

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/023619

発行日 平成25年10月28日 (2013.10.28)

(43) 国際公開日 平成24年2月23日 (2012.2.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 19/00 (2006.01)	H04R 19/00 330	4C601
H04R 1/40 (2006.01)	H04R 1/40 330	5D019
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

出願番号 特願2012-529634 (P2012-529634)	(71) 出願人 000153498 株式会社日立メディコ 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2011/068811	
(22) 国際出願日 平成23年8月19日 (2011.8.19)	
(31) 優先権主張番号 特願2010-184882 (P2010-184882)	(74) 代理人 110000350 ポレール特許業務法人
(32) 優先日 平成22年8月20日 (2010.8.20)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 吉村 保廣 日本国茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
	(72) 発明者 永田 達也 日本国茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
	(72) 発明者 佐光 暁史 日本国東京都千代田区外神田四丁目14番1号 株式会社日立メディコ内
	Fターム(参考) 4C601 EE04 GB31 GB45

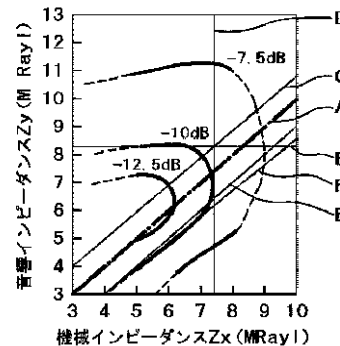
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子およびそれを用いた超音波診断装置

(57) 【要約】

超音波送受信デバイスの超音波送信方向とは反対側に放射される超音波の背面の反射を低減し、高解像な超音波診断画像を得るために、基板上に、空洞と、前記空洞を挟む絶縁層と、前記空洞と絶縁層を挟む上層電極と下層電極を設けて超音波振動素子を形成し、前記基板をバッキングに低弾性部材を介して保持し、前記電極間に直流電圧と交流電圧を印加して、超音波振動素子を振動させる超音波探触子において、前記基板と前記低弾性部材から成る機械インピーダンスと、バッキングの音響インピーダンスとを概ね同じ値とする。

【図14】



Zx MECHANICAL IMPEDANCE
Zy ACOUSTIC IMPEDANCE

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に、空洞と、前記空洞を挟む絶縁層と、前記空洞と絶縁層を挟む上層電極と下層電極を設けて超音波振動素子を形成し、前記基板をパッキングに低弾性部材を介して保持し、前記電極間に直流電圧と交流電圧を印加して、前記超音波振動素子を振動させる超音波探触子において、

前記パッキングの音響インピーダンスが、前記基板と前記低弾性部材から成る機械インピーダンスの $\pm 1 \text{ MRayls} (10^6 \text{ kg/m}^2\text{s})$ 以内としたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波探触子において、前記機械インピーダンスは、前記基板の質量と前記低弾性部材のばね定数から成ることを特徴とする超音波探触子。 10

【請求項 3】

請求項 1 記載の超音波探触子において、前記基板と前記低弾性部材から成る機械インピーダンスと、前記パッキングの音響インピーダンスとを概ね同じ値としたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 4】

請求項 1 記載の超音波探触子において、

前記基板の質量と前記低弾性部材のばね定数から成る機械インピーダンスの値を Z_x 、パッキングの音響インピーダンスの値を Z_y としたとき、前記 Z_x と Z_y が次の 3 つの式をとともに満たす範囲の値としたことを特徴とする超音波探触子。 20

$$Z_x \quad 7.4 \quad \text{MRayls} (10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}),$$

$$Z_y \quad 8.3 \quad \text{MRayls} (10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}),$$

$$Z_y \quad 0.883 Z_x - 0.532 \quad \text{MRayls} (10^6 \text{ kg/m}^2\text{s})$$

【請求項 5】

請求項 1 に記載の超音波探触子において、前記基板がシリコン基板であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の超音波探触子において、前記シリコン基板厚さが $50 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の超音波探触子において、前記パッキングは長軸側の線膨張係数が短軸側の線膨張係数より小さいことを特徴とする超音波探触子。 30

【請求項 8】

請求項 1 記載の超音波探触子において、前記パッキングは炭素繊維を含有する樹脂であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 9】

請求項 8 記載の超音波探触子において、前記樹脂には、シリカ、タングステン等の低熱膨張で密度の異なる粒子を添加したことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の超音波探触子において、前記基板と前記低弾性部材の機械的な振動の共振周波数の略 $1/2$ の周波数を、超音波駆動の中心周波数としたことを特徴とする超音波探触子。 40

【請求項 11】

請求項 1 に記載の超音波探触子を用いて、被検体からの超音波診断画像を得る超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、診断画像を撮像する超音波探触子およびそれを用いた超音波診断装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

