

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3672565号
(P3672565)

(45) 発行日 平成17年7月20日(2005.7.20)

(24) 登録日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int.Cl.⁷

A 6 1 B 8/12

F I

A 6 1 B 8/12

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平7-523501	(73) 特許権者	カーディオヴァスキュラー イメージング システムズ インコーポレイテッド
(86) (22) 出願日	平成7年2月28日(1995.2.28)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(65) 公表番号	特表平9-510120		086 サニーヴェイル ノース パスト
(43) 公表日	平成9年10月14日(1997.10.14)		リア アベニュー 595
(86) 国際出願番号	PCT/US1995/002500	(74) 代理人	弁理士 中村 稔
(87) 国際公開番号	W01995/024157	(74) 代理人	弁理士 大塚 文昭
(87) 国際公開日	平成7年9月14日(1995.9.14)	(74) 代理人	弁理士 穴戸 嘉一
審査請求日	平成13年12月3日(2001.12.3)	(74) 代理人	弁理士 竹内 英人
(31) 優先権主張番号	08/207,866		
(32) 優先日	平成6年3月8日(1994.3.8)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小断面脈管超音波像形成トランスジューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

選択された共振中心周波数 f_r において発振するように選択された第1及び第2主表面と大きさを有する超音波トランスジューサエレメントと、
 該トランスジューサエレメントに機械的に接続されており、前記トランスジューサエレメントが受信された超音波パルスによって起動されるとき、約 t マイクロ秒の持続時間を有する電気パルスを発生し、前記トランスジューサエレメントに L ミクロンの空間長さと、 t マイクロ秒の一時的な寿命とを有する第一次超音波パルスを発信させる電気起動パルスを与える手段とを有し、この場合 L は前記第一次超音波パルスを形成する超音波の共振中心周波数 f_r における波長の所定倍数にほぼ等しいものであり、
 さらに、第1及び第2 バックング材主表面を有し、支持材料を横切る超音波パルスを減衰する高損失材料から形成されており、前記第1 バックング材主表面は前記トランスジューサエレメントの第2トランスジューサエレメント主表面に結合されており、前記 バックング材の第1および第2主表面との距離は、前記中心周波数 f_r における波長の前記 所定倍数の半分に等しく、この結果、第2 バックング材主表面から反射された超音波パルスが前記トランスジューサエレメントの起動から t マイクロ秒以内にトランスジューサエレメントの第2主表面に受信され、かつ前記第2 バックング材主表面から複数回反射された超音波パルスが、伝播及び反射損失によって、大きく減衰されるような バックング材とを備えた、超音波パルスを発信及び受信するためのシステム。

【請求項2】

請求項 1 において、さらに、
ハウジングと、

充填材料に結合される前記第 2 バックング材表面を有し、機械的に前記第 2 バックング材を前記ハウジングに結合する充填材料のベッドとを有することを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、一般に超音波トランスジューサの設計、特に血管内の狭窄領域の像形成を行うための血管カテーテルで使用する超音波トランスジューサの設計に関する。

2. 関連技術の説明

360°にわたってリアルタイムの像を提供することができる像形成カテーテルは多くの場合、軸方向の装着される、例えば、超音波パルスが主としてカテーテルの軸に沿って、発信され、カテーテルの軸に垂直な方向に超音波パルスを反射させる音響ミラーを使用する超音波トランスジューサを備えている。また、側方監視トランスジューサ、例えば、カテーテル軸に垂直な方向に超音波パルスが発信されるように設けられたトランスジューサの場合は、ミラーなしで 사용할 ことができる。幾つかのトランスジューサの形態の例は、本発明と同一の譲受人に譲渡された米国特許第 5,000,185 に開示されている。超音波トランスジューサが起動されると、僅かの時間共振周波数で『鳴る』。この音は、その後機械的に十分に小さく減衰される。このように、マイクロ秒単位で定義される特性時間と、ミクロン単位で定義される長さを有する超音波パルスがトランスジューサから発信される。通常、トランスジューサは反対側に配置された第 1、第 2 主表面を有したトランスジューサエレメントを有しており、この場合、バックング材が第 2 主表面に結合されている。このトランスジューサエレメントで発生した超音波エネルギーのほとんどは上記の主表面に垂直な方向に伝播するパルスとして放出される。バックング材は、該バックング材に放出された超音波パルスの反射を減衰させ、多数のパルスが第 1 主表面に垂直な方向に放出されるのを防止する。減衰の主なメカニズムは、パルスが通る距離による減衰の量を伴う伝播損失、および上記バックング材の境界におけるインピーダンスの不整合によって決定される減衰量を伴う、反射損失である。このバックング材はトランスジューサの機械的減衰にも影響を与えるとともに、カテーテルへのトランスジューサの取り付け構造の一部をなすものである。

