

(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2004-72755

(P2004-72755A)

(43) 公開日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO4R 17/00	HO4R 17/00 332Y	2G047
A61B 8/00	HO4R 17/00 33OK	4C601
GO1N 29/24	A61B 8/00	5D019
HO4R 31/00	GO1N 29/24	
	HO4R 31/00 33O	
審査請求 有 請求項の数 29 O L (全 22 頁)		

(21) 出願番号	特願2003-273707 (P2003-273707)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社
(22) 出願日	平成15年7月11日 (2003.7.11)		大阪府門真市大字門真1006番地
(31) 優先権主張番号	特願2002-212072 (P2002-212072)	(74) 代理人	100101683 弁理士 奥田 誠司
(32) 優先日	平成14年7月22日 (2002.7.22)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	永原 英知 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	杉ノ内 剛彦 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	橋本 雅彦 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

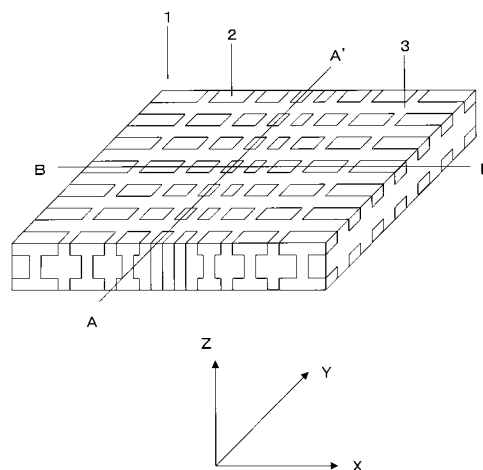
(54) 【発明の名称】 複合圧電体

(57) 【要約】

【課題】 複数の圧電体要素が誘電体中に配列された構造を有する複合圧電体において、厚さが一定でありながら、広帯域での超音波送受信を可能とする。

【解決手段】 配列された複数の圧電体要素2と、複数の圧電体要素2の間に位置する誘電体部分(樹脂3)とを有する複合圧電体1であって、複数の圧電体要素2の少なくとも1つの圧電体要素2は、他の圧電体要素2の共振周波数とは異なる共振周波数を有するように各圧電体要素2の形状が面内位置に応じて決定されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

配列された複数の圧電体要素と、前記複数の圧電体要素の間に位置する誘電体部分とを有する複合圧電体であって、

前記複数の圧電体要素の少なくとも 1 つの圧電体要素における超音波放射方向に垂直な断面積が、前記超音波放射方向に沿って変化している、複合圧電体。

## 【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの圧電体要素は、他の圧電体要素の共振周波数とは異なる共振周波数を有している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 3】

前記複数の圧電体要素の共振周波数は、最小値と最大値との差異が平均値の 10% 以上となる分布を有している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 4】

前記複数の圧電体要素の各々は、前記超音波放射方向に垂直な或る方向のサイズが前記超音波放射方向に沿って一定の大きさを有している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 5】

前記複数の圧電体要素の各々は、前記超音波放射方向に沿って一定の厚さを有している請求項 3 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 6】

前記複数の圧電体要素は、前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面に沿って 2 次元的に配列されており、

前記複数の圧電体要素の共振周波数は、前記面内における位置に応じて変化している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 7】

前記複数の圧電体要素は略一定の高さを有している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 8】

前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面の中央部における前記圧電体要素の共振周波数よりも、前記面の周辺部における前記圧電体要素の共振周波数が低い請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 9】

前記複数の圧電体要素のうちの少なくとも 1 つの圧電体要素の音波放射方向に垂直な断面の面積は、前記圧電体要素の中央よりも前記圧電体要素の端面において大きい請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 10】

前記複数の圧電体要素のうちの少なくとも 1 つの圧電体要素の音波放射方向に垂直な断面の面積は、前記圧電体要素の中央よりも前記圧電体要素の端面において小さい請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 11】

前記複数の圧電体要素の各々は、前記音波放射方向に延びる一对の柱状部分を有しており、前記柱状部分を中央で連結する架橋部分の厚さが前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面内で変化している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 12】

前記複数の圧電体要素の各々は、中央に開口部を有しており、

前記開口部の大きさが前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面内で変化している請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 13】

前記複数の圧電体要素の共振周波数が所定の面内分布を持つように前記複数の圧電体要素の形状が選択されている請求項 1 に記載の複合圧電体。

## 【請求項 14】

前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な断面の最小サイズ  $S$  に対する、前記圧電体要素

10

20

30

40

50

の音波放射方向のサイズの比率が5以上である請求項1に記載の複合圧電体。

【請求項15】

前記誘電体部分は樹脂から形成されている請求項1に記載の複合圧電体。

【請求項16】

前記樹脂の弾性率が前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面内における位置に応じて所定の分布を有している請求項15に記載の複合圧電体。

【請求項17】

樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する単位複合シートであって、

前記複数の圧電体要素は、前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している単位複合シート。 10

【請求項18】

各々が、樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する複数の単位複合シートが積層され、前記圧電体要素が前記樹脂層によって挟まれることによって配置関係が固定された状態にあり、各単位複合シート内に含まれる前記複数の圧電体要素は、前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している、複合シート積層体。

【請求項19】

各々が、樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する複数の単位複合シートが積層され、前記圧電体要素が前記樹脂層によって挟まれることによって配置関係が固定された状態にあり、各単位複合シート内に含まれる前記複数の圧電体要素は、前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している、複合シート積層体を、前記圧電体要素の音波放射方向を横切るように切断することによって作製された複合圧電体。 20

【請求項20】

前記圧電体要素の周囲が樹脂で囲まれていることを特徴とする請求項19に記載の複合圧電体。

【請求項21】

前記樹脂は、単位複合シートの樹脂層の一部が流動し、硬化したものである請求項20に記載の複合圧電体。

【請求項22】

配列された複数の圧電体要素と、前記複数の圧電体要素の間に位置する誘電体部分とを有する複合圧電体であって、前記複数の圧電体要素の少なくとも1つの圧電体要素における超音波放射方向に垂直な断面積が、前記超音波放射方向に沿って変化している複合圧電体と、 30

前記複合圧電体上に形成された一对の電極と、  
を備えている超音波探触子。

【請求項23】

前記複合圧電体上に整合層が形成されており、

前記整合層の厚さは、前記複合圧電体中の圧電体要素の共振周波数が変化する方向に沿って変化している請求項22に記載の超音波探触子。

【請求項24】

超音波探触子と、前記超音波探触子に信号を送り出す送信部と、前記超音波探触子から出力される電気信号を受け取る受信部と、を備えた超音波検査装置であって、 40

前記超音波探触子は、

配列された複数の圧電体要素と、前記複数の圧電体要素の間に位置する誘電体部分とを有する複合圧電体であって、前記複数の圧電体要素の少なくとも1つの圧電体要素における超音波放射方向に垂直な断面積が、前記超音波放射方向に沿って変化している複合圧電体と、

前記複合圧電体上に形成された一对の電極と、  
とを備えている超音波検査装置。

【請求項25】

(a) 板状圧電体の一表面に樹脂層が形成された複合板を用意する工程と、

(b) 前記複合板の前記圧電体に対して、前記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、前記板状圧電体から複数本の圧電体要素を形成する工程と、

を包含し、

前記工程(b)は、前記複数本の圧電体要素に対して、前記樹脂層上の位置によって異なる形状を与える、単位複合シートの製造方法。

【請求項26】

(a) 板状圧電体を粘着シートによって基板上に仮固定する工程と、

(b) 前記板状圧電体に複数の溝を形成することにより、前記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、

(c) 前記基板に固定された複数本の前記細線状圧電体を樹脂層に転写する工程とを包含し、

前記工程(b)は、前記複数本の圧電体要素に対して、前記樹脂層上の位置によって異なる形状を与える、単位複合シートの製造方法。

【請求項27】

前記複数の溝はサンドブラスト加工によって形成することを特徴とする請求項26に記載の単位複合シートの製造方法。

【請求項28】

(a) 樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する単位複合シートであって、前記複数の圧電体要素が前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している単位複合シートを複数枚用意する工程と、

(b) 複数枚の前記単位複合シートを積層する工程と、

(c) 積相した複数枚の前記単位複合シートを一体化する工程とを包含する複合圧電体の製造方法。

【請求項29】

前記一体化された複数枚の単位複合シートに対して、前記圧電体要素を横切るように切断する工程とを包含する、請求項28に記載の複合圧電体の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、本発明は、超音波探触子などに用いられる複合圧電体、特に面内において共振周波数分布をもつ複合圧電体およびその製造方法、ならびに当該複合圧電体を用い、短軸方向に開口制御が可能な超音波探触子および超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波探触子の短軸方向に開口制御が可能であり、広帯域の共振周波数特性を有する超音波探触子としては、例えば特許文献1に記載されたものが知られている。

