

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号
WO2004/075753

発行日 平成18年6月1日 (2006.6.1)

(43) 国際公開日 平成16年9月10日 (2004.9.10)

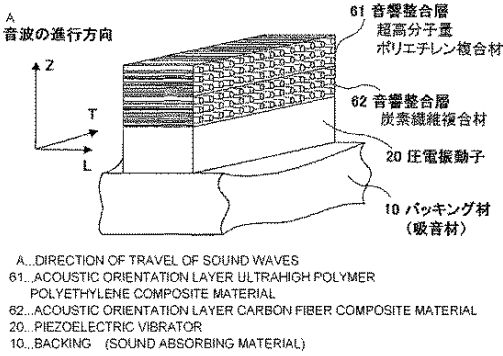
(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	2 G 0 4 7
G 0 1 N 29/24 (2006.01)	G 0 1 N 29/24 5 0 2	4 C 6 0 1
H 0 4 R 17/00 (2006.01)	H 0 4 R 17/00 3 3 0 G	5 D 0 1 9
	H 0 4 R 17/00 3 3 0 J	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 15 頁)

出願番号 特願2005-502956 (P2005-502956)	(71) 出願人 000153498 株式会社日立メディコ 東京都千代田区内神田1丁目1番14号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2004/002387	
(22) 国際出願日 平成16年2月27日 (2004. 2. 27)	(72) 発明者 近藤 敏郎 香川県さぬき市津田町鶴羽711-1
(31) 優先権主張番号 特願2003-52038 (P2003-52038)	(72) 発明者 大澤 孝也 埼玉県北葛飾郡杉戸町清地2-6-21
(32) 優先日 平成15年2月27日 (2003. 2. 27)	F ターム (参考) 2G047 AC13 BC13 CA01 GB23 GB25 GB29 GB30 GB32 GB35 GB36 4C601 BB02 EE09 EE10 GB04 GB21 GB27 GB30 GB32 GB42 GB44 GB45 5D019 EE01 GG03 GG06
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【要約】
圧電振動子20と、音響レンズ40と、前記圧電振動子20と前記音響レンズ40との間に設けられた音響整合層とから成る振動子をバッキング10上で複数配列させた超音波探触子において、前記音響整合層は繊維材を含み、前記繊維材の繊維方向は音波方向に垂直に配置される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

圧電振動子と、音響レンズと、前記圧電振動子と前記音響レンズとの間に設けられた音響整合層とから成る振動子をバッキング上で複数配列させた超音波探触子において、前記音響整合層は繊維材を含み、前記繊維材の繊維方向は音波方向に垂直であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 2】

前記繊維材の繊維方向は、前記振動子の長手方向に対して垂直であることを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

【請求項 3】

前記繊維材の繊維方向は、前記振動子の長手方向に対して平行であることを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

【請求項 4】

前記繊維材の繊維方向は、前記振動子の長手方向に対して斜め方向であることを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

【請求項 5】

前記繊維材の繊維方向のヤング率は、前記音響整合層の母材のヤング率よりも大きいことを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

【請求項 6】

前記音響整合層は、前記音響レンズに接合した第 1 の音響整合層と、前記第 1 の音響整合層と前記バッキング材との間に設けられた第 2 の音響整合層からなることを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

【請求項 7】

前記第 1 の音響整合層の繊維材の繊維方向と、前記第 2 の音響整合層の繊維材の繊維方向は、お互いに直行することを特徴とする請求項 6 記載の超音波探触子。

【請求項 8】

前記第 1 の音響整合層の音響インピーダンスは、前記第 2 の音響整合層の音響インピーダンスより低いことを特徴とする請求項 6 記載の超音波探触子。

【請求項 9】

前記第 1 の音響整合層はポリエチレン複合材であり、前記第 2 の音響整合層は炭素繊維複合材とであることを特徴とする請求項 6 記載の超音波探触子。

【請求項 10】

前記請求項 1 に記載された超音波探触子と、前記超音波探触子を駆動して超音波を送信させると共に該超音波探触子で受信した反射エコー信号を処理して超音波ビームを形成する超音波ビーム形成部と、前記超音波ビーム形成部からの受信信号を入力して超音波画像を構成する画像処理装置と、前記画像処理装置からの画像信号を取り込んで画像表示を行う表示装置とを備えて成る超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

本発明は超音波診断装置の探触子に係わり、特に電子走査形探触子の振動子に関する

【背景技術】

従来、超音波を送受信する電子走査形超音波診断装置の探触子は、バッキング材の上に配置された圧電振動子と、音響レンズと、圧電振動子と音響レンズとの間に設けられた音響整合層とから成る振動子を複数配列させて成る。

このような探触子において、音響整合層を備えた幅の狭い振動子が振動する際、厚み方向の変形と同時に幅方向の変形を伴うため、厚み方向の変換効率が低下する。また、幅方向の振動が厚み方向振動に干渉するため、振動子表面が一様な振幅での振動することから逸脱し、超音波診断装置の画像の劣化をもたらす。

音響整合層に繊維材を分散した振動子を配列させた探触子が、特開平 10-75953 号公報に開示されている。しかし、この繊維材は低い熱伝導を実現するために用いたもの

10

20

30

40

50

であり、繊維のヤング率、ポワソン比等を考慮して繊維方向を設定していない。よって、この公知例では上記課題を解決しない。

【発明の開示】

本発明は、圧電振動子と、音響レンズと、前記圧電振動子と前記音響レンズとの間に設けられた音響整合層とから成る振動子をバッキング上で複数配列させた超音波探触子において、前記音響整合層は繊維材を含み、前記繊維材の繊維方向は音波方向に垂直に配置される。

【図面の簡単な説明】

図1は、本願発明の超音波探触子の内部構造を示す図である。図2は、探触子の音波の伝播モデルを示す図である。図3は、探触子における圧電振動子から人体への音波伝播路の等価回路モデルを示す図である。図4は、本願発明の超音波探触子の内部構造を詳細に示す図である。図5は、本願発明の第1の実施形態を示す図である。図6は、本願発明の繊維材を含む複合材の特性を示す図である。図7は、本願発明の繊維材を含む複合材の特性を示す図である。図8は、本願発明の効果を示す図である。図9は、本願発明の第2の実施形態を示す図である。図10は、本願発明の第3の実施形態を示す図である。図11は、本願発明の第4の実施形態を示す図である。図12は、超音波装置全体を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

図1に示すように、吸音（バッキング）材10の上にPZTなどで作られた幅が狭く細長い棒状の圧電振動子20を多数配列固着し、それらの配列方向と直交する方向で外方向に円弧状に膨出した形状の音響レンズ40と、振動子20と音響レンズ40との間に設けられた音響整合層31と音響整合層32とで覆って構成されている。振動子の電極にはリード線50が接続されている。

超音波探触子の圧電振動子としてPZTが広く用いられていが、PZTと生体あるいは水の音響インピーダンスは、それぞれ $Z_0 = 35 \times 10^6 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{s]}$ 、 $Z_M = 1.5 \times 10^6 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{s]}$ である。それらの値に大きな差異がある。そのためインピーダンスマッチングの観点から考えると、PZTの振動子を生体に接触させた場合、整合が全く取れない。そこで、音響整合層31、32を振動子20の前面に設け、振動子20の音響インピーダンスと生体の音響インピーダンスとの整合をとる。これにより振動子20の振動が効率よく生体に伝播できるようにする。