高品質の脈管像を形成するために、トランスジューサエレメントが電気パルスによって起動されたときに単一の超音波パルスだけが発信され、かつトランスジューサエレメントが超音波パルスによって起動されたときは、単一の電気パルスのみが放出されることが必要である。したがって、多重パルスの発生を防止するためには、バックング材を音響減衰材料で作るとともに、バックング材のインターフェースおよび支持充填材料から反射する反響が伝播損失によって問題のないレベルまで減衰されるように十分に厚くする。

一般に、カテーテルの直径は、径の小さい血管にも挿入することができるように、最小にすることが望ましい。支持部材の厚さは、この支持部材の厚さがカテーテルの直径に影響を与えるものではないので、軸方向に装着されたトランスジューサについては、通常は、重大ではない。しかし、側方監視トランスジューサについては、カテーテルの最小直径は、トランスジューサと支持部材の厚さによって決まることがよくある。

幾つかの用途では、軸方向装置のミラーストラットはアーチファクトを引き起こする原因となるとともに、カテーテルのフラッシング液とトランスジューサとの間の音響結合が改良されているので、側方監視トランスジューサを使用することが望ましい。しかし、多重パルスの発生を防止できるような反響減衰に十分な厚さを有するバックング材を備えた側方監視トランスジューサを使用することには、カテーテルの直径を低く抑える必要があり、したがって、その活用を制限する可能性がある。

発明の概要

本発明は支持部材中の反響によって多重パルスが発生することを防止する薄い断面を有する改良された超音波トランスジューサにかかる。

10

20

30

40

50

本発明の１つの特徴によれば、受信された超音波パルスによって起動されたときには、 t マイクロ秒の短い寿命の電気パルスを発生し、トランスジューサエレメントが電子パルスで起動された場合には、 t マイクロ秒の短い寿命と L ミクロンの空間的な長さを有する超音波パルスを発信する。長さ L はまた、誘導超音波パルスの中心周波数の波長 NW に等しい。バックング材はトランスジューサエレメントに接続されており、中心周波数で約 $NW/2$ より小さいか、これと等しい厚さを有する。

本発明の他の特徴によれば、トランスジューサは、充填材料から作られたベッドを使用したハウジングの中に設けられている。

本発明の別の特徴によれば、そのベッドにおけるトランスジューサの設置は、充填材料のピークマウンドを形成し、そのピークのポイントがほぼトランスジューサの主表面の中央に位置するようにトランスジューサを位置決めし、トランスジューサを連続的に低下させてトランスジューサの主表面に対するピークマウンドを平滑化して、気泡の実質的に生じない結合を形成するステップを有する。

本発明の他の利点および特徴は以下の詳細な説明および添付の図面を照らして明確となる。

図面の説明

図１Ａおよび図１Ｂは、トランスジューサの概略ダイアグラムであり、

図２は、ハウジング内に設けられたトランスジューサの概略ダイアグラムであり、

図３は、コントローシステムのブロックダイアグラム、

図４は、バックング材内の誘導パルスと、反射された超音波パルスを示すダイアグラム、

図５は、厚いバックング材を使用するシステムにおいて、１次および２次電気パルスを示すグラフ、

図６は、本発明の好ましい実施例についての１次および２次電気パルスを示すグラフ、

図７は、ハウジングの孔における充填材のピークマウンドを示す概略図である。

実施例の説明

図１Ａおよび１Ｂは超音波エネルギーのパルスを放出し、検出するための超音波トランスジューサシステムを示す概略ダイアグラムである。図２は、カテーテルの末端ハウジングに設けられたトランスジューサの概略ダイアグラムである。そして、図３は、トランスジューサを起動して超音波パルスを放出し、受信された超音波パルスを検出するための代表的なシステムの概略ダイアグラムである。

