

(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2013-236390

(P2013-236390A)

(43) 公開日 平成25年11月21日(2013.11.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
 HO4R 17/00 (2006.01) HO4R 17/00 332Y 5D019

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-146378 (P2013-146378)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成25年7月12日 (2013. 7. 12)		株式会社東芝
(62) 分割の表示	特願2007-245083 (P2007-245083) の分割	(71) 出願人	594164542
原出願日	平成19年9月21日 (2007. 9. 21)		東芝メディカルシステムズ株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2006-261119 (P2006-261119)		栃木県大田原市下石上1385番地
(32) 優先日	平成18年9月26日 (2006. 9. 26)	(74) 代理人	100108855
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久

最終頁に続く

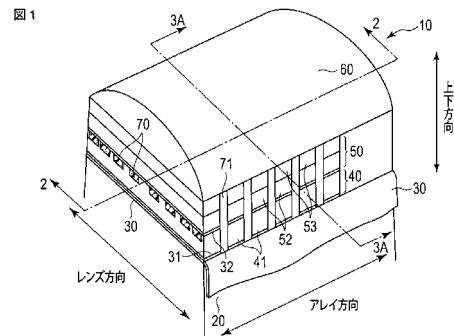
(54) 【発明の名称】 超音波探触子及び圧電振動子

(57) 【要約】

【課題】 加工時や使用時における圧電素子の破壊を防止することを可能とする超音波探触子の提供。

【解決手段】 平行に形成される複数の溝をそれぞれ有し、前記溝と平行する方向に沿って配列された複数の圧電素子41と、前記複数の溝に充填される、非導電性の樹脂部材に略 $10^{-5} \text{ k}^{-1}$ 以下の熱膨張係数を有する非導電性の粒状体が混合されてなる複合材70と、を具備する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

平行に形成される複数の溝をそれぞれ有し、前記溝と略平行する方向に沿って配列された複数の圧電素子と、

前記複数の溝に充填される、非導電性の樹脂部材に略  $10^{-5} \text{ k}^{-1}$  以下の熱膨張係数を有する非導電性の粒状体が混合されてなる混合部材と、

を具備することを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 2】**

前記樹脂部材と前記粒状体との混合比率は、前記圧電素子の温度、前記圧電素子が耐える応力値、前記混合部材の比重、前記混合部材の熱膨張係数の少なくとも 1 つに基づいて決定される、

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】**

前記混合部材の比重は、前記圧電素子の比重の略  $1/3$  以下である、

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】**

前記混合部材の熱膨張係数は、使用時における前記混合部材の温度に基づいて決定される、

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】**

前記混合部材は、前記混合部材が熱膨張した場合でも前記圧電素子を破壊できない程度の応力を発生する熱膨張係数を有する、

ことを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

**【請求項 6】**

前記粒状体の粒径は、前記圧電素子が送受信する超音波の波長の略  $1/8$  以下である、

ことを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

**【請求項 7】**

前記複数の溝は、前記溝の配列方向の中央部から端部へいくに従って送受信される超音波強度が弱くなるように前記圧電素子各々に形成される、

ことを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

**【請求項 8】**

複数の溝を有する圧電素子と、

前記複数の溝に充填される、非導電性の樹脂部材に略  $10^{-5} \text{ k}^{-1}$  以下の熱膨張係数を有する非導電性の粒状体が混合されてなる混合部材と、

を具備する圧電振動子。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、超音波探触子及び圧電振動子に関する。

**【背景技術】****【0002】**

超音波探触子において、レンズ方向音場のサイドローブ低減、均一音場を目的とした送信音圧強度や受信感度を重み付けする技術がある。その方法の 1 つとして、レンズ方向に対して圧電素子の中央部から端部にかけて圧電素子の面積が密から疎になるように圧電素子の溝を形成する方法がある。この場合においてこれらの溝によって完全に圧電素子を分断してもよいし、完全に分断しなくてもよい。この方法では、圧電素子の溝にエポキシ樹脂等の樹脂材のみを充填していた。しかし、これらの構造では樹脂で充填した溝と圧電素子との熱膨張係数が異なる複合構造となる。そのため、圧電素子の保管時と発熱時との温度変化によって樹脂で充填した溝と圧電素子との膨張する度合いが異なり、圧電素子への応力や歪が生じ機械的な信頼性が悪化する。また、樹脂の粘りのため、圧電素子をアレイ

10

20

30

40

50

方向に切削する際の切削負荷が増加し、圧電素子が破壊されやすい。その結果、圧電素子の歩留まりが悪化する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2003-9288号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

目的は、加工時や使用時における圧電素子の破壊を防止することを可能とする超音波探触子及び圧電振動子を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

本実施形態に係る超音波探触子は、平行に形成される複数の溝をそれぞれ有し、前記溝と略平行する方向に沿って配列された複数の圧電素子と、前記複数の溝に充填される、非導電性の樹脂部材に略10-5k-1以下の熱膨張係数を有する非導電性の粒状体が混合されてなる混合部材と、を具備する。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】本実施形態における超音波探触子の構成を示す斜視図。