音響整合層31、32で用いるエポキシ及びポリウレタンの音響インピーダンスは2～3 [MRayl]である。生体の音響インピーダンスは1.5 [MRayl]であることから、2層構成の音響整合層の上面には、エポキシ、またはポリウレタンを用いるのが最適である。音響整合層の下層には、振動子と音響整合層上層の中間の音響インピーダンスを持つ材料を用いる必要がある。そこで、エポキシまたはポリウレタンの樹脂の中に比較的密度の大きい物質の粉末を混入させ、上記した音響整合層下面に合う値を調整する。

PZTと生体との界面での反射係数Rは電気回路の場合と同様に式(1)となる。

$$R = \left| \frac{Z_M - Z_0}{Z_M + Z_0} \right| \quad (1)$$

電気回路では、 $\lambda/4$ の整合回路を回路の中間に挿入することが行われている。 λ は伝搬する信号の波長である。探触子で超音波する伝播する整合層を図2に示したモデルを基に考える。これを等価回路で表現すると図3のようになる。 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 、 Z_M はそれぞれ圧電振動子、整合層(1)、整合層(2)、人体の音響インピーダンスである。

Z_0 と Z_M は与えられており、 Z_1 、 Z_2 なる特性インピーダンスの同軸ケーブルの端子において反射が最も少なくするために信号源と受信端の中間に入れた同軸ケーブルでそれらの特性インピーダンス Z_1 と Z_2 の最適値は計算で求めることができる((社)日本電子機械工業会編「改定医用超音波機器ハンドブック」コロナ社出版、1997年1月20日、P29～30)。表1に $1/4$ 波長の厚さの音響整合層の最適音響インピーダンスを示す。

表1 1/4波長音響整合層の最適音響インピーダンス

圧電振動子の 音響インピーダンス	整合層の音響インピーダンス Z_i					人体の 音響インピーダンス Z_M
	1	2	3	4	5	
34	4.25	/	/	/	/	1.5
	8.92	2.34	/	/	/	
	14.79	4.24	1.85	/	/	
	20.55	7.51	2.74	1.66	/	
	25.26	12.01	4.46	2.12	1.58	

(注) 単位はすべて $\times 10[\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}]$

10

この等価回路による探触子の最適設計法は音波の伝播が縦方向のみを考える音波の波動方程式に基づいている。整合層において横方向の変形は生じないものとしている。

またバックング材10は、超音波振動子の背面に設けられその背面から出る超音波が再び振動子面に戻ってこないようにするもので、超音波の減衰の大きい材料を使用している。

探触子の一例の詳細図を図4に示す。バックング材10の上に圧電振動子20があり、圧電振動子20の上に音響整合層31、32が設置されている。圧電振動子20と音響整合層31、32と、音響レンズとで構成された振動子間は、若干隙間が開いている。

20

ここで、第1の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図5に示す。この振動子は2層の整合層と圧電振動子で構成されている。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。繊維材の繊維方向は音波の進行方向に対して垂直になっており、かつ振動子の長手方向に対して垂直になっている。このような構造の振動子を多数隣接してバックング材10の上に配列した構造でアレー型探触子を構成する。具体的に整合層61は、タングステン粉末を混入したエポキシを母材とする炭素繊維の複合材を用いる。整合層62は、ポリウレタンを母材として超高分子量ポリエチレン繊維の複合材を用いる。いずれの整合層に用いる複合材もその密度と超音波の伝搬方向のヤング率は、母材のそれらと同程度にできるため、音響インピーダンスも同程度の値に調整できる。繊維方向のヤング率は非常に大きな値となり、探触子の特性の改善に大きく寄与する。

30

次に整合層の内部を詳細に説明する。図6(a)は繊維を同一方向に並べて作った一方向強化板である。この材料はLZ面、TZ面あるいはLT面に面对称である。このときL、T、Z軸を異方性主軸（弾性主軸，principal axis）といい、この図6(a)では主軸が互いに直交している直交異方性（orthotropy）と云う。

図6(b)のL方向に、 σ_L の応力をかけたときのひずみは式(2)となる。

$$\varepsilon_T = -\frac{\nu_{LT}\sigma_L}{E_L}, \quad \varepsilon_L = \frac{\sigma_L}{E_L} \quad (2)$$

ここで、 E_L はL方向に引っ張ったときのヤング率、 ν_{LT} はL方向に引っ張ったときのT方向の縮みの割合を示すポアソン比である。同様に図6(b)のT方向に σ_T の応力を作用させると式(3)となる。

40

$$\varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E_T}, \quad \varepsilon_L = -\frac{\nu_{TL}\sigma_T}{E_T} \quad (3)$$

一方、せん断応力とせん断ひずみの間には式(4)の関係が成り立つ。

$$\gamma_{LT} = \frac{\tau_{LT}}{G_{LT}} \quad (4)$$

したがって、図6(b)のように組み合わせ応力が作用したときの応力とひずみの関係

50

は式 (5) のような行列式で表すことができる。

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{LT} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_L & -\nu_{TL}/E_T & 0 \\ -\nu_{LT}/E_L & 1/E_T & 0 \\ 0 & 0 & 1/G_{LT} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_T \\ \tau_{LT} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

10

これが L T 軸に関する直交異方性薄板のフックの法則である。

等方性材料の独立な弾性定数は 2 つあるが (5) 式では E_L , E_T , ν_{LT} , ν_{TL} , G_{LT} の 5 個あらわれている。ところが (ベッチの) 相反定理 (reciprocal theorem) と呼ばれる式 (6) の関係が理論的に証明されているので直交異方性の薄板の独立な弾性定数は 4 個になる。

$$\frac{\nu_{LT}}{E_L} = \frac{\nu_{TL}}{E_T} \quad (6)$$

これを基本弾性定数と呼ばれている。この弾性定数は、繊維と母材の特性からある程度推定可能であり、次のようなモデルを考えることによりそれら定数は導出される。

20

繊維の断面はふつう円形をしており、それを母材がとりまいているが、これを図 7 のように繊維は繊維、母材は母材で集める。この材料を L 方向に引っ張る時の伸びは、伸びにくいバネと伸びやすいバネを束ねて引っ張ったときと類似で、簡単な計算により式 (7) となるはずである。

$$E_L = E_f V_f + E_m (1 - V_f) \quad (7)$$

ここで E_f , E_m は繊維と母材のヤング率で、 V_f は繊維の体積含有率である。繊維と母材は L 方向には並列に並んでいるので、並列モデル (parallel model) と呼ばれ図 7 に示される。

次に、図 6 の T 方向に引っ張ったときには V_f の長さの強いバネと $(1 - V_f)$ の長さの弱いバネをつないだものと類似で式 (8) が与えられる。

30

$$\frac{1}{E_T} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{1 - V_f}{E_m} \quad (8)$$