図１Ａおよび図１Ｂを参照すると、超音波トランスジューサ１０は、組立体の一部である単一のトランスジューサエレメント１２を備えている。トランスジューサエレメントの機能は超音波パルスを電気パルスに変換し、電気パルスを超音波パルスに変換することであり、該トランスジューサエレメントはＰＺＴセラミック材料から作られている。このトランスジューサエレメント１２は、ブロックのような形状を有しており、クロムあるいは金のような適当な材料から形成された金属導電フィルム１４および１６によって覆われた対面する表面および裏面１２Ｆおよび１２Ｂを備えている。上記フィルムの材料はホイルから形成することも、トランスジューサエレメント１２の対向表面の上に蒸発あるいはスパッタリングするフィルムの形態とすることもできる。フィルム１４および１６は、電極として作用し、表面電極１４は、ワイヤに接続されるその上に配置された銀エポキシドット１８を有している。このトランスジューサエレメント１２は、図示されていない表面上の１／４波インピーダンスマッチング層を備えていても良い。

適当な支持材料からなるバックング材２２はトランスジューサエレメント１２の裏面に接合されており、トランスジューサエレメント１２の裏面１２Ｂによって放出された超音波エネルギーを減衰するようになっている。バックング材２２はトランスジューサエレメント１２の裏面１２Ｂに接合された表面２２Ｆを備えている。

バックング材２２の特定の構造について以下に説明する。

図２は、末端ハウジング２４に配設されたトランスジューサ１０を示す。トランスジューサ１２は、例えば、銀エポキシのような充填材料のベッド２６に取り付けられており、バックング材２２の裏面２２Ｂはベッド２６に接している。好ましい実施例では、バックン

10

20

30

40

50

グ材 2 2 とベッド 2 6 は、電気導電材料から製造されており、裏面電極 1 6 に電気接触させる導電通路として働く。

図 3 を参照すると、トランスジューサ 1 0 を起動して超音波パルスが発生し、受信されたパルスを検出するための代表的なシステムが図示されている。このシステムは、本発明の一部ではないので簡単に説明する。タイミングおよびコントロールブロック 3 0 は、発信器 3 2 を制御して所定間隔で所定の長さの一連の電圧パルスが発生させる。このスイッチ 3 4 は、パルスが発生したときトランスジューサ 1 0 に発信器 3 2 を結合し、パルスのインターバルの間受信器 3 6 をトランスジューサに結合する。

受信されたパルスは本発明の一部ではないが像発生システム 3 8 によって処理される。像が発生するのに用いられるおもな情報は、超音波パルスの送信と受信パルスの受信との間の遅れ時間である。受信パルスの大きさ、位相といった他の情報も同様に処理される。

周知のように、電圧パルスが電極 1 4 および 1 6 に印加されるとトランスジューサエレメント 1 2 は、発振してトランスジューサ 1 0 の機械的および圧電特性によって決定された共振周波数を中心とするパルスが発生する。したがって、所定間隔で分離した一連の超音波パルスが送信される。

これと反対に、超音波パルスがトランスジューサ 1 0 によって受信された場合には、電圧パルスは、電極 1 4 および 1 6 上に発生して、このパルスは受信器 3 6 によって増幅され、像発生装置 3 8 に送信される。

図 5 および図 6 は反射した超音波パルスが受信されたとき電気パルスが発生し、電気パルスが受信されたとき超音波パルスを送信するトランスジューサの応答を示している。図 5 は、トランスジューサエレメント 1 2、バックング材 2 2、およびベッド 2 6 の簡略化したブロックダイヤグラムであり、図 5 は、超音波パルスが受信されたときのトランスジューサエレメント 1 2 の電圧応答のグラフである。

