

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-272438

(P2008-272438A)

(43) 公開日 平成20年11月13日(2008.11.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	4C601
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 330E	5D019
H04R 31/00 (2006.01)	H04R 31/00 330	
	H04R 17/00 332Y	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-255327 (P2007-255327)
 (22) 出願日 平成19年9月28日 (2007. 9. 28)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-96199 (P2007-96199)
 (32) 優先日 平成19年4月2日 (2007. 4. 2)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号

(74) 代理人 100110777
 弁理士 宇都宮 正明

(74) 代理人 100100413
 弁理士 渡部 温

(72) 発明者 大澤 敦
 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
 富士フイルム株式会社内

Fターム(参考) 4C601 EE03 EE13 GB02 GB04 GB15
 GB16 GB19 GB25 GB28 GB31
 GB41 GB44 GB45
 5D019 AA21 AA22 AA25 BB02 BB09
 BB14 BB19 BB26 FF04 GG01
 GG06 HH01

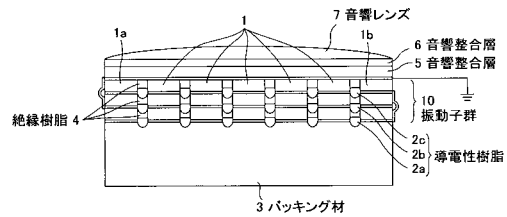
(54) 【発明の名称】 超音波探触子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 振動子を微細化しながら高感度及び広帯域を実現すると共に、発熱対策も考慮した超音波探触子を提供する。

【解決手段】 この超音波探触子は、バックング材と、第1の方向に配列された複数の振動子が振動子群を構成し、複数の振動子群が第1の方向とは異なる第2の方向に配列された積層構造の振動子アレイと、各振動子群において隣接する振動子の第1の電極層を互いに電氣的に接続する第1層の導電性樹脂と、各振動子群において隣接する振動子の内部電極層を互いに電氣的に接続する第2層の導電性樹脂と、各振動子群において複数の振動子間の所定の領域に配置された絶縁樹脂とを具備する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を送信及び / 又は受信するための複数の振動子を含む超音波探触子であって、
パッキング材と、

第 1 の方向に配列された複数の振動子が振動子群を構成し、複数の振動子群が第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に配列された振動子アレイであって、各振動子が、前記パッキング材の主面上に形成された第 1 の電極層、複数の圧電体層、少なくとも 1 層の内部電極層、及び、各振動子群において共通の第 2 の電極層を含む積層構造を有する、前記振動子アレイと、

各振動子群において隣接する振動子の第 1 の電極層を互いに電氣的に接続する第 1 層の導電性樹脂と、

各振動子群において隣接する振動子の内部電極層を互いに電氣的に接続する第 2 層の導電性樹脂と、

各振動子群において前記複数の振動子間の所定の領域に配置された絶縁樹脂と、
を具備する超音波探触子。

【請求項 2】

前記第 1 層の導電性樹脂及び前記第 2 層の導電性樹脂が、前記絶縁樹脂の硬度よりも高い硬度を有する、請求項 1 項記載の超音波探触子。

【請求項 3】

前記第 1 層の導電性樹脂が、前記第 2 層の導電性樹脂の硬度よりも高い硬度を有する、
請求項 1 又は 2 記載の超音波探触子。

【請求項 4】

前記パッキング材の主面に複数の溝が形成されており、前記第 1 層の導電性樹脂の一部が前記複数の溝の内部に充填されている、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の超音波探触子。

【請求項 5】

前記第 2 層の導電性樹脂が、前記第 1 層の導電性樹脂が形成されている領域よりも広い領域に形成されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の超音波探触子。

【請求項 6】

各振動子が、圧電体層を挟んで交互に形成された少なくとも 1 層の第 1 の内部電極層及び少なくとも 1 層の第 2 の内部電極層を含み、

各振動子群の第 1 の側面に形成され、前記第 2 の内部電極層を覆う第 1 の側面絶縁膜と

、
各振動子群の第 2 の側面に形成され、前記第 1 の内部電極層を覆う第 2 の側面絶縁膜と

、
各振動子群の第 1 の側面に形成され、前記第 1 の内部電極層及び前記第 2 の電極層に接続されると共に、前記第 1 の側面絶縁膜によって前記第 2 の内部電極層から絶縁された第 1 の側面電極と、

各振動子群の第 2 の側面に形成され、前記第 2 の内部電極層及び前記第 1 の電極層に接続されると共に、前記第 2 の側面絶縁膜によって前記第 1 の内部電極層から絶縁された第 2 の側面電極と、

をさらに具備する、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の超音波探触子。

【請求項 7】

各振動子が、圧電体層を挟んで交互に形成された少なくとも 1 層の第 1 の内部電極層及び少なくとも 1 層の第 2 の内部電極層を含み、

各振動子群の第 1 の側面に形成され、前記第 1 及び第 2 の内部電極層及び前記第 2 の電極層に接続された第 1 の側面電極と、

各振動子群の第 2 の側面に形成され、前記第 1 及び第 2 の内部電極層及び前記第 1 の電極層に接続された第 2 の側面電極と、

をさらに具備し、各振動子群の第 1 の側面側の端部において、少なくとも前記第 2 の内部

10

20

30

40

50

電極層を分離する溝が形成され、分離された前記第 2 の内部電極層の間に前記絶縁樹脂が充填されており、各振動子群の第 2 の側面側の端部において、少なくとも前記第 1 の内部電極層を分離する溝が形成され、分離された前記第 1 の内部電極層の間に前記絶縁樹脂が充填されている、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の超音波探触子。

【請求項 8】

超音波を送信及び / 又は受信するための複数の振動子を含む超音波探触子の製造方法であって、

パッキング材の主面上に、第 1 の電極層、複数の圧電体層、少なくとも 1 層の内部電極層、及び、第 2 の電極層を含む積層構造体を形成する工程 (a) と、

前記積層構造体の主面に、前記パッキング材に達する複数の溝を形成することにより、前記積層構造体を第 1 の方向に配列された複数の振動子に分離する工程 (b) と、

工程 (b) において形成された複数の溝に導電性樹脂を充填する工程 (c) と、

工程 (c) において充填された前記導電性樹脂の一部を取り除く工程 (d) と、

工程 (d) において前記導電性樹脂が取り除かれた複数の溝に絶縁樹脂を充填する工程 (e) と、

工程 (e) において充填された前記絶縁樹脂の一部を取り除く工程 (f) と、

工程 (c) ~ (f) を必要に応じて繰り返すことにより、隣接する振動子の第 1 の電極層を互いに電氣的に接続する第 1 層の導電性樹脂と、隣接する振動子の内部電極層を互いに電氣的に接続する第 2 層の導電性樹脂と、前記複数の振動子間の所定の領域に配置される絶縁樹脂とを形成する工程 (g) と、

前記積層構造体の主面上に共通電極層を形成する工程 (h) と、

前記共通電極層上に少なくとも 1 層の音響整合層を形成する工程 (i) と、

前記積層構造体の主面に、前記パッキング材に達する複数の溝を第 1 の方向に形成することにより、各振動子を第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に配列された複数の振動子に分離する工程 (j) と、