ポアソン比 ν_{LT} とせん断弾性係数 G_{LT} も上の直列、並列モデルの考え方を使得式 (9), 式 (10) と求まる。

$$\nu_{LT} = \nu_f V_f + \nu_m (1 - V_f) \quad (9)$$

40

$$\frac{1}{G_{LT}} = \frac{V_f}{G_f} + \frac{1 - V_f}{G_m} \quad (10)$$

この考え方は微視弾性のなかで、材料力学的手法と呼ばれる。上の式 (7) は (弾性率の) 複合則と呼ばれている (堂本昌男、山本良一編、「複合材料」東京大学出版、1993 年 4 月 15 日、P 39~45)。

複合材に用いるカーボンファイバーと超高分子最ポリエチレン繊維の物性を表 3 と表 4

50

に示す（東洋レーヨン株式会社炭素繊維カタログ、資料No. 2-17. 4. 1改、及び東洋紡績株式会社ダイニーマカタログA1703K）。

表3 カーボンファイバーの特性例

品名		引張り弾性率		繊維直径	密度
Grade		Tensile Modulus		Filament Dia.	Density
		tonf/mm ²	GPa	micrometer	g/cm ³
HTA	-W05K	24.0	235	7.0	1.76
IM600	-6K	29.0	285	5.0	1.80
UM46	-12K	44.5	435	4.7	1.82
UM68	-12K	66.0	650	4.1	1.97

10

表4 超高分子量ポリエチレン繊維の物性

Grade	弾性率		フィラメント の直径	密度
	(cN/dtex)	(GPa)	(μm)	(g/cm ³)
SK60	880~1230	88~123	12	0.97
SK71	1230~	123~	12	0.97

また母材として用いられるエポキシ樹脂の物性を表5に示す（旭化成アミダス株式会社／「プラスチック」編集部共編、「プラスチック・データブック」、（株）工業調査会出版、1999年12月1日、P267）。

表5 各種硬化剤で硬化させたビスフェノール型エポキシ樹脂の機械的特性

組成		液状エポキシ樹脂(エポキシ当量:180~190)		
特性	規格	ポリアミン	アミンアダクト	ポリアミド
比重(kg/cm ³)	VSM 77109	1.15~1.20	1.15~1.20	1.1~1.2
弾性率(kg/mm ²) [GPa]	VSM 77111	350~400 [3.43~3.92]	350~400 [3.43~3.92]	340~390 [3.33~3.82]

チバ社アラルダイト GY250 を使用

30

整合層に用いられているポリウレタンの引張弾性率は0.88[kgf/mm²]である。カーボンファイバーのあるいは超高分子量ポリエチレンの弾性率（ヤング率）は、母材となるエポキシ樹脂とかポリウレタンに比べて少なくとも22倍以上の相違がある。最も弾性率の大きなカーボンファイバーは、エポキシ樹脂の弾性率は比べると200倍近い相違がある。このファイバーの種類は、用途に応じて製造者が任意に選択することができる。

通常の複合材においては繊維の含有率は～50%である（森本尚夫著、「プラスチック系先端複合材料」、高分子刊行会、1998年10月5日、P133～134）。

したがって式(7)において $V_f = 0.6$ の値をとるものと考え、さきに述べたように $E_f/E_m > 20 \sim 200$ であるため $E_f \gg E_m$ と考えられる。よって複合材においてと近似できる。

$$E_L \doteq E_f V_f \quad (11)$$

そのため E_L は、繊維の物性にほとんど依存すると考えてよい。一方、式(8)より E_T は次式で与えられる。

40

$$E_T = \frac{1}{\frac{V_f}{E_f} + \frac{1-V_f}{E_m}} \quad (12)$$

式(12)においても $V_f = 0.2 \sim 0.4$ 且つ $E_f \gg E_m$ であるため $V_f/E_f \ll (1-V_f/E_m)$ が成立する。したがって、式(13)で与えられる。

$$E_T \doteq \frac{E_m}{(1-V_f)} \quad (13)$$

10

そのため E_T は、ほとんど母材の物性に依存すると考えてよい。

複合材料において繊維方向と垂直方向(T方向)に圧縮し繊維方向(L方向)の伸びの割合を示すポアソン比 ν_{TL} は、式(6)より式(14)のようになる。

$$\nu_{TL} = \nu_{LT} \frac{E_T}{E_L} \quad (14)$$

20

ここで ν_{LT} は繊維方向に圧縮した場合の複合材のポアソン比であり、代表的な炭素繊維複合材では、表6に示したように、 $\nu_{LT} = 0.3$ となる(森本尚之著：先端複合材、高分子刊行会(京都)1998年10月5日、P135)。

表6 炭素繊維品種別炭素繊維複合材の圧縮弾性率、ポアソン比、密度²¹⁾

	標準型	高強度型	高弾性型	超高弾性型
圧縮弾性率 0°C, kgf/mm ² (GPa)	15400(152)	14700(145)	17430(172)	31.5(314)
ポアソン比	0.3	0.3	0.27	0.3
密度 g/cm ³	1.58	1.61	1.59	1.83

30

(注) (1)構成：CF/エポキシ(60～65vol%) 森本尚之著：先端複合材、135頁、高分子刊行会(京都)1998

(2)品種：炭素繊維の引張弾性率

標準型(23100～23800kgf/mm²)

高強度型(24500～31500kgf/mm²)

高弾性型(35000～38500kgf/mm²)

また、一方複合材のヤング率 E_L は表3より $E_L \doteq 150 \sim 300$ [GPa]としてよい。 E_T は母材のエポキシ樹脂のヤング率に近いと考えると表4より $E_T \doteq 6$ [GPa]としてよい。これにより $\nu_{TL} = 0.3 \times (6/150) \sim 0.3 \times (6/300) = 0.012 \sim 0.006$ と非常に小さい値になる。

次に炭素繊維複合材について検討したが、超高分子量ポリエチレン繊維とポリウレタンを母材とする複合材についても同様に表3と表4を参考につぎのようになる。 $\nu_{LT} = 0.45$, $E_T \doteq 1$ [GPa], $E_L \doteq 120$ [GPa]となり、 $\nu_{TL} \doteq 0.45 \times (1/120) \doteq 0.0038$ なる非常に小さい値となる。

従来の繊維材を用いない整合層では、図8aに示されるように音波の進行方向に対して垂直方向に音波が伝搬していたが、本実施形態では、アレー形探触子の振動子に設けた整合層として音波の進行方向の音波物性に対して、音波の進行方向に垂直な方向の音波物性が大きく異なる直交異方性材料で構成している。よって、図8bに示されるように音波の進行方向に対して音響インピーダンスの整合がとれ、且つ進行方向に垂直な方向に対して

50

伝播する音波と、振動子の横幅方向の振動が結合させないようにすることができる。つまり、音響整合層を主に厚みの方向に変形させることができるため、厚み方向の変換効率を向上させることができる。また、幅方向の振動が厚み方向の振動に干渉するのを防ぎ、振動子表面が一様な振幅で振動させることにより、超音波診断装置の画像の画質を向上させることができる。