20

【図2】図1の超音波探触子の2-2断面を示す図。

【図3A】図1の超音波探触子の3A-3A断面を示す図。

【図3B】図2及び図3Aの超音波探触子の3B-3B断面を示す図。

【図4A】図1の超音波探触子の製造工程における初期段階を示す図。

【図4B】図1の超音波探触子の製造工程における溝加工を示す図。

【図4C】図1の超音波探触子の製造工程における複合材の充填を示す図。

【図4D】図1の超音波探触子の製造工程における研磨加工を示す図。

【図4E】図1の超音波探触子の製造工程における電極形成を示す図。

【図4F】図1の超音波探触子の製造工程における第1音響整合層の接着を示す図。

【図4G】図1の超音波探触子の製造工程における第2音響整合層の接着を示す図。

30

【図4H】図1の超音波探触子の製造工程におけるフレキシブル配線板の接合を示す図。

【図4I】図1の超音波探触子の製造工程における背面材の接合を示す図。

【図4J】図1の超音波探触子の製造工程におけるアレイ化加工を示す図。

【図4K】図1の超音波探触子の製造工程における音響レンズの接合を示す図。

【図5A】図4A~図4Kとは異なる超音波探触子の製造工程における初期段階を示す図。

【図5B】図4A~図4Kとは異なる超音波探触子の製造工程における溝加工を示す図。

【図6】図4の圧電振動子の他の形状を示す図。

【図7】超音波探触子の使用時における圧電素子の温度[ ]と、複合材の熱膨張係数率[ % ]と、圧電素子の最大主応力[ MPa ]とを示す図。

40

【図8】圧電素子の使用時の温度が60[ ]の場合における、引張り最大主応力値[ MPa ]と熱膨張係数率[ % ]との関係を示す図。

【図9】非導電性フィラーの種類別の比重[ kg / m<sup>3</sup> ]、線熱膨張係数[ k<sup>-1</sup> ]、必要混合比率[ wt % ]を示す図。

【図10】超音波探触子から発生される超音波ビームのスライス方向の音場の強度と充填材の種類との関係を示す図。

【図11】超音波探触子から発生される超音波ビームの音場の強度[ dB ]と振動数[ MHz ]との関係を充填材の種類別に示す図。

【図12】超音波探触子に印加する信号電圧[ V<sub>pp</sub> ]と時間[ μsec ]との関係を充

50

填材の種類別に示す図。

【図 1 3】図 9 と同一の非導電性フィラーの比重  $[k g / m^3]$ 、線熱膨張係数  $[k^{-1}]$ 、必要混合比率  $[w t \%]$ 、限界混合比率  $[w t \%]$  を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0008】

図 1 は本実施形態における超音波探触子 10 の構成を示す斜視図である。図 1 に示すように、超音波探触子 10 は吸音性の背面材（パッキング材）20 を有している。背面材 20 は矩形ブロック状に形成される。背面材 20 の上部にはフレキシブル配線板（FPC）30 を介して複数の圧電振動子 40 が接合されている。

10

【0009】

図 2 は、図 1 の超音波探触子 10 の 2 - 2 断面を示す図である。図 2 に示すように、圧電振動子 40 は、圧電素子 41 と、圧電素子 41 の上部に設けられたアース電極 32 と、圧電素子 41 の下部に設けられた信号電極 31 とで構成されている。圧電素子 41 は、短冊状に形成されている。複数の圧電素子 41 各々は、アレイ方向に複数の隙間 71 を空けて配列される。圧電素子 41 は、超音波を送受信する。圧電素子 41 の素材は、圧電セラミックや圧電単結晶である。信号電極 31 とアース電極 32 とは、銅箔などの金属箔で形成される。信号電極 31 とアース電極 32 とは、圧電素子 41 に駆動電圧を印加する。

20

【0010】

図 3 A は、図 1 の超音波探触子 10 の 3 A - 3 A 断面を示す図である。図 3 B は、図 2 及び図 3 A の超音波探触子 10 の 3 B - 3 B 断面を示す図である。図 3 A 及び図 3 B に示すように、圧電素子 41 の上部にはレンズ方向に沿って配列される複数の溝が形成されている。各溝の方向は、アレイ方向に平行である。これら複数の溝のピッチ間隔は等間隔又はサイン関数に基づいて決められる。ここでピッチ間隔とは、図 3 A の d で示す距離である。なお、サイン関数に基づいてピッチ間隔を決定するものとしたが、これに限定されるものではなく、例えばガウシアン関数等の他の関数を使用してもよい。