従来の被検体を超音波で検査する分野の超音波探触子としては、例えば、特許文献1に開示されているものがある。この発明は、シリコン基板上に作製したギャップ、絶縁層、電極で構成されており、そのシリコン基板の反対面にシリコン基板と音響インピーダンスがほぼ等しいダンピング材料を導入している。電極とシリコン基板間とにDC電圧を印加してある一定の位置までギャップを縮めておき、更にAC電圧を印加させて、ギャップを縮めたり、広げたりすることで超音波を送信する構造である。また、被検体に当たり反射してくる超音波により、電極とシリコン基板との間の容量変化を検出する超音波を受信する機能も兼ね備えている。ここで、ダンピング材料は、送受信時の超音波の反射を低減する役割を有する。具体的なダンピング材料は、エポキシ樹脂にタングステン微粒子の混合比率を変えて混合し、シリコンとの音響インピーダンスを整合させている。

10

【0003】

また、特許文献2には、音響インピーダンスが1.3~6MRaylsの音響バックングの上に圧電素子を設けた超音波プローブが開示されており、音響バックングには酸化亜鉛繊維を混合した複合材であることが記載されている。

【0004】

また、特許文献3には、CMUT (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) チップとバックングとを接着し、短パルス、すなわち広帯域の超音波波形が得られ高分解能に適していることが記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第6714484B2号明細書

【特許文献2】特開2008-118212号公報

【特許文献3】特開2008-119318号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

超音波診断装置に使用する超音波探触子は、超音波を、被検体に送波し、被検体から反射してきた超音波を受波してこれを画像化する。超音波は、音響インピーダンスの異なる物体の界面で反射する性質がある。そのため超音波探触子を構成する超音波送受信デバイスや前面に設置される音響レンズ、背面に設置されるバックング等の界面での超音波の反射により、画質の低下がみられる。前面に関して、音響レンズと超音波送受信デバイス間に中間の音響インピーダンスを持つ整合層を設けて反射を低減する方法が主流となっている。背面に関しては、バックングで、背面に伝達した超音波を減衰するために、バックングの音響インピーダンスと超音波送受信デバイスの音響インピーダンスを等しくする方法がとられることが多い。しかしながら、背面からの反射は下記に述べるようにCMUT固有の原因からきており、従来の音響インピーダンスを等しくする方法では反射を低減することが難しかった。

30

40

【0007】

本発明は、前記の背面反射の原因を追及し、改善する手段を講じて、超音波送受信デバイスから背面に放出される超音波の反射を低減し、高画質な診断画像を得ることを目的とする。

【0008】

より具体的には、CMUTを用いた探触子では、空洞上のメンブレインに加わった振動はメンブレインを支える狭いリムを介してシリコン基板に伝達され、シリコン基板内を円筒状に拡散して広がる過程で反射が発生することが新たにわかった。この背面での音響反射を広帯域で防止する構造を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するために、本発明の超音波探触子は、基板上に、空洞と、前記空洞を挟む絶縁層と、前記空洞と絶縁層を挟む上層電極と下層電極を設けて超音波振動素子を形成し、前記基板をバックングに低弾性部材を介して保持し、前記電極間に直流電圧と交流電圧を印加して、前記超音波振動素子を振動させる超音波探触子において、前記バックングの音響インピーダンスが、前記基板と前記低弾性部材から成る機械インピーダンスの $\pm 1 \text{ MRayls} (10^6 \text{ kg/m}^2\text{s})$ 以内としたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

本発明の超音波診断装置は、上記の超音波探触子を用いて、被検体からの超音波診断画像を得るものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、超音波送受信デバイスから背面に放出される超音波の反射を低減することができる超音波探触子を提供することができ、さらに、本発明の超音波探触子を使用して高画質な診断画像を提示できる超音波診断装置を提供できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 超音波探触子の概略構成を示す図。

【 図 2 】 超音波送受信デバイス、バックング、音響レンズ等の断面図。

【 図 3 】 超音波送受信デバイス、バックング、フレキ基板を示す斜視図。

【 図 4 】 超音波送受信デバイスの部分拡大図。

【 図 5 】 超音波送受信デバイスのセルの部分断面図。

【 図 6 】 バックングの長軸方向の断面図。

【 図 7 】 超音波の反射のモデルを説明する図。

【 図 8 】 超音波送受信デバイスの基板の厚さと反射率の関係を示す図。

【 図 9 】 超音波送受信デバイスの背面の反射を解析した、周波数と反射係数の関係を示す図。

【 図 1 0 】 超音波送受信デバイスの背面の反射を解析した、周波数と位相との関係を示す図。

【 図 1 1 】 有限要素法で解析した結果で、バックングと低弾性部材の共振周波数 f_0 の $1/4$ での反射率の等高線図。

【 図 1 2 】 有限要素法で解析した結果で、バックングと低弾性部材の共振周波数 f_0 の $1/2$ での反射率の等高線図。

【 図 1 3 】 有限要素法で解析した結果で、バックングと低弾性部材の共振周波数 f_0 の $3/4$ での反射率の等高線図。

【 図 1 4 】 有限要素法で解析した結果で、図 1 1、図 1 2、図 1 3 の反射率の最大値をまとめて等高線で示した図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

