(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3849976号
(P3849976)
(45)発行日　平成18年11月22日(2006.11.22)　(24)登録日　平成18年9月8日(2006.9.8)

(51)Int.Cl.		F I		
H04R 17/00	(2006.01)	H04R	17/00	332A
A61B 8/00	(2006.01)	H04R	17/00	330E
H01L 41/08	(2006.01)	A61B	8/00	
H01L 41/09	(2006.01)	H01L	41/08	H
H01L 41/26	(2006.01)	H01L	41/08	U

請求項の数 27　(全 36 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2002-7905(P2002-7905)
(22)出願日　平成14年1月16日(2002.1.16)
(65)公開番号　特開2003-70096(P2003-70096A)
(43)公開日　平成15年3月7日(2003.3.7)
審査請求日　平成16年8月6日(2004.8.6)
(31)優先権主張番号　特願2001-17559(P2001-17559)
(32)優先日　平成13年1月25日(2001.1.25)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願2001-176026(P2001-176026)
(32)優先日　平成13年6月11日(2001.6.11)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　110000040
特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ
(72)発明者　白石　誠吾
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　▲高▼原　範久
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　井垣　恵美子
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】複合圧電体と超音波診断装置用超音波探触子と超音波診断装置および複合圧電体の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
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した複合シートが、前記各細線状焼結圧電体が前記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、前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断されていることを特徴とする複合圧電体。
【請求項２】
前記複合シートが、２つの樹脂層と、前記両樹脂層の間に、一定の方向に配列して挟持された複数本の細線状焼結圧電体とで構成される請求項１に記載の複合圧電体。
【請求項３】
前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部が存在する請求項１または請求項２に記載の複合圧電体。
【請求項４】
前記樹脂層が複数の樹脂層からなる請求項１～３のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項５】
前記各細線状焼結圧電体の１本の大きさが、平均一辺が１０～５００μｍの範囲であり、長さが０．０５～３ｍｍの範囲の多角柱体である請求項１～４のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項６】
前記多角柱体が、台形角柱体である請求項５に記載の複合圧電体。
【請求項７】

前記樹脂層の一表面に配列している細線状焼結圧電体の数が１０～３０００本の範囲である請求項１～６のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項８】
積層されている樹脂層が、２０～１５００枚の範囲である請求項１～７のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項９】
複合圧電体の中に一定の方向に配列している細線状焼結圧電体の本数が、200～4,500,000本の範囲である請求項１～８のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項１０】
切断面がさらに研磨されている請求項１～９のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項１１】
前記細線状焼結圧電体は、長さ方向に切断面を有する請求項１～１０のいずれかに記載の複合圧電体。
【請求項１２】
請求項１～１１のいずれかに記載の複合圧電体の両面に電極を形成し、音響整合層とバッキング材との間に存在させ、前記電極の一方を接地とし、他方の電極を駆動電極として送受信回路に接続したことを特徴とする超音波診断装置用超音波探触子。
【請求項１３】
請求項１２に記載の超音波診断装置用超音波探触子を、前記両面電極から引き出された線にぞれぞれ接続する送信部及び受信部と、前記送信部及び受信部に接続するコントロール部と、前記受信部及びコントロール部に接続する画像構成部と、前記画像構成部に接続する画像表示装置を含む超音波診断装置本体に接続したことを特徴とする超音波診断装置。
【請求項１４】
請求項１～１１のいずれかに記載の複合圧電体を製造する方法であって、
（ａ）複数の溝を有する成形基材を準備し、
（ｂ）前記溝に圧電粉体とバインダーとを含むペーストを塗布した後、乾燥し、加熱して、塗布膜からバインダーを除去し、
（ｃ）さらに高温に加熱して前記圧電粉体を焼結させ細線状焼結圧電体に形成し、
（ｄ）前記細線状焼結体に樹脂層を接着させて、前記成形基材から前記細線状焼結圧電体を剥離して、前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した単位複合シートを形成し、
（ｅ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、
（ｆ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする複合圧電体の製造方法。
【請求項１５】
複数の溝を有する成形基材の溝の表面に保護層を形成した請求項１４に記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項１６】
複数の溝を有する成形基材の溝以外の表面に剥離層を形成した請求項１４または１５に記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項１７】
請求項１～１１のいずれかに記載の複合圧電体を製造する方法であって、
（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、
（ｂ）前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成し、
（ｃ）前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とし、
（ｄ）前記（ａ）～（ｃ）の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した単位複合シートを複数枚形成し、

（ｅ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、
（ｆ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする複合圧電体の製造方法。
【請求項１８】
前記（ｃ）工程における平行な切溝を複数本形成する手段が、サンドブラスト法及びダイシング法から選ばれる少なくとも一つの方法である請求項１７に記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項１９】
請求項１～１１のいずれかに記載の複合圧電体を製造する方法であって、
（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、
（ｂ）前記板状焼結圧電体を、接着シートにより基材に仮固定し、
（ｃ）前記板状焼結圧電体に対し、平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とし、
（ｄ）基材に仮固定された複数本の前記細線状焼結圧電体を、樹脂シートに転写し、
（ｅ）前記（ａ）～（ｄ）の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した単位複合シートを複数枚形成し、
（ｆ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、
（ｇ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする複合圧電体の製造方法。
【請求項２０】
請求項１～１１のいずれかに記載の複合圧電体を製造する方法であって、
（ａ）樹脂層の表面に細線状焼結圧電体を複数本一定の方向に配列し、細線状焼結圧電体上に樹脂シートを配置し、
（ｂ）細線状焼結圧電体が、前記樹脂層と前記樹脂シートに挟持され、前記細線状焼結圧電体の間の溝内に前記樹脂シートの樹脂が変形して充填されるように圧縮して一体化し、単位複合シートを形成し、
（ｃ）前記（ａ）～（ｂ）の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層と樹脂シートとの間に、一定の方向に配列して挟持された複数本の細線状焼結圧電体とで構成される単位複合シートを複数形成し、
（ｄ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が平行になるように積層し、
（ｅ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする複合圧電体の製造方法。
【請求項２１】
請求項１～１１のいずれかに記載の複合圧電体を製造する方法であって、
（ａ）樹脂層の表面に細線状焼結圧電体を複数本一定の方向に配列したものを二枚準備し、
（ｂ）一方の樹脂層上に配列された細線状焼結圧電体が、他方の樹脂層上に配列された細線状焼結圧電体の間に配置されるように対向させ一体化して単位複合シートとし、
（ｃ）前記（ａ）～（ｂ）の操作を複数回繰り返すことにより前記両樹脂層の間に、一定の方向に配列して挟持された複数本の細線状焼結圧電体とで構成される単位複合シートを複数形成し、
（ｄ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が平行になるように積層し、
（ｅ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする複合圧電体の製造方法。
【請求項２２】
複数枚の前記単位複合シートを積層して一体化させた後の空隙に樹脂を含浸させ硬化させ

る請求項１４～２１のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項２３】
前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断し、複数個の複合圧電体とする請求項１４～２２のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項２４】
前記複合圧電体を、前記複合圧電体中の前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する面で研磨する請求項１４～２３のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項２５】
複数枚の単位複合シートを積層する際に、前記各単位複合シート間に接着樹脂シートを挟んで積層する請求項１４～２４のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項２６】
前記単位複合シートを積層する前に、前記単位複合シート中の樹脂層の少なくとも一部に接着層を塗布形成する請求項１４～２５のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。
【請求項２７】
複数枚の前記単位複合シートを一体化させる方法が、個々の単位複合シート間に樹脂を含浸させ硬化させる方法である請求項１４～２４のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は微細な構造を有するセラミックス構造体を有する複合圧電体と超音波診断装置用超音波探触子及び複合圧電体の製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来から、医療用超音波診断装置に用いられる超音波深触子には、高分解能化および広帯域化等を目的とし、その超音波送受信部である圧電セラミックスを、圧電セラミックスと有機高分子とから成る複合圧電体に置き換える試みが行われてきている。さらにこの複合圧電体の中でも、とくに図２４に示したように円柱や角柱の形状をもつ圧電セラミックス３１を多数、有機高分子４１のマトリクス中に配置させた構造の圧電体(以下「１－３型複合圧電体」という)が、原理的な意味から有用性が指摘され、着目されその製造が試みられてきている。これらの１－３型複合圧電体に関する従来技術については、例えば「超音波便覧」（超音波便覧編集委員会編、丸善、平成１１年８月３０日発行）p.129-133等に記載されている。
【０００３】
古くからその有用性が指摘されてきた前記１－３型複合圧電体ではあるが、現在まで実際の超音波診断装置用の超音波深触子として商品化されている例は多くない。その主な理由として、(1)求められている構造が極めて微細で、その製造が困難であるということと、(2)製造が可能であっても、高い製造コストを必要とすること、の２点を挙げることができる。
【０００４】
超音波診断装置に用いる複合圧電体として求められている理想的な形状は、圧電セラミックスの径と配置間隔は、使用する周波数と複合圧電体としての音響インピーダンスから、それぞれ約１０～２００μｍ程度といわれている。一方、柱状の圧電セラミックスの径と長さとの比（長さ／径、以下「アスペクト比」という。）を５～６程度としたときに送受信効率が最もよいといわれている。すなわち、複合圧電体中の圧電セラミックスの長さは、５０～１２００μｍ程度が求められている。
【０００５】
以上総合すると、数十μｍ程度の径を持ち、アスペクト比が６前後の細線状の微細な圧電セラミックスを、有機高分子のマトリクス中に、多数配置した極めて微細な構造をもつ複合圧電体が最も理想的であると考えられており、市場から求められてきている。