次にこの整合層の製造方法を説明する。まず、束状の繊維材をロールプレスして引き伸ばしていく。繊維材を伸ばしていく際、繊維材にエポキシまたはポリウレタン等の樹脂を流し込む。繊維材の間に樹脂が入り込み、空間隙間が無い板状の複合材が図5のように構成される。そして、板状になった複合材を圧電振動子とバックリング材等と重ね合わせて接着させ、積層された複合材を所定の間隔でワイヤー等で切断する。

10

また、繊維材と樹脂を予め混合させておき、繊維材が通過できる穴が複数開いた板に混合剤を押し込む。押し込まれた混合剤の繊維材は、その穴を棒状になって通過する。通過した繊維材は、板を挟んだ反対側に有る樹脂に埋めこまれて、固められる。そして、板状になった複合材を圧電振動子とバックリング材等と重ね合わせて接着させ、積層された複合材を所定の間隔でワイヤー等で切断する。このような製造方法で図5のような振動子を作成することができる。

次に第2の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図9に示す。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。第1の実施形態と異なる点は、整合層71、72の繊維材の繊維方向は音波の進行方向に対して垂直になっており、かつ振動子の長手方向に平行になっている点である。このように繊維方向を振動子の長手方向に配置することにより、繊維の長さが長くなる。よって、この実施形態では、長手方向に強度が増す。

20

次に第3の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図10に示す。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。第1の実施形態、第2の実施形態と異なる点は、整合層81、82の繊維材の繊維方向は音波の進行方向に対して垂直になっており、かつ振動子の長手方向に斜めになっている点である。この実施形態では、整合層の繊維方向を振動子の長手方向に斜めに配置することにより、短軸及び長手方向共に強度が増す。

次に第4の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図11に示す。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。第1の実施形態、第2の実施形態、第3の実施形態と異なる点は、整合層91と、92の繊維材の繊維方向をお互いに異ならせている点である。この実施形態では、2つの整合層の繊維方向をお互いに異ならせることにより、各層毎に短軸及び長手方向共に強度が増すことができる。

30

いずれの実施形態も共通する点は、整合層の繊維材の繊維方向は、音波の進行方向に対して垂直である点にある。よって、音波の進行方向に垂直な方向に対して伝播する音波と横幅方向の振動を軽減することができる。

以上、複数の音響整合層が、いずれも繊維材を含むとして説明したが、繊維材を含む音響整合層はどちらか一方としてもよい。また、複数の音響整合層として説明したが、単層の音響整合層の探触子に適用させてもよい。

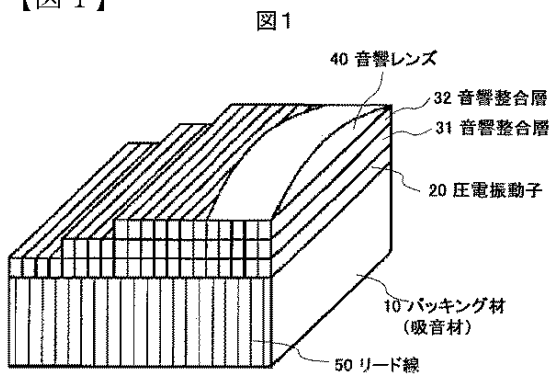
40

図12は、構成された本発明の超音波探触子を用いた超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。すなわち、この超音波診断装置は、被検体内に向けて超音波を送受信する超音波探触子100と、この超音波探触子100を駆動して超音波を送信させると共に該超音波探触子100で受信した反射エコー信号を処理して超音波ビームを形成する超音波ビーム形成部101と、この超音波ビーム形成部101からの受信信号を入力して超音波画像を構成する画像処理装置102と、この画像処理装置102からの画像信号を取り込んで画像表示を行う表示装置103とを備えて成る超音波診断装置において、超音波探触子100として図5、図9、図10、図11のいずれかに記載の振動子を設置させた超音波探触子を用いたものである。この場合は、厚み方向の変換効率を向上させ、また幅方向の振動が厚み方向の振動に干渉するのを防いだため、画像の画質を向上させた超音波

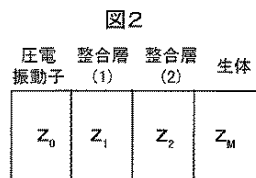
50

診断装置を実現することができる。

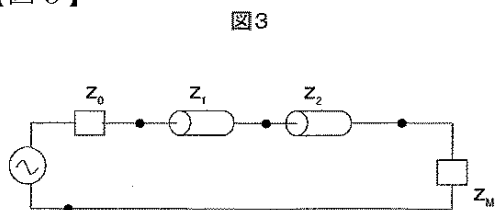
【図 1】



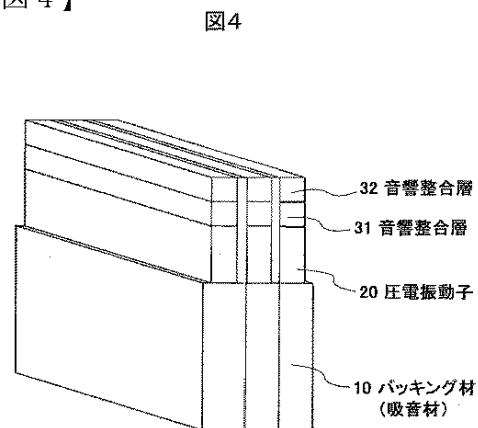
【図 2】



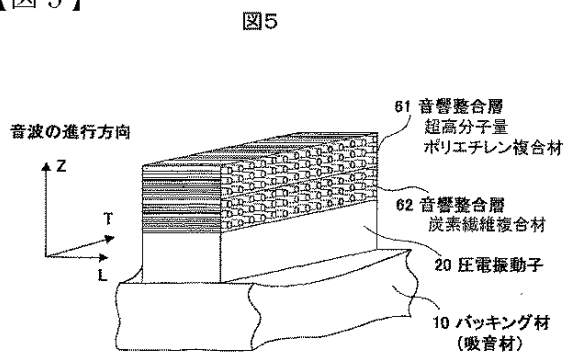
【図 3】

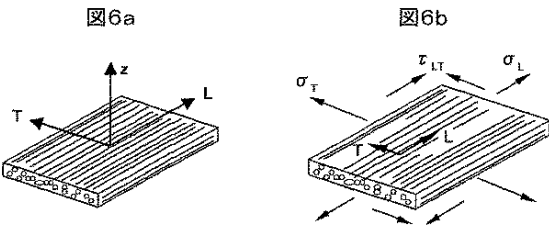


【図 4】



【図 5】





【図 7】

図7

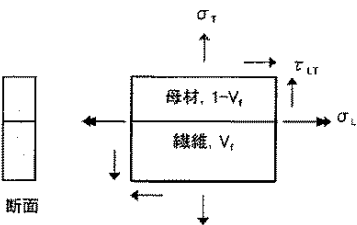


図8a

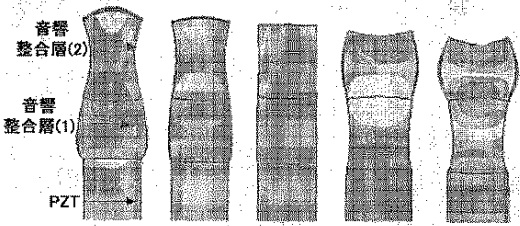
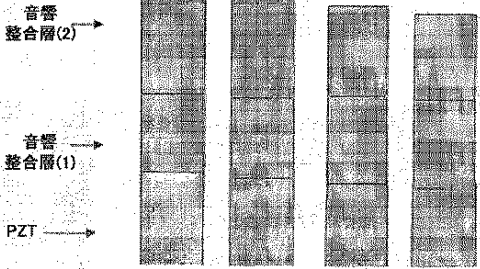