【0011】

図 3 A 及び図 3 B に示したレンズ方向に沿って配列される複数の溝には、複合材 70 が充填される。複合材 70 は、エポキシ樹脂等の非導電性の樹脂材にアルミナ粉末等の非導電性の粒状体（以下、非導電性フィラーと呼ぶ）が混合されてなる。樹脂材に非導電性フィラーを混入させることによって、複合材 70 は、樹脂材に比べ研磨、切削、ダイシング等の加工がしやすくなる。すなわち、複合材 70 は樹脂材に比べ快削性を有する。音響インピーダンスを考慮すると、複合材 70 中に樹脂材と非導電性フィラーとがそれぞれ占める割合は、圧電素子 41 の使用時の温度及び、圧電素子 41 が耐えうる最大主応力値、複合材 70 の比重、複合材 70 の線熱膨張係数の少なくとも 1 つに基づいて決定される。具体的には、重量比にして樹脂材が 4 割程度、粒状体が 6 割程度、が望ましい。非導電性フィラーにはアルミナ粉末の他に、例えば、酸化ケイ素粉末、酸化イットリウム粉末、窒化アルミ粉末等が用いられる。非導電性フィラーの線熱膨張係数は、 $10 \times 10^{-6} k^{-1} = 10^{-5} k^{-1}$  以下である。なお、 $k^{-1}$  は線熱膨張係数の単位であり、摂氏温度の逆数を示す。複合材 70 の超音波ビームの音場強度分布及び音場強度の減衰、信号電圧と、時間との関係は、非導電性フィラーの種類に依らずほぼ一定である。これら粉末の粒径は、超音波ビームの反射を考慮すると送受信する超音波の波長の略 8 分の 1 以下であることが好ましい。

30

40

【0012】

複数の信号電極 31 は、フレキシブル配線板 30 の複数の信号用配線 33 にそれぞれ電気的に接続される。このような構成により、各圧電素子 41 は、独立に駆動信号が印加され得る。

【0013】

複数の圧電振動子 40 の上部には、複数の音響整合層 50 がそれぞれ設けられている。

50

つまり、図 2 に示すように、各音響整合層 5 0 と各圧電素子 4 1 とは、対になって配置されている。音響整合層 5 0 は、被検体と圧電素子 4 1 との音響インピーダンスの違いによる超音波の反射を抑える役目をする。

【 0 0 1 4 】

音響整合層 5 0 は、第 1 音響整合層 5 2 と第 2 音響整合層 5 3 とを備える。多層の音響整合層により、音響インピーダンスが圧電素子 4 1 から被検体に向かって段階的に変化する。

【 0 0 1 5 】

第 1 音響整合層 5 2 は導電性材料により形成される。第 1 音響整合層 5 2 の下部はアース電極 3 2 を介して圧電素子 4 1 と電氣的に接続される。第 1 音響整合層 5 2 の上部は第 2 音響整合層 5 3 と接合される。第 2 音響整合層 5 3 は絶縁性材料により形成される。複数の第 2 音響整合層 5 3 の上部には音響レンズ 6 0 が設けられる。

【 0 0 1 6 】

音響レンズ 6 0 は、生体に近い音響インピーダンスを有するシリコンゴム等を素材としたレンズであり、超音波ビームを集束させ、レンズ方向の分解能を向上させる。

【 0 0 1 7 】

図 2 に示したアレイ方向に並列して形成された複数の隙間 7 1 にはエポキシ樹脂等の樹脂材（非導電性接着剤）が充填される。

【 0 0 1 8 】

図 3 A 及び図 3 B に示すように、フレキシブル配線板 3 0 は 2 層構造をしている。第 1 層のフレキシブル配線板（第 1 層の F P C ）にはアース用配線 3 4 が設けられている。第 1 層のフレキシブル配線板の先端部は、アース取り出し電極 3 5 の下端部側方に一体形成される。アース用配線 3 4 とアース取り出し電極 3 5 とは電氣的に接続される。アース取り出し電極 3 5 は導電性材料からなる第 1 音響整合層 5 2 の側面に設けられ、電氣的に接続されている。第 2 層のフレキシブル配線板（第 2 層の F P C ）にはアレイ方向に関して所定間隔で並べられた複数の信号用配線 3 3 が設けられている。第 2 層のフレキシブル配線板の先端部は、上述のように背面材 2 0 と圧電素子 4 1 との間に配置される。信号電極 3 1 と信号用配線 3 3 とは電氣的に接続されている。アース電極 3 2 と信号電極 3 1 とには、所定電圧が印加される。

【 0 0 1 9 】

なお、第 2 音響整合層 5 3 は非導電材料で形成するとしたが、第 2 音響整合層 5 3 を導電材料で形成し、第 2 音響整合層 5 3 とアース取り出し電極 3 5 とを電氣的に接続してもよい。

【 0 0 2 0 】

次に上記のように構成された超音波探触子 1 0 の製造工程を説明する。

図 4 A ~ 図 4 K は本実施形態における超音波探触子 1 0 の製造工程を説明するための図である。まず図 4 A に示すように、圧電体ブロック（圧電材料）4 3 を用意する。次に、図 4 B に示すように圧電体ブロック 4 3 に対してアレイ方向に沿って平行に複数の溝を形成する。この溝加工は、上述した超音波ビームを重み付けするための加工である。複数の溝は、所望の関数に基づく幅及びピッチ間隔で形成される。複数の溝は、圧電体ブロック 4 3 を貫通せず、中途まで形成される。この溝加工された圧電体ブロック 4 3 は圧電素子 4 1 となる。次に図 4 C に示すように、圧電素子 4 1 の複数の溝に複合材 7 0 を注入する。次に、図 4 D に示すように、所望の周波数特性を得られるように圧電素子 4 1 の凸部の上表面を露出させる。この露出をする際、結果的に複合剤 7 0 は研磨されるわけだが、複合材 7 0 は、非導電性フィラーを含むために樹脂材特有の粘りが抑えられ、研磨がしやすい。次に、図 4 E に示すように、金等のメッキ又はスパッタを圧電素子 4 1 に施すことによって、第 1 の電極 3 6 を圧電素子 4 1 の下部全体に、第 2 の電極 3 7 を圧電素子 4 1 の上部全体に形成する。その後、第 1 の電極 3 6 と第 2 の電極 3 7 とに所定の電圧を印加する。こうして圧電振動子 4 0 が得られる。