40

【0003】

図16に示す従来の超音波探触子100は、短軸方向に沿って厚さが増加する圧電体101を備えている。圧電体101の音波放射面側には整合層102が設けられている。このような圧電体101と整合層102とによって構成された振動子は、図中の矢印で示した方位方向に沿って多数配列され、背面負荷材103によって支持される。

【0004】

各圧電体101は、短軸方向の中央部において薄く、両端に近づくほど厚くなっている。このような構造の圧電体を用いることにより、振動子の短軸方向の中央部では高周波の超音波を送受信することが可能となり、周辺部では低周波の超音波の送受信が可能となる。この結果、超音波振動子の共振周波数特性が広帯域化される。

50

## 【0005】

また、図16に示す超音波振動子では、短軸方向の開口寸法が高周波の超音波に対して小さく、低周波の超音波に対しては広がっている。このため、近距離から遠距離に至るまで、細い超音波ビームを形成することができ、近距離から遠距離まで高い分解能を得ることができる。

【特許文献1】特開平7-107595号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかし、図16に示すような従来の超音波探触子では、圧電体の表面を凹面状に加工する必要はある。また、圧電体の凹面に曲率の異なる整合層を更に形成する必要はある。このような超音波探触子を製造することは非常に困難であるか、可能であっても歩留まり、コストの面から現実的でない。

## 【0007】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、厚さが一定の圧電体でありながら広帯域での超音波の送受信を可能とする複合圧電体およびその製造方法を提供することにある。

## 【0008】

本発明の他の目的は、そのような複合圧電体を備えた超音波探触子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の複合圧電体は、配列された複数の圧電体要素と、前記複数の圧電体要素の間に位置する誘電体部分とを有する複合圧電体であって、前記複数の圧電体要素の少なくとも1つの圧電体要素における超音波放射方向に垂直な断面積が、前記超音波放射方向に沿って変化している。

## 【0010】

好ましい実施形態において、前記少なくとも1つの圧電体要素は、他の圧電体要素の共振周波数とは異なる共振周波数を有している。

## 【0011】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素の共振周波数は、最小値と最大値との差異が平均値の10%以上となる分布を有している。

## 【0012】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素の各々は、前記超音波放射方向に垂直な或る方向のサイズが前記超音波放射方向に沿って一定の大きさを有している。

## 【0013】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素の各々は、前記超音波放射方向に沿って一定の厚さを有している。

## 【0014】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素は、前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面に沿って2次元的に配列されており、前記複数の圧電体要素の共振周波数は、前記面内における位置に応じて変化している。

## 【0015】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素は略一定の高さを有している。

## 【0016】

好ましい実施形態において、前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面の中央部における前記圧電体要素の共振周波数よりも、前記面の周辺部における前記圧電体要素の共振周波数が低い。

## 【0017】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素のうちの少なくとも1つの圧電体要

素の音波放射方向に垂直な断面の面積は、前記圧電体要素の中央よりも前記圧電体要素の端面において大きい。

【0018】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素のうちの少なくとも1つの圧電体要素の音波放射方向に垂直な断面の面積は、前記圧電体要素の中央よりも前記圧電体要素の端面において小さい。

【0019】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素の各々は、前記音波放射方向に延びる一对の柱状部分を有しており、前記柱状部分を中央で連結する架橋部分の厚さが前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面内で変化している。

10

【0020】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素の各々は、中央に開口部を有しており、前記開口部の大きさが前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面内で変化している。

【0021】

好ましい実施形態において、前記複数の圧電体要素の共振周波数が所定の面内分布を持つように前記複数の圧電体要素の形状が選択されている。

【0022】

好ましい実施形態において、前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な断面の最小サイズSに対する、前記圧電体要素の音波放射方向のサイズの比率が5以上である。

【0023】

20

好ましい実施形態において、前記誘電体部分は樹脂から形成されている。

【0024】

好ましい実施形態において、前記樹脂の弾性率が前記圧電体要素の音波放射方向に垂直な面内における位置に応じて所定の分布を有している。

【0025】

本発明の単位複合シートは、樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する単位複合シートであって、前記複数の圧電体要素は、前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している。

【0026】

本発明の複合シート積層体は、各々が、樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する複数の単位複合シートが積層され、前記圧電体要素が前記樹脂層によって挟まれることによって配置関係が固定された状態にあり、各単位複合シート内に含まれる前記複数の圧電体要素は、前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している。

30

【0027】

本発明の複合圧電体は、各々が、樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する複数の単位複合シートが積層され、前記圧電体要素が前記樹脂層によって挟まれることによって配置関係が固定された状態にあり、各単位複合シート内に含まれる前記複数の圧電体要素は、前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している、複合シート積層体を、前記圧電体要素の音波放射方向を横切るように切断することによって作製された。

40

【0028】

好ましい実施形態において、前記圧電体要素の周囲が樹脂で囲まれていることを特徴とする。

【0029】

好ましい実施形態において、前記樹脂は、単位複合シートの樹脂層の一部が流動し、硬化したものである。

【0030】

本発明の超音波探触子は、配列された複数の圧電体要素と、前記複数の圧電体要素の間に位置する誘電体部分とを有する複合圧電体であって、前記複数の圧電体要素の少なくと

50

も1つの圧電体要素における超音波放射方向に垂直な断面積が、前記超音波放射方向に沿って変化している複合圧電体と、前記複合圧電体上に形成された一对の電極とを備えている。

【0031】

好ましい実施形態において、前記複合圧電体上に整合層が形成されており、前記整合層の厚さは、前記複合圧電体中の圧電体要素の共振周波数が変化する方向に沿って変化している。

【0032】

本発明の超音波検査装置は、超音波探触子と、前記超音波探触子に信号を送り出す送信部と、前記超音波探触子から出力される電気信号を受け取る受信部と、を備えた超音波検査装置であって、前記超音波探触子は、配列された複数の圧電体要素と、前記複数の圧電体要素の間に位置する誘電体部分とを有する複合圧電体であって、前記複数の圧電体要素の少なくとも1つの圧電体要素における超音波放射方向に垂直な断面積が、前記超音波放射方向に沿って変化している複合圧電体と、前記複合圧電体上に形成された一对の電極とを備えている。

10

【0033】

本発明による単位複合シートの製造方法は、(a)板状圧電体の一表面に樹脂層が形成された複合板を用意する工程と、(b)前記複合板の前記圧電体に対して、前記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、前記板状圧電体から複数本の圧電体要素を形成する工程とを包含し、前記工程(b)は、前記複数本の圧電体要素に対して、前記樹脂層上の位置によって異なる形状を与える。

20

【0034】

本発明による単位複合シートの製造方法は、(a)板状圧電体を粘着シートによって基板上に仮固定する工程と、(b)前記板状圧電体に複数の溝を形成することにより、前記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、(c)前記基板に固定された複数本の前記細線状圧電体を樹脂層に転写する工程とを包含し、前記工程(b)は、前記複数本の圧電体要素に対して、前記樹脂層上の位置によって異なる形状を与える。

【0035】

好ましい実施形態において、前記複数の溝はサンドブラスト加工によって形成することを特徴とする。

30

【0036】

本発明による複合圧電体の製造方法は、(a)樹脂層と、前記樹脂層上に配列された複数の圧電体要素とを有する単位複合シートであって、前記複数の圧電体要素が前記樹脂層上における位置によって異なる形状を有している単位複合シートを複数枚用意する工程と、(b)複数枚の前記単位複合シートを積層する工程と、(c)積相した複数枚の前記単位複合シートを一体化する工程とを包含する。

【0037】

好ましい実施形態において、前記一体化された複数枚の単位複合シートに対して、前記圧電体要素を横切るように切断する工程とを包含する。

【発明の効果】

40

【0038】

本発明によれば、複数の圧電体要素が誘電体中に配列された構造を有する複合圧電体において、圧電体要素が位置によって異なる形状を持つため、複合圧電体の音波放射面内において共振周波数を異ならしめることができる。本発明の複合圧電体によれば、平板状の複合圧電体でありながら、広帯域での超音波送受信が可能となる。また、送受信する超音波の共振周波数が複合圧電体の面内で所定の分布を与えられることにより、超音波探触子の分解能を高めることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

50

## 【0040】

(実施形態1)

図1は、本発明による複合圧電体の第1の実施形態を示す図である。本実施形態の複合圧電体1では、図1に示す座標のXY面内において、複数の圧電体要素2が2次元状に配列されている。圧電体要素2の間には樹脂3が充填されており、各圧電体要素2の位置関係が相互に固定され、一体化した複合圧電体1が構成されている。