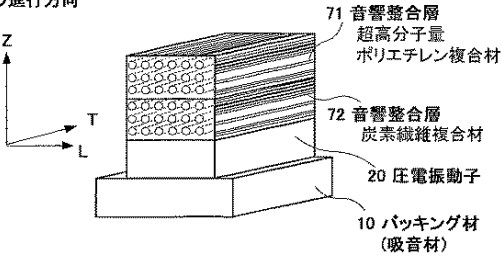
図8b



【図 9】

音波の進行方向

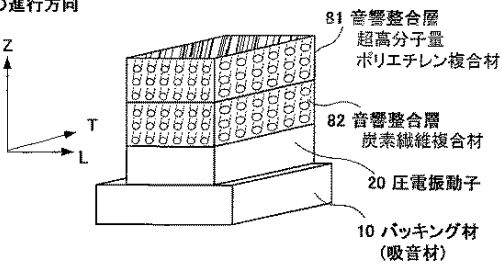
図9



【図 10】

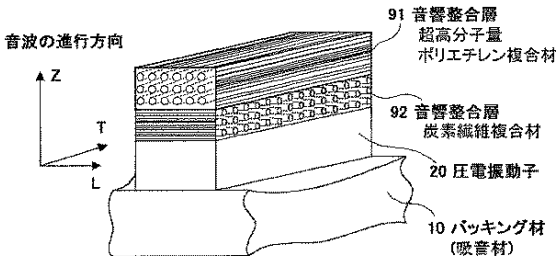
図10

音波の進行方向



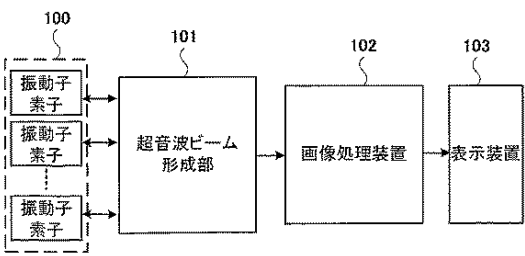
【図 11】

図11



【図 12】

図12



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002387

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ A61B8/00		
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) Int.Cl ⁷ A61B8/00-8/15		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PATENT FILE (PATOLIS), UTILITY MODEL FILE (PATOLIS)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-56694 A (Toshiba Corp.), 24 February, 1998 (24.02.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
Y	JP 2001-309495 A (Kazumasa ONISHI), 02 November, 2001 (02.11.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2002-247696 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 30 August, 2002 (30.08.02), Full text; all drawings & US 2002/0156373 A1	1-10
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 March, 2004 (18.03.04)		Date of mailing of the international search report 30 March, 2004 (30.03.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002387

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-75953 A (Aloka Co., Ltd.), 24 March, 1998 (24.03.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 7-284198 A (Yoshiro TOMIKAWA), 27 October, 1995 (27.10.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 1-119199 A (Siemens AG.), 11 May, 1989 (11.05.89), Full text; all drawings & EP 0308931 A2 & US 4907207 A & DE 3732412 A1	1-10

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2004/002387	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷		A61B8/00	
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 ⁷		A61B8/00-8/15	
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		1971-2004年	
日本国登録実用新案公報		1994-2004年	
日本国実用新案登録公報		1996-2004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)			
特許ファイル (PATOLIS)			
実用ファイル (PATOLIS)			
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 請求の範囲の番号	
Y	J P 10-56694 A (株式会社東芝) 1998. 02. 24 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10	
Y	J P 2001-309495 A (大西一正) 2001. 11. 02 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ 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日の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 18. 03. 2004		国際調査報告の発送日 30. 3. 2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 伊藤 幸仙	2W 3101
		電話番号 03-3581-1101 内線 3290	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2004/002387
C (続き) . 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 請求の範囲の番号
A	JP 2002-247696 A (オリンパス光学工業株式会社) 2002. 08. 30 全文、全図 &US 2002/0156373 A1	1-10
A	JP 10-75953 A (アロカ株式会社) 1998. 03. 24 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 7-284198 A (富川義郎) 1995. 10. 27 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 1-119199 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト) 1989. 05. 11 全文、全図 &EP 0308931 A2&US 4907207 A &DE 3732412 A1	1-10

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, 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, HU, IE, IT, LU, MC, NL, 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(注) この公表は、国際事務局（W I P O）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。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第1部門第2区分
 【発行日】平成18年8月17日(2006.8.17)

【国際公開番号】WO2004/075753
 【年通号数】公開・登録公報2006-021
 【出願番号】特願2005-502956(P2005-502956)
 【国際特許分類】

A 6 1 B 8/00 (2006.01)
 G 0 1 N 29/24 (2006.01)
 H 0 4 R 17/00 (2006.01)

【F I】

A 6 1 B 8/00
 G 0 1 N 29/24 5 0 2
 H 0 4 R 17/00 3 3 0 G
 H 0 4 R 17/00 3 3 0 J

【手続補正書】
 【提出日】平成18年6月23日(2006.6.23)
 【手続補正1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】特許請求の範囲
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電振動子と、音響レンズと、前記圧電振動子と前記音響レンズとの間に設けられた音響整合層とから成る振動子をバッキング材上に複数配列させた超音波探触子において、前記音響整合層は繊維材を含み、前記繊維材の繊維方向は音波方向に垂直であり、且つ前記振動子の長手方向に対して垂直であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

前記繊維材の繊維方向のヤング率は、前記音響整合層の母材のヤング率よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の超音波探触子。

【請求項3】

前記音響整合層は、前記音響レンズに接合した第1の音響整合層と、前記第1の音響整合層と前記圧電振動子との間に設けられた第2の音響整合層からなることを特徴とする請求項1記載の超音波探触子。

【請求項4】

前記第1の音響整合層の音響インピーダンスは、前記第2の音響整合層の音響インピーダンスより低いことを特徴とする請求項3記載の超音波探触子。

【請求項5】

前記第1の音響整合層はポリエチレン複合材であり、前記第2の音響整合層は炭素繊維複合材とであることを特徴とする請求項3記載の超音波探触子。

【請求項6】

前記請求項1に記載された超音波探触子と、前記超音波探触子を駆動して超音波を送信させると共に該超音波探触子で受信した反射エコー信号を処理して超音波ビームを形成する超音波ビーム形成部と、前記超音波ビーム形成部からの受信信号を入力して超音波画像を構成する画像処理装置と、前記画像処理装置からの画像信号を取り込んで画像表示を行う表示装置とを備えて成る超音波診断装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】超音波探触子

【技術分野】

本発明は超音波診断装置の探触子に係わり、特に電子走査形探触子の振動子に関する

【背景技術】

従来、超音波を送受信する電子走査形超音波診断装置の探触子は、バックング材の上に配置された圧電振動子と、音響レンズと、圧電振動子と音響レンズとの間に設けられた音響整合層とから成る振動子を複数配列させて成る。