【０００６】
複合圧電体の製造方法に関する従来の先行技術例としては、例えば特許１７８９４０９号公報や特許１５９０３４２号公報には、圧電セラミックスブロックを材料とし、機械加工により切断溝を複数形成し、前記切断溝に樹脂を含浸硬化させることで、１－３型複合圧電体を製造する方法が提案されている。
【０００７】
また特公平５－３３８３６号公報では、従来のダイシング加工等の切断技術に代わって、レーザー加工による製造方法が提案されている。この公知例では、レーザー光線を走査させ圧電セラミックスに直交する二方向の平行な切り込みを形成し、微細構造を有す圧電セラミックス構造体を作り、同様に後から空間に樹脂を含浸硬化する方法が述べられている。
【０００８】
しかしながら、前記の技術のように比較的大きな圧電セラミックブロックに直接、ダイシング加工やレーザー加工を用いて切り溝を形成し微細な圧電焼結体の集合体を残す方法では、求める形状を形成することが困難であるかもしくは可能であっても製造歩留まりが悪く製造コストが増加するという課題が存在した。現在の機械加工の技術では、セラミックスブロックに数１０μｍ巾の切断溝を形成すること考えた場合、アスペクト比の増加に伴い、言い換えるならば切断溝の深さが深くなるに伴い、その歩留まりが加速的に低くなる。切断溝によって切り出された（残った）圧電セラミックスが細線状になるに従い、切断溝形成中に破壊しやすいからである。目的とする形状の複合圧電体中の微細な圧電焼結体の内、わずかでも破壊してしまった場合、複合圧電体全体が不良品となってしまう恐れがある。したがって、従来機械加工による切断溝の形成による方法では、現在市場より求められている前記形状を持つ複合圧電体の製造は極めて困難であると言わざるをえない。
【０００９】
また切断やレーザー加工といった機械加工により直接加工することが困難なことから、セラミックスに対する機械加工を行わない方法として、求める構造を反転させた形状をもった型を用意し、この型を用いて求める構造の圧電セラミックス焼結体を作り、同様に空間部分に後から樹脂を含浸硬化させる方法が複数提案されている。
【００１０】
例えば前記型を樹脂で形成し、この樹脂型にセラミックススラリーを充填させ、まず樹脂型を焼き飛ばすことでセラミックス粉体のみの構造物をつくり、さらにその後セラミックス粉体を焼結させることで、微細構造を有す圧電セラミックス焼結構造体を得て、最後に空間部分に樹脂を含浸硬化させることで複合圧電体を得る方法が提案されている。
【００１１】
しかしながら、樹脂型を焼結前のセラミックス粉体部分のみを残し、焼き飛ばすことは容易なことでない。樹脂型を焼き飛ばす際、樹脂が流動して焼結前のセラミックス粉体構造体を壊してしまうからである。さらには前記のような構造体の微細化が進むに伴い、樹脂型を焼き飛ばすことの困難さは増大する。
【００１２】
そこで焼結前のセラミックス粉体構造を壊さずに樹脂型のみをうまく消失させる方法として、例えば特許第２９２４６６４号公報では、真空中での加熱、レーザアブレーション法、プラズマエッチング、および低粘性溶媒の利用が提案されている。
【００１３】
さらに別の方法として、例えば特開平１１－２７４５９２号公報においては、セラミックスの焼結時には消失しないシリコン基材で型を作り、セラミックス構造体を焼結後、後に型部分のみを除去する方法が提案されている。より詳しくは、シリコン基材にイオンエッチング法により微細な穴を複数形成し、その穴に圧電粉体とバインダーとから成るスラリーを塗布し、乾燥、バインダー除去し、保護用セラミックス粉体で包み込み、加圧焼成し、焼成後保護用セラミックス粉体を除去し、最後にエッチング法によりシリコン基材を消去する方法が提案されている。すなわち求める構造を反転させた形状をもった型を、セラ

ミックスを焼結する温度で焼失しない基材でつくり、型内部のセラミックス粉体構造体を焼成させた後、最後に型をエッチングにより除去する方法である。

【００１４】

しかしながら、これらの製造方法は、工程が複雑であり、型を消失させるには、複雑なプロセスと長い時間を必要とし、そのことに起因した製造コストの増加は避けられないものであった。また用いられる製造装置も高価である。さらに、樹脂型を用いる方法でも、またシリコン基材を用いるいずれの方法でも、求める構造を反転させた構造である型を用いる方法では、型が最終的に何らかの方法で消去する必要があり、型を製造するためのコスト、および型自体の材料コストが、最終製品である複合圧電体の製造コストを引き上げる結果となっていた。

【００１５】

また別な方法として、文献ワラス アルデン スミス（Wallace Arden Smith）著、「ザ ロール オブ ピエゾコンポジット イン ウルトラソニック トランスジューサ（The Role of Piezocomposites in Ultrasonic Transducers）」,プロシーディング オブ ザ 1989 アイイーイーイー ウルトラソニック シンポジウム（Proceedings of the 1989 IEEE Ultrasonics Symposium,pp.755-766,1989)では、事前にロッド状の圧電セラミックス焼結体を複数用意し、後からこれらを配置一体化させることで複合圧電体を製造する方法も開示されている。

【００１６】

しかしながら、事前にロッド状の圧電セラミックス焼結体を用意し、後から配置する方法では、求める複合圧電体中の圧電焼結体が微細に成るに従い、圧電焼結体単体での取り扱いが困難になり、同様に製造が困難か、可能であっても歩留まりが悪く製造コストが増加する課題が存在した。

【００１７】

また別の方法として、USP-4,514,347、USP-4,572,981には、第１段目として焼結済のセラミックス板を別材料で積層(laminate)一体化させ、ブロックとし、このブロックをスライスしたシートを準備し、第２段目として再度別材料で積層一体化させスライスすることで１－３型複合圧電体を製造する例が示されている。

【００１８】

しかしながら、この方法でも、第１段目の積層ブロックを切断する際、最終的に必要とする１－３型複合圧電体中の細線状焼結圧電体の長さ以上の長さを連続して切断する必要があることを避けることはできない。したがって、同様に製造が困難か、あるいは可能であっても歩留まりが低く製造コストが増大する問題があった。

【００１９】

以上今までに提案、試されている従来の技術では、現在求められている微細構造の複合圧電体の製造は困難であるか、もしくは実現できても高い製造コストを必要とするものであった。

【００２０】

さらに別の課題として、従来の技術において、圧電焼結体の空隙に含浸硬化させる材料は製造方法上１種類に限定され、その結果、得られる複合圧電体の物性値を自由度をもって調整することは困難であった。

【００２１】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者らは、前記従来の技術について詳細に検討した結果、現在市場より求められている形状の複合圧電体を実現するためには、極めて微細な圧電焼結体を歩留まりよく製造することと、製造した微細な圧電焼結体を精密に配置することとを同時に実現することが必要であるとの結論に達した。

【００２２】

本発明は、前記従来の課題を解決し、微細な構造および任意な物性値を持つ複合圧電体を低いコストで提供すること、及びこの複合圧電体を用いた高性能かつ安価な超音波診断装

置用超音波探触子、さらには前記探触子を用いた高性能かつ安価な超音波診断装置を提供することを目的とする。

【００２３】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため本発明の複合圧電体は、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した複合シートが、前記各細線状焼結圧電体が前記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、前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断されていることを特徴とする。

【００２４】

次に本発明の超音波診断装置用超音波探触子は、前記本発明の複合圧電体の両面に電極を形成し、音響整合層とバッキング材との間に存在させ、前記電極の一方を接地とし、他方の電極を駆動電極として送受信回路に接続したことを特徴とする。

【００２５】

次に本発明の超音波診断装置は、前記超音波診断装置用超音波探触子を、前記両面電極から引き出された線にそれぞれ接続する送信部及び受信部と、前記送信部及び受信部に接続するコントロール部と、前記受信部及びコントロール部に接続する画像構成部と、前記画像構成部に接続する画像表示装置を含む超音波診断装置本体に接続したことを特徴とする。

【００２６】

本発明の複合圧電体の第１番目の製造方法は、

（ａ）複数の溝を有する成形基材を準備し、

（ｂ）前記溝に圧電粉体とバインダーとを含むペーストを塗布した後、乾燥し、加熱して、塗布膜からバインダーを除去し、

（ｃ）さらに高温に加熱して前記圧電粉体を焼結させ細線状焼結圧電体に形成し、

（ｄ）前記細線状焼結体に樹脂層を接着させて、前記成形基材から前記細線状焼結圧電体を剥離して、前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した単位複合シートを形成し、

（ｅ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、

（ｆ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする。

【００２７】

また本発明の複合圧電体の第２番目の製造方法は、

（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、

（ｂ）前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成し、

（ｃ）前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とし、

（ｄ）前記（ａ）～（ｃ）の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した単位複合シートを複数枚形成し、

（ｅ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、

（ｆ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする。

【００２８】

また本発明の複合圧電体の第３番目の製造方法は、

（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、

（ｂ）前記板状焼結圧電体を、接着シートにより基材に仮固定し、

（ｃ）前記板状焼結圧電体に対し、平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とし、

（ｄ）基材に仮固定された複数本の前記細線状焼結圧電体を、樹脂シートに転写し、

（ｅ）前記（ａ）～（ｄ）の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層の一表面に前記

細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した単位複合シートを複数枚形成し、
（ｆ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、
（ｇ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする。
【００２９】
また本発明の複合圧電体の第４番目の製造方法は、
（ａ）樹脂層の表面に細線状焼結圧電体を複数本一定の方向に配列し、細線状焼結圧電体上に樹脂シートを配置し、
（ｂ）細線状焼結圧電体が、前記樹脂層と前記樹脂シートに挟持され、前記細線状焼結圧電体の間の溝内に前記樹脂シートの樹脂が変形して充填されるように圧縮して一体化し、単位複合シートを形成し、
（ｃ）前記（ａ）～（ｂ）の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層と樹脂シートとの間に、一定の方向に配列して挟持された複数本の細線状焼結圧電体とで構成される単位複合シートを複数形成し、
（ｄ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が平行になるように積層し、
（ｅ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする。
【００３０】
また本発明の複合圧電体の第５番目の製造方法は、
（ａ）樹脂層の表面に細線状焼結圧電体を複数本一定の方向に配列したものを二枚準備し、
（ｂ）一方の樹脂層上に配列された細線状焼結圧電体が、他方の樹脂層上に配列された細線状焼結圧電体の間に配置されるように対向させ一体化して単位複合シートとし、
（ｃ）前記（ａ）～（ｂ）の操作を複数回繰り返すことにより前記両樹脂層の間に、一定の方向に配列して挟持された複数本の細線状焼結圧電体とで構成される単位複合シートを複数形成し、
（ｄ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が平行になるように積層し、
（ｅ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化することを特徴とする。
【００３１】
【発明の実施の形態】
本発明の複合圧電体においては、前記各細線状焼結圧電体の１本の大きさが、一辺が１０～５００μｍの範囲であり、長さが０．０５～３ｍｍの範囲の角柱体であることが好ましい。角柱体は、最も作成しやすいのは四角柱、とくに台形柱状体である。複合圧電体の形状およびその複合圧電体中の細線状焼結圧電体の形状は、使用する周波数と複合圧電体としての音響インピーダンスにより決定される。特に限定するものではないが、本発明による複合圧電体を医療用超音波診断装置の超音波探触子に用いることを考えた際は、その使用周波数は約１ＭＨｚ～２０ＭＨｚ程度と考えられ、各細線状焼結圧電体の１本の平均一辺が１０～２００μｍの範囲であることがより好ましい。またアスペクト比を５～６程度とした時に送受信効率が最もよいとされることから、各細線状焼結圧電体の長さは、０．０５ｍｍ（０.０１ｍｍ×アスペクト比５）～３．０ｍｍ（０．５ｍｍ×アスペクト比６）の範囲であることがより好ましい。
【００３２】
なお、上記好ましい細線状焼結圧電体の形状範囲を外れても複合圧電体を構成することはできる。使用の目的から考えると前記範囲がより好ましいという意味である。
【００３３】
また、樹脂層の一表面に配列している細線状焼結圧電体の数が１０～３０００本の範囲であることが好ましい。本発明による複合圧電体の製造方法の内の一部は、求める細線状焼結圧電体の一辺の長さと同等な厚みを持った板状焼結圧電体を樹脂層上で分割すること、もしくは仮固定し分割された板状焼結圧電体を樹脂上に転写することにより、樹脂層上に