本発明の実施の形態について、図 1 ~ 図 1 4 を用いて説明する。

【 0 0 1 4 】

超音波送受信デバイス(超音波振動素子) 2 を備えた超音波探触子 1 の概略構造を図 1 に示す。超音波探触子 1 は、医療機関における人体検査(心臓、血管などの循環器検査、腹部検査など)に用いられる。超音波探触子 1 は、バックング 3 の先端に超音波送受信デバイス 2 を備えており、超音波送受信デバイス 2 には、コネクタ 9 1 につながる配線 9 2 を有するフレキ基板 4 がワイヤボンディングで接続されている。コネクタ 9 1 は、回路基板 9 7 と接続しており、回路基板 9 7 の接続端子 9 8 は、超音波診断装置と接続する。超音波診断装置は、超音波送受信デバイス 2 に電気信号を与えて駆動させるとともに、被検体からの受波による信号を画像化させるものである。超音波送受信デバイス 2 の表面には、超音波送受信デバイス 2 から発生した超音波を被検体方向にフォーカスするためのシリ

10

20

30

40

50

コン樹脂の音響レンズ 9 4 を備えている。超音波送受信デバイス 2 は、音響レンズ 9 4 を経て、人体等の被検体 9 5 に超音波を送受信する。

【 0 0 1 5 】

図 2 は、図 1 で示した超音波探触子 1 の音響レンズ 9 4 と超音波送受信デバイス(超音波振動素子) 2 とバッキング 3 とその周辺に設置される構成体の断面を示す図である。バッキング 3 の上に樹脂 4 5 を介して超音波送受信デバイス 2 が搭載されている。超音波送受信信号を基板(図示せず)に伝達するフレキ基板 4 も樹脂 4 6 を介してバッキング 3 に固定されている。超音波送受信デバイス 2 とフレキ基板 4 とは、ワイヤボンディング法により、ワイヤ 4 2 で接続されている。ワイヤ 4 2 と接続部周辺は、封止樹脂 4 7 により封止されており、ワイヤ 4 2 の固定と、駆動電圧の印加によるエレクトロマイグレーションの防止効果がある。これらの構造体の上に、音響レンズ 9 4 が樹脂 4 1 で接着固定されている。また、これらの構造体は、ケース 4 3 に収納される構成である。ケース 4 3 と音響レンズ 2 との隙間は、樹脂 4 4 で充填されている。

10

【 0 0 1 6 】

図 3 は、図 1 で説明した超音波送受信デバイス 2 とバッキング 3 およびフレキ基板 4 を示した図である。超音波送受信デバイス 2 とバッキング 3 の長辺方向を長軸方向 L、短辺方向を短軸方向 M として示した。超音波送受信デバイス 2 は、バッキング 3 の上に樹脂で接着されている。超音波送受信デバイス 2 には、電力の供給と信号の伝達のためのフレキ基板 4 が接続されている。フレキ基板 4 とバッキング 3 とは接着されており、超音波送受信デバイス 2 の電極パッド(図示せず)とフレキ基板 4 の配線パッド(図示せず)とは、図 2 で示したようにワイヤボンディングで接続されている(図示せず)。

20

【 0 0 1 7 】

図 4 は、超音波送受信デバイス 2 の部分拡大図である。超音波送受信デバイス 2 は、複数のセル 2 1 を高密度に配列して構成される。図には、セル 2 1 の長辺方向 A、短辺方向 B、セル間隔 C、セルピッチ D を示した。また、図 3 で示した長軸方向 L も示した。セル 2 1 を複数個まとめてチャンネルとし、チャンネルごとに配線 9 2 を接続して超音波の送受信を制御する。

【 0 0 1 8 】

図 5 は、図 4 に示した超音波送受信デバイス 2 のセル 2 1 の 2 個分の E - E 断面図であり、バッキング 3 も示している。セル 2 1 は、ベース基板となる基板 2 2、絶縁膜 2 6 a ~ 2 6 e、平行平板電極を構成する下層電極 2 3 および上層電極 2 5、電極の隙間の空洞 2 4 から構成される。セルとセルの間の壁の部分はリム 2 7 である。セル 2 とバッキング 3 の間には低弾性部材 5 が設けられている。低弾性部材 5 は、セル 2 をバッキング 3 に接着するための接着樹脂である。すなわち、基板 2 2 上に、空洞 2 4 と、前記空洞を挟む絶縁層 2 6 b、2 6 c と、前記空洞と絶縁層を挟む上層電極 2 5 と下層電極 2 3 を設けて超音波振動素子を形成し、前記基板 2 2 をバッキング 3 に低弾性部材 5 を介して保持している。また、図 5 には、図 3、図 4 で示した長軸方向 L も示した。基板 2 2 の材料はシリコンが好ましいが、ガラスやセラミック等の低熱膨張材料も使用可能である。また、低弾性部材 5 にはエポキシ、ゴム等の材料が好ましい。