## 【0041】

本実施形態における各圧電体要素2は、Z方向を長手方向(超音波放射方向)とする概略柱状の形状を有しており、Z方向に伸縮することによってZ方向に超音波を放射することができる。圧電体要素2の両端面は、複合圧電体1の上面および下面に位置している。複合圧電体1の上面および下面は、Z方向に垂直かつXY面に平行である。本明細書では、図1に示される複合圧電体1の上面を「超音波放射面」と称することとする。

10

## 【0042】

なお、図1では、圧電体要素2の両面が露出しているように記載されているが、複合圧電体1の上面および下面には、それぞれ、電極(不図示)が形成されており、各圧電体要素2はZ軸方向に分極されている。

## 【0043】

本実施形態の複合圧電体1に用いられる圧電体要素の材料は、圧電性を有するものであれば特に限定されず、圧電セラミックスや圧電単結晶などが好適に用いられる。圧電セラミックスとしては、チタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウムなどが用いられる。また、圧電単結晶としては、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸ジルコン酸鉛単結晶などが用いられる。本実施形態では、圧電体として、圧電性が高く、加工の比較的容易なチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)セラミックスを用いている。

20

## 【0044】

複合圧電体1を構成する樹脂は、各圧電体要素2の配置関係を固定し、一体化することができる材料であれば良く、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂などを使用することができる。本実施形態では、圧電セラミックスとの接着性を考慮してエポキシ樹脂を用いている。

## 【0045】

複合圧電体1のZ方向に垂直な両端面に設けられる電極は、電気抵抗が低く、密着性に優れた材料から形成されることが好ましい。電極材料としては、金、銀、ニッケルなど一般的な金属を用いることができる。また、電極の形成方法としては、めっき、スパッタ、蒸着などを用いることができる。本実施形態では、ニッケルと金の2層の金属膜を無電解メッキ法により形成している。ニッケルメッキ層の厚さを2 $\mu$ m、金メッキ層の厚さを0.1 $\mu$ mに設定することができる。

30

## 【0046】

以下、複合圧電体1の構造を更に詳しく説明する。

## 【0047】

図2は、図1の複合圧電体のA-A'線断面を示している。図2に示すように、複合圧電体1を構成している複数の圧電体要素のうち、Y方向に沿って配列された圧電体要素は、それぞれ、同じ形状を有している。このため、圧電体要素2の共振周波数特性はY方向に沿って一定であり、Y方向に沿って複合圧電体中での共振周波数の変化はない。

40

## 【0048】

図3は、図1の複合圧電体のB-B'線断面を示している。図3に示すように、複合圧電体1を構成する複数の圧電体要素2のうち、X方向に沿って配列された圧電体要素2は位置(X座標)に応じて異なる形状を有しており、各圧電体要素2の共振周波数特性がX方向に沿って変化している(分布を有している)。

## 【0049】

以下、圧電体要素2の構造を詳細に説明する。

## 【0050】

50

本実施形態では、Z方向に計測した各圧電体要素2の長さL、すなわち複合圧電体1の厚さを約0.25mm(250 $\mu$ m)に設定している。図3に示す圧電体要素2のうち、X方向に関する中央部に位置している圧電体要素2は、Z方向に一様な形状(真っ直ぐな柱状形状)を有している。この圧電体要素2の図3における幅(X方向に沿って計測したサイズS)は、約0.05mm(50 $\mu$ m)である。従って、この圧電体要素2についてのサイズ(最小サイズ)Sに対する長さ(高さ)Lの比率(L/S:アスペクト比)は約5である。

#### 【0051】

このような圧電体要素2のZ方向における共振周波数(厚さ方向の共振周波数)は約5.7MHzであり、反共振周波数は7.7MHzである。また、この振動形態における電気機械結合係数は約0.7である。

10

#### 【0052】

一方、図3に示す圧電体要素2のうち、X方向に関する周辺部に位置する圧電体要素2は、アルファベットの「I(アイ)」文字に似た断面形状を有している。I型構造の圧電体要素2は、各圧電体要素2に共通する一定の幅を持つ中央部分と、この中央部分の両端に連結した上端部および下端部とを有している。I型構造の圧電体要素2の中央部のZ方向サイズは0.15mm、上端部のZ方向サイズは0.05mm、下端部のZ方向サイズは0.05mmである。I型構造の圧電体要素2の上端部および下端部のX方向サイズは、図3からわかるように、X方向に沿って変化している。図3の端に最も近い位置の圧電体要素2における上端部および下端部のX方向サイズは0.1mmである。

20

#### 【0053】

このような形状を持つ圧電体要素2によれば、上端部および下端部が重りの機能を発揮するため、上端部および下端部のX方向サイズが大きくなるほど、Z方向の共振周波数が低下することになる。X方向サイズが0.1mmの上端部および下端部を有する上記の圧電体要素2の場合、そのZ方向における共振周波数(厚さ方向の共振周波数)は約3.1MHzとなる。また反共振周波数は4.1MHzであり、電気機械結合係数は約0.68となる。

#### 【0054】

複合圧電体1のX方向の中央部と端部との間にある圧電体要素2の共振周波数は、上端部および下端部のX方向サイズを0.05~0.10mmの範囲で調節することにより、3.1~5.7MHzの範囲内に値に設定することができる。

30

#### 【0055】

なお、X方向に沿って配列された1列の圧電体要素2のうちで、各圧電体要素2のY方向サイズは一樣である。また、個々の圧電体要素2においても、そのY方向サイズは、Z方向に沿って変化していない。言い換えると、個々の圧電体要素2をZ-Y面に投影した面の形状は実質的に矩形であり、しかも、圧電体要素2のX方向における位置によらず一樣である。更に、この投影面の形状は、本実施形態において、圧電体要素2のY方向における位置によらず一樣である(図2)。

#### 【0056】

図3では、簡単化のため、8本の圧電体要素2のみが図示されているが、現実には、複合圧電体1のX方向サイズを12mm、圧電体要素2の配列ピッチを0.15mmとした場合には、80本の圧電体要素2がX方向に配列される。

40

#### 【0057】

図3では、4種類の形状を持つ圧電体要素2が2組ずつ図示されている。圧電体要素2は、複合圧電体1の中心部を通る軸(Z方向に平行な軸)に関して対称に配列されているが、本発明は、このような構造に限定されない。X方向に平行に配列された複数の圧電体要素2に含まれる圧電体要素2の形状の種類は5以上であってもよい。また、同じ形状を有する圧電体要素2が、X方向に沿って2本以上連続していてもよい。すなわち、X方向の位置(X座標)に応じて、圧電体要素2の形状を徐々に変化させて中央から周辺部まで1本ずつを配列させても、数本ずつ同じ形状の圧電体要素を配列させてもよい。

50

## 【0058】

本実施形態では、共振周波数が複合圧電体1の中央で最も高く、中央からX方向に沿って周辺部に向かうにつれて低下していくように設計しているが、本発明はこれに限定されない。用途に応じて、共振周波数の分布を任意に設定することが可能である。

## 【0059】

図4を参照しながら、上記の複合圧電体1を用いた超音波探触子および超音波診断装置を説明する。

## 【0060】

図4は、超音波探触子および超音波診断装置の構成を示す図である。図4において、この超音波探触子6は、複合圧電体1と、複合圧電体1の超音波放射面上に形成された音響整合層4と、複合圧電体1の背面に設けられた背面負荷材5とを備えている。複合圧電体1は、図1から図3に示す構成を有している。

10

## 【0061】

音響整合層4は、複合圧電体1で発生した超音波を効率よく伝搬させるためのものであり、図4の音響整合層4は、その真下における複合圧電体1の共振周波数に応じた厚さを有している。音響整合層4は、次に述べる音響インピーダンスおよび厚さに関する2つの条件を満足することが求められる。

## 【0062】

音響インピーダンスは音速と密度の積で決まる。音響整合層4の音響インピーダンス $Z_m$ は、複合圧電体1の音響インピーダンスを $Z_p$ 、音波の伝搬媒体である人体などの音響インピーダンスを $Z_s$ とした場合、以下の(数1)を満足することが好ましい。

20

## 【0063】

$$Z_m = (Z_p \times Z_s)^{(1/2)} \quad \dots (数1)$$

## 【0064】

音響整合層4の厚さは、送受信する超音波の波長の1/4に設定することが好ましい。

## 【0065】

音響整合層4の音響インピーダンス $Z_m$ および音響整合層4の厚さを最適な値に設定することにより、超音波探触子6と伝搬媒体である人体などの界面での音波の反射を小さくし、高感度な超音波検査を可能とすることができる。