細線状焼結圧電体を多数担時させた単位複合シートを形成し積層することをその特徴としている。さらには前記単位複合シートを２枚一体化して積層単位複合シートとし、前記積層単位複合シートを積層一体化することをその特徴としている。

【００３４】

一方、前記の好ましい細線状焼結圧電体の形状から、１０～５００μｍ、より好ましくは１０～２００μｍの厚みをもった板状焼結圧電体が必要となる。このようなごく薄い板状焼結圧電体、その製造過程で反りや割れが発生し易いことから、大きなものをつくることが一般に困難である。前記のような厚み、例えば１０～５００μｍ、より好ましくは１０～２００μｍの板状焼結圧電体で、現在容易に入手もしくは製造できる最大の大きさは、おおよそ一辺の長さもしくは直径が３０ｍｍ程度のものである。仮に３０ｍｍ角の板状焼結圧電体を用い、前記の好ましい形状（一辺の長さが平均１０～５００μｍ、より好ましくは１０～２００μｍ）の細線状焼結圧電体に分割することを考えた場合、さらには、樹脂層の一表面に配列できる細線状焼結圧電体の数、すなわち、一枚の複合シート中の細線状焼結圧電体の数は、１０～１５００本程度となる。

【００３５】

また、２枚の単位複合シートを一体化させた単位複合シートユニットを用いる場合も考慮すると樹脂層の一表面に配列できる細線状焼結圧電体の数が１０～３０００本程度となる。

【００３６】

なお、入手できる板状焼結圧電体の形状および必要とする細線状焼結圧電体の形状を考慮した結果として、仮の前記範囲を超えても構わない。

【００３７】

また、積層されている樹脂層が、２０～１５００枚の範囲であることが好ましい。積層されている樹脂層の数は、基本的に最終的に求められる複合圧電体の形状により決定されるが、前記樹脂層の一辺の大きさ（幅）以上に高く積層すると、積層一体化する際にずれが生じやすく、細線状焼結圧電体を所定の位置に配置することが困難になり易い。積層される樹脂層（複数の細線状焼結圧電体を担時した樹脂層、すなわち複合シート）の現在考えうる最大形状は、入手し易い板状焼結圧電体の形状を考慮すると、前記したように３０ｍｍ角程度である。一方、複数の複合シートを一体化させた積層体の積層方向の高さは、用いた複合シートの最大厚みと積層数との積で決定される。また複合シートの最大厚みは、前記複合シート中の細線状焼結圧電体の一辺の長さと、用いた樹脂層の厚みとの和で決定される。最終的な使用目的に応じた細線状焼結圧電体の一辺の長さ、および用いる樹脂層の厚みにより変わるが、以上のことから、複合シートの厚みは、おおよそ２０～１０００μｍ程度であると考えられる。したがって、積層一体化する際の精度、容易さからその積層数は２０～１５００枚の範囲であることが好ましい。なお、求める圧電複合体の形状が、精度よく得られるならば、この限りではない。

【００３８】

また、複合圧電体の中に一定の方向に配列している細線状焼結圧電体の本数が、２００～４５０００００本の範囲であることが好ましい。前記までの、好ましい複合シート中の細線状焼結圧電体の数、複合シートの積層数を考慮すると最終的得られる複合圧電体中の細線状焼結圧電体の本数が、２００～４５０００００本の範囲であることが好ましい。

【００３９】

以上述べてきた本発明による複合圧電体中の細線状焼結圧電体の形状、数、および樹脂層の積層数は、複合圧電体の目的と入手できる材料とにより決定されるものである。

【００４０】

また、切断面がさらに研磨されていることが好ましい。最終的に得られる複合圧電体は、使用する周波数によってその厚み、すなわち細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する２つの切断面間の長さを調整する必要がある。複合圧電体切断面を研磨することで複合圧電体の厚みを微調整することが可能となる。

【００４１】

また複合圧電体のこれら切断面には、何らかの方法で電極を形成する必要がある。特に限定するものでないが、電極を導電性塗料の塗布乾燥によって形成する方法やメッキによって形成する方法と採った場合、切断面（電極形成面）を研磨することで疎面化することができ、その結果電極の接着強度を向上させることが可能となる効果がある。

【００４２】

また、前記細線状焼結圧電体は、長さ方向に切断面を有することが好ましい。目的に応じた複合圧電体の形状を整えることできる。

【００４３】

また、二枚の複合シート準備し、一方の複合シート表面上に配列された細線状焼結圧電体が、他方の複合シート表面上に配列された細線状焼結圧電体の間に配置されるように対向させ一体化して積層複合シートとし、この積層単位複合シートを積層し一体化し、前記細線状焼結圧電体の長さ方向に直行する方向に切断されている構成とすることが好ましい。この構成により、より狭ピッチ、すなわち狭い間隔で細線状焼結圧電体を配置することが可能となる。

【００４４】

また、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部を具備することが好ましい。含浸硬化樹脂部を具備させることで、複合圧電体としての機械的強度を高めることができる。

【００４５】

また、空隙に樹脂を含浸硬化させることで、多様な物性、特に音響インピーダンスを持つ複合圧電体を得ることが可能となる。含浸硬化樹脂部に用いる樹脂として、多様な物性値、例えば密度、音速、ポアソン比、ヤング率等をもつ樹脂を目的に応じて選択することで、得られる複合圧電体の物性値を調整することが可能となる。

【００４６】

また、前記樹脂層が複数の樹脂層で構成されることが好ましい。樹脂層を複数にすることで、積層された細線状焼結圧電体間の距離を任意に調整し易い効果がある。厚みの違う第二の樹脂層で接着することで、積層された細線状焼結圧電体間の距離を調整することが容易になる。また、細線状焼結圧電体の積層方向の距離が違った複合圧電体を、厚みの違う第二の樹脂シートを使い分けることで、同一の複合シートから製造することが可能となり、製造コストを削減できる。

【００４７】

さらに一つの複合圧電体中においても、各層ごとに細線状焼結圧電体間の距離を変えることができる。特に限定されるものではないが、例えば一つの積層体を積層方向に垂直な方向で切り分けて、複数の複合圧電体を製造する際、切断する部分の樹脂層のみを厚くすることでその製造が容易になる。

【００４８】

さらに、密度、音速、ポアソン比、ヤング率等に代表されるようなの物性値が異なる樹脂層を複数用いれば、より多様な物性値をもった複合圧電体を製造することが可能となる。特に限定するものではないが、複合シートには比較的硬いエポキシ樹脂を用い確実に細線状焼結圧電体固定し、これら複合シートを比較的やわらかい、シリコン樹脂やポリウレタン樹脂による樹脂層で接着積層すれば、積層方向に対し機械的にフレキシブルな複合圧電体を得ることができる。このことは、先端が曲面である超音波探触子を製造する場合において特に有効である。また同構成にすることで積層方向での細線状焼結圧電体間の機械的アイソレーションを向上させることが可能となる。この効果により、一つの複合圧電体に複数の電極を形成することで複数の振動子を構成した場合、個々の振動子を任意に稼動させることが可能となる。

【００４９】

次に本発明による製造方法においては、複数枚の前記複合シートを積層して一体化させた後の空隙に樹脂を含浸させ硬化させることが好ましい。切断する前に樹脂を空隙に含浸させ硬化させることで、切断前の積層体としての機械的強度が増し、切断時に内部の細線状

焼結圧電体の破損が少なくなるからである。結果的に製造歩留まりが向上し、製造コストを削減できる。

【００５０】

また、複数枚の複合シートを積層する際に、前記各複合シート間に接着樹脂シートを挟んで積層することが好ましい。特に限定するものではないが、樹脂層によって板状焼結圧電体を接着担時し十分硬化させた複合シートとし、接着樹脂シートで前記複数の複合シートを接着させる構成とすることができる。複合シート中の樹脂層を十分硬化することで、前記板状焼結圧電体を切断して複数の細線状焼結圧電体とする際に細線状焼結圧電体が破損しにくくなり、複合シート製造の歩留まりが向上する。また前記十分硬化し、接着性を失った樹脂層による複合シートでも、第２の接着樹脂シートを用いることにより、確実に積層接着一体化することが可能となる。

【００５１】

また、複合シートを積層する前に、前記複合シート中の樹脂層の少なくとも一部に接着層を塗布形成することが好ましい。複合シートの表面の細線状焼結圧電体が配置されている面に、流動性をもつ接着材料を塗布することで接着層を形成する構成を採ることもできる。この構成を採ることにより、複合シート中の切溝に接着材料を充填させることでき、空隙のない複合圧電体を、後から空隙部に別の樹脂を含浸させることなく、得ることができる。すなわち、積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化させる工程を行わずに、前記含浸硬化樹脂部を具備した複合圧電体と同等な複合圧電体を得ることが可能となる。製造工程を簡素化することが可能となる。また塗布形成して接着層とする製造方法は、接着樹脂シートを用いる場合に比較して、容易でかつ材料コストを削減することができる。

【００５２】

以下本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【００５３】

下記の実施の形態１から実施の形態３は、前記本発明の第１番目の製造方法による複合圧電体に関するものである。

【００５４】

（実施の形態１）

以下、本発明の実施の形態１について、図１から図７を用い、各工程ごとに詳細に説明する。

【００５５】

（１）複数の溝を具備した基材を準備する工程

複数の溝を具備した基材を準備する工程として図１Ａの斜視模式図および図１Ｂの断面模式図に示したように、機械加工によって複数本の溝１１を形成した基材１を準備した。特に限定されるものではないが、基材１を構成する材料は後の工程において、基材上で圧電材料を焼結することから、１３００℃程度の耐熱性を有し、かつ焼結させる圧電材料との反応性が著しく高くないものが好ましい。圧電材料と著しく反応する材料の場合、焼結に際し材料が基材中に拡散し、細線状焼結体を得ることができないからである。好ましい例としては、酸化マグネシウム、ジルコニア、アルミナ等のセラミック材料やシリコン等を用いることができる。本実施例では３０ｍｍ角、厚み７ｍｍの純度９９％以上の酸化マグネシウム板（ニッカトー社製、材料品番ＭＧ－１３）を用いた。

【００５６】

また図１Ａ－Ｂは本工程を模式的に示したものであり、溝の数、断面形状、長さ等は目的とする複合圧電体の形状に合わせ、任意に調整できる。例えば、溝の形状は図１Ｂに示す形状で、前記酸化マグネシウム板の片側表面にダイシングの方法で、巾０．０８５ｍｍ、深さ０．０８５の溝を０．０５０ｍｍの間隔をもって、２００本平行に形成した。また溝１１の形成にあたっては、従来からのダイシングや、レーザー加工等のいずれの方法でもよく、必要とする溝１１の形状に合わせ任意な方法を選ぶことができる。前記のような基材１としての溝形成酸化マグネシウム板を複数枚用意した。