【 0 0 2 1 】

このようにして圧電振動子 40 が得られたら、図 4 F に示すように、圧電振動子 40 の上部に第 1 音響整合材料 54 等をエポキシ接着剤等で接着し、第 2 の電極 37 上に第 1 音響整合材料 54 を電氣的に接合する。次に、図 4 G に示すように、第 1 音響整合材料 54 の上部に第 2 音響整合材料 55 を接合する。次に、図 4 H に示すように、第 1 の電極 36 にフレキシブル配線板 30 を接合し、信号用配線 33 と第 1 の電極 36 とを電氣的に接合する。

#### 【0022】

次に、図 4 I に示すように、圧電振動子 40 に接合されたフレキシブル配線板 30 の下部に背面材 20 を接合する。次に、図 4 J に示すように、アレイ方向に沿って圧電振動子 40、第 1 音響整合材料 54、第 2 音響整合材料 55、第 1 の電極 36、第 2 の電極 37、フレキシブル配線板 30 を第 2 音響整合材料 55 の方からダイシング加工する。ダイシング加工により、圧電振動子 41、第 1 音響整合材料 54、第 2 音響整合材料 55、第 1 の電極 36、第 2 の電極 37、フレキシブル配線板 30 がアレイ方向に沿って一定の間隔でそれぞれ複数の圧電素子 41、第 1 音響整合層 52、第 2 音響整合層 53、信号電極 31、アース電極 32 に完全に分離され、これらの間には隙間 71 が形成される。このダイシング加工時に圧電素子 41 に充填されている複合材 70 も分断されることになるが、複合材 70 の快削性のために圧電素子 41 は破壊されにくい。この段階で生じた各圧電振動子 40 及び各音響整合層 50 の間にある複数の隙間 71 には、非導電性の樹脂材が充填される。

10

#### 【0023】

次に、図 4 K に示すように、第 2 音響整合層 53 の上部に音響レンズ 60 を接合し、第 1 音響整合層 52 の側方に導電性接着剤でアース取り出し電極 35 を接合し、アース取り出し電極 35 とフレキシブル配線板 30 上のアース用配線 34 とを電氣的に接続する。これにより超音波探触子 10 が完成する。

20

#### 【0024】

また、超音波探触子 10 の製造工程は、図 4 A ~ 図 4 K に示した製造工程だけに限らない。以下、図 5 A ~ 図 5 B を参照しながら、一例として、圧電体ブロック 43 の上部と下部に電極を形成した後に、圧電体ブロック 43 に複数の溝を形成する方法による超音波探触子の製造工程を説明する。

#### 【0025】

まず、図 5 A に示すように、金等のメッキあるいはスパッタにより、圧電体ブロック 43 の下部に形成された第 1 の電極 36 と上部に形成された第 2 の電極 37 とに所定の電圧を印加する。次に図 5 B に示すように、アレイ方向に沿って第 2 の電極 37 側から圧電体ブロック 43 に、所望の関数に基づく幅及びピッチ間隔  $d$  で複数の溝を形成する。この溝加工は、図 4 B と同様で超音波ビームを重み付けするために行われる。これにより、第 2 の電極 37 はアレイ方向に沿って分断され、圧電振動子 40 を得る。

30

#### 【0026】

図 5 B の後は、図 4 F ~ 図 4 K と同様の工程で超音波探触子 10 は製造される。従って、この後の説明は省略する。図 4 J においてアレイ方向に沿ってダイシング加工する際、圧電素子 41 に充填されている複合材 70 も分断されるわけだが、複合材 70 の快削性のために樹脂特有の粘りが抑えられ、ダイシング加工しやすい。

40

#### 【0027】

なお、図 6 は、圧電素子 41 の他の形状を示す図であるが、図 6 のように、複数の溝を形成するのではなく、圧電素子 41 を複数の素子に分断してもよい。また、図 4 J の工程において、隙間 71 には樹脂材でなく複合材 70 を充填しても構わない。

#### 【0028】

複合材 70 の熱膨張係数は樹脂材の熱膨張係数の約  $1/3$  程度である。そのため、超音波探触子 10 の使用時における複合材 70 の熱膨張による圧電素子 41 への応力は、樹脂材の熱膨張による圧電素子 41 への応力に比べ小さくなる。超音波探触子 10 の使用時や加工時には、圧電振動子 40 が発熱する。圧電振動子 40 が発熱することにより、圧電素

50

子 4 1 と複合材 7 0 とは熱をもつが、圧電素子 4 1 と複合材 7 0 とは熱による膨張の度合いが近いので、複合材 7 0 の熱膨張による圧電素子 4 1 への応力や歪は生じにくい。