を具備する超音波探触子の製造方法。

【請求項 9】

前記第 1 層の導電性樹脂及び前記第 2 層の導電性樹脂が、前記絶縁樹脂の硬度よりも高い硬度を有する、請求項 8 記載の超音波探触子の製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 層の導電性樹脂が、前記第 2 層の導電性樹脂の硬度よりも高い硬度を有する、請求項 8 又は 9 記載の超音波探触子の製造方法。

【請求項 11】

前記積層構造体が、圧電体層を挟んで交互に形成された少なくとも 1 層の第 1 の内部電極層及び少なくとも 1 層の第 2 の内部電極層を含み、

工程 (a) が、

前記積層構造体の第 1 の側面に、前記第 2 の内部電極層を覆う第 1 の側面絶縁膜を形成し、前記積層構造体の第 2 の側面に、前記第 1 の内部電極層を覆う第 2 の側面絶縁膜を形成する工程と、

前記積層構造体の第 1 の側面に、前記第 1 の内部電極層及び前記第 2 の電極層に接続されると共に、前記第 1 の側面絶縁膜によって前記第 2 の内部電極層から絶縁される第 1 の側面電極を形成し、前記積層構造体の第 2 の側面に、前記第 2 の内部電極層及び前記第 1 の電極層に接続されると共に、前記第 2 の側面絶縁膜によって前記第 1 の内部電極層から絶縁される第 2 の側面電極を形成する工程と、

を含む、請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項記載の超音波探触子の製造方法。

【請求項 12】

前記積層構造体が、圧電体層を挟んで交互に形成された少なくとも 1 層の第 1 の内部電極層及び少なくとも 1 層の第 2 の内部電極層を含み、

工程 (a) が、前記積層構造体の第 1 の側面に、前記第 1 及び第 2 の内部電極層及び前記第 2 の電極層に接続される第 1 の側面電極を形成し、前記積層構造体の第 2 の側面に、

前記第 1 及び第 2 の内部電極層及び前記第 1 の電極層に接続される第 2 の側面電極を形成する工程を含み、

工程 (b) が、前記積層構造体の第 1 の側面側の端部において、少なくとも前記第 2 の内部電極層を分離する溝を形成し、前記積層構造体の第 2 の側面側の端部において、少なくとも前記第 1 の内部電極層を分離する溝を形成することを含み、

工程 (g) が、分離された前記第 1 の内部電極層の間に前記絶縁樹脂を充填し、分離された前記第 2 の内部電極層の間に前記絶縁樹脂を充填することを含み、

請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項記載の超音波探触子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、超音波診断装置において超音波を送受信するために用いられる超音波探触子に関し、さらに、そのような超音波探触子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波探触子においては、超音波を送信及び / 又は受信するための超音波トランスデューサとして、一般的に、P Z T (チタン酸ジルコン酸鉛 : Pb(lead) zirconate titanate) に代表される圧電セラミックや、P V D F (ポリフッ化ビニリデン : polyvinyliden difluoride) に代表される高分子圧電材料等の圧電体の両端に電極を形成した振動子 (圧電振動子) が用いられている。

20

【0003】

そのような振動子の電極に電圧を印加すると、圧電効果により圧電体が伸縮して弾性波が発生する。特に、広帯域な信号電圧を振動子の電極に印加することにより、圧電体の厚さに応じた波長を有する共振弾性波が生成される。特に、セラミック圧電体の厚さが数 mm 以下の場合には、圧電体から超音波が発生する。さらに、複数の振動子を 1 次元又は 2 次元状に配列し、所定の遅延を与えた複数の駆動信号によって駆動することにより、超音波ビームを所望の方向に向けて形成することができる。一方、振動子は、伝播する超音波を受信することによって伸縮し、電気信号を発生する。この電気信号は、超音波の検出信号として用いられる。

【0004】

30

超音波診断装置は、超音波探触子を用いて、人体等の被検体に超音波を送信し、被検体から反射される超音波エコーを受信することにより、超音波の検出信号に基づいて画像を表示する。これにより、体内の臓器や血管の検査が行われる。しかしながら、振動子において圧電セラミックを用いる場合には、振動子の音響インピーダンスと人体等の音響インピーダンスとの間に大きな差があり、そのような音響インピーダンスの差がある境界面においては、超音波の反射が生じて伝播損失となってしまう。

【0005】

ここで、音響インピーダンスとは、音響媒質密度と音速との積で表される物質固有の定数であり、その単位としては、一般に、M R a y l (メガ・レイル) が用いられ、 $1 \text{ M R a y l} = 1 \times 10^6 \text{ k g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ である。一般的な圧電セラミックの音響インピーダンスは、約 $2.5 \text{ M R a y l} \sim$ 約 3.5 M R a y l であり、人体の音響インピーダンスは、約 1.5 M R a y l である。

40

【0006】

振動子の音響インピーダンスを Z_0 とし、人体の音響インピーダンスを Z_M とすると、接触界面における超音波の反射率 R は、次式 (1) で与えられる。

$$R = | Z_0 - Z_M | / (Z_0 + Z_M) \quad \dots (1)$$

式 (1) において、 $Z_0 = 3.5 \text{ M R a y l}$ 、 $Z_M = 1.5 \text{ M R a y l}$ とすると、 $R = 0.92$ となるので、ほとんどの超音波は接触界面で反射してしまい、超音波は 1 割も伝播しないことが分る。

【0007】

50

この問題を解決するために、振動子と被検体との間に音響整合層を挿入して、音響インピーダンスの整合を図ることが行われている。さらに、音響整合層を多層構造とすれば超音波の伝播効率が改善されるが、製造上の都合により、音響整合層を2層～3層とするのが限界である。

【0008】

そこで、超音波の伝播効率をさらに改善するために、振動子自体の音響インピーダンスを低減することが考えられる。例えば、圧電体に格子状の溝を形成してアレイ化し、溝の内部に音響インピーダンスが2MRayl～4MRayl程度の素材を充填することが有効である。その際に、溝の間隔は、溝によって分離される各々の振動子内を伝播する超音波の波長と比較して十分小さくする。一般的には、溝の間隔を、超音波の波長の1/8～1/10程度とすることが望ましい。そのようなアレイ振動子としては、例えば、1つの方向に長い棒状のPZTを樹脂中に配置した複合圧電体がいられっており、この複合圧電体は、1-3コンポジットと呼ばれている。

10

【0009】

1-3コンポジットの場合には、各々の振動子が棒状となることから、その振動モードは、33振動モードとなる。33振動モードとは、第3の方向(Z軸方向)に分極処理(ポーリング処理)が施された圧電体を、同じ第3の方向に電界を印加して振動させた場合の振動モードをいう。一般に、振動子においては、33振動モードにおける電気機械結合係数 k_{33} が、板状における電気機械結合係数 k_{t} や、棒状における電気機械結合係数 k_{33}' よりも大きいので、各々の振動子を棒状とすることにより、高い変換効率が期待

20

【0010】

また、電気機械結合係数 k_{33} が大きいことは、振動子の帯域拡大にも寄与する。さらに、1-3コンポジットを採用することにより、音響インピーダンスの高い圧電体の一部が、音響インピーダンスの低い樹脂に置き換わるので、振動子の音響インピーダンスが低下して、超音波の伝播効率が改善される。ただし、誘電率が大きい圧電体の有効面積が減少することから、電気的には、振動子の容量が低下して、電気インピーダンスが上昇してしまう。