## 【0066】

本実施形態では、音響整合層4をエポキシ樹脂から形成している。エポキシ樹脂の音速は約2500m/sであるため、その厚さを複合圧電体1が送受信する超音波の共振周波数に合わせて、中央部で約0.4mm、周辺部で約0.8mmとしている。

30

## 【0067】

複合圧電体1の背面側に設けた背面負荷材5は、複合圧電体1で発生し、音波放射方向と逆方向に伝わる超音波を減衰させる働きを示す。背面負荷材5は背面側からの超音波の反射を防止し、超音波探触子6の共振周波数特性を広帯域化することに寄与する。すなわち、背面負荷材5を設けることにより、パルス幅の短い超音波パルスの送受信が可能となるため、高分解能の超音波検査の実現を可能とするものである。本実施形態では、鉄粉を分散させたゴムからなる背面負荷材5を用いている。

40

## 【0068】

本実施形態の超音波探触子6によれば、複合圧電体1の厚さが一定でありながら、中央部では高周波の超音波の送受信を行い、周辺部では低周波の超音波の送受信を行うことができるため、広い共振周波数帯域で動作させることが可能である。これは、図1から図3に示すように、複合圧電体1中に共振周波数の異なる圧電体要素2が2次元的に配列されているからである。

## 【0069】

通常平板状圧電セラミックスを圧電体上に均一な厚さの音響整合層を設けた超音波探触子の場合、共振周波数が4MHzとなるように設計をすると、共振周波数が4MHzに対して-6dBの値を示す共振周波数で規定される帯域は、およそ2.8~5.2MHz

50

であり、比帯域は60%程度である。これに対し、本実施形態の超音波探触子では、3.1~5.7MHzにおいて60%程度の比帯域を有している。このため、超音波探触子全体としては、1.9~6.9MHzの広い周波数帯域を有することとなる。中心共振周波数を1.9~6.9MHzの中央値である3.4MHzに設定し、比帯域を算出すると、150%程度の極めて広い周波数比帯域を有することがわかる。

#### 【0070】

超音波探触子6は、図4に示す超音波診断装置本体7に接続されて使用される。超音波診断装置本体7は、超音波信号を超音波探触子6へ送り出す送信部8と、超音波探触子から出力される電圧信号を受け取る受信部9と、超音波信号の送受信に関する種々の制御を行うシステムコントロール部10と、得られた超音波信号の基づいて画像を形成する画像構成部11と、画像構成部11から出力された画像信号に基づいて画像を表示する画像表示部12とを備えている。

10

#### 【0071】

本実施形態の超音波診断装置1は次のようにして動作する。

#### 【0072】

送信部8で発生した駆動パルスを複合圧電体1の両面に設けられた電極に印加することにより、複合圧電体1が厚さ方向に変形して超音波を発生する。発生した超音波は、音響整合層4を通して、被検体である人体など(不図示)へ伝搬する。人体中で散乱・反射した超音波はやがて複合圧電体1へ戻る。複合圧電体1で受けた反射超音波は、電気信号へ変換され、受信部9を通して画像化され、画像表示部12に表示される。

20

#### 【0073】

駆動パルスを印加した直後に受信した信号は、近距離からの信号であるため、フィルタによって高周波の信号のみを選択した画像化する。こうして、近距離に超音波ビームがフォーカスされた高解像度の画像を構成することができる。

#### 【0074】

所定時間の後に受信される信号は、遠距離の信号であり、フィルタにより低周波の信号を受信して画像化することで、遠距離に超音波ビームがフォーカスされた高解像度の画像を構成することができる。このようにして、近距離から遠距離までの各点に超音波ビームをフォーカスした画像を形成することができる。

#### 【0075】

本実施形態の複合圧電体1は、一様な厚さを有しているため、その上に音響整合層を形成することが容易である。また、低周波から高周波までの超音波の送受信が可能であり、広帯域化されているため、短パルスの超音波の送受信が可能で、かつ、深さ方向の分解能が向上する。

30

#### 【0076】

本実施形態の複合圧電体1によれば、その中央部における狭い開口の領域で高周波の送受信を行い、周辺部の広い開口の領域で低周波の超音波の送受信を行うため、開口の大きさを超音波の共振周波数に応じて制御することができる。そうすることにより、近距離から遠距離までの広い範囲において、細い超音波ビームを形成し、方位方向の分解能を高めることも可能になる。

40

#### 【0077】

(実施形態2)

図5(a)から(d)を参照しながら、本発明の第2の実施形態を説明する。本実施形態と実施形態1との異なる点は、圧電体要素2の個々の形状の差異にある。これ以外の点は、実施形態1と同様の構成を有している。

#### 【0078】

図5(a)から(d)は、図2に相当する断面図であり、5種類の複合圧電体の断面を示している。各複合圧電体1は、Y方向には一様な構造を有しているため、Y方向に沿って任意の位置で切断した断面は、図5(a)から(d)に記載されている断面と同一である。

50

## 【 0 0 7 9 】

図 5 ( a ) の複合圧電体 1 では、圧電体要素 2 の長手方向 ( Z 方向 ) に垂直な断面の面積が、圧電体要素 2 の中央よりも圧電体要素の両端面において小さい形状を有している。また、圧電体要素 2 の中央における長手方向に垂直な断面の面積は、X 方向に沿って変化している。X 方向に沿って配列した複数の圧電体要素 2 のうち、複合圧電体 1 の中央部に位置する圧電体要素 2 の共振周波数は、複合圧電体 1 の周辺部に位置する圧電体要素 2 の共振周波数に比較して高くなるように設計されている。

## 【 0 0 8 0 】

図 5 ( b ) の複合圧電体 1 では、各圧電体要素 2 が一对の柱状部分を有しており、一对の柱状部分の間にそれらを連結する架橋部分 ( 橋渡し部 ) が設けられている。圧電体要素 2 の橋渡し部の厚さは、X 方向に沿って変化している。具体的には、圧電体要素 2 の橋渡し部は、X 方向に関する中央部において相対的に厚く、X 方向に関する周辺部に近づくほど薄くなっている。このような構造を採用することにより、複合圧電体の面内中央部における共振周波数を相対的に高めることができる。

10

## 【 0 0 8 1 】

図 5 ( c ) の複合圧電体 1 では、各圧電体要素 2 が中央に開口部を有しており、この開口部の大きさが X 方向で変化している。この構造は、図 5 ( b ) の構造とは逆に、開口部の小さな圧電体要素ほど、両端部が重くなるため、共振周波数が低下する。

## 【 0 0 8 2 】

図 5 ( d ) の複合圧電体 1 は、圧電体要素の長手方向に垂直な断面の面積が X 方向に沿って一定であるが、面内における位置に応じて異なる値を有している。具体的には、複合圧電体の周辺部に近づくほど、圧電体要素 2 が細くなっている。このような構造を採用しても、複合圧電体の中央部で高周波を、端部では低周波の超音波の送受信を行うことができる。

20

## 【 0 0 8 3 】

( 実施形態 3 )

本実施形態では、誘電体部分の材料を X 方向に沿って異なる材料から形成している点に特徴を有している。図 6 は、図 3 に対応する断面図である。

## 【 0 0 8 4 】

図 6 に示すように、X 方向の中央部には、弾性率の高い硬い材料を用いて誘電体部分を形成し、周辺部では弾性率の低い柔らかい材料を用いて誘電体部分を形成している。

30

## 【 0 0 8 5 】

本実施形態では、中央部の圧電体要素の周囲が硬くなるために、圧電体要素の実質的な音速が速くなり、共振周波数が高くなる。一方、周辺部の圧電体要素の周囲が柔らかいために、その圧電体要素の共振周波数は圧電体要素がフリー状態にある時に近く、中央に位置する圧電体要素の共振周波数に比べ低くなる。

## 【 0 0 8 6 】

弾性率が相対的に高い誘電体としては、エポキシ系樹脂にセラミックフィラーを混ぜたものなどを使用できる。周辺部に用いる誘電体材料としては、エポキシ樹脂単体、シリコン系樹脂、ゴムなど、適宜選択して使用することができる。

40

## 【 0 0 8 7 】

本実施形態の複合圧電体によれば、前述の実施形態と同様に、広帯域化および高分解能化を実現できる。

## 【 0 0 8 8 】

( 実施形態 4 )

本実施形態では、実施形態 1 ~ 3 の複合圧電体を製造する方法を説明する。

## 【 0 0 8 9 】

まず、図 7 を参照する。図 7 は、板状圧電体 1 3 の一表面に樹脂層 1 4 が貼り付けられた複合板 1 5 を示している。板状圧電体 1 3 は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛 ( P Z T ) から形成されている。本実施形態で用いる板状圧電体 1 3 の厚さは 0 . 0 5 m m 程度であ