#### 【 0 0 2 9 】

図 7 は、超音波探触子 1 0 の使用時における圧電素子 4 1 の温度 [ ] と、樹脂材の線熱膨張係数を 1 0 0 とした場合の複合材 7 0 の線熱膨張係数（以下、熱膨張係数率 [%] と呼ぶ）と、圧電素子 4 1 の最大主応力（引張り最大主応力と圧縮最大主応力）[ M P a ] とを示す図である。図 7 に示すデータは、F E M（有限要素法）解析によって得られた。F E M 解析では、圧電素子 4 1 の上下方向の厚さを 2 0 0  $\mu$  m、圧電素子 4 1 に形成された上下方向の溝の深さを 1 0 0  $\mu$  m とした。本実施形態に係る圧電素子 4 1 が破壊されずに耐えうる最大主応力値の上限値は、略 8 0 M P a である。安全性のために使用時の温度は 6 0 以下にするよう要請されている。そこで、使用時における温度の上限値は、6 0 であるとする。図 7 に示すように、温度が 6 0 の時、熱膨張係数率 7 0 % の複合材 7 0 が充填された圧電素子 4 1 に加わる引張り最大主応力は、8 1 . 9 M P a となる。この場合、圧電素子 4 1 は、破壊される。同様に、温度が 6 0 の時、熱膨張係数率 3 0 % の複合材が充填された圧電素子 4 1 に加わる引張り最大主応力は、4 6 . 1 [ M P a ] となる。この場合、圧電素子 4 1 は、破壊されない。図 7 のデータは、熱膨張係数率が低いほど最大主応力は小さいことを示す。なお、8 0 M P a を超える部分は、斜線で示される。図 7 のデータは、温度が低いほど最大主応力は小さいことを示す。なお、引張り最大主応力値の方が圧縮最大主応力値よりも大きいので、以下、引張り最大主応力値のみ考慮する。

10

20

#### 【 0 0 3 0 】

図 8 は、使用時の温度が 6 0 の場合における、引張り最大主応力 [ M P a ] と熱膨張係数率 [%] との関係を示す図である。図 8 に示すように、6 0 加熱時に圧電素子 4 1 が破壊されないためには、熱膨張係数率が略 7 0 % 以下でなければならない。

#### 【 0 0 3 1 】

図 9 は、非導電性フィラーの種類別の比重 [ k g / m <sup>3</sup> ]、線熱膨張係数 [ k <sup>-1</sup> ]、必要混合比率 [ w t % ] を示す図である。ここでは、非導電性フィラーとして、アルミナ ( A l <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )、ジルコニア ( Z r O <sub>2</sub> )、酸化ケイ素 ( S i O <sub>2</sub> )、酸化イットリウム ( Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) が例示されている。図 9 に示すように、各非導電性フィラーは、1 0 × 1 0 <sup>-6</sup> k <sup>-1</sup> 以下の線熱膨張係数を有する。必要混合比率 [ w t % ] とは、熱膨張係数率を 7 0 % にするための、複合材 7 0 に対する非導電性フィラーの重量比 [ w t % ] である。各非導電性フィラーの必要混合率は、3 0 w t % 以上である。つまり、図 8 と図 9 との関係から、非導電性フィラーの種類に関係なく、非導電性フィラーの重量比が 3 0 w t % 以上の複合材 7 0 を溝に充填させれば、使用時における複合材 7 0 の熱膨張によって圧電素子 4 1 が破壊されることはない。重量比が 3 0 w t % 以下であれば、使用時に圧電素子 4 1 が破壊される危険性がある。すなわち、重量比 3 0 w t % は、非導電性フィラーの重量比の下限である。

30

#### 【 0 0 3 2 】

重量比が高ければ高いほど、音場の強度分布は理想から逸れる。音場の強度分布は、非導電性フィラーの粒径や複合材の比重により変化するのであり、非導電性フィラーの種類によっては変化しない。また、樹脂材に混入することができる非導電性フィラーの量には上限値がある。アルミナのこの上限値は、重量比にして 6 0 数 w t % である。

40

#### 【 0 0 3 3 】

樹脂材にアルミナを重量比にして 4 : 6 で混入させた複合材（以下、アルミナ複合材と呼ぶ）から発生される超音波ビームの特性について説明する。以下に挙げる図 1 0、図 1 1、図 1 2 のデータはシミュレーションの結果得られたものである。図 1 0 は、超音波探触子から発生される超音波ビームのスライス方向の音場の強度と溝に充填させる部材の種類との関係を示す図であり、縦軸は音場の強度、横軸はスライス方向距離である。なお、それぞれの充填材での音圧のピーク位置は揃えてある。

#### 【 0 0 3 4 】

50

図10に示す実線はアルミナ複合材、点線は樹脂材、一点鎖線は空気（溝に何も充填させない）の超音波探触子10から発生される超音波ビームの音場の強度を表わす。二点鎖線は音場強度の理想的な関数（重み関数）を表わす。アルミナ複合材を充填した超音波探触子10から発生される超音波ビームは、樹脂材のみを充填した超音波探触子10と何も充填しない超音波探触子10とから発生される超音波ビームの音場の強度分布とほとんど変わらない。