【0011】

関連する技術として、下記の特許文献1には、微細な構造を持つ信頼性の高い低コストの複合圧電体を用いた超音波探触子が開示されている。この複合圧電体においては、樹脂層の表面に細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列された複合シートが、各細線状焼結圧電体が樹脂層の間になるように複数枚積層されかつ一体化され、細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する方向に切断されている。

30

【0012】

また、下記の特許文献2には、高周波帯域の超音波振動に対応した複合圧電体の製造方法が開示されている。この製造方法においては、単位複合シートを形成し、これを積層することによって複合圧電体が形成される。単位複合シートの製造方法は、板状圧電体の一表面上に樹脂層が形成された複合板を用意する工程と、複合板の板状圧電体に対し、樹脂層を完全に分断することなく、複数の溝を形成することによって、板状圧電体から複数本の細線状圧電体を形成する工程とを含んでいる。

40

【0013】

また、下記の特許文献3には、微細でアスペクト比の高い複数の柱状圧電体を有し、電気的インピーダンスの小さい複合圧電体を、性能を低下させることなく安価に提供できる複合圧電体の製造方法が開示されている。この製造方法は、一方向に伸びる複数の圧電体及び複数の導電体が交互に配置された複合板を樹脂層上に用意する工程と、複合板の板状圧電体に対し、圧電体の長手方向と交わる方向に伸びる複数の溝を形成することによって、複数の柱状圧電体と、複数の柱状圧電体を横切って伸びる複数の内部導電体とを樹脂層上に形成する工程とを含んでいる。

【0014】

50

一方、近年においては、超音波探触子が、口から体内に挿入される内視鏡（経口内視鏡）や、鼻から体内に挿入される内視鏡（経鼻内視鏡）や、血管カテーテル等において用いられていることから、超音波探触子の微細化が求められている。経口内視鏡の直径は8mm～11mm程度であり、経鼻内視鏡の直径は4mm～5mm程度であるから、振動子のサイズも小さくする必要がある。例えば、FNA（fine needle aspiration：微細針吸引）用のコンベックス型アレイ振動子のエレベーション方向におけるサイズは、4mm～5mm程度となっている。

【0015】

しかしながら、振動子の微細化に伴って、振動子の電気インピーダンスが上昇してしまう。送受信される超音波の周波数帯域における振動子の電気インピーダンスが、超音波診断装置本体の受信回路の電気インピーダンス又は接続ケーブルの特性インピーダンスと比較して大きくなると、検出信号の伝送特性が低下する。また、振動子のサイズが小さくなることも相乗して、受信時における感度が低下する。

10

【0016】

そのような感度の低下を補うために、振動子を積層構造として、各層の振動子を並列に接続することにより、振動子の容量を増加させて電気インピーダンスを低下させることも行われている。

【特許文献1】特開2003-70096号公報（第1-2頁、図6）

【特許文献2】特開2003-174698号公報（第1-2頁、図5）

【特許文献3】特開2003-189395号公報（第1-2頁、図7）

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、振動子を微細化しながら高感度及び広帯域を実現すると共に、発熱対策も考慮した超音波探触子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】

【0018】

上記課題を解決するため、本発明の1つの観点に係る超音波探触子は、超音波を送信及び/又は受信するための複数の振動子を含む超音波探触子であって、(i)バッキング材と、(ii)第1の方向に配列された複数の振動子が振動子群を構成し、複数の振動子群が第1の方向とは異なる第2の方向に配列された振動子アレイであって、各振動子が、バッキング材の主面上に形成された第1の電極層、複数の圧電体層、少なくとも1層の内部電極層、及び、各振動子群において共通の第2の電極層を含む積層構造を有する振動子アレイと、(iii)各振動子群において隣接する振動子の第1の電極層を互いに電氣的に接続する第1層の導電性樹脂と、(iv)各振動子群において隣接する振動子の内部電極層を互いに電氣的に接続する第2層の導電性樹脂と、(v)各振動子群において複数の振動子間の所定の領域に配置された絶縁樹脂とを具備する。

30

【0019】

また、本発明の1つの観点に係る超音波探触子の製造方法は、超音波を送信及び/又は受信するための複数の振動子を含む超音波探触子の製造方法であって、バッキング材の主面上に、第1の電極層、複数の圧電体層、少なくとも1層の内部電極層、及び、第2の電極層を含む積層構造体を形成する工程(a)と、積層構造体の主面に、バッキング材に達する複数の溝を形成することにより、積層構造体を第1の方向に配列された複数の振動子に分離する工程(b)と、工程(b)において形成された複数の溝に導電性樹脂を充填する工程(c)と、工程(c)において充填された導電性樹脂の一部を取り除く工程(d)と、工程(d)において導電性樹脂が取り除かれた複数の溝に絶縁樹脂を充填する工程(e)と、工程(e)において充填された絶縁樹脂の一部を取り除く工程(f)と、工程(c)～(f)を必要に応じて繰り返すことにより、隣接する振動子の第1の電極層を互いに電氣的に接続する第1層の導電性樹脂と、隣接する振動子の内部電極層を互いに電氣的に接続する第2層の導電性樹脂と、複数の振動子間の所定の領域に配置される絶縁樹脂と

40

50

を形成する工程 (g) と、積層構造体の主面上に共通電極層を形成する工程 (h) と、共通電極層上に少なくとも 1 層の音響整合層を形成する工程 (i) と、積層構造体の主面に、バッキング材に達する複数の溝を第 1 の方向に形成することにより、各振動子を第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に配列された複数の振動子に分離する工程 (j) とを具備する。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、振動子の 1 - 3 コンポジット化により電気機械結合係数を向上させると共に音響インピーダンスを低下させ、振動子の積層化により電気インピーダンスを低下させて、高感度かつ広帯域な超音波探触子を実現することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波探触子において用いられる超音波トランスデューサアレイ (振動子アレイ) を模式的に示す平面図である。この振動子アレイは、駆動信号が供給されることにより伸縮して超音波を被検体に向けて送信すると共に、被検体によって反射された超音波を受信することにより電気信号 (検出信号) を出力する複数の超音波トランスデューサ (振動子) 1 を含んでいる。図 1 においては、複数の振動子 1 の配置を示すために、それらの振動子 1 の上部電極層、及び、それらの振動子 1 間の絶縁樹脂が省略されている。なお、複数の振動子 1 において、特に、図中左端の振動子を 1 a とし、図中右端の振動子を 1 b とする。

20

【0022】

図 1 に示すように、複数の振動子 1 は、2 次元状に配置されているが、X 軸方向 (エレベーション方向) に並べられた 1 列の振動子 1 の電極が導電性樹脂 2 によって並列接続されているので、1 列の振動子 1 が、同時に動作する 1 つの振動子群 1 0 を構成する。従って、Y 軸方向 (アジマス方向) に並べられた複数の振動子群 1 0 が、1 次元振動子アレイを構成している。このように、X 軸方向に振動子を分割して形成することにより、個々の振動子に含まれている圧電体が 1 - 3 コンポジットの形状になるので、X 軸方向に振動子を分割しない場合と比較して、電気機械結合係数を大きくすることができる。