このような探触子において、音響整合層を備えた幅の狭い振動子が振動する際、厚み方向の変形と同時に幅方向の変形を伴うため、厚み方向の変換効率が低下する。また、幅方向の振動が厚み方向振動に干渉するため、振動子表面が一様な振幅での振動することから逸脱し、超音波診断装置の画像の劣化をもたらす。

音響整合層に繊維材を分散した振動子を配列させた探触子が、特開平10-75953号公報に開示されている。しかし、この繊維材は低い熱伝導を実現するために用いたものであり、繊維のヤング率、ポワソン比等を考慮して繊維方向を設定していない。よって、この公知例では上記課題を解決しない。

【発明の開示】

本発明は、圧電振動子と、音響レンズと、前記圧電振動子と前記音響レンズとの間に設けられた音響整合層とから成る振動子をバックング上で複数配列させた超音波探触子において、前記音響整合層は繊維材を含み、前記繊維材の繊維方向は音波方向に垂直であり、且つ前記振動子の長手方向に対して垂直である。

【図面の簡単な説明】

図1は、本願発明の超音波探触子の内部構造を示す図である。図2は、探触子の音波の伝播モデルを示す図である。図3は、探触子における圧電振動子から人体への音波伝播路の等価回路モデルを示す図である。図4は、本願発明の超音波探触子の内部構造を詳細に示す図である。図5は、本願発明の第1の実施形態を示す図である。図6は、本願発明の繊維材を含む複合材の特性を示す図である。図7は、本願発明の繊維材を含む複合材の特性を示す図である。図8は、本願発明の効果を示す図である。図9は、本願発明の第2の実施形態を示す図である。図10は、本願発明の第3の実施形態を示す図である。図11は、本願発明の第4の実施形態を示す図である。図12は、超音波装置全体を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

図1に示すように、吸音（バックング）材10の上にPZTなどで作られた幅が狭く細長い棒状の圧電振動子20を多数配列固着し、それらの配列方向と直交する方向で外方向に円弧状に膨出した形状の音響レンズ40と、振動子20と音響レンズ40との間に設けられた音響整合層31と音響整合層32とで覆って構成されている。振動子の電極にはリード線50が接続されている。

超音波探触子の圧電振動子としてPZTが広く用いられているが、PZTと生体あるいは水の音響インピーダンスは、それぞれ $Z_0 = 35 \times 10^6 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{s]}$ 、 $Z_w = 1.5 \times 10^6 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{s]}$ である。それらの値に大きな差異がある。そのためインピーダンスマッチングの観点から考えると、PZTの振動子を生体に接触させた場合、整合が全く取れない。そこで、音響整合層31、32を振動子20の前面に設け、振動子20の音響インピーダンスと生体の音響インピーダンスとの整合をとる。これにより振動子20の振動が効率よく生体に伝播できるようにする。

音響整合層31、32で用いるエポキシ及びポリウレタンの音響インピーダンスは2～3 [MRayl]である。生体の音響インピーダンスは1.5 [MRayl]であることから、2層構成の音響整合層の上面には、エポキシ、またはポリウレタンを用いるのが最適である。音響整合層

の下層には、振動子と音響整合層上層の中間の音響インピーダンスを持つ材料を用いる必要がある。そこで、エポキシまたはポリウレタンの樹脂の中に比較的密度の大きい物質の粉末を混入させ、上記した音響整合層下面に合う値を調整する。

PZTと生体との界面での反射係数Rは電気回路の場合と同様に式 (1) となる。

$$R = \left| \frac{Z_M - Z_0}{Z_M + Z_0} \right| \quad (1)$$

電気回路では、 $\lambda/4$ の整合回路を回路の中間に挿入することが行われている。 λ は伝搬する信号の波長である。探触子で超音波する伝播する整合層を図2に示したモデルを基に考える。これを等価回路で表現すると図3のようになる。 Z_0 , Z_1 , Z_2 , Z_M はそれぞれ圧電振動子、整合層 (1), 整合層 (2), 人体の音響インピーダンスである。

Z_0 と Z_M は与えられており、 Z_1 , Z_2 なる特性インピーダンスの同軸ケーブルの端子において反射が最も少なくするために信号源と受信端の中間に入れた同軸ケーブルでそれらの特性インピーダンス Z_1 と Z_2 の最適値は計算で求めることができる（（社）日本電子機械工業会編「改定医用超音波機器ハンドブック」コロナ社出版、1997年1月20日、P29～30）。表1に $1/4$ 波長の厚さの音響整合層の最適音響インピーダンスを示す。

表1 $1/4$ 波長音響整合層の最適音響インピーダンス

圧電振動子の 音響インピーダンス	整合層の音響インピーダンス Z_i					人体の 音響インピーダンス Z_M
	1	2	3	4	5	
34	4.25	/	/	/	/	1.5
	8.92	2.34	/	/	/	
	14.79	4.24	1.85	/	/	
	20.55	7.51	2.74	1.66	/	
	25.26	12.01	4.46	2.12	1.58	

(注) 単位はすべて $\times 10[\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}]$

この等価回路による探触子の最適設計法は音波の伝播が縦方向のみを考える音波の波動方程式に基づいている。整合層において横方向の変形は生じないものとしている。

またバックリング材10は、超音波振動子の背面に設けられその背面から出る超音波が再び振動子面に戻ってこないようにするもので、超音波の減衰の大きい材料を使用している。

探触子の一例の詳細図を図4に示す。バックリング材10の上に圧電振動子20があり、圧電振動子20の上に音響整合層31、32が設置されている。圧電振動子20と音響整合層31、32と、音響レンズとで構成された振動子間は、若干隙間が開いている。

ここで、第1の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図5に示す。この振動子は2層の整合層と圧電振動子で構成されている。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。繊維材の繊維方向は音波の進行方向に対して垂直になっており、かつ振動子の長手方向に対して垂直になっている。このような構造の振動子を多数隣接してバックリング材10の上に配列した構造でアレー型探触子を構成する。具体的に整合層61は、タングステン粉末を混入したエポキシを母材とする炭素繊維の複合材を用いる。整合層62は、ポリウレタンを母材として超高分子量ポリエチレン繊維の複合材を用いる。いずれの整合層に用いる複合材もその密度と超音波の伝搬方向のヤング率は、母材のそれらと同程度にできるため、音響インピーダンスも同程度の値に調整できる。繊維方向のヤング率は非常に大きな値となり、探触子の特性の改善に大きく寄与する。

次に整合層の内部を詳細に説明する。図6 (a) は繊維を同一方向に並べて作った一方向強化板である。この材料はLZ面、TZ面あるいはLT面に面对称である。このときL, T, Z軸を異方性主軸（弾性主軸, principal axis）といい、この図6 (a) では主軸が互いに直交している直交異方性（orthotropy）と云う。

図6 (b) のL方向に、 σ_L の応力をかけたときのひずみは式 (2) となる。

$$\varepsilon_T = -\frac{\nu_{LT}\sigma_L}{E_L}, \quad \varepsilon_L = \frac{\sigma_L}{E_L} \quad (2)$$