【００５７】

（２）前記溝に圧電粉体とバインダーとを含むペーストを塗布形成する工程
前記溝１１に圧電粉体とバインダーとを含むペーストを塗布する工程として、圧電粉体とバインダー、および溶剤とからなるペーストを、基材１上の溝１１に塗布し、溝１１内部に十分行き渡らせた後、溝１１以外の部分の余分なペースト２を除去した。その結果、図２Ａの斜視模式図および図２Ｂの断面模式図に示したように、溝１１内部のみにペースト２が塗布された基材１を得た。なお特に限定されるものではないが、ペースト２としては、従来からの厚膜材料の技術を用いることができる。一例として、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）等の圧電粉体４０ｇに、バインダーとしてのエチルセルロース４５ｃＰ（関東化学社製、鹿１級試薬）を６ｗｔ％含むα－テルピネオール（和光純薬工業製試薬）溶液１０ｃｃを加え、３本ロールミルで混練したペーストを用いることができる。引き続き前記基材１としての溝形成酸化マグネシウム板の溝を形成した表面に、前記ペースト２としてのＰＺＴペーストを塗布し、ゴムスキージで刷り込み溝内部にＰＺＴペーストを充填させると同時に溝以外の部分の余分なＰＺＴペーストを除去した。また溝１１内部にペーストを十分行きわたらせる方法として、溝１１上にペーストを塗布した後、減圧を行ったり、超音波による振動を与えることで、かみ込まれた気泡を除去することが好ましい。

【００５８】
（３）塗布膜を乾燥させる工程
塗布膜を乾燥させる工程として、基材１中の溝１１内部に形成されたペースト２から溶剤成分を乾燥させ除去する。溶剤を乾燥させる方法としては、自然乾燥や熱風乾燥等、任意な方法を採ることができる。また処理量にあわせ、バッチ式、連続式等のいずれの方法でもよい。本実施例では、熱風循環バッチ式乾燥機の中で、１００℃、５分間乾燥させることで、ＰＺＴペースト中の溶剤成分を除去した。

【００５９】
前記ＰＺＴペーストを溝内部に形成する工程（２）および塗布膜を乾燥させる工程（３）を５回繰り返して行うことで、溝部分の９０体積％以上に圧電粉体とバインダーとから成る塗布膜２１を形成した。

【００６０】
以上の操作により、図２の模式図に示したような、溝内部のみに圧電粉体とバインダーとから成る塗布腹２１を担時した基材１としての溝形成酸化マグネシウム板を得た。

【００６１】
（４）乾燥後塗布膜を担時した基材を加熱し、塗布膜からバインダーを除去する工程
乾燥後塗布膜を担時した基材を加熱し、塗布膜からバインダーを除去する工程として、乾燥させ、溶剤を除去した塗布膜２１をさらに加熱し、塗布膜２１からバインダーを除去した。なお、このバインダー除去の工程は、塗布膜２１に含まれる有機バインダーを燃焼もしくは、熱分解により除去するものであって、その目的を達成できれば、工程の温度、時間およびガス雰囲気等はいかなる条件でもかまわない。前記溝中に塗布膜２１を担時した基材１としての溝形成酸化マグネシウム板を大気中４００℃で２時間熱処理することで、塗布膜２１中からバインダーを燃焼除去した。

【００６２】
（５）加熱して圧電粉体を焼結させ細線状焼結体を得る工程
引き続き、１２５０℃まで１２．５時間かけて昇温し、その後１２５０℃で２時間加熱することで圧電粉体を焼結させ、基材１上に細線状焼結体３を得た。乾燥し、バインダーが除去されたペースト２は、基材１に形成された溝１１内部で焼結され、細線状焼結体３となった。得られた細線状焼結体３は、基材１に形成された溝１１に拘束され配置された状態で焼結された。その結果、図３Ａの斜視模式図および図３Ｂの断面模式図に示したように、基材１に形成した溝１１の間隔に依存した間隔をもって基材１上に配置された複数の細線状焼結体３を得ることができた。本実施例では、巾および高さがともに０．０６５ｍｍ、長さ３０ｍｍの形状をもった細線状焼結体が基材１上に２００本得られた。また、細散状焼結体３は原料ペーストから平均約６５％の体積に減少していた。なお、上記（１）から（５）の工程は一括して行っても構わない。

【００６３】
（６）前記基材に担時された前記細線状焼結体に樹脂層を接着させる工程
さらに、図４Ａの斜視模式図および図４Ｂの断面模式図に示したように、基材１に形成された溝１１の間隔と同様な間隔をもって前記基材１に担時された複数の前記細線状焼結体３に上部から樹脂層４を接着させた。より具体的には、基材１に形成された溝１１の間隔に依存した間隔をもって前記基材１に担時された２００本の前記細線状焼結体３の上部から、樹脂層４としての３０ｍｍ角、厚み０．１２ｍｍの形状をもつ半硬化状態（Ｂステージ）のエポキシ樹脂シートを被せ、１２０℃で加熱しながら、１０ｋｇ／ｃｍ^{2}の圧力を１０分かけることで細線状焼結体に樹脂層としてのエポキシ樹脂シートを接着転写させた。

【００６４】
（７）前記基材から、樹脂層を剥離し、前記細線状焼結体を担時した単位複合シートを得る工程
前記基材１から樹脂層４を剥離することで、前記細線状焼結体３を樹脂層４の表面上に転写させた。その結果、複数の細線状焼結体３は、基材１に形成された溝１１の間隔に依存した間隔をもって樹脂層４上に配置された複数の細線状焼結体３を含む単位複合シート５を得ることができた、得られた単位複合シート５の寸法は、横（細線状焼結体３の配列方向）３０ｍｍ、縦３０ｍｍ、横３０ｍｍ中の約２７ｍｍの範囲に細線状焼結体３が２００本、約０．０７ｍｍの間隔をもって転写、配置されていた。また個々の細線状焼結体３の大きさは、平均厚さが０．０６５ｍｍ、空気に露出している部分の巾が平均０．０６５ｍｍ、長さは３０ｍｍであった。

【００６５】
以上の工程より図５Ａの斜視模式図および図５Ｂの断面模式図に示したような、基材１上に形成された溝１１と同様な間隔をもって樹脂層４上に配置された複数の細線状焼結体３を含む単位複合シート５を得ることができた。

【００６６】
（８）複数枚の前記単位複合シートを積層する工程
図６Ａの斜視模式図および図６Ｂの断面模式図に示したように、合計２００枚の前記単位複合シート５を積層した。

【００６７】
（９）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化させる工程
積層した合計２００枚の前記単位複合シート５を一体化させ、図７Ａの斜視模式図および図７Ｂの断面模式図に示したような複合圧電体６を得た。一体化させる方法としては、従来技術であるプレス技術、熱プレス技術、さらには接着技術等の任意な方法を選択できる。本実施例では熱プレスにより一体化させた。具体的には、前記の２００枚の単位複合シートから成る積層体の積層方向に１２０℃で加熱しながら、１０ｋｇ／ｃｍ^{2}の圧力かけて１０分保持し、さらに１０分かけ１５０℃に昇温し６０分保持した。

【００６８】
このようにして得られた複合圧電体６の横（細線状焼結体３の配列方向）３２ｍｍ、縦（積層した方向）２７ｍｍ、厚さ（細線状焼結体の長手方向）３０ｍｍであった。すなわち、この複合圧電体６中の中心部分の板（横２７ｍｍ×縦２７ｍｍ×厚み３０ｍｍ）の部分は、約０．０６５ｍｍ角の断面をもつ細線状焼結体３が４０，０００本、エポキシ樹脂を介して均一に配置されていた。この複合圧電体６を所望の厚さに調整することができる。また前記複合圧電体６の厚み方向にスライスし、任意の厚みの複数個の複合圧電体に分割することができる。この分割複合圧電体９を超音波探触子として用いる。

【００６９】
本発明の製造方法は、任意形状の細線状焼結体３を樹脂層４上に、任意な数および位置に配置した単位複合シート５を複数枚一体化させることで複合圧電体６を得ることができる。

【００７０】

焼結される細線状焼結体３の径および長さの形状は、基材１に形成した溝１１も形状によって決まる。溝１１を求める細線状焼結体の径、長さおよび数にあわせ任意の深さ、長さおよび数をもって基材１上に形成しておけば、任意の形状および数の細線状焼結体３を得ることができる。

【００７１】

さらに本発明の製造方法では、溝１１の間隔を図７Ａ－Ｂに示したような求める複合圧電体６中の細線状焼結体３の横方向の間隔にあわせて形成する。このように溝１１を形成しておけば、任意な形状を持つ細線状焼結体３を、任意のピッチで配置した状態で基材１上に形成できる。基材１および基材１上所望形状の溝１１の形成にあたっては、圧電材料を直接加工する従来法に比較して、基材材料の選択巾が広く、さらには従来の機械加工の技術を用いることができ、微細な加工も容易である。また、従来の圧電材料を直接加工する方法では、細線状焼結体の長さ方向分だけ加工する必要があるのに対し、本発明で形成する溝１１の深さは、細線状焼結体の径にあわせ、比較的浅い溝でよく、加工が容易である。

【００７２】

さらに本発明の製造方法では、これら複数個の細線状焼結体３を樹脂層４表面上に接着転写させ、単位複合シート５とする。本発明によれば、任意の形状、数および位置をもった複数本の細線状焼結体３を樹脂層４の表面上に容易に形成することができる。単位複合シート５上の細線状焼結体３は樹脂層４によってその位置が拘束されるので、その後の積層一体化において配置した位置が変わることがない。さらに図７Ａ－Ｂにおける複合圧電体６中の細線状焼結体３の縦方向の間隔は、単位複合シート５中の樹脂層４の厚みで決定される。すなわち、樹脂層４の厚みを調整することで細線状焼結体３の縦方向の間隔も任意に調整することが可能である。

【００７３】

さらにこれら細線状焼結体３を担時した単位複合シート５を必要数積層一体化し複合圧電体を得る。

【００７４】

以上の構成による本発明を用いれば、従来の技術ではその形成が困難であった極めて微細な細線状焼結体を容易に製造でき、さらに微細がゆえに取り扱いが困難であった細線状焼結体を最終製品である複合圧電体６中の任意の如何なる位置へも容易に配置することが可能となる。

【００７５】

また製造には機械加工、厚膜焼成技術等の従来から技術を用いることができ、方法が容易である。またエッチングの方法を用いた製造方法に比較して短時間で製造することが可能であり、高価な設備も必要としない。

【００７６】

さらに微細な焼結体の形成には、繰り返し使用が可能な基材を用いることで、従来技術のように型を消失させるといった材料面での無駄がない。

【００７７】

以上述べた構成、効果により本発明による製造方法を用いれば、微細な構造を持つ複合圧電体を低いコスト実現することが可能となる。

【００７８】

（実施の形態２）

本発明による実施の形態２による製造方法は、前記の実施の形態１における製造方法における（ａ）複数の溝を具備した基材を準備する工程に引き続いて、図８の断面模式図に示したように基材１の表面上に形成した溝１１の表面の少なくとも一部に保護層７を形成する工程を行い、以下実施の形態１と同様な工程を順次行うものである。