30

【0023】

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す正面図である。図 2 に示すように、バッキング材 3 上に、1 列の振動子 1 によって構成される振動子群 1 0 が形成されている。各々の振動子 1 は、積層構造を有しており、X 軸方向に隣接する 2 つの振動子の電極を並列接続するために、複数層の導電性樹脂 2 a ~ 2 c が配置されている。バッキング材 3 は、例えば、フェライト粉や金属粉や P Z T 粉入りのエポキシ樹脂や、フェライト粉入りのゴムのように、音響減衰の大きい材料によって形成されており、複数の振動子 1 から発生する不要な超音波の減衰を早める。また、複数の振動子 1 の間や周囲において、導電性樹脂 2 a ~ 2 c が存在しない領域には、振動子間における干渉を低減し、振動子の横方向の振動を抑えて振動子が縦方向のみに振動するようにするために、絶縁樹脂 4 が配置されている。

40

【0024】

複数の振動子 1 上には、少なくとも 1 層の音響整合層 (図 2 においては、2 層の音響整合層 5 及び 6 を示す) が形成されている。また、必要に応じて、音響整合層上に音響レンズ 7 を形成するようにしても良い。音響整合層 5 及び 6 は、例えば、超音波を伝播し易いパイレックス (登録商標) ガラスや金属粉入りエポキシ樹脂等によって形成されており、生体等の被検体と振動子 1 との間の音響インピーダンスのマッチングを改善する。それにより、振動子 1 から送信される超音波が、効率良く被検体中に伝播する。音響レンズ 7 は、例えば、シリコンゴムによって形成されており、複数の振動子 1 から送信され、音響整合層 5 及び 6 を伝播した超音波を、被検体内の所定の深度において集束させる。これら

50

の部分 1 ~ 7 は、筐体に収納され、複数の振動子 1 から引き出された配線が、ケーブルを介して、超音波診断装置本体内の電子回路に接続される。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、振動子の積層構造を拡大して示す斜視図であり、(A) は、図 2 に示す振動子群 1 0 における図中左端の振動子 1 a を示しており、(B) は、図 2 に示す振動子群における図中右端の振動子 1 b を示している。各々の振動子は、下部電極層 1 1 と、複数の圧電体層 1 2 と、少なくとも 1 層の内部電極層と、通常は接地電位に共通接続される上部電極層 1 4 とを有している。

【 0 0 2 6 】

望ましくは、内部電極層が、圧電体層を挟んで交互に形成された少なくとも 1 層の第 1 の内部電極層と少なくとも 1 層の第 2 の内部電極層とを含んでいる。図 3 においては、圧電体層 1 2 を挟んで形成された第 1 の内部電極層 1 3 a と第 2 の内部電極層 1 3 b とが示されている。ここで、下部電極層 1 1 と最下層の圧電体層 1 2 と内部電極層 1 3 a とによって第 1 の圧電素子が構成され、内部電極層 1 3 a と中間層の圧電体層 1 2 と内部電極層 1 3 b とによって第 2 の圧電素子が構成され、内部電極層 1 3 b と最上層の圧電体層 1 2 と上部電極層 1 4 とによって第 3 の圧電素子が構成される。

【 0 0 2 7 】

さらに、図中左端の振動子 1 a は、側面絶縁膜 1 5 a と、側面電極 1 6 a とを有している。側面電極 1 6 a は、内部電極層 1 3 a 及び上部電極層 1 4 に接続されると共に、側面絶縁膜 1 5 a によって内部電極層 1 3 b から絶縁される。また、図中右端の振動子 1 b は、側面絶縁膜 1 5 b と、側面電極 1 6 b とを有している。側面電極 1 6 b は、内部電極層 1 3 b 及び下部電極層 1 1 に接続されると共に、側面絶縁膜 1 5 b によって内部電極層 1 3 a から絶縁される。

【 0 0 2 8 】

図 2 及び図 3 を参照すると、1 つの振動子群 1 0 に含まれている複数の振動子の下部電極層 1 1 は、第 1 層の導電性樹脂 2 a によって互いに電氣的に接続され、1 つの振動子群 1 0 に含まれている複数の振動子の内部電極層 1 3 a は、第 2 層の導電性樹脂 2 b によって互いに電氣的に接続され、1 つの振動子群 1 0 に含まれている複数の振動子の内部電極層 1 3 b は、第 3 層の導電性樹脂 2 c によって互いに電氣的に接続される。

【 0 0 2 9 】

これにより、各々の振動子において、積層された第 1 ~ 第 3 の圧電素子が並列に接続されることにより、振動子の容量が増加して電気インピーダンスが低下する。また、1 つの振動子群 1 0 における複数の振動子が並列に接続されることにより、振動子の容量がさらに増加して電気インピーダンスがさらに低下する。これにより、超音波診断装置本体内の電子回路との電気インピーダンスのマッチングが向上する。

【 0 0 3 0 】

さらに、圧電素子を複合体化することによって、振動子全体の体積における圧電素子の体積の割合が減少し、発熱源となる圧電体の体積比が低減されることから、超音波探触子の表面温度の上昇を抑えることができる。特に、圧電素子が積層構造を有する場合には、圧電素子が単層構造を有する場合と比較して発熱量が非常に高くなることから、より効果的である。

【 0 0 3 1 】

本実施形態においては、圧電体の材料として圧電セラミックが用いられる。圧電セラミックは、電気・機械エネルギー変換能力が高いので、体内の深部まで到達可能な強力な超音波を発生することができ、また、受信感度も高い。具体的な材料としては、P Z T (チタン酸ジルコン酸鉛： $Pb(Ti, Zr)O_3$) や、同様のペロブスカイト系結晶構造を有する変成組成の材料や、一般にリラクサ系材料と呼ばれている材料等を用いることができる。

【 0 0 3 2 】

また、本実施形態においては、導電性樹脂 2 の硬度が、絶縁樹脂 4 の硬度と比較して高

10

20

30

40

50

くなっている。導電性樹脂及び絶縁樹脂の材料としては、例えば、図4に示す材料が用いられる。絶縁樹脂としては、エポキシテクノロジー（Epoxy Technology）社製のエポテック310（EPO-TEK310）、エポテック310-2FL（EPO-TEK310-2FL）、エポテック330（EPO-TEK330）等のエポキシ系樹脂を用いることができる。一方、導電性樹脂としては、同じエポキシテクノロジー社製のH20S、H20E等の導電ペーストを用いることができる。

【0033】

図4には、それらの材料のショア硬度（Shore硬度）が示されている。ショア硬度とは、ISO868に規定されている条件の下で、材料の中に押し込まれる所定の押し込み針の押し込み深さの測定値を表したものであり、A規格よりもD規格のほうが硬く、また、各規格において数値が大きいほど硬いことを表している。例えば、図4に示す材料の中から、絶縁樹脂としてエポテック310を選択する場合には、導電性樹脂としてH20Sを選択しても良いし、H20Eを選択しても良い。なお、ショア硬度の規格は、ASTMのD2240-97e1（Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness）や、JISのK7215（Testing Method for Durometer Hardness of Plastics）等にも規定されている。

10

【0034】

振動子を柱状に形成し、1-3コンポジットの形状とする場合には、複数の振動子間に軟性樹脂を充填しても、振動子の振動のぶれが大きくなってしまいうので、所望の電気機械変換特性が得られず、また、複数の共振ピークが発生してしまう等の欠点が生じる。一方、複数の振動子間の全体に硬度の高い樹脂を充填すると、振動子の振動が抑制されてしまうので、同様に、所望の電気機械変換特性が得られない。