50

る。このような厚さの圧電セラミックスは、板状のPZTセラミックスは、価格の低いセラミックス・グリーンシート（厚さ：0.07mm程度）を焼結させることによって容易かつ安価に作製できる。セラミックス・グリーンシートは、セラミックス粉と樹脂から構成された焼結前のシートであり、ドクター・ブレード法などの方法で作製され、薄層または層構造の圧電体（積層基板など）を形成する場合に好適に用いられる。板状圧電体13は、ブロック状のセラミックスを切断して作製することも可能であるが、この方法は、切断・研磨工程などのコストの高い工程を必要である。これに対して、セラミックス・グリーンシートから板状圧電体を作製する方法は、切断・研磨などの工程が不要であるため、低コスト化の観点で有利である。

#### 【0090】

セラミックス・グリーンシートを焼結させることによって板状圧電体13を作製する場合、設備コスト低減の観点から、多数のセラミックス・グリーンシートを重ねて同時に焼結させることが一般的に行われる。この場合、重ねた上下のセラミックス・グリーンシートが焼結に際して接合しないように、剥離粉と言われるMgOなどの粉を各セラミックス・グリーンシート間にまぶしながら重ねていく。焼結後の板状圧電体13は、剥離粉を除去するため、1枚ごとに洗浄される。板状圧電体13のサイズが15mm角程度である場合、ハンドリングなどの取り扱いを容易にするため、その厚さを30μm程度以上に設定し、十分な強度を確保する必要がある。厚さが30μm程度に達しないような薄い板状圧電体13の場合、その取り扱いが困難であるため、ハンドリング中に割れや欠けが発生しやすく、製造歩留まりが低下してコストが増加するおそれがある。

#### 【0091】

樹脂層14としては、エポキシ系樹脂が半硬化状態でシート状に形成されたものが市販されており、このようなものを有用に用いることができる。このような樹脂シートからなる樹脂層14を板状圧電体13上に配置し、加圧しながら温度を上昇させて硬化させることにより、複合板15を作製することができる。具体的には、片面に剥離フィルムのついたエポキシ系半硬化樹脂（樹脂層14）を板状圧電体13と重ね、これをピストン状の治具により、120枚積層し、その後、板状圧電体13と樹脂層14の積層物を治具に入れたまま加圧する。例えば、120、0.1 Torr以下の大気雰囲気中において、約1MPaの圧力を印加しながら、5分間加圧すれば良い。この後、雰囲気を大気に戻して圧力を解除した後、150で1時間保持する。こうして樹脂層14を硬化させた後、積層物を治具から取り出し、剥離フィルムを剥がすことによって120個の複合板15を得ることができる。

#### 【0092】

樹脂層14として樹脂シートを用いる代わりに、スピンコート法などにより、液状樹脂を板状圧電体13の上に塗布し、硬化させても樹脂層14を形成することができる。

#### 【0093】

なお、圧電体13の片面に樹脂層14が貼り付けられると、比較的破損しやすい薄い板状圧電体13が樹脂層14で保護されるため、圧電体13の取り扱いが容易になる。

#### 【0094】

本実施形態で用いる圧電体13および樹脂層14は、いずれも、X方向サイズが15mm、Y方向サイズが15mmである。また、圧電体13および樹脂層14のZ方向は、それぞれ、0.05mmおよび0.025mmである。従って、結果として得られる複合板の厚さは、0.075mmとなる。

#### 【0095】

図7の複合板15の板状圧電体13の露出表面上に、図8に示すように、加工用のマスク16を形成する。本実施形態で用いるマスク16は、実施形態1の複合圧電体を作製するためのパターンを有している。すなわち、マスク16は、図3に示す圧電体要素2の断面がZ方向に沿って繰り返し連続的に配列されたパターンを有している。図5(a)から(d)の構成を持つ複合圧電体を作製する場合は、図5(a)から(d)のそれぞれの断面を繰り返し連続的に配列したパターンを有するマスクを用いればよい。なお、図8のマ

10

20

30

40

50

スク16が形成される板状圧電体13の露出面は、Y方向に垂直なXZ面に平行であり、最終的に作製される複合圧電体の振動方向はZ方向である。

【0096】

マスク16は、X方向の中央部において、X方向サイズ(幅)が0.05mmのライン形状のパターン要素を含んでいる。X方向の両端部では、中央部と同じ幅のライン要素に対して0.10mm×0.2mmの矩形ランド部がZ方向に沿って0.15mmの間隔を置いて付加されている。

【0097】

X方向の中央部と、X方向の両端部との間の領域では、0.05~0.10mmの矩形ランド部が、X方向の位置に応じたサイズを持つように配置されている。

10

【0098】

マスク16は、感光性樹脂シートを板状圧電体13に貼り付けた後に、フォトマスクを用いて樹脂シートを露光し、現像することによって形成される。フォトマスクには、図8に示すパターンを規定する遮光パターンが形成されている。感光性樹脂シートの露光・現像は、公知のフォトリソグラフィ技術を用いて行うことができる。フォトマスクパターンを変更することにより、マスク16のパターンおよび形状は任意に設定することができる。

【0099】

次に、複合板15の加工用マスク16を形成した面に対して、サンドブラスト加工を行う。サンドブラスト加工とは、細かい粒子(アルミナやダイヤモンドなどの研磨粒子)を圧縮空気と共に噴射して、被加工体を衝撃により破壊しながら加工する処理である。

20

【0100】

サンドブラスト加工によれば、樹脂などの柔らかい物質は破壊されずに、セラミックなどの硬い材料を選択的に脆性破壊することができる。従って、樹脂製の加工用マスク16を用いてサンドブラスト加工を行うことにより、板状圧電体13の表面のうち、加工用マスクで覆われていない領域だけを選択的に削り取ることができる。

【0101】

サンドブラスト加工が進行するに従い、板状圧電体13の背面側に設置されている樹脂層14が露出するが、加工用マスク16と同様に、樹脂層14は殆ど破壊されない。このようにして、本実施形態では、図9(a)に示すように、1枚の板状圧電体13から複数本の圧電体要素2を形成することができる。図9には、8本の圧電体要素2が示されているが、現実には、1枚の板状圧電体13から数百本の圧電体要素2が形成される。

30

【0102】

上記のサンドブラスト加工によれば、板状圧電体13の広い面を一括的に高速かつ精密に加工することができるが、サンドブラスト加工は、加工用マスク16の開口部の幅に対する深さの比率(アスペクト比)が大きい場合には不適当な加工方法である。しかし、本実施形態では、サンドブラスト加工によって形成される切断溝の深さ方向は、形成すべき圧電体要素2の長手方向に平行ではなく、垂直である。このため、加工によって形成する切断溝の深さをD、切断溝の幅をWとした場合、本実施形態における比率D/Wは、1程度である。この比率D/Wは、切断溝のアスペクト比を規定しており、圧電体の材質にもよるが、1~2程度の範囲に設定することが好ましい。そして、特に微細な加工が必要な場合は、比率D/Wを1以下に設定することが望ましい。

40

【0103】

本実施形態では、上述のように、柱状の圧電体要素2の長手方向(Z方向)に対して垂直な方向から圧電体の加工を行うため、「圧電体要素2のアスペクト比」が5を超える大きさを持っていても、切断溝のアスペクト比は小さくすることができる。このため、従来は不可能とされていたようなアスペクト比を持つ柱状圧電体を容易に形成することが可能になる。また、Z方向に対して中央部を太く、または細くするなど、従来技術では不可能であった任意の構造を形成することができる。

【0104】

50

加工後、マスク16を剥離することにより、図9(b)に示すように、複数本の圧電体要素2が樹脂層14によって保持された構成を有する単位複合シート17を得ることができる。なお板状圧電体13を所定の形状に加工できる工法であれば、サンドブラスト加工に限定されず、超音波加工、レーザ加工法などを用いることもできる。

#### 【0105】

次に、上記方法によって形成した単位複合シートを300枚用意して、積層・一体化の工程を行う。なお、サンドブラスト工法によれば、一括で大量の加工が可能であるため、上記サイズの複合板を加工するのに要する時間は2時間以下と非常に短い。このため単位複合シートの製造時間を短くして、コスト低減が可能となる。

#### 【0106】

次に、図10に示すように単位複合シートを構成する樹脂層14とは別の樹脂層14'を間に介在させながら、単位複合シートを積層する。図10では、簡単化のために、5枚の単位複合シート17が積層されているが、実際には300枚の単位複合シート17が積層される。積層に際しては、各層の圧電体を実質的に相互に平行となるように配置され、最上部には複合板と同じX、Y方向サイズを持ち、厚さが0.025mmのエポキシ系半硬化樹脂シートが配置される。