受信された超音波パルスを検出するためのトランスジューサ 1 0 の動作を以下に説明する。超音波パルスがトランスジューサ 1 0 に衝突したとき、トランスジューサ 1 2 は電極 1 4 および 1 6 を横切って 1 次電圧パルス 4 0 を発生する。同じトランスジューサが発信および受信に使用されるとき、トランスジューサ 1 0 によって受信される超音波パルスのバンド幅はトランスジューサ 1 2 の共振周波数にほぼ等しい中心周波数 f_r に中心が合わせられており、バックング材 2 2 を介して伝播する誘導超音波パルス 4 2 の幅となる。誘導超音波パルス 4 2 はバックング材 2 2 の裏面 2 2 B のインターフェースおよび充填材料 2 6 で反射して第 1 の反射超音波パルス 4 4 を形成し、このパルスは支持材料の厚さと、支持材料におけるパルスの音速とによって決まる時間の後トランスジューサエレメント 1 2 に衝突する。

数学的には、『 c 』がバックング材のパルスの音速であり、『 $L B$ 』がバックング材の厚さであり、『 t 』が通過時間であるとする、

方程式 (1) は

$$t = 2 L B / c$$

である。

図 5 に示すように、第 1 の反射超音波パルス 4 4 がトランスジューサエレメント 1 2 に衝突したとき第 2 の電気パルス 4 6 が発生する。血管壁から反射した超音波パルスがトランスジューサエレメント 1 2 に衝突したとき発生する第 1 次電気パルスは、血管の像を形成するのに必要な情報を与える。一方、第 2 次電気パルス 4 6 はバックング材 2 2 からの反射によって生じ、何の情報ももたらさない。しかし、この第 2 電気パルスは、像形成システム 3 8 によって処理され、誤った情報を与えるか、あるいは真の情報を隠してしまう像における『アーティファクト』を形成する可能性がある。

つぎに、発信器 3 2 によって与えられた電気パルスによって起動されたとき超音波パルスを送信するためのトランスジューサの動作を説明する。再び図 4 を参照すると、電圧パルスが電極 1 4 および 1 6 に与えられたとき、トランスジューサエレメント 1 2 が鳴って、表面 1 2 F の外に向けて血管媒体の中に伝播する一次超音波パルス 5 0 と、裏面 1 2 B から外にむけて、バックング材 2 2 の中に伝播する誘導超音波パルス 4 2 とを発生する。誘

10

20

30

40

50

導超音波パルス 4 2 の一部は バックング材 2 2 と支持充填材料 2 6 との間のインターフェースから 反射して、トランスジューサエレメント 1 2 を介して血管媒体に伝播する反射パルスを形成して、第 2 次超音波パルス 5 1 を形成する。従って、多重超音波パルスは反射パルスが減衰されない限り、発生する。もし、多重超音波パルスが発信されると、その後、一次および二次超音波パルス 5 0 および 5 1 は血管壁によって反射され、トランスジューサ 1 2 によって検出されるであろう。検出された 2 次超音波パルス 5 1 は像におけるアーティファクトの原因となる。

従来においては、図 4 に示すように、反射された超音波パルス 4 4 の大きさはこれが バックング材 を介して伝播するとき伝播損失によって減衰させられていた。しかし、側方監視トランスジューサについては、支持材料の厚さが制限されているとともに、認められる伝播損失による減衰が不可能であり、多重パルスが発生する結果となる。

図 5 を参照すると、トランスジューサ 1 2 は 3 0 メガヘルツの中心周波数において共振するように設計されており、波長の約 4 . 5 倍の長さを有するパルスを発生する。その空間的な長さ L は数学的關係によって、持続時間 d t と関連づけられる。

$$\text{式 (2) } \quad d t = L / c$$

そして、波長 『 w 』 は周波数 『 f 』 以下のように関係づけられる。

$$\text{式 (3) } \quad w = c / f$$

周知のように、媒体中の超音波パルスの速度は、その媒体の濃度および弾性特性に依存する。異なる材料についての速度と濃度との値は、科学文献、たとえばアレン・ R ・セルフリッジ著、v o l . S U - 3 2、N o . 3、1 9 8 5 年 5 月、音及び超音波に関する I E E E 会報において出版された『等方性材料の近似的材料特性』から入手することができる。式 (3) を使用すると、3 0 メガヘルツの共振周波数 についての波長は、約 6 3 ミクロンであり一次パルスの 持続時間 は約 1 5 0 ナノ秒である。