20

【0035】

そこで、本実施形態においては、軟性樹脂の中に部分的に硬度の高い樹脂を配置することにより、振動子の振動のぶれを防止しながら振動を抑制しない構造としている。即ち、図2に示すように、複数の振動子1の間に比較的硬度が高い導電性樹脂2と比較的硬度が低い絶縁樹脂4とを配置することにより、上記の構造が実現されている。また、パッキング材3に形成された溝に、比較的硬度が高い導電性樹脂2が杭のように挿入されるので、振動子の振動のぶれがさらに防止される。

【0036】

次に、本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法について説明する。図5A～図5Hは、本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

30

【0037】

第1の工程において、図5Aに示すように、パッキング材3の主面上に、下部電極層11、複数の圧電体層12、内部電極層13a及び13b、及び、上部電極層14を含む積層構造体20が形成される。

【0038】

さらに、積層構造体20の図中左側の側面に、内部電極層13bを覆う側面絶縁膜15aと、積層構造体20の図中右側の側面に、内部電極層13aを覆う側面絶縁膜15bとが、電着法、ディスペンス法、又は、印刷法等によって形成される。側面絶縁膜15a及び15bの材料としては、エポキシ樹脂又はガラスペースト等が用いられる。

40

【0039】

その後、積層構造体20の図中左側の側面に、内部電極層13a及び上部電極層14に接続される側面電極16aと、積層構造体20の図中右側の側面に、内部電極層13b及び下部電極層11に接続される側面電極16bとが、メッキ法やスパッタリング法等によって形成される。側面電極16a及び16bの材料としては、プラチナ、金、パラジウム、ニッケル、クロム、チタン、コバルト等の金属や、それらの内の少なくとも1つを含む合金等が用いられる。

【0040】

50

第2の工程において、図5Bに示すように、積層構造体20の主面に、バッキング材3に達する複数の溝17が、エレベーション方向(図1のX軸方向)に形成される。これにより、積層構造体20が、X軸方向に長い複数の振動子1'に分割される。

【0041】

第3の工程において、図5Cに示すように、複数の溝17に導電性樹脂2が充填される。さらに、第4の工程において、図5Dに示すように、複数の溝17に沿って、少なくとも導電性樹脂2の一部が、ダイシングによりカットされて取り除かれる。これにより、第1層の導電性樹脂2aが、最下層の圧電体層12の下から1/3程度まで形成される。

【0042】

第5の工程において、図5Eに示すように、第4の工程において導電性樹脂2が取り除かれた複数の溝17の部分に絶縁樹脂4が充填される。さらに、第6の工程において、図5Fに示すように、複数の溝17に沿って、少なくとも絶縁樹脂4の一部が、ダイシングによりカットされて取り除かれる。

【0043】

第3の工程～第6の工程を必要に応じて繰り返し、最後に第6の工程において絶縁樹脂4の突出部をカットすることにより、図5Gに示すように、第1層の導電性樹脂2a～第3層の導電性樹脂2c及び絶縁樹脂4が配置された構造が完成する。また、ダイシングによって上部電極層14の一部がカットされているので、図5Hに示すように、積層構造体20の主面上に、上部電極層14を補充する共通電極層21が形成される。

【0044】

さらに、共通電極層21上に、少なくとも1層の音響整合層が形成され、音響整合層が形成された積層構造体20の主面に、バッキング材3に達する複数の溝が、第1の方向と異なる第2の方向(例えば、図1に示すY軸方向)に形成される。これにより、図1に示すように、X軸方向に並ぶ複数の振動子1を含む各々の振動子群10が形成される。その後、電極層への配線が行われ、音響レンズ7が取り付けられて、図2に示す超音波探触子が完成する。

【0045】

上記の製造方法の変形例として、絶縁樹脂4の一部をダイシングによりカットする第6の工程(図5F)において、ダイシングブレードの幅を徐々に大きくしたり、複数のダイシング処理を行うことにより、図6に示すように、溝17の幅を段階的に大きくしても良い。これにより、第1層の導電性樹脂2a～第3層の導電性樹脂2cの幅も段階的に大きくなる。その結果、振動子の側面形状は、図中下側が大きく上側が小さい台形となるので、振動子の振動が安定する。また、振動子の音響インピーダンスが被検体に向けて段階的に低下するので、人体等の被検体と振動子との間の音響インピーダンスのマッチングが向上して、超音波探触子の感度や帯域等の性能が向上する。

【0046】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

図7は、本発明の第2の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す正面図である。第2の実施形態においては、各振動子群10において、図7に示すように、図中左端の溝には、第3層の導電性樹脂2cが形成されずに、第1層の導電性樹脂2a及び第2層の導電性樹脂2bのみが形成され、図中右端の溝には、第2層の導電性樹脂2bが形成されずに、第1層の導電性樹脂2a及び第3層の導電性樹脂2cのみが形成される。

【0047】

また、内部電極層は、圧電体層を挟んで交互に形成された少なくとも1層の第1の内部電極層と少なくとも1層の第2の内部電極層とを含んでいる。図7においては、圧電体層12を挟んで形成された第1の内部電極層13aと第2の内部電極層13bとが示されている。

【0048】

各振動子群10の図中左側の側面には、内部電極層13a及び13b及び上部電極層14に電氣的に接続された側面電極8が形成され、各振動子群10の図中右側の側面には、

10

20

30

40

50

内部電極層 1 3 a 及び 1 3 b 及び下部電極層 1 1 に電氣的に接続された側面電極 9 が形成されている。

【 0 0 4 9 】

各振動子群 1 0 の図中左側の端部において、少なくとも内部電極層 1 3 b を分離する溝が形成され、分離された内部電極層 1 3 b の間に絶縁樹脂 4 が充填されている。また、各振動子群 1 0 の図中右側の端部において、少なくとも内部電極層 1 3 a を分離する溝が形成され、分離された内部電極層 1 3 a の間に絶縁樹脂 4 が充填されている。その他の点に関しては、第 1 の実施形態と同様である。

【 0 0 5 0 】

このように、第 2 の実施形態においては、図 5 A に示す側面絶縁膜 1 5 a 及び 1 5 b を形成しなくても、図中左端及び右端の溝における導電性樹脂 2 a ~ 2 c 及び絶縁樹脂 4 の配置を変えることにより、積層体における電極の接続状態が確保されている。

10

【 0 0 5 1 】

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波探触子の製造方法について説明する。第 2 の実施形態に係る超音波探触子は、図 5 A ~ 図 5 H を参照しながら説明した第 1 の実施形態に係る超音波探触子の製造方法の一部を変更することにより製造される。

【 0 0 5 2 】

第 1 の工程において、図 5 A に示すように、パッキング材 3 の主面上に、下部電極層 1 1、複数の圧電体層 1 2、内部電極層 1 3 a 及び 1 3 b 及び上部電極層 1 4 を含む積層構造体 2 0 が形成される。ただし、図 5 A に示す側面絶縁膜 1 5 a 及び 1 5 b は形成されず、図 7 に示すように、積層構造体の図中左側の側面に、内部電極層 1 3 a 及び 1 3 b 及び上部電極層 1 4 に接続される側面電極 8 が形成されると共に、積層構造体の図中右側の側面に、内部電極層 1 3 a 及び 1 3 b 及び下部電極層 1 1 に接続される側面電極 9 が形成される。