【００７９】

本発明の実施の形態２よる製造方法によれば、実施の形態１で述べた構成、効果作用に加え、保護層７を設けたことにより、細線状焼結体を熱処理により得る際に、圧電材料が基

材１に著しく拡散することを防止でき、製造歩留まりが向上する。その結果、複合圧電体としての製造コストをさらに下げることが可能となる。

【００８０】

保護層７としては、後の焼成工程において加わる熱に対して安定であって、得られる圧電材料から成る細線状焼結体に対し拡散しにくい保護層が適している。さらに保護層が細線状焼結体と若干、反応性を有するものを選べば、基材１上の溝１１による細線状焼結体３の拘束性が増し、後の工程を行うことを目的とする運搬が容易になる効果がある。特に限定されるものではないが、保護層７としては、無機物皮膜や無機物酸化皮膜が適している。より具体的には、酸化マグネシウム、ジルコニア、アルミナ等のセラミック材料やシリコン材料、およびこれらの複合材料が好ましい。さらにこれら保護層の形成する方法としては、粉体焼結による方法や化学蒸着（ＣＶＤ）法、さらには電子ビームによる蒸着法等の従来の技術を用いることができる。

【００８１】

なお、本製造法によって表面に保護層７を形成した溝１１を有する基材１は、複合圧電体の製造にあたり、繰り返して利用することができるので、製造コストが高くなることは避けられる。

【００８２】

（実施の形態３）

本発明による実施の形態３による製造方法は、前記の実施の形態１における製造方法における（ａ）複数の溝を具備した基材を準備する工程に引き続いて、図９の断面模式図に示したように基材１上の溝１１以外の表面の少なくとも一部に剥離層８を形成する工程を行い、以下実施の形態１と同様な工程を順次行うものである。

【００８３】

本発明の実施の形態３よる製造方法によれば、実施の形態１で述べた構成、効果作用に加え、さらに剥離層８を溝１１以外の基材１表面の少なくとも一部に設けたことにより、後の基材から樹脂層を剥離して細線状焼結体を担時した単位複合シートを得る工程において、基材１からの細線状焼結体３の剥離が容易にすることができ、製造歩留まりが向上する。その結果、複合圧電体としての製造コストをさらに下げることが可能となる。

【００８４】

剥離層８としては、例えば図９に示したように表面の物理的形状を変化させ、剥離層とすることができる。より具体的には表面を疎面化して、樹脂層との物理的接触面積を小さくすることで、樹脂層の基材からの剥離性を向上させることが可能となる。

【００８５】

特に限定されるものではないが、例えばサンドブラスト法や研磨等で表面を物理的に疎面化する方法やエッチング等の化学的手法によって疎面化することが好ましい。

【００８６】

なお、本製造法によって表面に剥離層８を形成した基材１は、複合圧電体の製造にあたり、繰り返して利用することができるので、製造コストが高くなることは避けられる。

【００８７】

下記の実施の形態４から実施の形態６は、前記本発明第２番目の製造方法による複合圧電体に関するものである。

【００８８】

（実施の形態４）

以下、本発明の実施の形態に４ついて、図１０から図１３を用いて、工程ごとに詳細に説明する。

【００８９】

まず、（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、（ｂ）前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程として、図１０の斜視模式図に示したように、板状焼結圧電体３２としての縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をした、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とした板状焼結圧電体に、樹脂層２２として

縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をしたエポキシ樹脂層を形成した。より具体的には、前記板状焼結圧電体に縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000,日立化成製）２枚を片側より重ね合わせ、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１２０℃、１時間加熱することで前記樹脂接着層２２を前記板状焼結圧電体３２に接着した。

【００９０】

次に（Ｃ）前記樹脂層２２を具備した前記板状焼結圧電体３２に対し、前記樹脂層２２を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体３２を切断して複数本の細線状焼結圧電体３３とした。具体的には、前記樹脂層２２を具備した板状焼結圧電体３２に、ダイシング加工機を用い、幅０．０５ｍｍ、深さ０．０５ｍｍ～０．０６ｍｍの切り溝１１を、０．１ｍｍ間隔で１７０本形成した。その結果、図１１の斜視模式図のように、縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの樹脂層２２と、幅０．０５ｍｍ、厚み０．０５ｍｍ、長さ１７ｍｍの形状をもった１７０本の細線状焼結圧電体３３とからから成る単位複合シート５０を得た。

【００９１】

なお前記の機械加工の結果、１７０本の前記細線状焼結圧電体３３は、０．０５ｍｍの間隔をもって等間隔かつ平行に配列し、かつ下面は樹脂層２２と接着して担時されていた。

【００９２】

次に、前記（ａ）～（ｃ）の操作を複数回行い、同様な単位複合シートを１７０枚得た。

【００９３】

次に、（ｅ）複数枚の前記単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、（ｆ）積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化する工程として、前記の単位複合シートを１７０枚、細線状焼結圧電体が平行に成る向きに積層し、さらに最上部に縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000 日立化成）を２枚積層した。前記積層体を真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１７０℃、１時間加熱することで一体化させた。

【００９４】

なお一体化させ得られた積層体は、図１２の斜視模式図に示したように、一辺約１７ｍｍの立方体形状であって、縦０．０５ｍｍ、横０．０５ｍｍおよび長さ１７ｍｍの細線状焼結圧電体２８９００本（＝１７０×１７０）が、樹脂層２２によって等間隔かつ平行に固定担時されて成る複合圧電体６である。

【００９５】

次に（ｇ）前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断する工程として、前記工程を経て得られた積層体を、前記積層体中の細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割した。より具体的には、ワイヤーソウで切断することでこの複合圧電体６を所望の厚さに調整することができる。前記複合圧電体６の厚み方向にスライスし、図１３の斜視模式図に示したような任意厚みの複数個の複合圧電体９に分割することができた。

【００９６】

本発明の製造方法は、任意形状の細線状焼結圧電体３３を樹脂層２２上に、任意な数および位置に配置した単位複合シート５０を任意の数一体化させることで複合圧電体６を得ることができる。

【００９７】

複合シート５０中の細線状焼結圧電体３３の径もしくは厚みおよび幅は、用いる板状焼結圧電体３２の厚み、および板状焼結圧電体３２に形成する切断溝１１の深さ、幅によって決定される。

【００９８】

また細線状焼結圧電体３３の長さは用いる板状焼結圧電体３２の大きさによって決定される。

【００９９】
求める複合圧電体６中の細線状焼結圧電体３３の形状および数に合わせ、用いる板状焼結圧電体３２の厚み、大きさ、および切断溝１１の深さ、幅、さらには切断溝の数を任意に調整すれば、任意の形状および数の細線状焼結圧電体３３を樹脂層２２上の任意の位置に配置担時させた単位複合シート５０を得ることができる。
【０１００】
さらに本発明の製造方法では、これら任意形状および数の細線状焼結圧電体３３は樹脂層２２よって任意の位置に固体担時されており、その位置が拘束されるので、その後の積層一体化において配置した位置が変わることがない。
【０１０１】
さらに図１２における複合圧電体６中の細線状焼結圧電体３３の縦方向の間隔は、単位複合シート５０中の樹脂層２２の厚みで決定される。すなわち、樹脂層２２の厚みを調整することで細線状焼結圧電体３３の縦方向の間隔も任意に調整することが可能である。
【０１０２】
以上の構成による本発明を用いれば、従来の技術ではその形成が困難であった極めて微細な細線状焼結圧電体を容易に製造でき、さらに微細がゆえに取り扱いが困難であった細線状焼結圧電体を最終製品である複合圧電体６中の任意の如何なる位置へも容易に配置することが可能となる。
【０１０３】
また、従来の圧電材料を直接加工する方法では、細線状焼結圧電体の長さ方向分だけ加工する必要があるのに対し、本発明で形成する切断溝１１の深さは、板状焼結圧電体の厚み分、言い換えるならば求める複合圧電体中の細線状焼結圧電体の径の分だけの浅いものでよい。したがって従来の加工に比較して加工が極めて容易である。また製造には機械加工等の従来から技術を用いることができる。
【０１０４】
また単位複合シート５０を積層一体化する方法を採ったことにより、良質な単位複合シート５０のみを選択して積層一体化させることができ、複合圧電体としての製造歩留まりを向上させることが可能である。
【０１０５】
また得られた複合圧電体を細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割することで、図１３の斜視模式図に示したような、複数個の複合圧電体を得ることができるため、生産性が向上し、より低いコストで複合圧電体を製造することが可能となる。
【０１０６】
また研磨することでこの複合圧電体９を所望の厚さに調整することができる。
【０１０７】
以上説明した構成及び作用、効果により本発明による製造方法を用いれば、任意な微細構造を持つ複合圧電体を低いコスト実現することが可能となる。
【０１０８】
なお切断溝１１の形成にあたっては、特にダイシング加工の方法に限定されるものではなく、従来技術であるレーザー加工による方法やサンドブラストによる方法を採っても構わない。
【０１０９】
（実施の形態５）
以下、本発明の実施の形態５について、図１４および図１５を用いて詳細に説明する。
【０１１０】
本発明の実施の形態５による複合圧電体は、前記実施の形態４の構成に加え、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部が存在している。
【０１１１】
前記実施の形態４において示した製造方法に加え、積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化させる。より具体的には、前記実施の形態４の（ａ）～（ｆ）工程を順次行い、

得られた複合積層体の空隙部分にエポキシ樹脂（アラルダイトスタンダード：チバガイギー）を、減圧下（13.32Pa(0.1Torr)以下）で含浸させ、常温で１２時間放置させることで硬化させ含浸硬化樹脂部２３とし、図１４に示した斜視模式図のような複合圧電体６を得た。

【０１１２】

また実施の形態４と同様に、研磨もしくは切断することでこの複合圧電体６を所望の厚さに調整することができた。

【０１１３】

また前記実施の形態４の（ｇ）工程に示した方法と同様な方法により、複合圧電体６の厚み方向にスライスし、任意の厚みの複数個の複合圧電体９分割することができる（図１５）。

【０１１４】

本発明実施の形態５によれば、前記実施の形態４による効果作用に加え、さらに積層体の空隙部分に樹脂を含浸硬化させ、含浸硬化樹脂部を具備させた結果、研磨時もしくは切断分割時における細線状焼結圧電体３３の欠落が起き難く、製造歩留まりが向上する。

【０１１５】

また、含浸硬化樹脂部を具備させたことで、複合圧電体としての物性値を任意に調整することが可能となる。なお、含浸硬化させる樹脂は、エポキシ樹脂に限定されるものでなく、シリコン樹脂、ウレタン樹脂等であっても構わない。求める複合圧電体の密度、音速等の物性値にあわせ任意に選択することができる。