ここで、 E_L はL方向に引っ張ったときのヤング率、 ν_{LT} はL方向に引っ張ったときのT方向の縮みの割合を示すポアソン比である。同様に図6 (b) のT方向に σ_T の応力を作用させると式 (3) となる。

$$\varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E_T}, \quad \varepsilon_L = -\frac{\nu_{TL}\sigma_T}{E_T} \quad (3)$$

一方、せん断応力とせん断ひずみの間には式 (4) の関係が成り立つ。

$$\gamma_{LT} = \frac{\tau_{LT}}{G_{LT}} \quad (4)$$

したがって、図6 (b) のように組み合わせ応力が作用したときの応力とひずみの関係は式 (5) のような行列式で表すことができる。

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{LT} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_L & -\nu_{TL}/E_T & 0 \\ -\nu_{LT}/E_L & 1/E_T & 0 \\ 0 & 0 & 1/G_{LT} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_T \\ \tau_{LT} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

これがLT軸に関する直交異方性薄板のフックの法則である。

等方性材料の独立な弾性定数は2つあるが (5) 式では E_L , E_T , ν_{LT} , ν_{TL} , G_{LT} の5個あらわれている。ところが（ベッチの）相反定理（reciprocal theorem）と呼ばれる式 (6) の関係が理論的に証明されているので直交異方性の薄板の独立な弾性定数は4個になる。

$$\frac{\nu_{LT}}{E_L} = \frac{\nu_{TL}}{E_T} \quad (6)$$

これを基本弾性定数と呼ばれている。この弾性定数は、繊維と母材の特性からある程度推定可能であり、次のようなモデルを考えることによりそれら定数は導出される。

繊維の断面はふつう円形をしており、それを母材がとりまいているが、これを図7のように繊維は繊維、母材は母材で集める。この材料をL方向に引っ張る時の伸びは、伸びにくいバネと伸びやすいバネを束ねて引っ張ったときと類似で、簡単な計算により式 (7)

となるはずである。

$$E_L = E_f V_f + E_m (1 - V_f) \quad (7)$$

ここで E_f 、 E_m は繊維と母材のヤング率で、 V_f は繊維の体積含有率である。繊維と母材はL方向には並列に並んでいるので、並列モデル (parallel model) と呼ばれ図7に示される。

次に、図6のT方向に引っ張ったときには V_f の長さの強いバネと $(1 - V_f)$ の長さの弱いバネをつないだものと類似で式 (8) が与えられる。

$$\frac{1}{E_T} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{1 - V_f}{E_m} \quad (8)$$

ポアソン比 ν_{LT} とせん断弾性係数 G_T も上の直列、並列モデルの考え方を使って式 (9) , 式 (10) と求まる。

$$\nu_{LT} = \nu_f V_f + \nu_m (1 - V_f) \quad (9)$$

$$\frac{1}{G_{LT}} = \frac{V_f}{G_f} + \frac{1 - V_f}{G_m} \quad (10)$$

この考え方は微視弾性のなかで、材料力学的手法と呼ばれる。上の式 (7) は (弾性率の) 複合則と呼ばれている (堂本昌男、山本良一編、「複合材料」東京大学出版、1993年4月15日、P39～45)。

複合材に用いるカーボンファイバーと超高分子量ポリエチレン繊維の物性を表3と表4に示す (東洋レーヨン株式会社炭素繊維カタログ、資料No.2-17.4.1改、及び東洋紡績株式会社ダイニーマカタログ A1703K)。

表3 カーボンファイバーの特性例

品名		引張り弾性率		繊維直径	密度
Grade		Tensile Modulus		Filament Dia.	Density
		tonf/mm ²	GPa	micrometer	g/cm ³
HTA	-W05K	24.0	235	7.0	1.76
IM600	-6K	29.0	285	5.0	1.80
UM46	-12K	44.5	435	4.7	1.82
UM68	-12K	66.0	650	4.1	1.97

表4 超高分子量ポリエチレン繊維の物性

Grade	弾性率		フィラメント の直径	密度
	(cN/dtex)	(GPa)	(μm)	(g/cm ³)
SK60	880~1230	88~123	12	0.97
SK71	1230~	123~	12	0.97

また母材として用いられるエポキシ樹脂の物性を表5に示す（旭化成アミダス株式会社／「プラスチック」編集部共編、「プラスチック・データブック」、(株)工業調査会出版、1999年12月1日、P267）。

表5 各種硬化剤で硬化させたビスフェノール型エポキシ樹脂の機械的特性

組成		液状エポキシ樹脂(エポキシ当量:180~190)		
特性	規格	ポリアミン	アミンアダクト	ポリアミド
比重(kg/cm ³)	VSM 77109	1.15~1.20	1.15~1.20	1.1~1.2
弾性率(kg/mm ²) [GPa]	VSM 77111	350~400 [3.43~3.92]	350~400 [3.43~3.92]	340~390 [3.33~3.82]

チバ社アラルダイト GY250 を使用

整合層に用いられているポリウレタンの引張り弾性率は0.88 [kgf/mm²] である。カーボンファイバーのあるいは超高分子量ポリエチレンの弾性率（ヤング率）は、母材となるエポキシ樹脂とかポリウレタンに比べて少なくとも22倍以上の相違がある。最も弾性率の大きなカーボンファイバーは、エポキシ樹脂の弾性率は比べると200倍近い相違がある。このファイバーの種類は、用途に応じて製造者が任意に選択することができる。

通常の複合材においては繊維の含有率は～50%である（森本尚夫著、「プラスチック系先端複合材料」、高分子刊行会、1998年10月5日、P133～134）。

したがって式 (7) において $V_f=0.6$ の値をとるものと考ええると、さきに述べたように $E_f/E_m > 20 \sim 200$ であるため $E_f \gg E_m$ と考えられる。よって複合材においてと近似できる。

$$E_L \doteq E_f V_f \quad (11)$$

そのため E_L は、繊維の物性にほとんど依存すると考えてよい。一方、式 (8) より E_f は次式で与えられる。

$$E_T = \frac{1}{\frac{V_f}{E_f} + \frac{1-V_f}{E_m}} \quad (12)$$

式 (12) においても $V_f = 0.2 \sim 0.4$ 且つ $E_f \gg E_m$ であるため $V_f/E_f \ll (1-V_f/E_m)$ が成立する。したがって、式 (13) で与えられる。

$$E_T \doteq \frac{E_m}{(1-V_f)} \quad (13)$$

そのため E_T は、ほとんど母材の物性に依存すると考えてよい。

複合材料において繊維方向と垂直方向 (T方向) に圧縮し繊維方向 (L方向) の伸びの割合を示すポアソン比 ν_{TL} は、式 (6) より式 (14) のようになる。

$$\nu_{TL} = \nu_{LT} \frac{E_T}{E_L} \quad (14)$$

ここで ν_{LT} は繊維方向に圧縮した場合の複合材のポアソン比であり、代表的な炭素繊維複合材では、表6に示したように、 $\nu_{LT} = 0.3$ となる (森本尚之著: 先端複合材、高分子刊行会 (京都) 1998年10月5日、P135)。