20

【 0 0 5 3 】

また、第 2 の工程において、図 7 に示すように、積層構造体の図中左側の端部において、少なくとも内部電極層 1 3 b を分離する溝がアジマス方向（図 1 の Y 軸方向）に形成され、積層構造体の図中右側の端部において、少なくとも内部電極層 1 3 a を分離する溝がアジマス方向に形成される。

【 0 0 5 4 】

さらに、第 3 の工程 ~ 第 6 の工程を必要に応じて繰り返すことにより、第 1 層 ~ 第 3 層の導電性樹脂 2 a ~ 2 c 及び絶縁樹脂 4 が形成される。ここで、図 7 に示すように、積層構造体の図中左端の溝において分離された内部電極層 1 3 a の間に絶縁樹脂 4 が充填され、積層構造体の図中右端の溝において分離された内部電極層 1 3 b の間に絶縁樹脂 4 が充填される。

30

【 0 0 5 5 】

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。

図 8 は、本発明の第 3 の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す正面図である。第 3 の実施形態においては、第 1 の実施形態に係る超音波探触子における振動子群の具体的な形状を決定して実際に振動子群を製造し、振動子の電気インピーダンス特性を測定している。

40

【 0 0 5 6 】

本実施形態においては、パッキング材 3 として、フェライト粉を混入した塩素化ポリエチレンが用いられ、その音響インピーダンスは 6 M R a y l 程度である。また、導電性樹脂 2 a ~ 2 c として、エポキシテクノロジー社製の銀 (A g) ペーストである H 2 0 S が用いられ、絶縁樹脂 4 として、エポキシテクノロジー社製のエポキシ系樹脂であるエポテック 3 3 0 (E P O - T E K 3 3 0) が用いられる。

【 0 0 5 7 】

圧電体 1 2 としては、グリーンシート成形された 1 層の厚さが 1 0 0 μ m である 3 層の圧電セラミック（具体的には、P Z T）が、内部電極 1 3 a 及び 1 3 b を挟んで積層され

50

る。この圧電セラミックの比誘電率は、1 kHzにおいて4500である。また、圧電体12と樹脂領域（導電性樹脂2a～2c及び絶縁樹脂4）との体積比率は、1：2程度である。

【0058】

図8において、1つの振動子群10の長さ（エレベーション方向）は5.0 mmであり、幅（アジマス方向）は0.11 mm（110 μm）であり、高さは0.3 mm（300 μm）である。また、導電性樹脂22a～22c及び絶縁樹脂4の配列ピッチは550 μmであり、下部電極層11における1つの電極の長さは250 μmであり、上部電極層14における1つの電極の長さは200 μmである。側面電極16a及び16bの各々は、クロム（Cr）と金（Au）との2層構造を有しており、トータルの厚さは450 nm程度である。

10

【0059】

図9は、バッキング材上に製造された振動子群の切断面の一部を走査電子顕微鏡（SEM）によって撮影した映像を示す図である。図9の（A）には、7個の振動子を含む振動子群が示されている。図9の（B）は、図9の（A）に示されている振動子群の一部を拡大して示す図である。図9の（B）に示すように、各振動子は、圧電体と圧電体との間に内部電極を有しており、隣接する2つの振動子の内部電極を接続するために、絶縁樹脂（エポテック330）に囲まれて導電性樹脂（銀ペーストH20S）が配置されている。図9の（C）は、図9の（B）に示されている振動子と樹脂領域の一部を拡大して示す図である。図9の（C）において、内部電極と導電性樹脂とが良好に接続されていることが分る。

20

【0060】

図10は、本発明の第3の実施形態において製造された振動子の電気インピーダンス特性を測定した結果を示す図である。図10の（A）及び（B）において、横軸は周波数（MHz）を示しており、図10の（A）における縦軸は、電気インピーダンスの絶対値 $|Z|$ （オーム）を表しており、図10の（B）における縦軸は、電気インピーダンスの偏角（度）を表している。測定用の振動子のサンプル数は3個である。2 MHzにおける振動子の電気インピーダンスの測定値に基づいて圧電体の見掛け上の比誘電率を計算すると、約12570となった。

【0061】

本実施形態におけるように、比誘電率が4500の圧電体と比誘電率が5程度の樹脂とを体積比率1：2でコンポジット化すると、コンポジット材の比誘電率は、1500程度となる。また、一般に、N層の圧電体を積層して作製した積層構造の振動子においては、同じサイズの単層構造の振動子と比較して静電容量が N^2 倍となるので、単層構造の振動子に換算した見かけ上の比誘電率も N^2 倍になると考えられる。従って、比誘電率が1500のコンポジット材を用いて3層構造の振動子を作製すると、見かけ上の比誘電率は、 $1500 \times 3^2 = 13500$ となることが予想される。本実施形態における見かけ上の比誘電率の測定値は12570であり、これは予想値の93%であるから、予想値と良く一致していると言える。また、本実施形態における電気インピーダンスの偏角の測定値も予想通りであり、これらの測定結果は、コンポジット材を用いた3層構造の振動子の製造に成功していることを示している。

30

40

【0062】

以上の実施形態によれば、振動子の1-3コンポジット化により電気機械結合係数を向上させると共に音響インピーダンスを低下させ、振動子の積層化により電気インピーダンスを低下させて、高感度かつ広帯域な超音波探触子を実現することができる。その結果、従来の超音波探触子よりも、ハーモニック・イメージングやコントラスト・ドップラー・イメージングにおける画質や診断性能が向上する。また、振動子による発熱も低減される。さらに、複数の振動子の間に、比較的硬度が高い導電性樹脂と比較的硬度が低い絶縁樹脂とを配置することにより、振動子の振動のぶれを防止しながら振動を抑制しない構造とすることができる。なお、本発明は、セクタ型、リニア型、コンベックス型、ラジアル型

50

等、いずれの形状の超音波探触子にも適用可能である。

【産業上の利用可能性】

【0063】

本発明は、超音波診断装置において超音波を送受信するために用いられる超音波探触子において利用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子において用いられる超音波トランスデューサレイを模式的に示す平面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す正面図である。

10

【図3】振動子の積層構造を拡大して示す斜視図である。

【図4】導電性樹脂及び絶縁樹脂の材料を示す表である。

【図5A】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図5B】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図5C】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図5D】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

20

【図5E】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図5F】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図5G】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図5H】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法を説明するための図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の製造方法の変形例を説明するための図である。