30

【 0 0 1 9 】

下層電極 2 3 と上層電極 2 5 の間に、直流電圧を印加し、さらにパルス電圧(交流電圧)を加えると、クーロン力により空洞 2 4 の上の絶縁膜 2 6 c、2 6 d、2 6 e、上層電極 2 5 で構成されるメンブレインは振動して超音波を送波する。被検体 9 5 からの反射波がセルに入射するとメンブレインは振動し、下層電極 2 3 と上層電極 2 5 の距離が変動することにより変位電流が発生して、受信電気信号に変換される。これら送信、受信時にメンブレインに力が加わると、メンブレインを支えるリム 2 7 に力が加わり、超音波が基板 2 2 に伝達される。

40

【 0 0 2 0 】

図 6 は、図 3 に示したバッキング 3 の F - F 断面を示す図であり、樹脂材料の中に炭素繊維 3 2 が配合されている。炭素繊維 3 2 の配合の向きは、バッキング 3 1 の長軸方向 L

50

に沿っており、長軸方向Lに対して角度で30度以下であることが好ましく、長軸方向Lとほぼ平行であっても良い。この場合は短軸方向Mとほぼ垂直となる。この炭素繊維32の配列方向は、セル2の短辺方向Bに沿う向きとなる。熱膨張率の小さい炭素繊維32を、図6に示したような方向でパッキングに配合することにより、短軸方向Mの熱膨張係数に比べて、パッキング3の長軸方向Lの熱膨張率を大幅に低減することができる。例えば、熱膨張率が100ppm程度の樹脂の熱膨張率を配合率により、1~20ppmまで低減させることができる。炭素繊維32の配合率は、20~50体積パーセントであることが望ましい。炭素繊維32の長さは、10 μ m~10mm程度が好ましい。また、炭素繊維の直径は、2~100 μ m程度が好ましい。このように、セル2の短辺B方向であるパッキングの長軸方向Lの熱膨張率を基板22の熱膨張率に近づけることにより、超音波送受信デバイス2とパッキング3とを接着するときの加熱や、組み立て工程による熱応力を軽減することができる。セル2の短辺方向Bは、超音波送受性能、すなわち長軸方向Lに配列している各チャンネルのばらつきに及ぼす影響が大きいため、熱応力による変形が極力少ない方が好ましい。そのため、本発明では、セル2の短辺方向Bにパッキング3の炭素繊維32を揃えて、パッキング3の熱膨張率を低減している。さらに、シリカ33、タングステン34、等の低熱膨張で密度の異なる粒子を添加することにより、熱膨張率と音響インピーダンスを調整することが好ましい。また、低熱膨張の粒子を添加した場合は、短軸方向Mの熱膨張率も低減することが可能となり、熱応力を軽減する効果がある。

10

20

30

40

50

【0021】

次に、セル21の背面における超音波の反射について説明する。図5に示したセル21から放出される超音波は、被検体95のある方向、すなわち前面方向と反対方向となるセル21の背面方向にもリム27を介して放出される。この背面方向へ伝達された超音波が反射して前面方向に戻ると、パルスの減衰時間が延びて波形が劣化する。また被検体95の例えば皮下脂肪等からの反射がセル21に戻り、背面で反射して前面方向に放出されると、本来の被検体組織にて反射し戻ってきた超音波エコーの他に、前記の背面から反射した超音波が、セル21にて検出され、診断画像に多重像等の虚像が現れたり、解像度が低下したりするため、背面からの反射を極力低減する必要がある。背面からの反射による診断画像劣化を防止するためには、経験的に背面からの反射率を-10dB(31%)以下とすることが必要である。

【0022】

セル21の背面からの反射の原因を調べるために、図7に示す狭いリム27から、シリコンを用いた基板22へ、10MHzの超音波を入射したときの反射を有限要素法による解析で計算した。この時、基板22の下面を音響吸収境界としている。図8は、基板22の厚さと反射率の関係を示している。反射する界面が無いにもかかわらず、基板22が厚くなると急激に反射が大きくなることがわかった。スピーカー等の音響機器で、波長に比べて振動部分が小さい場合に、波動が球面状に広がって音圧と体積速度の位相がずれて音が伝わらなくなる現象が知られている。リム27の寸法が数 μ mに対して、シリコンを用いた基板22の波長は10MHzで約8500 μ mと大きいため、図7の基板22内に示した矢印の方向に波線で示した円筒波状に広がる過程で、超音波が反射していることがわかった。従来の一般的な考え方である、基板とパッキングの音響インピーダンスを一致させる方法は、リム27を必然的に持つCMUTでは有効でないことがわかった。シリコン基板の厚さは、50 μ m以下であることが好ましい。

【0023】

このセル21の背面からの反射を低減するための検討を実施した。影響因子としては、基板であるシリコンの厚み、ヤング率、密度、パッキングのヤング率、密度、セル21の幅B、セルとセルの間の部分であるリム27の幅C、低弾性部材5の厚みである。これらの複数の影響因子の好ましい範囲を、有限要素法による解析で計算した。