【0035】

図11は、超音波探触子10から発生される超音波ビームの音場の強度 [ デシベル、dB ] と振動数 [ MHz ] の関係を充填材の種類別に示す図である。

【0036】

また、図12は、超音波探触子10に印加する信号電圧 [ Vpp ] と時間 [ μsec ] との関係を充填材の種類別に示す図である。図10、図11、図12に示すように、アルミナ複合材を充填した超音波探触子10から発生される超音波ビームは、樹脂材のみ充填した超音波探触子10や何も充填しない超音波探触子10から発生される超音波ビームと略同等の特性を備えているので、複合材70を使用した場合でも超音波探触子10の超音波ビームの特性の変化はほとんどない。

【0037】

アルミナを重量比60wt%で樹脂材に混合してなる複合材70の比重は、 $2.82 \text{ kg/m}^3$ である。比重 $2.82 \text{ kg/m}^3$ は、圧電素子41の比重の略1/3倍である。

【0038】

図13は、図9と同一の非導電性フィラーの比重 [  $\text{kg/m}^3$  ]、線熱膨張係数 [  $\text{K}^{-1}$  ]、必要混合比率 [ wt% ]、限界混合比率 [ wt% ] を示す図である。限界混合比率 [ wt% ] とは、複合材70の比重が $2.82 \text{ kg/m}^3$ の場合の非導電性フィラーの重量比である。換言すれば、樹脂材に混入可能な非導電性フィラーの重量比の上限値である。図13に示すように、例えばアルミナの場合、重量比33~60wt%程度であれば、音場の強度分布や使用時における圧電素子41の破壊等に関する問題はない。

【0039】

上記のように、複合材70の非導電性フィラーの重量比は、圧電素子41の使用時の温度、圧電素子41が耐えうる主応力値、複合材70の比重等に基づいて決定される。この様にして重量比が決定されることで、超音波音場の乱れを抑えつつ、温度上昇に伴う複合材70の膨張による圧電素子41の破壊防止が実現される。

【0040】

かくして本実施形態によれば、加工時や使用時における圧電素子の破壊を防止することが可能となる。

【0041】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【符号の説明】

【0042】

10...超音波探触子、20...背面材、30...フレキシブル配線板、31...信号電極、32...アース電極、40...圧電振動子、41...圧電素子、50...音響整合層、52...第1音響整合層、53...第2音響整合層、60...音響レンズ、70...複合材。