表6 炭素繊維品種別炭素繊維複合材の圧縮弾性率、ポアソン比、密度²¹⁾

	標準型	高強度型	高弾性型	超高弾性型
圧縮弾性率 0℃, kgf/mm ² (GPa)	15400 (152)	14700 (145)	17430 (172)	31.5 (314)
ポアソン比	0.3	0.3	0.27	0.3
密度 g/cm ³	1.58	1.61	1.59	1.83

(注) (1) 構成: CF/エポキシ (60~65vol%) 森本尚之著: 先端複合材, 135 頁, 高分子刊行会 (京都) 1998

(2) 品種: 炭素繊維の引張弾性率

標準型 (23100~23800kgf/mm²)

高強度型 (24500~31500kgf/mm²)

高弾性型 (35000~38500kgf/mm²)

また、一方複合材のヤング率 E_L は表3より $E_L \doteq 150 \sim 300$ [GPa] としてよい。 E_T は母材のエポキシ樹脂のヤング率に近いと考えると表4より $E_T \doteq 6$ [GPa] としてよい。これにより $\nu_{TL} = 0.3 \times (6/150) \sim 0.3 \times (6/300) = 0.012 \sim 0.006$ と非常に小さい値になる。

次に炭素繊維複合材について検討したが、超高分子量ポリエチレン繊維とポリウレタンを母材とする複合材についても同様に表3と表4を参考につぎのようになる。 $\nu_{LT} = 0.45$, $E_T \doteq 1$ [GPa], $E_L \doteq 120$ [GPa] となり, $\nu_{TL} \doteq 0.45 \times (1/120) \doteq 0.0038$ なる非常に小さい値となる。

従来の繊維材を用いない整合層では、図8aに示されるように音波の進行方向に対して垂直方向に音波が伝搬していたが、本実施形態では、アレー形探触子の振動子に設けた整合

層として音波の進行方向の音波物性に対して、音波の進行方向に垂直な方向の音波物性が大きく異なる直交異方性材料で構成している。よって、図8bに示されるように音波の進行方向に対して音響インピーダンスの整合がとれ、且つ進行方向に垂直な方向に対して伝播する音波と、振動子の横幅方向の振動が結合させないようにすることができる。つまり、音響整合層を主に厚みの方向に変形させることができるため、厚み方向の変換効率を向上させることができる。また、幅方向の振動が厚み方向の振動に干渉するのを防ぎ、振動子表面が一様な振幅で振動させることにより、超音波診断装置の画像の画質を向上させることができる。

次にこの整合層の製造方法を説明する。まず、束状の繊維材をロールプレスして引き伸ばしていく。繊維材を伸ばしていく際、繊維材にエポキシまたはポリウレタン等の樹脂を流し込む。繊維材の間に樹脂が入り込み、空間隙間が無い板状の複合材が図5のように構成される。そして、板状になった複合材を圧電振動子とバックキング材等と重ね合わせて接着させ、積層された複合材を所定の間隔でワイヤー等で切断する。

また、繊維材と樹脂を予め混合させておき、繊維材が通過できる穴が複数開いた板に混合剤を押し込む。押し込まれた混合剤の繊維材は、その穴を棒状になって通過する。通過した繊維材は、板を挟んだ反対側に有る樹脂に埋めこまれて、固められる。そして、板状になった複合材を圧電振動子とバックキング材等と重ね合わせて接着させ、積層された複合材を所定の間隔でワイヤー等で切断する。このような製造方法で図5のような振動子を作成することができる。

次に第2の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図9に示す。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。第1の実施形態と異なる点は、整合層71、72の繊維材の繊維方向は音波の進行方向に対して垂直になっており、かつ振動子の長手方向に平行になっている点である。このように繊維方向を振動子の長手方向に配置することにより、繊維の長さが長くなる。よって、この実施形態では、長手方向に強度が増す。

次に第3の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図10に示す。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。第1の実施形態、第2の実施形態と異なる点は、整合層81、82の繊維材の繊維方向は音波の進行方向に対して垂直になっており、かつ振動子の長手方向に斜めになっている点である。この実施形態では、整合層の繊維方向を振動子の長手方向に斜めに配置することにより、短軸及び長手方向共に強度が増す。

次に第4の実施形態として、複合材を整合層に用いた探触子の構造を詳細に説明する。この探触子の1本の振動子を図11に示す。この2つの整合層には繊維材が挿入されている。第1の実施形態、第2の実施形態、第3の実施形態と異なる点は、整合層91と、92の繊維材の繊維方向をお互いに異ならせている点である。この実施形態では、2つの整合層の繊維方向をお互いに異ならせることにより、各層毎に短軸及び長手方向共に強度が増す。

いずれの実施形態も共通する点は、整合層の繊維材の繊維方向は、音波の進行方向に対して垂直である点にある。よって、音波の進行方向に垂直な方向に対して伝播する音波と横幅方向の振動を軽減することができる。

以上、複数の音響整合層が、いずれも繊維材を含むとして説明したが、繊維材を含む音響整合層はどちらか一方としてもよい。また、複数の音響整合層として説明したが、単層の音響整合層の探触子に適用させてもよい。

図12は、構成された本発明の超音波探触子を用いた超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。すなわち、この超音波診断装置は、被検体内に向けて超音波を送受信する超音波探触子100と、この超音波探触子100を駆動して超音波を送信させると共に該超音波探触子100で受信した反射エコー信号を処理して超音波ビームを形成する超音波ビーム形成部101と、この超音波ビーム形成部101からの受信信号を入力して超音波画像を構成する画像処理装置102と、この画像処理装置102からの画像信号を取り込んで画像表示を行う表示装置103とを備えて成る超音波診断装置において、超音波探触子100として図5、図9、図10、図11のいずれかに記載の振動子を設置させた超音波探触子を用いたものである。こ

の場合は、厚み方向の変換効率を向上させ、また幅方向の振動が厚み方向の振動に干渉するのを防いだため、画像の画質を向上させた超音波診断装置を実現することができる。

专利名称(译)	超音波探触子		
公开(公告)号	JPWO2004075753A1	公开(公告)日	2006-06-01
申请号	JP2005502956	申请日	2004-02-27
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立メディコ		
[标]发明人	近藤敏郎 大澤孝也		
发明人	近藤 敏郎 大澤 孝也		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/24 H04R17/00 A61B8/14 G10K11/02		
CPC分类号	G10K11/02 A61B8/00 A61B8/4455		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/24.502 H04R17/00.330.G H04R17/00.330.J		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/GB23 2G047/GB25 2G047/GB29 2G047/GB30 2G047/GB32 2G047/GB35 2G047/GB36 4C601/BB02 4C601/EE09 4C601/EE10 4C601/GB04 4C601/GB21 4C601/GB27 4C601/GB30 4C601/GB32 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/GB45 5D019/EE01 5D019/GG03 5D019/GG06		
优先权	2003052038 2003-02-27 JP		
其他公开文献	JPWO2004075753A5 JP4349651B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

通过在背衬10上布置多个换能器而获得的超声波探头，每个换能器包括压电换能器20，声透镜40和设置在压电换能器20和声透镜40之间的声匹配层，声匹配该层包含纤维材料，并且纤维材料中的纤维的方向垂直于声波的方向。