【0024】

図9は解析結果の一例であり、受信周波数fと背面の反射係数Rとの関係を示している。セル幅Bを25 μ mとし、シリコンを用いた基板22および低弾性部材5の厚みをそれぞれ

れ50 μm 、10 μm とし、パッキング3の弾性率を変化させている。図中6-1、6-2、6-3、6-4で使用したパッキング3の弾性率は、6-1を基準として、6-2は2倍の値、6-3は0.5倍の値、6-4は0.25倍の値である。パッキングのヤング率を変えると、後で述べるように、パッキングの音響インピーダンスを平方根倍した場合に相当する。反射による損失は-10dB以内すなわち31%以内である必要があるため、図中に-10dBの線を引くと6-3のケース(図中 印の線)が最も周波数の範囲が広く、この条件下では好ましい。

【0025】

図10は、図9の結果の周波数 f と位相との関係を示すものであり、7-1が6-1に、7-2が6-2に、7-3が6-3に、7-4が6-4に、それぞれ対応する。図中7-3が6-3の条件の結果であるが、位相がゼロの範囲が多く、なだらかに変化している(図中 印)。シリコンの基板22と低弾性部材5の機械的な振動により、リムからの円筒波拡散での位相のずれが緩和され、背面への音が有効にパッキングに伝わったものと考えられる。なお、この時のシリコンの基板22と低弾性部材5の機械的な振動の共振周波数は約10MHzであり、その約1/2の周波数を中心として広い帯域で反射を低減できる。すなわち、基板と低弾性部材の機械的振動の共振周波数の略1/2の周波数を、超音波駆動の中心周波数とすればよい。CMUTの特徴である広帯域の短パルスは、狭帯域の反射低減では波形が歪んで劣化する。基板22と低弾性部材5の機械的な振動と、パッキング3の音響特性を適切に設定すれば、広帯域の反射低減ができるため、短パルスを劣化させることなく反射が低減できることがわかった。

10

【0026】

20

基板22と低弾性部材5の振動は1自由度振動の機械インピーダンス Z_m で特徴づけられる。機械インピーダンスは、基板22の単位面積当たりの質量 M と低弾性部材5の単位面積当たりのばね定数 k により、数1で表わされる。ここで、単位面積当たりの質量 M は基板22の厚さ t 、密度 ρ より $M = t \rho$ より求められ、また、ばね定数 k は低弾性部材5のヤング率 E 、ポアソン比 ν 、厚さ d より次の数2で得られる。

【0027】

【数1】

$$Z_m = \sqrt{Mk}$$

【0028】

30

【数2】

$$k = \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} \frac{E}{d}$$

【0029】

なお、基板22を質量 M 、低弾性部材5をばね定数 k とみなした時の共振周波数 f_0 は、次の数3で表わされる。

【0030】

【数3】

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$$

40

【0031】

また、パッキング3の音響インピーダンス Z は、パッキングのヤング率 E_b 、密度 ρ_b 、ポアソン比 ν_b から次の数4で得られる。

【0032】

【数 4】

$$Z = \sqrt{E_b \rho_b \frac{1 - \nu_b}{(1 + \nu_b)(1 - 2\nu_b)}}$$

図 9、図 10 の条件での 1 自由度振動の共振周波数 f_0 は約 10 MHz であり、共振周波数以上では急激に反射が大きくなり、低い周波数で平坦で広帯域の低反射が得られている。そのため、1 自由度共振周波数 f_0 の $1/2$ を中心周波数とし、帯域 100% の範囲である f_0 の $1/4 \sim 3/4$ の範囲で低反射が得られれば良い。

10

【0033】

図 11 ~ 14 は、同様に有限要素法で解析した結果で、パッキングの音響インピーダンス Z に対し、基板 2 を質量、低弾性樹脂 5 をバネとした機械インピーダンス Z_m をプロットした反射率の等高線図である。図中一点鎖線で機械インピーダンスと音響インピーダンスが等しい条件を示した。

【0034】

図 11 は、有限要素法で解析した結果で、パッキング 3 と低弾性部材 5 の共振周波数 f_0 の $1/4$ での反射率の等高線を示す。

【0035】

図 12 は、同様に有限要素法で解析した結果で、パッキング 3 と低弾性部材 5 の共振周波数 f_0 の $1/2$ での反射率の等高線を示す。

20

【0036】

図 13 は、同様に有限要素法で解析した結果で、パッキング 3 と低弾性部材 5 の共振周波数 f_0 の $3/4$ での反射率の等高線を示す。

【0037】

図 14 は、上記の図 11、図 12、図 13 の反射率の最大値をまとめて等高線で示した図であり、広帯域で反射率が小さい領域を示しており、背面の反射を低減するのに好ましい領域である。