#### 【0107】

こうして形成した積層体に圧力をかけながら、熱をかけて樹脂を硬化、一体化させることにより、単位複合シートの積層体である複合圧電体ブロック18を得ることができる。具体的には、積層体を120、0.1 Torr以下で、0.1 MPa程度の圧力を印加しながら10分間放置した後、大気圧に戻し、圧力を印加することなく、180で1時間加熱する。こうして樹脂層14、14'を硬化し、積層体を一体化させることにより、複合シート積層体である複合圧電体ブロック18を得ることができる。得られた複合圧電体ブロック18は、X方向サイズ：15mm、Y方向サイズ：30mm、Z方向サイズ：15mmの直方体形状を有しており、1つの複合圧電体ブロック18の中には、30、000本の圧電体要素2が樹脂によって略平行に保持されている。

#### 【0108】

次に、図11に示すように、複合圧電体ブロック18を、Z方向に垂直な面に沿って複数の複合圧電体19に切断、分離する。この際、切断ピッチを0.35mm、切りしろを0.1mmに設定し、切断の開始位置を圧電体の太径化している中央部分となるように設定する。

#### 【0109】

このような切断条件では、X方向サイズ15mm、Y方向サイズ30mm、Z方向サイズ15mmの複合圧電体ブロックから、X方向サイズ15mm、Y方向サイズ30mm、Z方向サイズ0.25mmの複合圧電体19が42枚得られる。なお、図11では、簡単化のため、4枚の複合圧電体19だけが記載されている。

#### 【0110】

次に、得られた複合圧電体19の上下面(Z方向に垂直な両端面)に電極を形成して、分極処理を行うことにより、圧電特性を示す複合圧電体を得ることができる。

#### 【0111】

本実施形態の製造方法によれば、複雑な形状を有する圧電体の柱をもつ複合圧電体を用意に形成することができ、共振周波数分布を持つ複合圧電体を容易に形成できる。また、薄い板状の圧電体を樹脂層に貼り付けて加工するため、圧電体の配置や単独での取り扱いをする必要がなく、短時間で歩留まり良く、製造することが可能となる。

#### 【0112】

##### (実施形態5)

図11に示す複合圧電体では、各単位複合シート上に配列された圧電体要素2の間に空隙部分が存在し、その空隙部分は空気によって満たされた状態にある。空気も誘電体であるため、複合圧電体として機能させるためには、この空隙部分を他の誘電体材料で埋める必要性は無い。しかしながら、空隙部分を硬化可能な誘電体材料で埋め込み、硬化させれ

10

20

30

40

50

ば、複合誘電体の機械的強度を高めることができ、また、複合圧電体の振動モードを適切に調節することができるので好ましい。

【0113】

本実施形態では、まず、実施形態4の製造方法と同様の方法によって作製された圧電体ブロックを用意する。そして、圧電体ブロック中の圧電体要素2の間に形成されている空隙部分に対し、誘電体材料として樹脂を充填することにより、複合圧電体の機械的強度を高める。具体的には、圧電体ブロックの空隙部分に充填用樹脂を含浸し、硬化させる。その後は、上記の各実施形態と同様にして、複合圧電体10の切断工程、電極形成工程、分極処理を行う。

【0114】

本実施形態によれば、切断などの工程での破損が生じにくくなり、歩留まりが向上する結果、製造コストを更に低減できる。また、空隙部分が樹脂で埋められていると、電極が形成される2つの面が空隙部分を介して連通していないため、無電解めっきを用いて電極を形成しても、2つの電極が短絡することを容易に防止できる。このため、大量の複合圧電体に対して一括的に電極を形成することができ、低コスト化を更に進めることができるようになる。

【0115】

(実施形態6)

本実施形態では、図12(a)に示すように、板状圧電体13を粘着シート20でガラス製の基板21に仮固定する工程を行うことにより、単位複合シートを形成する。粘着シート20としては熱剥離シートを用いることができる。ただし、この粘着シート20は、熱剥離シートに限定されず、板状圧電体13を保持し、圧電体の加工に際しては板状圧電体が粘着シートから剥離することなく、加工後に圧電体を破壊することなく何らかの作用によって剥離させることが可能なものであれば良い。

【0116】

次に、図12(b)に示すように、板状圧電体13をサンドブラストにより加工して所望の形状の圧電体要素2を形成する。サンドブラスト加工の前には、実施形態4で用いてマスク(不図示)を圧電体13上に形成している。こうして、図12(b)に示すように圧電体要素2の列が粘着シート20によって基板21に仮固定された構造を得ることができる。

【0117】

次に、図12(c)に示すように、基板21に仮固定された圧電体要素2をシート状の樹脂層14と対向させ、この樹脂層14に熱と圧力を同時にかける。こうして、圧電体要素2の粘着シート20からの剥離と樹脂層14への接着を同時に行う。以上の工程により、単位複合シートを得ることができる。

【0118】

これ以降の工程は、前述した方法と同様の方法で行い、最終的には、図1に示す複合圧電体が作製される。

【0119】

本実施形態の単位複合シートは、樹脂層が完全硬化の熱履歴を経ていないため、未だ接着力を持続しており、積層体を構成する際において、新たな接着シートを介在させる必要がない。また、比較的高い圧力をかけることにより、積層工程中に単位複合シートの一部を流動・硬化させ、圧電体の空間(空隙部)への樹脂の充填することができる。

【0120】

(実施形態7)

以上の実施形態に係る複合圧電体1は、いずれも、一様な厚さを有しており、X方向のみ段階的に共振周波数が変化する構造を有している。しかし、本発明の複合圧電体は、上記の構成に限定されない。例えば、X方向に垂直な断面もY方向に垂直な断面と同様に、図3に示すように位置に応じて圧電体要素の共振周波数が変化する構造を有しているも良い。

10

20

30

40

50

## 【0121】

図3や図5に示す構成では、中央部で共振周波数が最も高くなり、周辺部で低くなる共振周波数分布が得られるが、共振周波数分布はこれに限定されない。図13は、X方向（またはY方向）に沿って、共振周波数が周期的に変化する構成を示している。共振周波数の分布パターンは、複合圧電体の用途に応じて任意に設定されている。

## 【0122】

図14は、複合圧電体がZ方向に垂直な対称面をもたない構成を示している。図9を参照しながら説明した製造方法によれば、マスク16の形状を自由に設計できるため、図14に示す構造の圧電体要素を形成することも容易である。

## 【0123】

図14に示すような構造の圧電体要素を配列されることによって、所望の共振周波数分布を得ることができる。

## 【0124】

なお、複合圧電体1は、必ずしも一様な厚さを有している必要はない。圧電体要素の形状を変化させることにより、複合圧電体の厚さを面内で一定にしたまま、放射する音波の共振周波数に任意の分布を与えることができるが、他の目的のため、複合圧電体の厚さを位置に応じて変化させてもよい。例えば、超音波を収束あるいは発散させる目的で、図15(a)または図15(b)に示すような構造を持つ複合圧電体1を作製してもよい。この場合にも、図示していない圧電体要素の形状や誘電体部分の弾性率などを位置に応じて適切に変化させることにより、共振周波数を変化させている。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0125】

【図1】本発明の実施形態1における複合圧電体を示す斜視図である。

【図2】実施形態1における複合圧電体のA-A'線断面図である。

【図3】実施形態1における複合圧電体のB-B'線断面図である。

【図4】本発明の超音波探触子および超音波診断装置の構成例を示す断面図である。

【図5】(a)から(d)は、実施形態2に関しており、本発明による複合圧電体の種々の構成を示す断面図である。

【図6】本発明の実施形態3における複合圧電体を示す断面図である。

【図7】本発明の複合圧電体の製造工程を示す図である。

【図8】本発明の複合圧電体の製造工程を示す図である。

【図9】(a)および(b)は、本発明の複合圧電体の製造工程を示す図である。

【図10】本発明の複合圧電体の製造工程を示す図である。

【図11】本発明の複合圧電体の製造工程を示す図である。

【図12】(a)から(c)は本発明の複合圧電体の他の製造工程を示す図である。

【図13】本発明の複合圧電体の更に他の構成例を示す断面図である。

【図14】本発明の複合圧電体の更に他の構成例を示す断面図である。

【図15】本発明の複合圧電体の他の構造を示す図である。

【図16】従来の超音波探触子を示す斜視図である。

## 【符号の説明】

## 【0126】

- 1 複合圧電体
- 2 圧電体要素（柱状圧電体）
- 3 樹脂
- 4 音響整合層
- 5 背面負荷材
- 6 超音波探触子
- 7 超音波診断装置本体
- 8 送信部
- 9 受信部