【０１１６】

（実施の形態６）

以下、本発明の実施の形態６について、図１６Ａ－Ｂを用いて詳細に説明する。

【０１１７】

本発明実施の形態６による複合圧電体は、前記実施の形態４の構成に加え、前記樹脂層が複数の樹脂層で形成される。

【０１１８】

（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、（ｂ）前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程として、板状焼結圧電体１としての縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をした、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とした板状焼結圧電体に、樹脂層２として縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をした樹脂層を形成した。より具体的には、前記板状焼結圧電体に縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000 日立化成）１枚を片側より重ね合わせ、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１７０℃、１時間加熱することで前記樹脂接着シートを前記板状焼結圧電体に接着することで樹脂層とした。すなわち、ここまでの工程は樹脂層の厚みを０．０２５ｍｍとしたことおよび加熱温度を１７０℃にしたこと以外、前記実施の形態４と同様である。

【０１１９】

次に（ｃ）前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程として、前記実施の形態と同様な方法で，板状焼結圧電体に切断溝を形成し、縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの樹脂層２２と、幅０．０５ｍｍ、厚み０．０５ｍｍ、長さ１７ｍｍの形状をもった１７０本の細線状焼結圧電体からなる複合シートを得た。なお前記の機械加工の結果、１７０本の前記細線状焼結圧電体３３は、０．０５ｍｍの間隔をもって等間隔かつ平行に樹脂層２２によって担時されている。

【０１２０】

（ｄ）前記（ａ）～（ｃ）の操作を複数回行い、同様な複合シートを１７０枚得た。

【０１２１】

（ｅ）複数枚の複合シートを積層する際に、前記各複合シート間に接着樹脂シートを挟んで積層する工程として、前記の１７０枚の複合シートを、各複合シートの間に接着樹脂シートとしての縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍ形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：ＨＡＦＰ４　日立化成）を各１枚（合計１６９枚）挟んで、細線状焼結圧電体が平行に成る向きに積層した。さらに前記積層したものの最下部に同エポキシ系樹脂接着シート（品番：ＨＡＦＰ４　日立化成）を１枚、また際上部に２枚配置させた。

【０１２２】

（ｆ）積層した複数枚の前記複合シートを一体化する工程として、積層した前記積層体を真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ８０℃、１分間加熱し、さらに１７０℃に３０分間かけ昇温し、３０分間加熱保持させることで一体化させた。

【０１２３】

なお一体化させ得られた積層体は、実施の形態４と同様に、一辺約１７ｍｍの立方体形状であって、縦０．０５ｍｍ、横０．０５ｍｍおよび長さ１７ｍｍの細線状焼結圧電体２８９００本（＝１７０×１７０）が、樹脂層２２によって等間隔かつ平行に固定担時されて成る複合圧電体である。

【０１２４】

（ｇ）前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断する工程として、実施の形態４と同様に、前記工程を経て得られた積層体を、前記積層体中の細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割した。より具体的には、ワイヤーソウで切断することでこの複合圧電体を所望の厚さに調整することができる。前記一体化させた複合圧電体の厚み方向にスライスし、図１６Ａの斜視模式図に示したような任意の厚みの複数個の複合圧電体９に分割することができた。

【０１２５】

本発明実施の形態６によれば、前記実施の形態４による効果作用に加え、さらに樹脂層を複数の樹脂層としたことで、細線状焼結圧電体の配置精度を向上されること、積層一体化させる際の歩留まりを向上させることができる。一般に入手される接着を目的としたエポキシ樹脂シートは、硬化反応の過渡状態で製品化されている。通常完全に硬化させた後は接着性がなくなるか、著しく低下する。本実施の形態６ではまず第一の樹脂層を用い、かつ樹脂層を完全に硬化させることで、板状焼結圧電体との接着をより高いものとした。さらに第二の樹脂層として別の接着樹脂シートを用い、各単位複合シートを積層、接着一体化させた構成とした。この構成としたことで、第一の樹脂層を完全硬化させることで単位複合シート中の細線状焼結圧電体３３の固定配置をより完全なものとし、かつ第二の樹脂層を用いたことにより、その後の積層一体化も十分行うことができる。その結果として、製造歩留まりが向上し、複合圧電体としての製造コストを低くすることが可能となる。さらに、本発明によれば、樹脂層を複数層で形成することが可能になった結果、従来に比較して、複合圧電体の物性値の調整が、より自由度をもって可能となる。

【０１２６】

なお、特に限定するものではないが、第二の樹脂層として用いられる接着樹脂シートは、第一の樹脂層に比較して低温度で接着性を示すものを選択することがより好ましい。

【０１２７】

なお、第二の樹脂層として接着剤を塗布して形成した接着層であっても構わない。

【０１２８】

なお、樹脂層は、２層に限定されるものでなく、２層以上であっても構わない。

【０１２９】

なお、本実施の形態６の上記（ｆ）の工程に引き続き、前記実施の形態５と同様な操作により、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部を具備させ、図１６Ｂの斜視模式図に示したような複合圧電体９とすることができた。この構成をとった場合、前記の効果作用に加え、実施の形態５で示した効果も得ることができた。

【０１３０】
（実施の形態７）
本実施の形態は、前記本発明の第３番目の製造方法による複合圧電体に関するものである。
【０１３１】
以下、本発明の実施の形態７について、図１７Ａ－Ｂを用いて詳細に説明する。
【０１３２】
まず、（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、（ｂ）前記板状焼結圧電体を、接着シートにより基材に仮固定する工程として、図１７Ａの斜視模式図に示したように、板状焼結圧電体３２としての縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をした、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とした板状焼結圧電体を、基材１としてのガラス板（厚み５ｍｍ）に、接着シート４２としての熱剥離シート（品番：リバアルファ３１９５Ｍ　日東電工製）を用い仮固定した。
【０１３３】
次に（ｃ）前記板状焼結圧電体に対し、平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程として、
前記ガラス板上に仮固定された板状焼結圧電体に、ダイシング加工機を用い、幅０．０５ｍｍ、深さ０．０５ｍｍ～０．０６ｍｍの切り溝を、０．１ｍｍ間隔で１７０本形成した。その結果、図１７Ｂの斜視模式図のように、幅０．０５ｍｍ、厚み０．０５ｍｍ、長さ１７ｍｍの形状をもった１７０本の細線状焼結圧電体が、熱剥離シートにより担持されたガラス板を得た。１１は切断溝である。
【０１３４】
なお前記の機械加工の結果、１７０本の前記細線状焼結圧電体３３は、０．０５ｍｍの間隔をもって等間隔かつ平行に配列して担時されていた。
【０１３５】
次に（ｄ）基材に仮固定された複数本の前記細線状焼結圧電体を、樹脂層としての樹脂シートに転写する工程として、図１７Ｃの斜視模式図に示したように、前記ガラス板上に前記配列担持された細線状焼結圧電体３３の上部表面に、縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000,日立化成製）を２枚配置し、３kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ、１２０℃、１時間加熱した。加熱の結果、前記エポキシ系樹脂接着シートと細線状焼結圧電体との間の接着効果、および前記熱剥離シートの発泡効果によるガラス板と細線状焼結圧電体との間での剥離効果の相乗効果により、細線状焼結圧電体が樹脂層２２としてのエポキシ系樹脂接着シートに転写された。
【０１３６】
その結果、図１７Ｄに示した斜視模式図のような複合シート５０を得た。
【０１３７】
なお前記までの操作の結果、１７０本の前記細線状焼結圧電体３３は、樹脂層２２上に、０．０５ｍｍの間隔をもって等間隔かつ平行に配列し、接着担時されていた。
【０１３８】
前記（ａ）～（ｄ）の操作を複数回行い、同様な複合シートを１７０枚得た。
【０１３９】
得られた１７０枚の複合シートを前記実施の形態４と同様な方法で一体化することで、実施の形態４と同様な複合圧電体、すなわち図１２の斜視模式図に示したような一辺約１７ｍｍの立方体形状であって、縦０．０５ｍｍ、横０．０５ｍｍおよび長さ１７ｍｍの細線状焼結圧電体２８９００本（＝１７０×１７０）が、樹脂層２２によって等間隔かつ平行に固定担時されて成る複合圧電体６を得た。
【０１４０】
さらに得られた積層体を、前記実施の形態４と同様な方法で分割することで、実施の形態４と同様な複数個の複合圧電体を得た。
【０１４１】

本実施例によれば、前記実施の形態４～実施の形態６の効果に加え、複合シートを製造する際に、事前に板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程を省くことができる。また、板状焼結圧電体に樹脂層を形成する際に生じる板状焼結圧電体の破損を防止でき、製造歩留まりを向上させる効果がある。

【０１４２】

なお、本実施の形態により得た切断分割前の複合圧電体に、前記実施の形態５で説明した方法と同様な方法により、含浸硬化樹脂部を形成し、実施の形態５と同様な効果作用を得ることができる。

【０１４３】

なお、本実施の形態により得られた複合シートを、前記の実施の形態６と同様な方法により、別の接着樹脂シートを用いて積層し、複合圧電体を形成することで、実施の形態６で説明した効果と同様な効果を得ることができる。

【０１４４】

（実施の形態８）

本実施の形態は、前記の本発明の第４番目の製造方法による複合圧電体に関するものである。

【０１４５】

以下、本発明の実施の形態８について、図１８Ａ－Ｂを用いて詳細に説明する。

【０１４６】

まず、（ａ）前記の実施の形態４で説明した方法と同様な方法により複合シート５０を得た。すなわち、準備した複合シートは、縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの樹脂層２上に、幅０．０５ｍｍ、厚み０．０５ｍｍ、長さ１７ｍｍの形状をもった１７０本の細線状焼結圧電体が整列担持された複合シート５０である。この複合シート５０に図１８Ａの斜視模式図に示したように、整列配置された細線状焼結圧電体３３の上部に、樹脂層２２として縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ樹脂層、より具体的には、前記板状焼結圧電体に縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000,日立化成製）を配置させた。

（ｂ）細線状焼結圧電体が、前記複合シート中の樹脂層と前記樹脂シートに挟持されるように一体化して積層単位複合シートとする工程として、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）で、上下面より１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１２０℃、１時間加熱すること一体化し、図１８Ｂの斜視模式図に示したような積層単位複合シート５１を得た。得られた積層単位複合シートの形状は、おおよそ縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．１００ｍｍであって、樹脂層２２内部に、幅０．０５ｍｍ、厚み０．０５ｍｍ、長さ１７ｍｍの形状をもった１７０本の細線状焼結圧電体が０．０５ｍｍの間隔をもって整列担持された積層単位複合シートである。

（ｃ）次に、前記（ａ）および（ｂ）の操作を複数回行い、同様な積層単位複合シートを１７０枚得た。

【０１４７】

次に（ｄ）複数枚の前記積層単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が平行になるように１７０枚積層し、（ｅ）積層した複数枚の前記積層単位複合シートを一体化する工程として、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）で、上下面より１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１７０℃、１時間加熱することで一体化させた。

【０１４８】

なお一体化させ得られた積層体は、図１８Ｃの斜視模式図に示したように、一辺約１７ｍｍの立方体形状であって、縦０．０５ｍｍ、横０．０５ｍｍおよび長さ１７ｍｍの細線状焼結圧電体２８９００本（＝１７０×１７０）が、樹脂層２２によって等間隔かつ平行に固定担時されてなる複合圧電体６である。