図中の直線 A は、機械インピーダンスとパッキングの音響インピーダンスが等しいラインであり、このライン上にもっとも好ましい範囲が含まれている。そして、直線 A を中心に、音響インピーダンスが $\pm 1 \text{ MRayls}$ を示す範囲を直線 B と C で示しており、この直線の範囲内であれば、機械インピーダンスとパッキングの音響インピーダンスとがほぼ等しい範囲として規定することができ、背面の反射を低減することができる。すなわち、パッキングの音響インピーダンスを、基板と低弾性部材から成る機械インピーダンスの $\pm 1 \text{ MRayls}$ ($10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$) 以内とすればよい。また、基板と低弾性部材から成る機械インピーダンスと、パッキングの音響インピーダンスとを概ね同じ値とすればよい。

30

また、図 14 において、反射率 -10 dB 以下が得られる、低弾性部材 5 および基板 2 の機械インピーダンスの範囲は、 7.4 MRayl 以下であり、パッキング 3 の音響インピーダンス Z は 8.3 MRayl 以下である。反射率 -10 dB 以下の領域は、直線 D、E、F で囲まれる領域で規定される。基板の質量と低弾性部材のばね定数から成る機械インピーダンスの値を Z_x 、パッキングの音響インピーダンスの値を Z_y とすると、この領域は次の数 5、数 6、数 7 の式をともに満たす範囲となり、背面の反射を低減することができる。

40

【0038】

【数 5】

$$Z_x \leq 7.4 \text{ MRayls} (10^6 \text{ kg/m}^2\text{s})$$

【0039】

【数6】

$$Z_y \leq 8.3 \text{ MRays}(10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$$

【0040】

【数7】

$$Z_y \geq 0.883 Z_x - 0.532 \text{ MRays}(10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$$

【0041】

本実施例によれば、CMUTを用いた超音波探触子において、基板の質量と低弾性部材のばね定数から成る機械インピーダンスの値と、バッキングの音響インピーダンスの値の範囲を規定することにより、背面に放出される超音波の反射を低減することができ、高画質な診断画像を得ることができる。

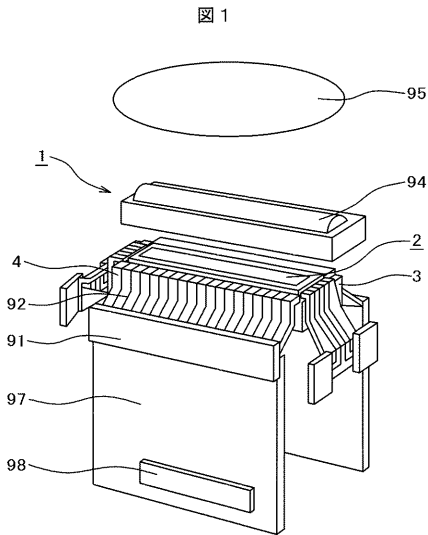
10

【符号の説明】

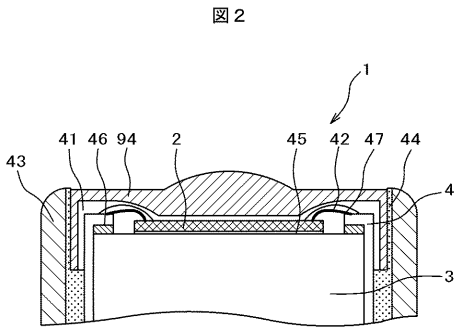
【0042】

- 1 超音波探触子
- 2 超音波送受信デバイス
- 3 バッキング
- 4 フレキ基板
- 5 低弾性部材
- 21 セル 20
- 22 基材
- 23 下層電極
- 24 空洞
- 25 上層電極
- 26 a、26 b、26 c、26 d、26 e 絶縁膜
- 27 リム
- 31 バッキング
- 32 炭素繊維
- 33 シリカ
- 34 タングステン 30
- 41 樹脂
- 42 ワイヤ
- 43 ケース
- 44、45、46 樹脂
- 47 封止樹脂
- 91 コネクタ
- 92 配線
- 94 音響レンズ
- 95 被検体
- 97 回路基板 40
- 98 接続端子