10

20

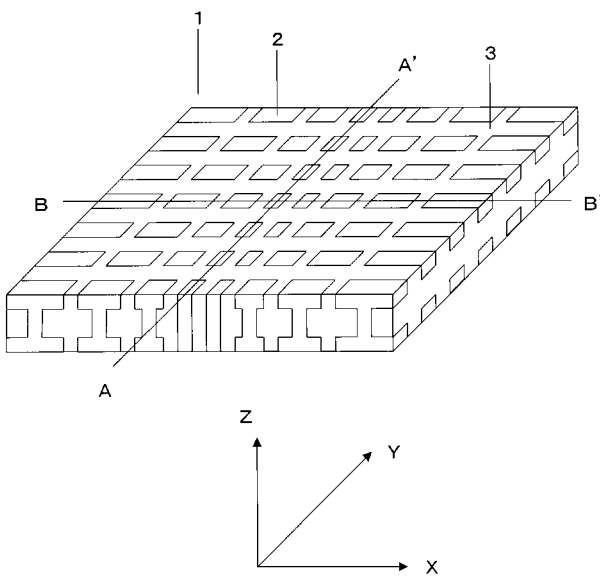
30

40

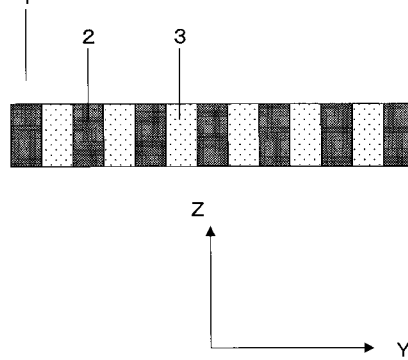
50

- 1 0 システムコントロール部
- 1 1 画像構成部
- 1 2 画像表示部
- 1 3 板状圧電体
- 1 4 樹脂層
- 1 5 複合板
- 1 6 加工用マスク
- 1 7 単位複合シート
- 1 8 複合圧電体ブロック
- 1 9 複合圧電体
- 2 0 粘着シート
- 2 1 基板
- 1 0 0 超音波探触子
- 1 0 1 圧電体
- 1 0 2 整合層
- 1 0 3 背面負荷材