10

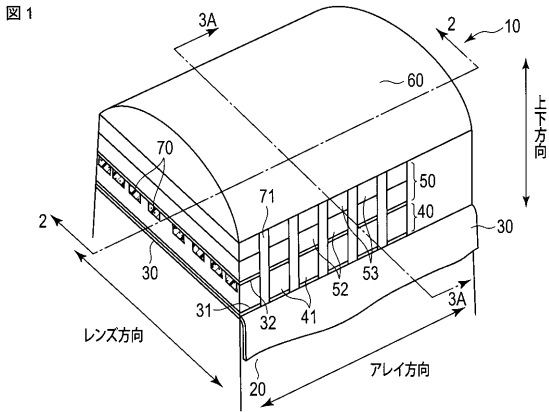
20

30

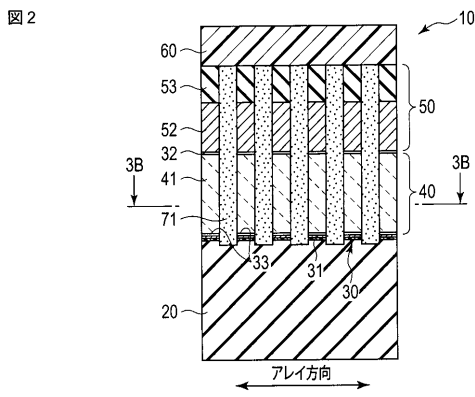
40



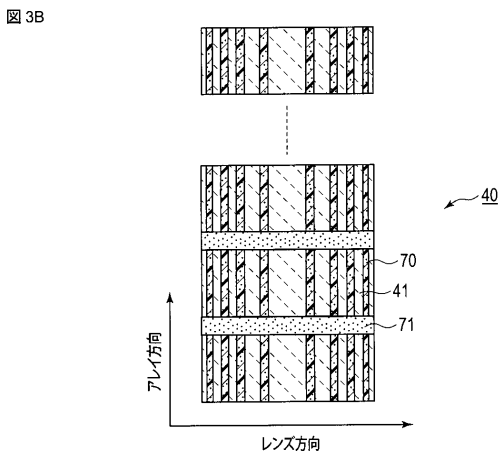
【 図 1 】



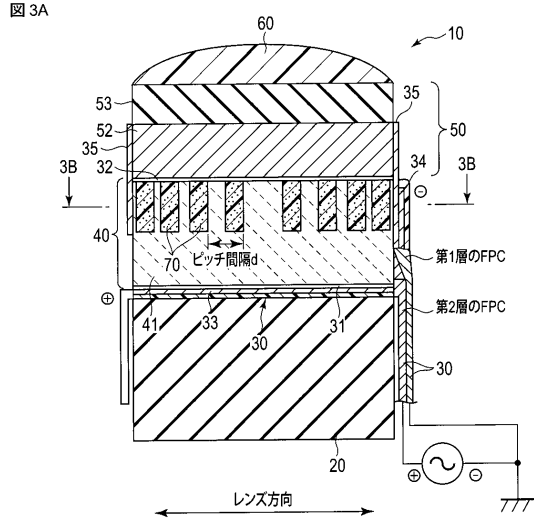
【 図 2 】



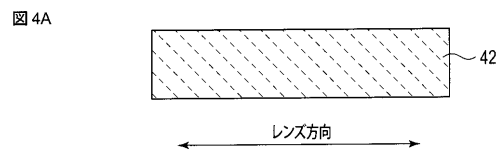
【 図 3 B 】



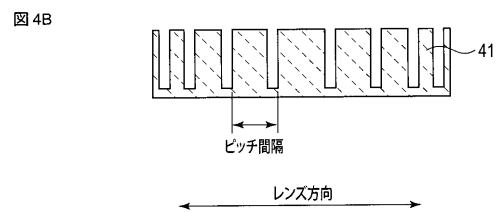
【 図 3 A 】



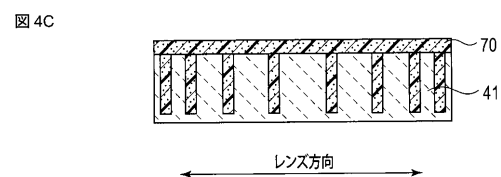
【 図 4 A 】



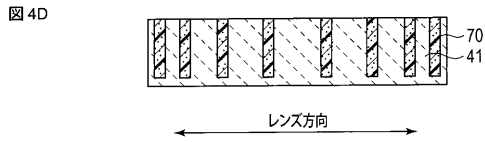
【 図 4 B 】



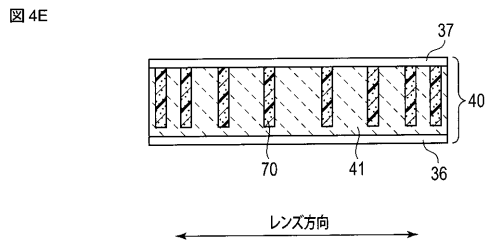
【 図 4 C 】



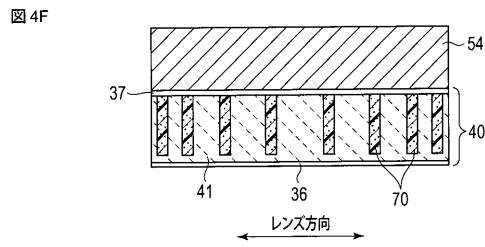
【 図 4 D 】



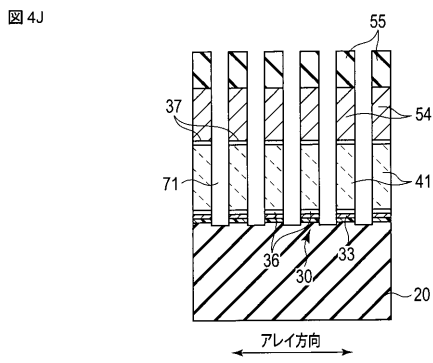
【 図 4 E 】



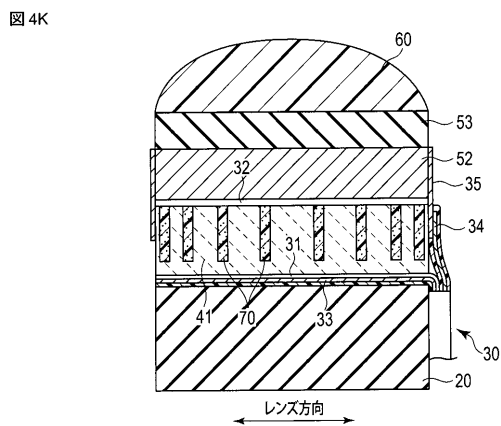
【 図 4 F 】



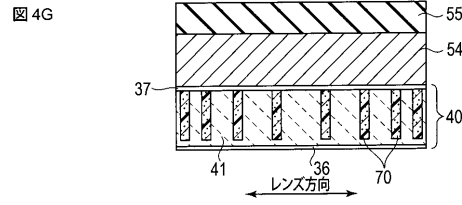
【 図 4 J 】



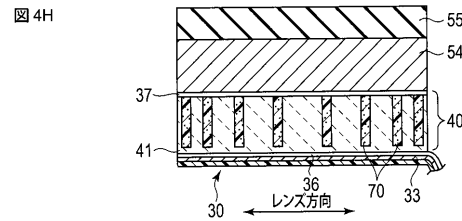
【 図 4 K 】



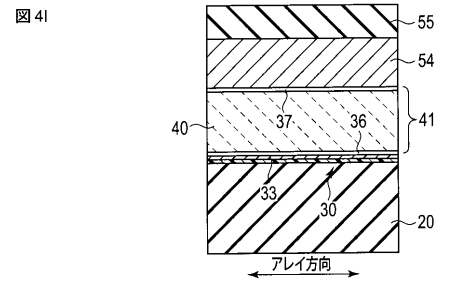
【 図 4 G 】



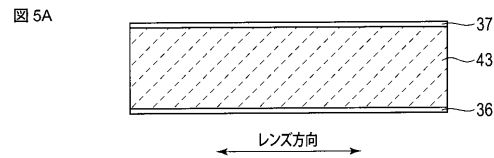
【 図 4 H 】



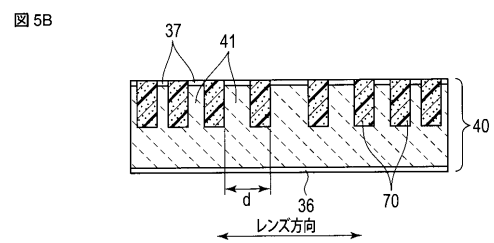
【 図 4 I 】



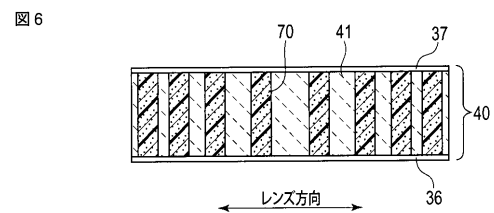
【 図 5 A 】



【 図 5 B 】



【 図 6 】



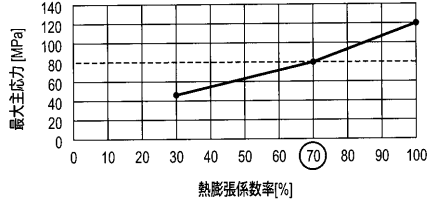
【 図 7 】

図 7

	引張最大主応力 [Mpa]			圧縮最大主応力 [Mpa]		
	40℃	50℃	60℃	40℃	50℃	60℃
熱膨張係数率100%	59.2	88.8	118.4	30.2	45.6	60.5
熱膨張係数率70%	40.9	61.4	81.9	21	31.5	42
熱膨張係数率30%	23.1	34.6	46.1	12.9	19.3	25.8
溝なし	16.3	24.4	32.6	18.5	27.7	36.9

【 図 8 】

図 8



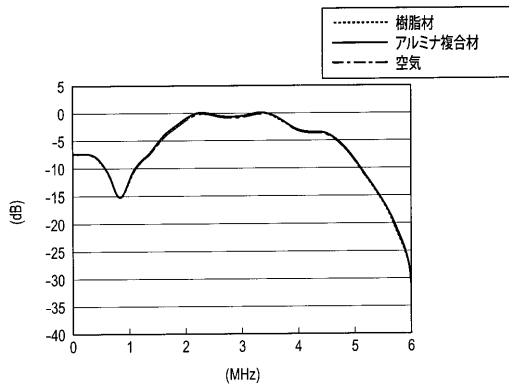