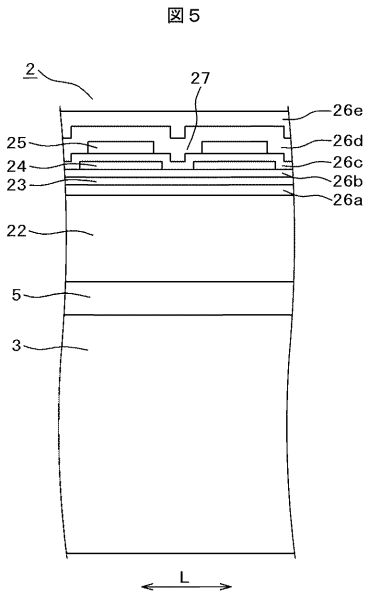
【 図 1 】



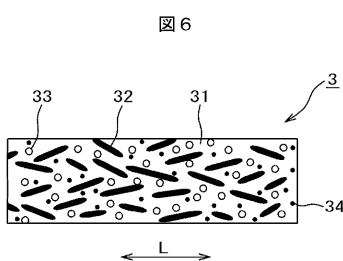
【 図 2 】



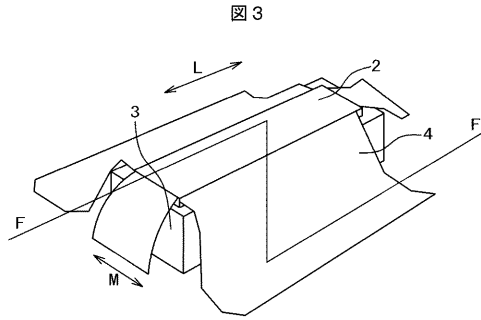
【 図 5 】



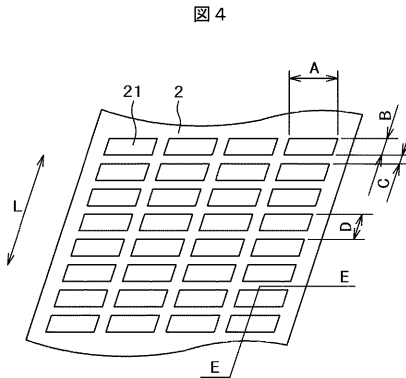
【 図 6 】



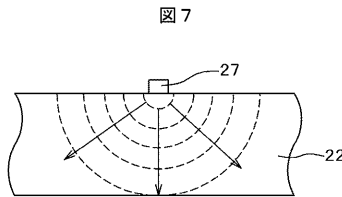
【 図 3 】



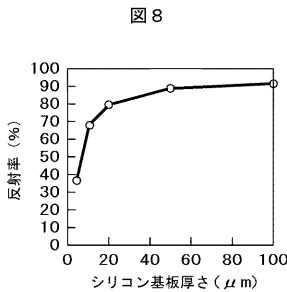
【 図 4 】



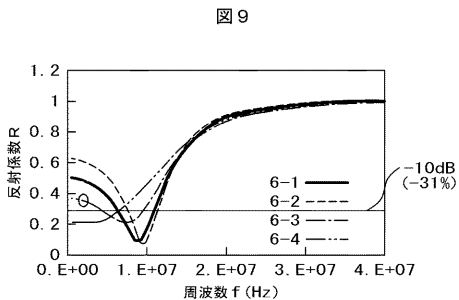
【 図 7 】



【 図 8 】

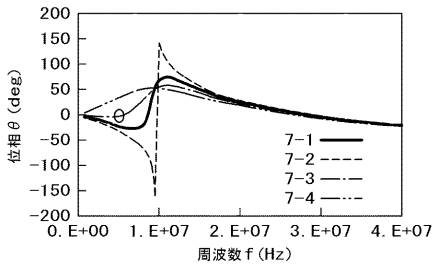


【 図 9 】



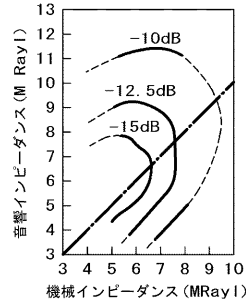
【 図 1 0 】

図 1 0



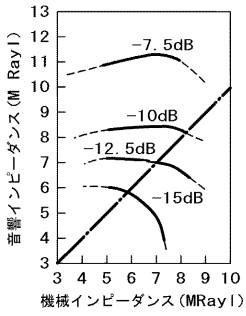
【 図 1 2 】

図 1 2



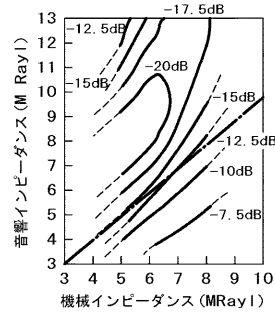
【 図 1 1 】

図 1 1



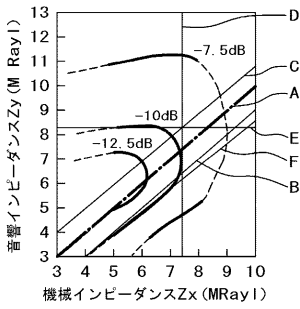
【 図 1 3 】

図 1 3



【 図 1 4 】

図 1 4



【手続補正書】

【提出日】平成25年8月1日(2013.8.1)

【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】

基板上に、空洞と、前記空洞を挟む絶縁層と、前記空洞と絶縁層を挟む上層電極と下層電極を設けて超音波振動素子を形成し、前記基板をパッキングに低弾性部材を介して保持し、前記電極間に直流電圧と交流電圧を印加して、前記超音波振動素子を振動させる超音波探触子において、

前記パッキングの音響インピーダンスが、前記基板と前記低弾性部材から成る単位面積当たりの機械インピーダンスの ± 1 MRays(10^6 kg/m²s)以内としたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