【０１４９】

本実施の形態による積層単位複合シートを用い、積層一体化した複合圧電体には、基本的

に空隙部分がなく、実施の形態５で述べた方法のように積層一体化の後、樹脂を含浸硬化することをせずに、空隙部の少なく切断分割に際して強靭な複合圧電体を容易に得ることができる。よって製造コストを削減することが可能である。

【０１５０】

なお、本実施の形態による方法においては、前記までのどの方法によって得られた複合シートを用いることができる。本実施の形態の説明においては、前記実施の形態４の方法によった複合シートを用いたが、実施の形態１に説明したような基材上で焼結させることで製造した細線状焼結体３による複合シートや、実施の形態７で説明したような方法で製造した複合シートを用いてもよい。

【０１５１】

以下の本実施の形態９および１０は、前記の本発明の第５番目の製造方法による複合圧電体に関するものである。

【０１５２】

（実施の形態９）

（ａ）二枚の複合シート準備する工程として、前記の実施の形態７と加工形状以外は同等な方法により複合シートを製造した。

【０１５３】

より具体的には、板状焼結圧電体３２としての縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をした、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とした板状焼結圧電体を、基材１としてのガラス板（厚み５ｍｍ）に、接着シート４２としての熱剥離シート（品番：リバアルファ３１９５Ｍ　日東電工製）を用い仮固定し、仮固定した前記板状焼結圧電体に、ダイシング加工機を用い、幅０．０７ｍｍ、深さ０．０５ｍｍ～０．０６ｍｍの切り溝を、０．１２ｍｍ間隔で形成した。この結果、前記板状焼結圧電体は、幅０．０５ｍｍの細線状焼結圧電体、１４２本に分割され、かつ前記１４２本の細線状焼結圧電体は、間隔０．０７ｍｍ（＝０．１２－０．０５ｍｍ）をもって等間隔かつ平行に配列していた。基材に仮固定された１４２本の前記細線状焼結圧電体に、樹脂層としての樹脂シート（縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート　品番：T2000,日立化成製）を上部より配置し、３kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１２０℃、１時間加熱転写した。その結果、図１９Ａの斜視模式図に示したような複合シート５０を得た。

（ｂ）２枚の前記複合シート５０を一方の複合シート表面上に配列された細線状焼結圧電体が、他方の複合シート表面上に配列された細線状焼結圧電体の間に配置されるように対向させ一体化して積層単位複合シートとした。より具体的には、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）で、対向させた上下面より１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１２０℃、１時間加熱すること一体化し、図１９Ｂの斜視模式図に示したような積層単位複合シート５１を得た。得られた積層単位複合シートの形状は、おおよそ縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．１００ｍｍであって、樹脂層２２内部に、幅０．０５ｍｍ、厚み０．０５ｍｍ、長さ１７ｍｍの形状をもった２８４本（＝１４２×２本）の細線状焼結圧電体が約０．０１ｍｍの間隔をもって整列担持された複合シート５１である。

（ｃ）前記（ａ）～（ｂ）の操作を複数回繰り返すことにより前記両樹脂層の間に、前記積層単位複合シートを１７０枚製造した。

次に（ｄ）複数枚の前記積層単位複合シートを前記各細線状焼結圧電体が平行になるように１７０枚積層し、

（ｅ）積層した複数枚の前記積層単位複合シートを一体化する工程として、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）で、上下面より１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１７０℃、１時間加熱することで一体化させた。

【０１５４】

結果として得られた積層体は、図２０の斜視模式図に示したように、一辺約１７ｍｍの立方体形状であって、縦０．０５ｍｍ、横０．０５ｍｍおよび長さ１７ｍｍの細線状焼結圧電体４８２８０本（＝２８４×１７０）が、樹脂層２２によって等間隔かつ平行に固定担

時されて成る複合圧電体６である。
【０１５５】
さらに得られた積層体を、前記実施の形態４と同様な方法で分割することで、実施の形態４同様な複数個の複合圧電体を得た。
【０１５６】
本実施例によれば、前記実施の形態４～実施の形態７の効果に加え、細線状焼結圧電体間の間隔をより小さくすることが可能となる。
【０１５７】
現在の機械加工の技術では、前記のようなごく薄い圧電焼結体に小さい幅の切溝１１を入れる加工を考えた際、切溝の幅は、０．０４ｍｍ程度が限界もしくは、可能であっても歩留まりが著しく悪くなると考えられる。そのことから考えると、前記実施の形態４～７までの方法では、おのずと得られる複合圧電体中の細線状焼結圧電体の間隔を、前記０．０４ｍｍ以下にすることは困難である。
【０１５８】
しかしながら、本実施の形態による方法によれば、比較的幅の広い切溝（本実施の形態では、０．０７ｍｍ）を有す複合シート２枚を、対向させ一体化することで、一方の複合シート中の切溝内に、他方の複合シート中の細線状焼結圧電体を配置することができるので、結果として狭い間隔（本実施の形態においては、約０．０１ｍｍ）で細線状焼結圧電体を配置した複合圧電体を製造することができる。
【０１５９】
なお、本実施の形態に用いる複合シートは、前記実施の形態７によるものに限ったものではなく、他の実施の形態によって得られた複合シートを用いてもよい。
【０１６０】
なお、本実施の形態により得られた積層単位複合シートを、前記の実施の形態６と同様な方法により、別の接着樹脂シートを用いて積層し、複合圧電体を形成することもでき、実施の形態６で述べた効果と同様な効果を得ることができる。
【０１６１】
（実施の形態１０）
前記実施の形態９と全く同様な材料および方法により得られた切断分割前の複合圧電体に対し、前記実施の形態５で述べた材料および方法により、含浸硬化樹脂部を形成した。より具体的には、実施の形態５と同様に得られた複合積層体５の空隙部分にエポキシ樹脂（アラルダイトスタンダード：チバガイギー）を、減圧下（13.32Pa(0.1Torr)以下）で含浸させ、常温で１２時間放置させることで硬化させ含浸硬化樹脂部とした。
【０１６２】
本実施の形態によれば、前記実施の形態９に述べた効果作用に加え、実施の形態５に述べた効果作用を得ることができる。
【０１６３】
なお、前記いずれの実施の形態においても、複数枚の前記複合シートもしくは複数枚の前記積層単位複合シートを一体化させる方法が、個々の複合シートもしくは積層単位複合シート間に樹脂を含浸させ硬化させる方法であっても構わない。また一体化をより確実なものとする目的で、前記までの実施の形態で得られる複合圧電体に、個々の複合シートもしくは積層単位複合シート間に樹脂を含浸させ硬化させる方法を付加してもよい。
【０１６４】
（実施の形態１１）
以下、本実施の形態１１について、図２１Ａ－Ｂを用いて詳細に説明する。
【０１６５】
本実施の形態１１は、（ｃ）板状焼結圧電体に対し平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程において、切溝の形成にサンドブラスト工法を用いたこと以外は、基本的に前記の実施の形態４～１０と同様なものである。

【０１６６】
まず、（ａ）厚みが１０～５００μｍの範囲である板状焼結圧電体を準備し、（ｂ）前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程として、図１０の斜視模式図に示したように、板状焼結圧電体３２としての縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をした、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とした板状焼結圧電体に、樹脂層２２として縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの形状をしたエポキシ樹脂層を形成した。より具体的には、前記板状焼結圧電体に縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000,日立化成製）２枚を片側より重ね合わせ、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１２０℃、１時間加熱することで前記樹脂接着シートを前記板状焼結圧電体に接着することで樹脂層とした。

【０１６７】
次に（Ｃ）前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程として、サンドブラスト工法を用い、切溝１１を形成した。

【０１６８】
より具体的には、樹脂層２２を具備した板状焼結圧電体３２表面に、図２１Ａに示したように、０．０５０ｍｍ幅のレジスト層１０を０．０５０ｍｍ間隔をもって（すなわちピッチ０．１０ｍｍ）形成した。すなわち１７ｍｍ角の板状焼結圧電体表面に、幅０．０５ｍｍ×長さ１７ｍｍのレジスト層１０、約１７０本を、０．０５ｍｍの間隔をもって平行に形成した。

【０１６９】
次にレジスト層１０の開口部より（図面上方より）微細なセラミック粉を吹き付けることで、レジスト層１０が形成されていない部分の焼結圧電体に切溝１１を形成した。

【０１７０】
前記のサンドブラスト工法による加工の結果、図２１Ｂに示したように、断面形状が上辺約０．０５ｍｍ、底辺約０．０６５および高さ０．０５ｍｍの台形をした細線状焼結圧電体３３が１７０本と、縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０５ｍｍの樹脂層２２とから成る複合シートを得た。１１は切断溝である。

【０１７１】
前記のサンドブラスト加工の結果、１７０本の前記細線状焼結圧電体３３は、平均約０．０５ｍｍの間隔（狭い部分約０．０３５ｍｍの間隔、広い部分約０．０６５ｍｍの間隔）をもって、等間隔かつ平行に配列し、かつ下面は樹脂層２２と接着して担時されていた。

【０１７２】
次に、前記（ａ）～（ｃ）の操作を複数回行い、同様な複合シートを１７０枚得た。

【０１７３】
次に、（ｅ）複数枚の前記複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、（ｆ）積層した複数枚の前記複合シートを一体化する工程として、前記の複合シートを１７０枚、細線状焼結圧電体が平行になる向きに積層し、さらに最上部に縦１７ｍｍ、横１７ｍｍおよび厚み０．０２５ｍｍの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：T2000 日立化成）を２枚積層した。前記積層体を真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、１０kg/ｃｍ^{2}の圧力をかけ１７０℃、１時間加熱することで一体化させた。

【０１７４】
なお一体化させ得られた積層体は、一辺約１７ｍｍの立方体形状であって、断面形状が上辺約０．０５ｍｍ、底辺約０．０６５および高さ０．０５ｍｍの台形をし、長さが約１７ｍｍの細線状焼結圧電体が２８９００本（＝１７０×１７０）が、平均約０．０５ｍｍの間隔（狭い部分約０．０３５ｍｍの間隔、広い部分約０．０６５ｍｍの間隔）をもって、樹脂層２２によって等間隔かつ平行に固定担時されて成る複合圧電体である。

【０１７５】
次に（ｇ）前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断する工程として、前記

工程を経て得られた積層体を、前記積層体中の細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割した。より具体的には、ワイヤーソウで切断することでこの複合圧電体を所望の厚さに調整することができる。前記複合圧電体６の厚み方向にスライスし、図１３の斜視模式図に示したような任意厚みの複数個の複合圧電体９に分割することができる。

【０１７６】

本発明の製造方法は、任意形状の細線状焼結圧電体３３を樹脂層２２上に、任意な数および位置に配置した単位複合シートを任意の数一体化させることで複合圧電体６を得ることができる。

【０１７７】

なお、本実施の形態により得た切断分割前の複合圧電体に、前記実施の形態５で述べた方法と同様な方法により、含浸硬化樹脂部を形成し、実施の形態５と同様な効果作用を得ることができる。

【０１７８】

なお、本実施の形態により得られた複合シートを、前記の実施の形態６と同様な方法により、別の接着樹脂シートを用いて積層し、複合圧電体を形成することで、実施の形態６で述べた効果と同様な効果を得ることができる。