30

【図7】本発明の第2の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す正面図である。

【図8】本発明の第3の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す正面図である。

【図9】バッキング材上に製造された振動子群の切断面の一部を走査電子顕微鏡によって撮影した映像を示す図である。

【図10】本発明の第3の実施形態において製造された振動子の電気インピーダンス特性を測定した結果を示す図である。

【符号の説明】

【0065】

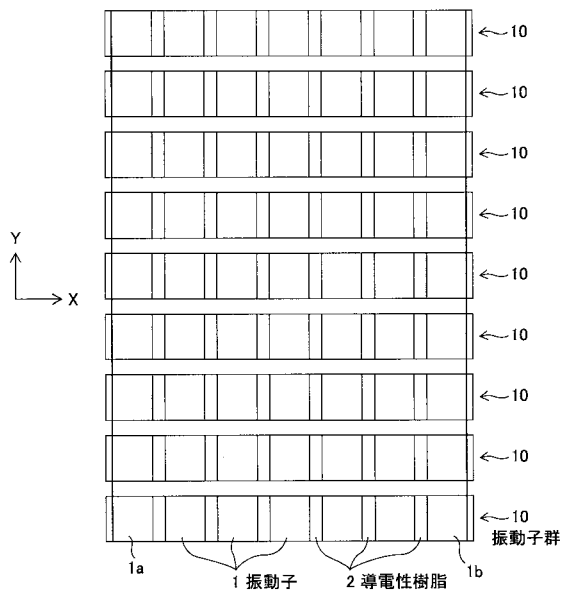
- 1、1 a、1 b 振動子
- 2、2 a ~ 2 c 導電性樹脂
- 3 バッキング材
- 4 絶縁樹脂
- 5、6 音響整合層
- 7 音響レンズ
- 8、9 側面電極
- 10 振動子群
- 11 下部電極層
- 12 圧電体
- 13 a、13 b 内部電極層
- 14 上部電極層

40

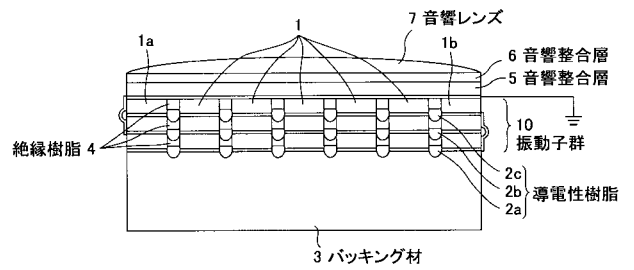
50

- 15 a、15 b 側面絶縁膜
- 16 a、16 b 側面電極
- 17 溝
- 20 積層構造体
- 21 共通電極層

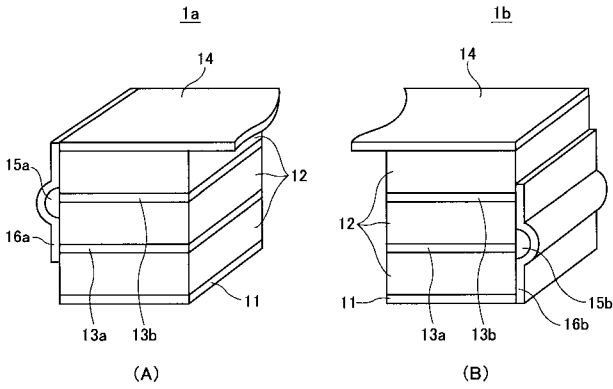
【図1】



【図2】



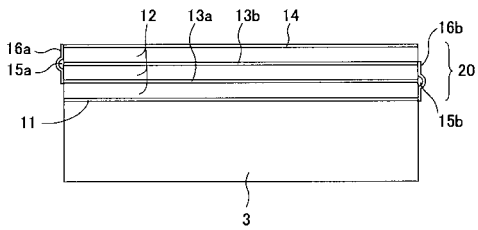
【 図 3 】



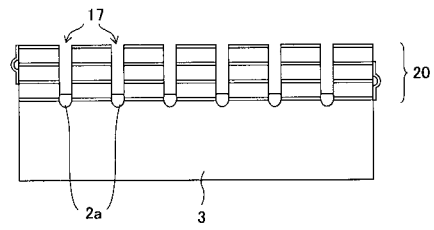
【 図 4 】

タイプ	樹脂名称	メーカー	シヨア硬度
絶縁・エポキシ系樹脂	EPO-TEK310	Epoxy Technology	Shore A 63
	EPO-TEK301-2FL	Epoxy Technology	Shore D 70
	EPO-TEK330	Epoxy Technology	Shore D 80
導電ペースト	H20S	Epoxy Technology	Shore D 57
	H20E	Epoxy Technology	Shore D 75