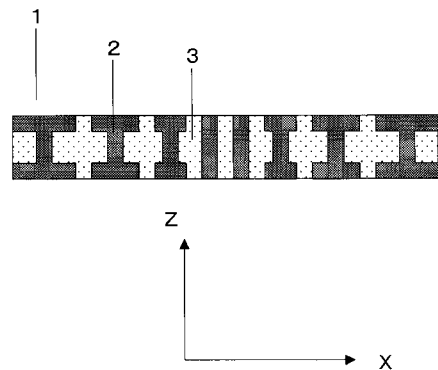
【図1】



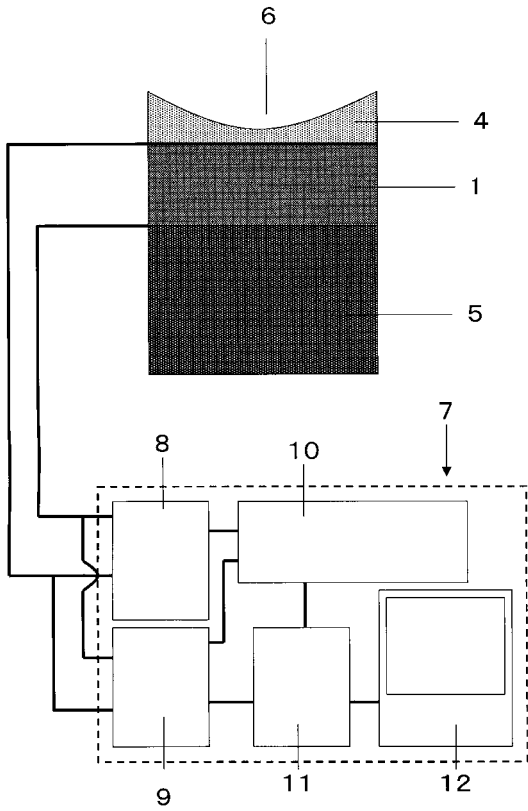
【図2】



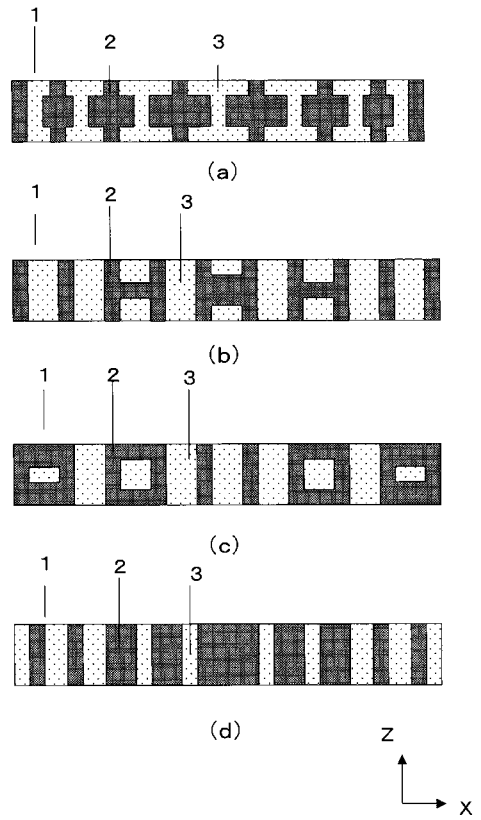
【図3】



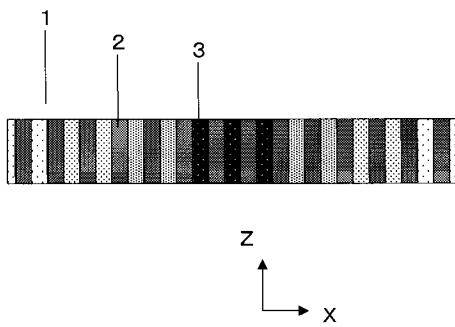
【 図 4 】



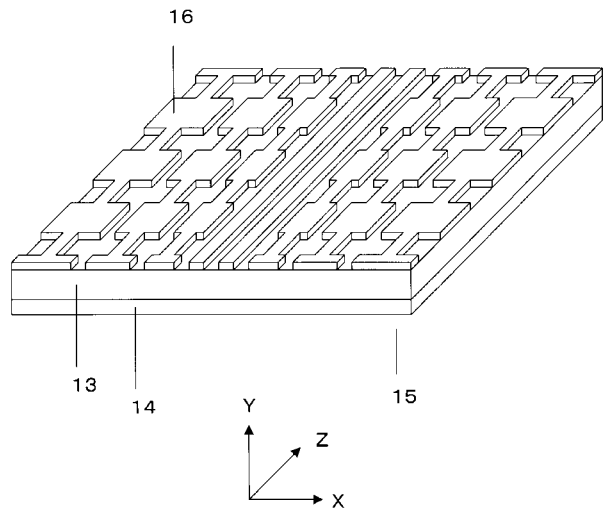
【 図 5 】



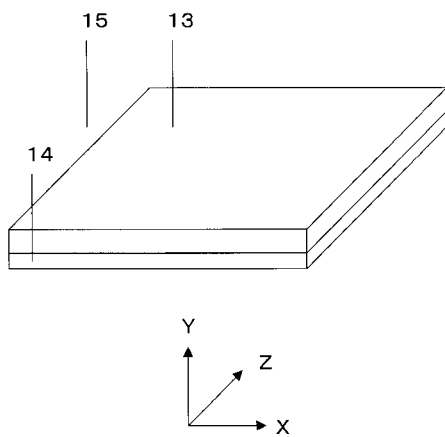
【 図 6 】



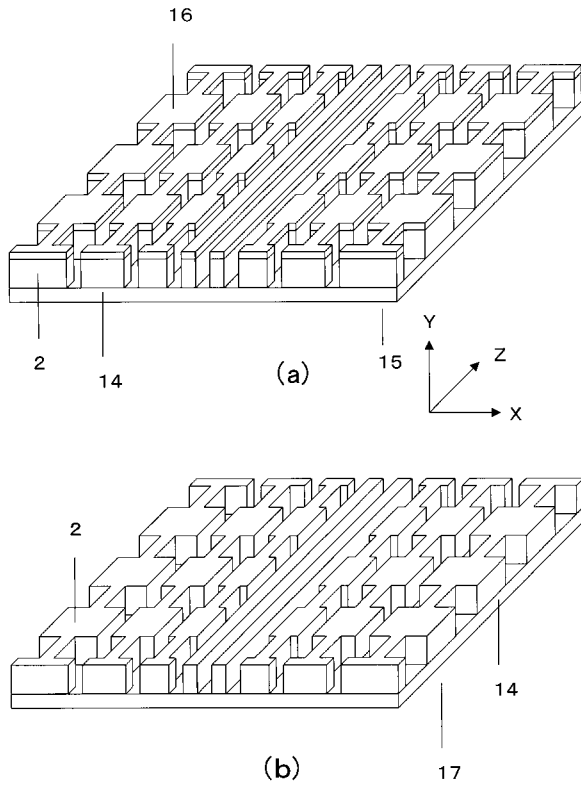
【 図 8 】



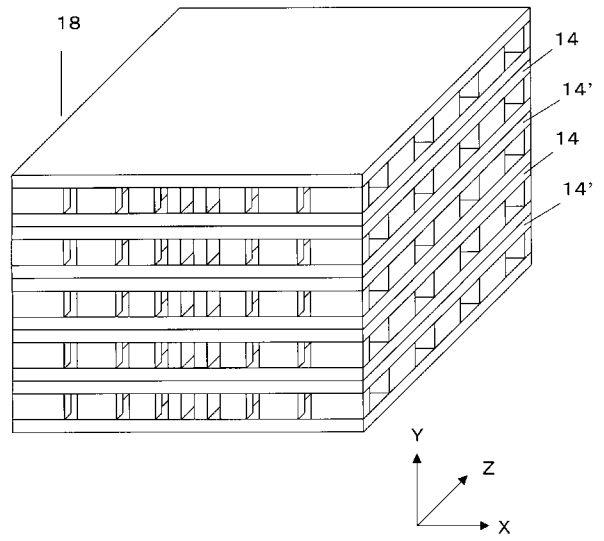
【 図 7 】



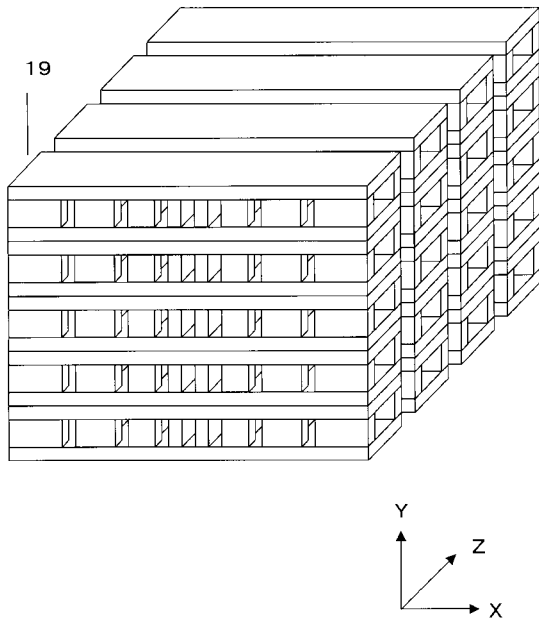
【 図 9 】



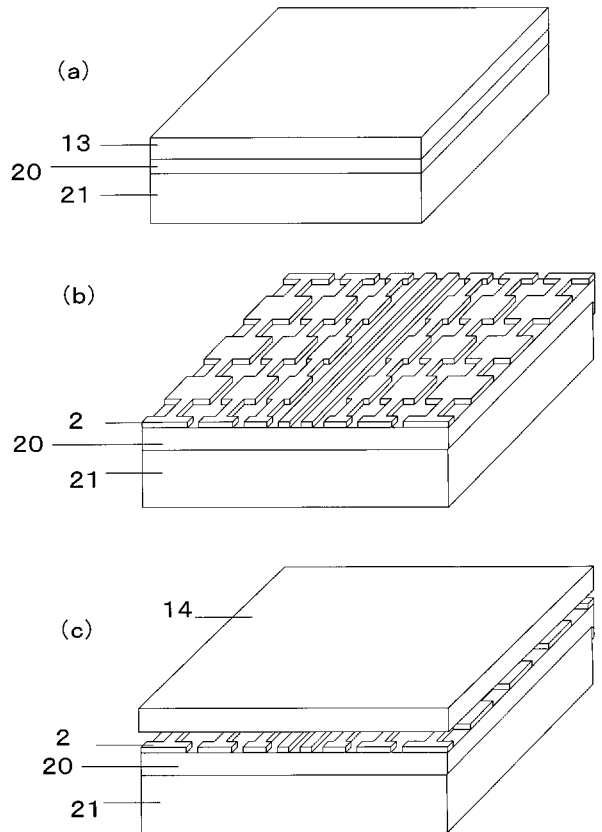
【 図 10 】



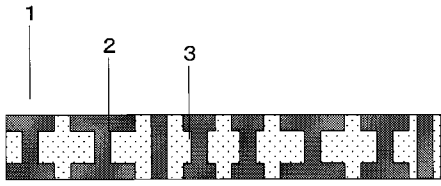
【 図 11 】



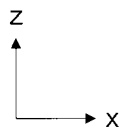
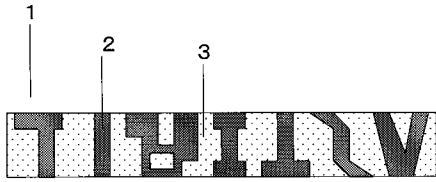
【 図 12 】



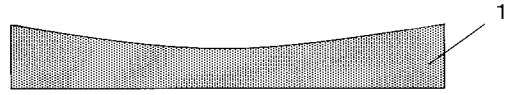
【 図 1 3 】



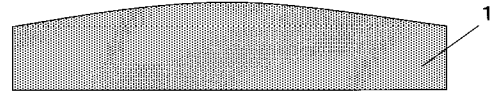
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

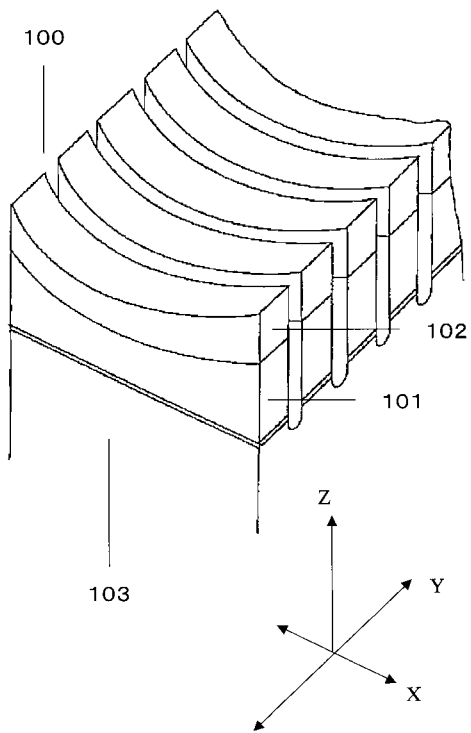


(a)



(b)

【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 浅井 勝彦

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

F ターム(参考) 2G047 AC13 BA03 CA01 EA10 GB13 GB15 GB32 GB35 GB36

4C601 EE09 GB02 GB16 GB41 GB44 GB45

5D019 AA09 AA26 BB19 BB21 BB22 BB23 BB24 FF04 HH01

专利名称(译)	复合压电体		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004072755A</a>	公开(公告)日	2004-03-04
申请号	JP2003273707	申请日	2003-07-11
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
[标]发明人	永原英知 杉ノ内剛彦 橋本雅彦 浅井勝彦		
发明人	永原 英知 杉ノ内 剛彦 橋本 雅彦 浅井 勝彦		
IPC分类号	G01N29/24 A61B8/00 H04R17/00 H04R31/00		
FI分类号	H04R17/00.332.Y H04R17/00.330.K A61B8/00 G01N29/24 H04R31/00.330		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/CA01 2G047/EA10 2G047/GB13 2G047/GB15 2G047/GB32 2G047/GB35 2G047/GB36 4C601/EE09 4C601/GB02 4C601/GB16 4C601/GB41 4C601/GB44 4C601/GB45 5D019/AA09 5D019/AA26 5D019/BB19 5D019/BB21 5D019/BB22 5D019/BB23 5D019/BB24 5D019/FF04 5D019/HH01		
代理人(译)	奥田诚治		
优先权	2002212072 2002-07-22 JP		
其他公开文献	JP3954543B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种复合压电材料，其具有多个压电材料元件布置在电介质中的结构，并且尽管其厚度均匀，但能够在宽带中进行超声波发送和接收。  
 SOLUTION：该复合压电材料1具有多个排列的压电材料元件2和位于这些元件2之间的介电部分（树脂3）。每个压电材料元件2的形状根据平面内部的位置确定，以便在多个元件2中的至少一个压电材料元件2将具有与其他元件2不同的谐振频率