請求項1記載の超音波探触子において、前記機械インピーダンスは、前記基板の質量と前記低弾性部材のばね定数から成ることを特徴とする超音波探触子。

【請求項3】

請求項1記載の超音波探触子において、前記基板と前記低弾性部材から成る機械インピーダンスと、前記パッキングの音響インピーダンスとを概ね同じ値としたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項4】

請求項1記載の超音波探触子において、

前記基板の質量と前記低弾性部材のばね定数から成る機械インピーダンスの値を Z_x 、パッキングの音響インピーダンスの値を Z_y としたとき、前記 Z_x と Z_y が次の3つの式をととも満たす範囲の値としたことを特徴とする超音波探触子。

$$Z_x \quad 7.4 \quad \text{MRays}(10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}),$$

$$Z_y \quad 8.3 \quad \text{MRays}(10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}),$$

$$Z_y \quad 0.883 Z_x - 0.532 \quad \text{MRays}(10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s})$$

【請求項5】

請求項1に記載の超音波探触子において、前記基板がシリコン基板であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項6】

請求項5に記載の超音波探触子において、前記シリコン基板厚さが $50 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項7】

請求項1に記載の超音波探触子において、前記パッキングは長軸側の線膨張係数が短軸側の線膨張係数より小さいことを特徴とする超音波探触子。

【請求項8】

請求項1記載の超音波探触子において、前記パッキングは炭素繊維を含有する樹脂であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項9】

請求項8記載の超音波探触子において、前記樹脂には、シリカ、タングステン等の低熱膨張で密度の異なる粒子を添加したことを特徴とする超音波探触子。

【請求項10】

請求項1に記載の超音波探触子において、前記基板と前記低弾性部材の機械的な振動の共振周波数の略 $1/2$ の周波数を、超音波駆動の中心周波数としたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 1 1】

請求項 1 に記載の超音波探触子を用いて、被検体からの超音波診断画像を得る超音波診断装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の超音波探触子は、基板上に、空洞と、前記空洞を挟む絶縁層と、前記空洞と絶縁層を挟む上層電極と下層電極を設けて超音波振動素子を形成し、前記基板をパッキングに低弾性部材を介して保持し、前記電極間に直流電圧と交流電圧を印加して、前記超音波振動素子を振動させる超音波探触子において、前記パッキングの音響インピーダンスが、前記基板と前記低弾性部材から成る単位面積当たりの機械インピーダンスの $\pm 1 \text{ MRayls}$ ($10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$) 以内としたことを特徴とするものである。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

基板 2 2 と低弾性部材 5 の振動は 1 自由度振動の機械インピーダンス Z_m で特徴づけられる。機械インピーダンス(単位面積当たり)は、基板 2 2 の単位面積当たりの質量 M と低弾性部材 5 の単位面積当たりのばね定数 k により、数 1 で表わされる。ここで、単位面積あたりの質量 M は基板 2 2 の厚さ t 、密度 ρ より $M = t \rho$ より求められ、また、ばね定数 k は低弾性部材 5 のヤング率 E 、ポアソン比 ν 、厚さ d より次の数 2 で得られる。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2011/068811
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H04R19/00(2006.01)i, A61B8/00(2006.01)i 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) H04R19/00, A61B8/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/069555 A1 (Hitachi Medical Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), entire text; all drawings & US 2010/0242612 A1 & EP 2227037 A1 & CN 101878658 A	1-11
A	JP 60-102096 A (Tokyo Keiki Co., Ltd.), 06 June 1985 (06.06.1985), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2007-201753 A (Hitachi, Ltd. et al.), 09 August 2007 (09.08.2007), entire text; all drawings & US 2009/0069688 A1 & EP 1980209 A1 & WO 2007/086180 A1 & CN 101360456 A	1-11
<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 29 September, 2011 (29.09.11)		Date of mailing of the international search report 11 October, 2011 (11.10.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2011/068811	
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04R19/00(2006.01)i, A61B8/00(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04R19/00, A61B8/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2011年 日本国実用新案登録公報 1996-2011年 日本国登録実用新案公報 1994-2011年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	WO 2009/069555 A1 (株式会社日立メディコ) 2009.06.04, 全文及び全図面 & US 2010/0242612 A1 & EP 2227037 A1 & CN 101878658 A	1-11	
A	JP 60-102096 A (株式会社東京計器) 1985.06.06, 全文及び全図面 (ファミリーなし)	1-11	
A	JP 2007-201753 A (株式会社日立製作所 (他1名)) 2007.08.09, 全文及び全図面 & US 2009/0069688 A1 & EP 1980209 A1 & WO 2007/086180 A1 & CN 101360456 A	1-11	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 29.09.2011		国際調査報告の発送日 11.10.2011	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 境 周一 電話番号 03-3581-1101 内線 3591	5Z 3654

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM

Fターム(参考) 5D019 AA21 DD01 FF04 GG06 GG11

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。