【 図 9 】

図 9

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
比重 [kg/m <sup>3</sup> ]	3.9	6	2.05	5.03
線熱膨張係数 [1/K]	8.1×10 <sup>-6</sup>	9×10 <sup>-6</sup>	0.5×10 <sup>-6</sup>	8.9×10 <sup>-6</sup>
必要混合比率 [wt%]	33	34	30	34

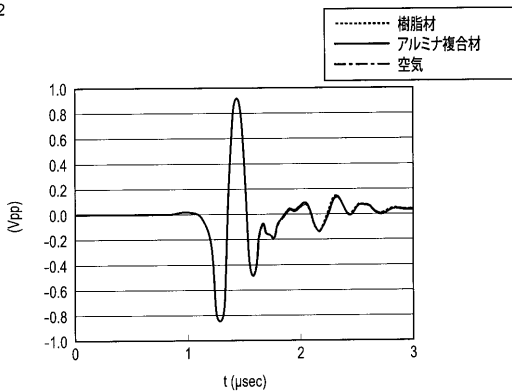
【 図 1 1 】

図 11



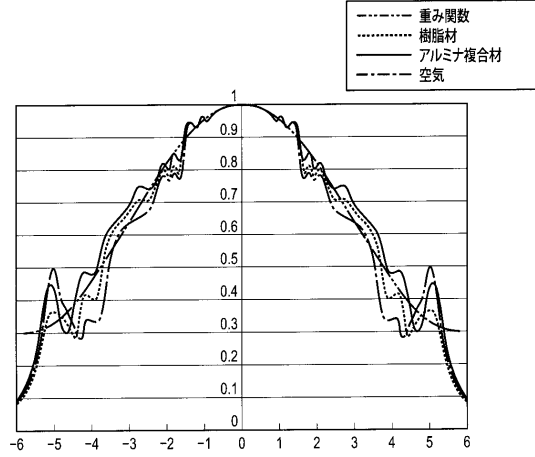
【 図 1 2 】

図 12



【 図 1 0 】

図 10



【 図 1 3 】

図 13

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
比重 [kg/m <sup>3</sup> ]	3.9	6	2.05	5.03
線熱膨張係数 [1/K]	8.1×10 <sup>-6</sup>	9×10 <sup>-6</sup>	0.5×10 <sup>-6</sup>	8.9×10 <sup>-6</sup>
必要混合比率 [wt%]	33	34	30	34
限界混合比率 [wt%]	60	34	191	42

## フロントページの続き

- (74)代理人 100075672  
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100153051  
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805  
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100172580  
弁理士 赤穂 隆雄
- (74)代理人 100179062  
弁理士 井上 正
- (74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 武内 俊  
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
- (72)発明者 四方 浩之  
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
- (72)発明者 青木 稔  
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
- (72)発明者 佐藤 信一  
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
- (72)発明者 須藤 正昭  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 5D019 AA18 BB17