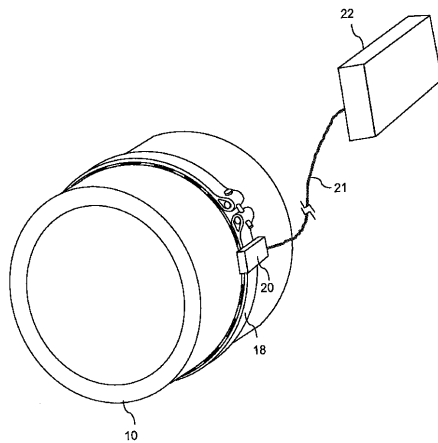
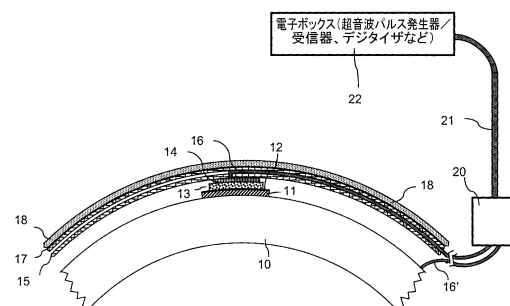
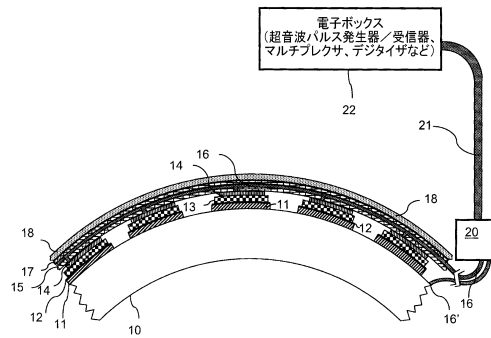


FIG. 1

【図2】



【図 3】



【図 4 A】

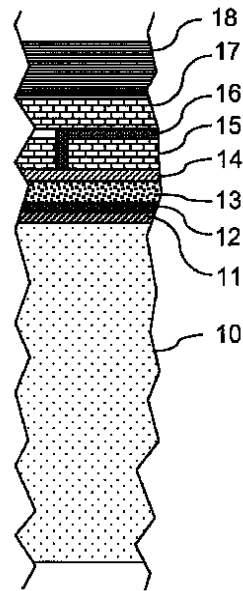


FIG. 4A

【図 4 B】

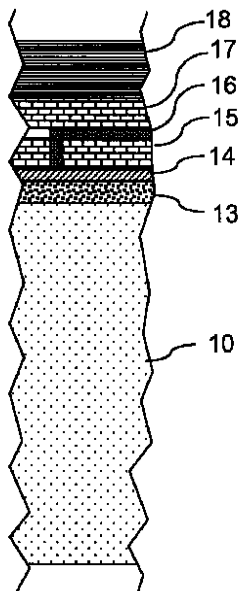


FIG. 4B

【図 4 C】

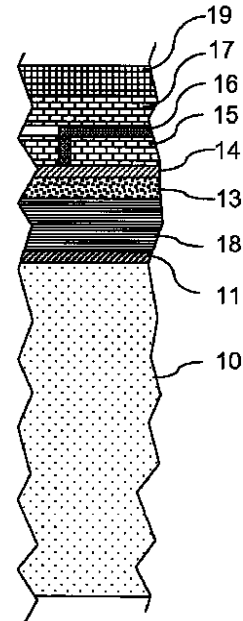


FIG. 4C

【図 4 D】

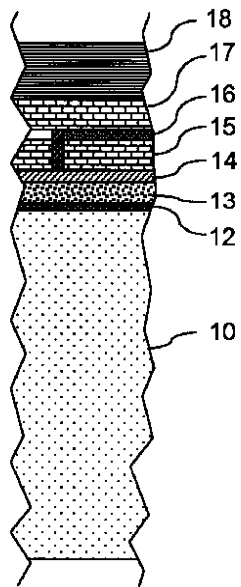


FIG. 4D

フロントページの続き

(72)発明者 クリュガー, シルヴィオ, イー.
カナダ, ジェイ4ワイ 3イー5 ケベック州, ブロサード, プレイス オデオン 833
0

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 特開2008-045989 (JP, A)
特開2007-003443 (JP, A)
実開平01-173695 (JP, U)
特表平10-507530 (JP, A)
特表2001-508547 (JP, A)
特開平10-293124 (JP, A)
特開2009-212776 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 29/00-29/52