本発明の動作の原理は、図 4 - 図 6 に示されている。バックング材 2 2 の厚さは、第一反射超音波パルス 4 4 がトランスジューサ 1 0 のリングダウン期間中にトランスジューサエレメント 1 2 に到着し、かつ高い次数の反射超音波パルスが伝播損失および、バックング材 2 2 の表面および裏面 2 2 F と 2 2 B からの多重反射による反射損失によって減衰されるように選択されている。

図 6 に示すように、トランスジューサ 1 0 に衝突する第 1 の反射超音波パルスの結果として、第 2 次電気パルス 4 6 が第 1 次電気パルス 4 0 のリングダウンと重なる。与えられる最も重要な情報は、電気パルス 4 0 の受信時間であるので、第 1 次電気パルス 4 0 の末端部に第 2 次電気パルスを加えても、この情報を減退させるものではなく、アーティファクトを生じさせることもない。

したがって、受信超音波パルスを検出したとき、誘導超音波パルス 4 2 と バックング材 を介しての反射超音波パルス 4 4 との合計通過時間は一次電気パルス 4 0 の 持続時間 すなわち 1 5 0 ナノ秒よりも小さくしなければならない。

もし、L B が バックング材 2 2 の厚さであるならば、誘導超音波パルス 4 2 は L B の距離だけ進み、第一反射超音波パルス 4 4 は L B の距離進み、バックング材 における超音波パルスによって進む全体合計の通過距離は、バックング材 2 2 の厚さの 2 倍、すなわち 2 L B であり、つぎに、反射超音波パルス 4 4 はトランスジューサエレメント 1 2 に衝突する。式 (2) を用いて、距離と時間を関連づけると、バックング材 2 2 の厚さは L B に等しいか、これより小さくなければならない。

$$\text{式 (4) } \quad L B = (d t \times c) / 2$$

別の方法で、L B は中心周波数における支持部材の超音波放射線に対する波長を使って表現することができる。N W が中心周波数 f r における波長についての一次パルスの長さであるとする、バックング材 の幅は、

$$\text{式 (5) } \quad L B (\text{波長における}) = N W / 2$$

より小さいか、等しくなければならない。

式 (5) の変形によって、バックング材 材料の値 c が既知であるならば、選択された共振周波数の対する バックング材 の厚さの計算を行うことが可能となる。

10

20

30

40

50

上記したように、バックング材 2 2 は極めて薄いので、反射損失による減衰は重要である。超音波パルスがバックング材 2 2 の表面と裏面との間をいったり来たりバウンドするとき、その表面において音響的インピーダンスが合っていないために、超音波パルスの一部のみが反射して帰ってくる。バックング材の裏面における公称入射反射係数 R_B は数学的に、

$$\text{式(6)} \quad R_B = (Z_F - Z_B) / (Z_F + Z_B)$$

と表される。

ここで Z_B は支持材料の音響的インピーダンス、 Z_F は、バックング材の後ろ側の充填材料の音響的インピーダンスである。たとえば、もし Z_B が 3、 Z_F が 1.5 M R a y l、そして R_B が、- 0.3333、すなわち、超音波パルスの約 33 パーセントは、反射係数の
10 マイナスサインで示すように、その位相が反転して反射する。同様に、バックング材の表面における反射係数 R_F は数学的に、

$$\text{式(7)} \quad R_F = (Z_T - Z_B) / (Z_T + Z_B)$$

と表すことができる。

ここで、 Z_T はトランスジューサエレメント 1 2 の音響的インピーダンスである。通常、 Z_T は約 33 であり、 Z_B が 3 M R a y l であるとする、 R_F は約 8.333、すなわち、反射した 2 次パルスの 83 パーセントが再び バックング材の中に反射する。