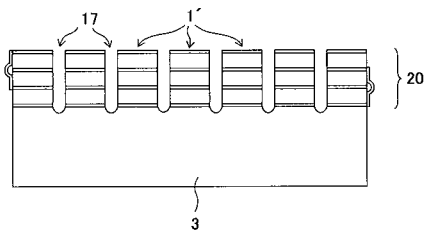
【 図 5 A 】



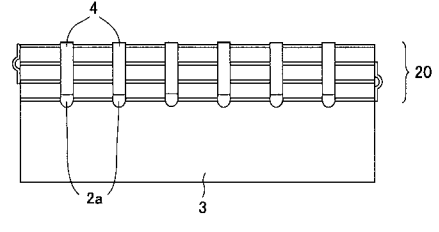
【 図 5 D 】



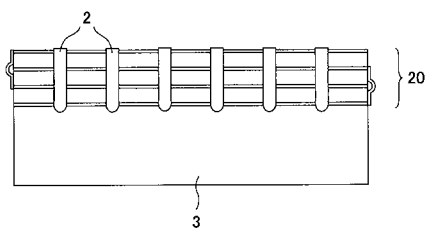
【 図 5 B 】



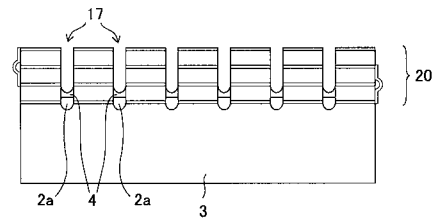
【 図 5 E 】



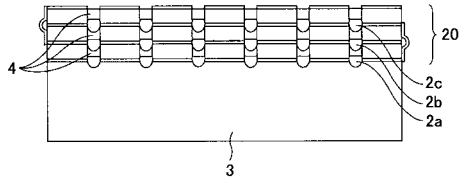
【 図 5 C 】



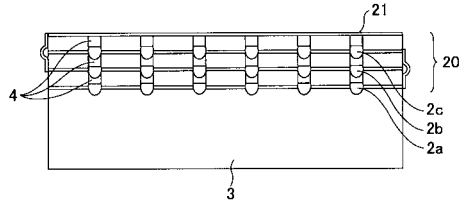
【 図 5 F 】



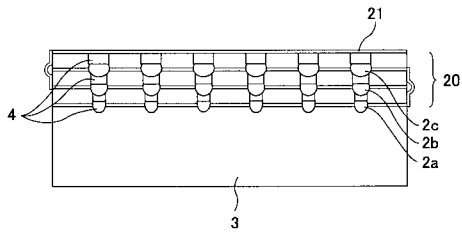
【図5G】



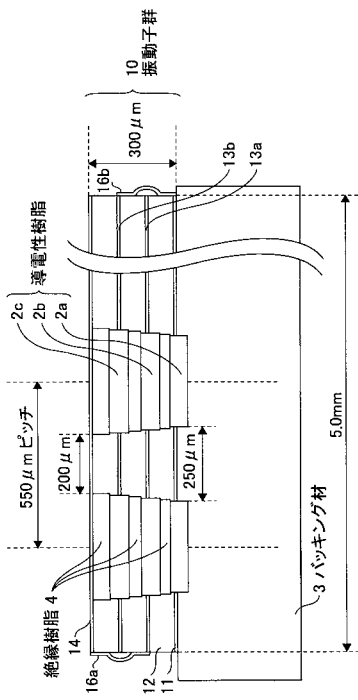
【図5H】



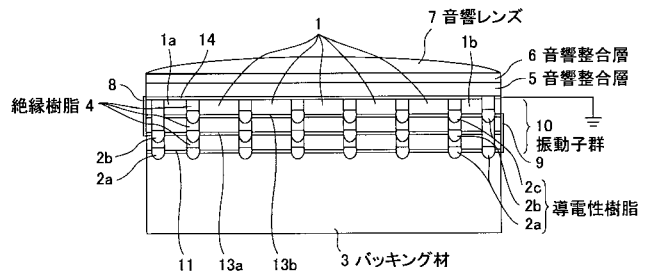
【図6】



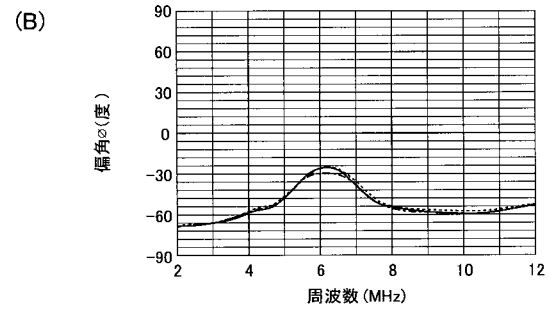
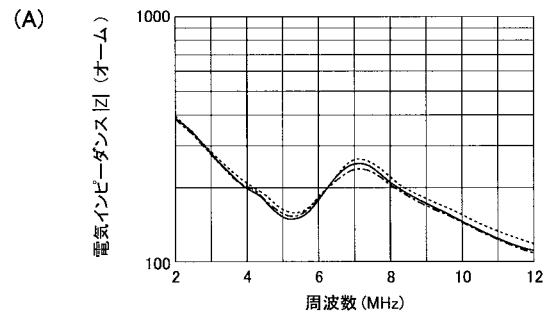
【図8】



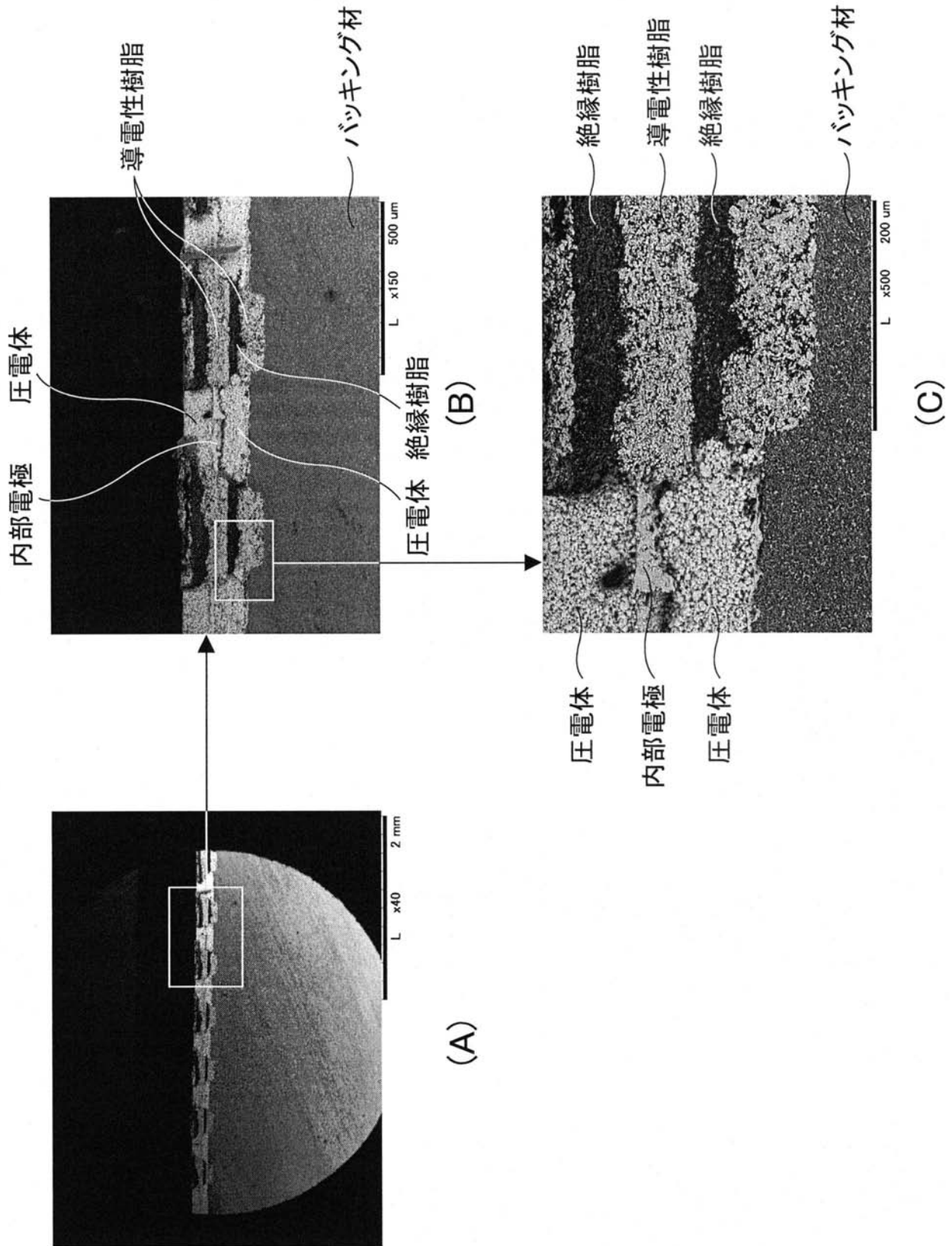
【図7】



【図10】



【 図 9 】



专利名称(译)	超声波探头及其制造方法		
公开(公告)号	JP2008272438A	公开(公告)日	2008-11-13
申请号	JP2007255327	申请日	2007-09-28
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	大澤敦		
发明人	大澤敦		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00 H04R31/00		
FI分类号	A61B8/00 H04R17/00.330.E H04R31/00.330 H04R17/00.332.Y		
F-TERM分类号	4C601/EE03 4C601/EE13 4C601/GB02 4C601/GB04 4C601/GB15 4C601/GB16 4C601/GB19 4C601/GB25 4C601/GB28 4C601/GB31 4C601/GB41 4C601/GB44 4C601/GB45 5D019/AA21 5D019/AA22 5D019/AA25 5D019/BB02 5D019/BB09 5D019/BB14 5D019/BB19 5D019/BB26 5D019/FF04 5D019/GG01 5D019/GG06 5D019/HH01		
代理人(译)	宇都宫正明		
优先权	2007096199 2007-04-02 JP		
其他公开文献	JP2008272438A5 JP4933392B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波探头，在振动器小型化的同时实现高灵敏度和宽广的区域，并考虑防止发热的措施。ŽSOLUTION：超声波探头提供：包装材料；振动器阵列作为层叠结构，其中沿第一方向布置的多个振动器形成一组振动器，并且多个振动器沿不同于第一方向的第二方向布置；第一层导电树脂，用于电连接每组振动器中相邻振动器的第一电极层；第二层导电树脂，用于电连接每组振动器中相邻振动器的内部电极；绝缘树脂设置在每组振动器中的多个振动器之间的规定区域中。Ž