図 4 に示すように、二次反射 6 4 の大きさは、2 L B の バックング材を介して伝播したのちの単一の反射であって、おなじ 4 L B の長さの伝播を行う場合と比較して、超音波パルスが バックング材の厚さ L B の 4 倍すなわち、4 L B を進んだ後の 2 つの追加的な反射の
20 ために、大きく減衰される。数学的には、式(6)および(7)によって 2 つの追加の反射による大きさの損失は、

式(8)

$$R_B \times R_F = ((Z_F - Z_B) / (Z_F + Z_B)) \times ((Z_T - Z_B) / (Z_T + Z_B)) \text{と表される。}$$

たとえば、 $Z_B = 3$ 、 $Z_F = 1.5$ 、および $Z_T = 33$ M R a y l とすると、第 2 反射 6 4 の大きさは 1 つの反射で同じ距離を持つ伝播通路のものの 28 パーセントにまで低下する。

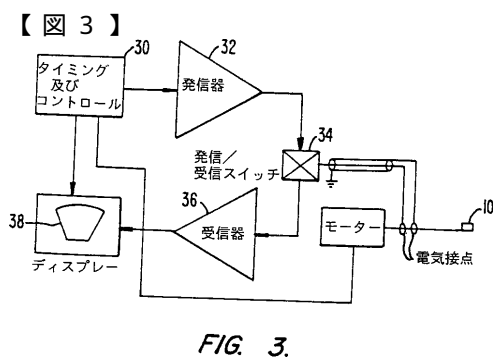
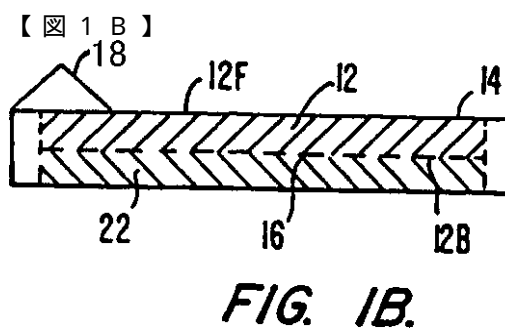
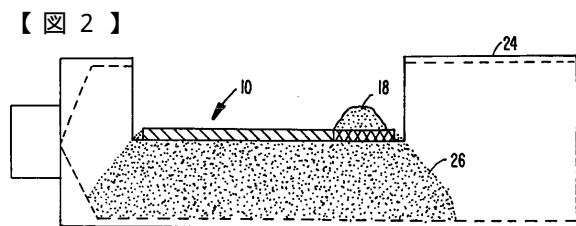
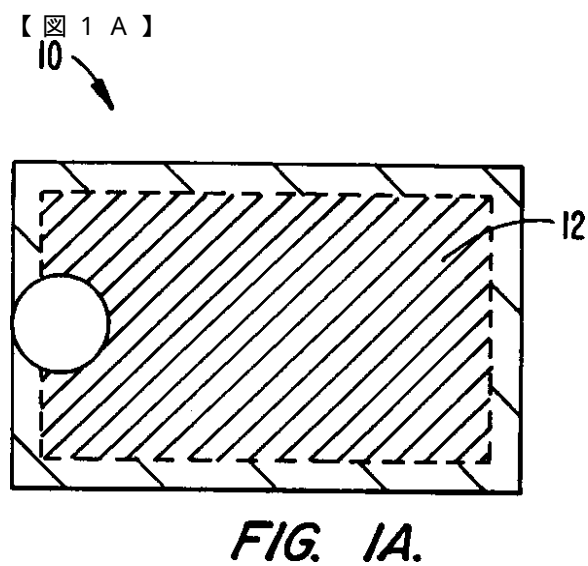
したがって、バックング材 2 2 の選択された厚さは第 1 の反射が第一次パルスに吸収され、第 2 反射が バックング材の境界における追加の反射で生じる反射損失のために大きく減
30 衰される。図 2 を参照すると、トランスジューサ 1 0 の バックング材 2 2 の裏面とベッド 2 6 の結合は、気泡のない良好な吸音結合を保証するものでなければならない。そのような結合を形成する方法を図 2 および図 7 を参照して説明する。

図 7 において、銀エポキシのような、導電性充填材量のピークマウンド 7 0 がハウジング 2 4 の開口部 7 2 に形成されている。トランスジューサ 1 0 はつぎにそのピークマウンド 7 0 の尖った頂部が トランスジューサの裏面中心に近い部分に触れるように位置決めされる。トランスジューサはつぎに、該トランスジューサ 1 0 の裏面に対してピークマウンド 7 0 の尖った頂部がフラットになるように連続的に低くさせられる。ピークマウンドを用い、裏返しにするような動きをさせないように連続的にトランスジューサ 1 0 を低くすることによって、トランスジューサ 1 0 の裏面とベッド 2 6 との間に空気がトラップされる
40 ことがないということがわかった。

本発明を好ましい実施例を参照して説明した。代用品、および置換物が当業者には明らかであろう。たとえば、実施例で使用されているトランスジューサ 1 2 は、P Z T セラミックエレメントであるが、他のトランスジューサエレメント、たとえば、P V D F のような圧電ポリマーあるいは圧電複合材料を使用することも可能である。さらに、本発明の原理は多重トランスジューサエレメントからなるトランスジューサアレーに適用することもできる。さらに、本発明の原理を非平面主表面を有するトランスジューサエレメント、たとえば、合焦されたあるいはテイパーを有するトランスジューサエレメントに適用することもできる。

したがって、本発明は添付の請求の範囲の範囲の記載を除いて限定されることを意図する
50

ものではない。



【 図 4 】

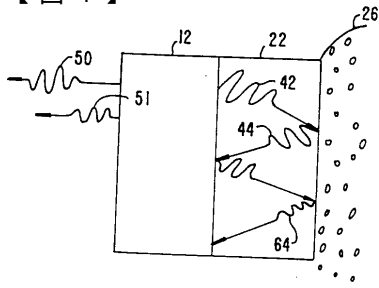


FIG. 4.

【 図 5 】

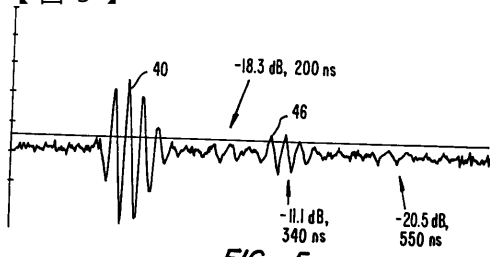


FIG. 5.

【 図 6 】

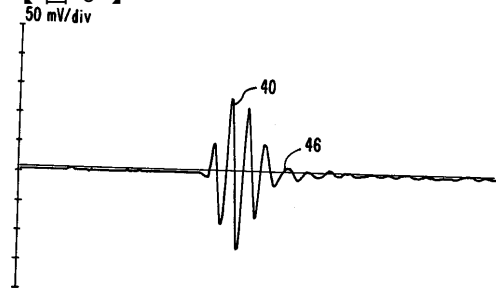


FIG. 6.

【 図 7 】

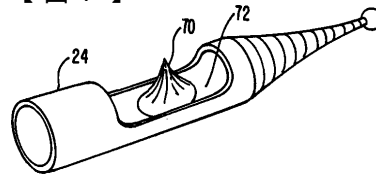


FIG. 7.

フロントページの続き

(74)代理人

弁理士 今城 俊夫

(74)代理人

弁理士 小川 信夫

(74)代理人

弁理士 村社 厚夫

(74)代理人

弁理士 西島 孝喜

(72)発明者 スオルサ ヴェイホ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 5 5 フリーモント モナコ コモン 3 4 7 6 5

(72)発明者 ソーントン ピーター

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 6 2 7 コスタ メサ シー テラス レーン 1 0 8
9

(72)発明者 レンツ マーク

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 7 サニーヴェイル サニーヴェイル サラトガ
ロード 5 - 1 1 5 8

審査官 右▲高▼ 孝幸

(56)参考文献 特公昭33 - 1047 (JP, B1)

特開昭60 - 35256 (JP, A)

特開昭62 - 39761 (JP, A)

特表平2 - 502078 (JP, A)

特開平3 - 186252 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

A61B 8/12

H04R 17/00