【０１７９】

本実施例によれば、前記実施の形態４～実施の形態６の効果に加え、複合シートを製造する際に、サンドブラスト工法を用いたことにより、加工がより効率的にでき、したがって製造コストを削減することが可能となる。

【０１８０】

（実施の形態１２）

本発明実施の形態１２による複合圧電体は、前記実施の形態１１の構成に加え、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部が存在している。

【０１８１】

前記実施の形態１１において示した製造方法に加え、積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化させる。より具体的には、前記実施の形態４の（ａ）～（ｆ）の工程を順次行い、得られた複合積層体の空隙部分にエポキシ樹脂（アラルダイトスタンダード：チバガイギー）を、減圧下（13.32Pa(0.1Torr)以下）で含浸させ、常温で１２時間放置させることで硬化させ含浸硬化樹脂とした。

【０１８２】

また他の実施の形態と同様に、研磨もしくは切断することでこの複合圧電体を所望の厚さに調整することができる。

【０１８３】

また他の前記実施に示した方法と同様な方法により、複合圧電体の厚み方向にスライスし、任意の厚みの複数個の複合圧電体に分割することができる。

【０１８４】

本発明の実施の形態１２によれば、前記実施の形態１１による効果作用に加え、さらに積層体の空隙部分に樹脂を含浸硬化させ、含浸硬化樹脂部を具備させた結果、研磨時もしくは切断分割時における細線状焼結圧電体の欠落が起き難く、製造歩留まりが向上する。

【０１８５】

また、含浸硬化樹脂部を具備させたことで、複合圧電体としての物性値を任意に調整することが可能となる。なお、含浸硬化させる樹脂は、エポキシ樹脂に限定されるものでなく、シリコン樹脂、ウレタン樹脂等であっても構わない。求める複合圧電体の密度、音速等の物性値にあわせ任意に選択することができる。

【０１８６】

【実施例】

（実施例１）

前記実施の形態１で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状も

った複合圧電体とした。すなわち、前記形状寸法中に、平均０．０６５ｍｍ角×長さ０．３ｍｍの細線状焼結圧電体約１２３００本が、それぞれ０．０７ｍｍの間隔を持って、樹脂中に整列担持された１-３型複合圧電体を得た。

【０１８７】

（実施例２）

前記実施の形態４で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。すなわち、前記形状寸法中に、平均０．０５ｍｍ角×長さ０．３ｍｍの細線状焼結圧電体約２２５００本が、それぞれ０．０５ｍｍの間隔を持って、樹脂中に整列担持されかつ、空隙部分を有した１-３型複合圧電体を得た。

【０１８８】

（実施例３）

前記実施の形態５で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。すなわち、この実施例３における複合圧電体は、空隙部分にエポキシ樹脂を含浸硬化させた以外は、実施例２と同様な１-３型複合圧電体である。

【０１８９】

（実施例４）

前記実施の形態５と基本的に同様な製造方法によったが、空隙部分に含浸硬化させる樹脂として、エポキシ樹脂の代わりに、シリコン樹脂（ＣＹ５２－２２７Ａ／Ｂ　東レダウコーニングシリコン）を減圧下（13.32Pa(0.1Torr)以下）で含浸させ、１５０℃、１時間加熱すること硬化させ含浸硬化樹脂部とした。すなわち、この実施例４における複合圧電体は、空隙部分にシリコン樹脂を含浸硬化させた以外は、実施例２と同様な１-３型複合圧電体である。

【０１９０】

（実施例５）

前記実施の形態６で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。この実施例５による複合圧電体は、複合シートを積層一体化させる際に、前記複合シート中の樹脂層とは別の接着樹脂シートを用いたこと以外は、実施例２と同様な１-３型複合圧電体である。すなわち、前記形状寸法中に、平均０．０５ｍｍ角×長さ０．３ｍｍの細線状焼結圧電体約２２５００本が、それぞれ０．０５ｍｍの間隔を持って、樹脂中に整列担持されかつ、空隙部分を有した１-３型複合圧電体であり、形状としては、前記実施例２と同等なものである。

【０１９１】

（実施例６）

前記実施の形態７で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。この実施例６による複合圧電体は、複合シート製造する際に、基材上に仮固定した細線状焼結圧電体を樹脂シートに転写して製造したこと以外は、実施例２と同様な１-３型複合圧電体である。すなわち、前記形状寸法中に、平均０．０５ｍｍ角×長さ０．３ｍｍの細線状焼結圧電体約２２５００本が、それぞれ０．０５ｍｍの間隔を持って、樹脂中に整列担持されかつ、空隙部分を有した１-３型複合圧電体であり、形状としては、前記実施例２と同等なものである。

【０１９２】

（実施例７）

前記実施の形態８で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。この実施例７による複合圧電体は、一体化した積層単位複合シートを積層一体化したことを特徴とする。内部構造（細線状焼結圧電体の数、配置）は前記

実施例２と同等なものであるが、空隙部は有せず、樹脂層として用いたエポキシ樹脂が充填されている構造となっている。

【０１９３】

（実施例８）

前記実施の形態９で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。すなわち、前記形状寸法中に、平均０．０５ｍｍ角×長さ０．３ｍｍの細線状焼結圧電体約３７５００本が、横方向（複合シート中の細線状焼結圧電体の配列方向）に平均０．０１ｍｍの間隔、縦方向（複合シートの積層方向）に０．０５ｍｍの間隔をもって、樹脂中に整列担持されかつ空隙部分を有した１-３型複合圧電体を得た。

【０１９４】

（実施例９）

前記実施の形態１０で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。すなわち、この実施例９における複合圧電体は、空隙部分にエポキシ樹脂を含浸硬化させた以外は、実施例８と同様な１-３型複合圧電体である。

【０１９５】

（実施例１０）

前記実施の形態１１で示した製造法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、立て１５ｍｍ×横１５ｍｍ厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状をもった複合圧電体とした。すなわち、前記形状寸法中に、断面形状が上辺約０．０５ｍｍ、底辺約０．０６５および高さ０．０５ｍｍの台形をし、長さが約１７ｍｍの細線状焼結圧電体が２８９００本（＝１７０×１７０）が、それぞれ平均約０．０５ｍｍの間隔（狭い部分約０．０３５ｍｍの間隔、広い部分約０．０６５ｍｍの間隔）を持って、樹脂中に整列担持されかつ、空隙部分を有した１-３型複合圧電体を得た。

【０１９６】

（実施例１１）

前記実施の形態１２で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）０．３ｍｍの形状もった複合圧電体とした。すなわち、この実施例１１における複合圧電体は、空隙部分にエポキシ樹脂を含浸硬化させた以外は、実施例１０と同様な１-３型複合圧電体である。

【０１９７】

（比較例）

実施例２～１１に、用いた板状焼結圧電体であるＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）材料の物性値を示した。

【０１９８】

得られた上記１１種類の複合圧電体は共に全体の形状（縦１５ｍｍ×横１５ｍｍ×厚み０．３ｍｍ）は同じである。

【０１９９】

得られた複合圧電体の形状および重さから、それぞれの複合圧電体としての密度を算出した。

【０２００】

得られた上記１１種類の複合圧電体の両側面（細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する面）にスパッタ装置を用いて、それぞれの金を０．２μｍの厚みで形成し電極とした。

【０２０１】

さらに両電極間に、２５０Ｖの電圧を大気１７０℃雰囲気中で３０分間印加し、分極処理し、測定用素子とした。

【０２０２】

得られた１１種類の測定用素子の周波数特性を測定評価し、密度および電気機械結合係数

（Ｋｔ）の物性値を算出した。

【０２０３】

また、各複合圧電体中のＰＺＴ体積占有率（複合圧電体全体の体積に対するＰＺＴ体積の割合）を示す。

【０２０４】

実施例１～１１の複合圧電体および比較例の物性値を次の表１に示す。

【０２０５】

【表１】

	密　度 (g/cm^3)	電気機械結合係数 ｋｔ（－）	ＰＺＴ体積占有率 （－）
実施例１	２．２５	０．６２	０．２３
実施例２	２．５０	０．７０	０．２５
実施例３	２．７８	０．６５	０．２５
実施例４	２．８１	０．６８	０．２５
実施例５	２．４８	０．６６	０．２５
実施例６	２．５０	０．６８	０．２５
実施例７	２．７５	０．６６	０．２５
実施例８	３．６８	０．６５	０．４２
実施例９	３．７１	０．６４	０．４２
実施例１０	２．７１	０．６９	０．２９
実施例１１	２．９３	０．６９	０．２９
比較例(PZT)	７．７	０．５０	－

【０２０６】

表１から判るように、本発明による複合圧電体は、比較例に比べ機械結合定数が向上している。また表から判るように、本発明による製造方法によれば、複合圧電体中のＰＺＴ体積占有率を広い範囲で任意に調整できるので、したがって複合圧電体の密度も広い範囲で調整が可能である。

【０２０７】

（実施例１２）

本発明により得られた複合圧電体９のうち、電気機械結合係数ｋｔが０．６９であった複合圧電体に、図２２に示したように、超音波放射面に樹脂とセラミックスフィラーより成る音響整合層９０を設け、さらに他方には、鉄粉とゴムから成るバッキング材９１を設けた。さらに複合圧電体の両面に設けた電極９２のうち、複合圧電体９の超音波放射面側の電極を接地とし、他方側の電極を駆動電極として送受信回路９３に接続した。

【０２０８】

前記のように構成した超音波探触子１００は、複合圧電体９の代わりに電気機械係数ｋｔが０．５０である圧電セラミックスを用いた同様な構成の超音波探触子に比較して、約５０％以上の広帯域化が実現できた。

【０２０９】

（実施例１３）

本実施例は前記実施例１２で述べた本発明による複合圧電体を用いた超音波探触子による超音波診断装置である。

【０２１０】

図２３に示したように、実施例１２で述べた超音波探触子１００を、送信部９４、受信部９５、コントロール部９６、画像構成部９７および画像表示装置９８から成る超音波診断装置本体１０１に接続した。従来比約５０％以上の広帯域化が実現された超音波探触子の

効果により、高分解能化が実現した超音波診断装置が得られた。

【０２１１】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、任意形状の細線状焼結圧電体を樹脂層上に、任意な数および位置に配置した単位複合シートを任意の数一体化させることで複合圧電体を得ることができる。さらに本発明の製造方法では、これら任意形状および数の細線状焼結圧電体は樹脂層よって任意の位置に固体担時されており、その位置が拘束されるので、その後の積層一体化において配置した位置が変わることがない。樹脂層の厚みを調整することで細線状焼結圧電体の縦方向の間隔も任意に調整することが可能である。

【０２１２】

またエッチング等の方法を用いた従来の製造方法に比較して短時間で製造することが可能であり、高価な設備も必要としない。

【０２１３】

また、本発明の製造方法のうち、基材上に微細な焼結体を形成する方法においては、繰り返し使用が可能な基材を用いることで、従来技術のように型を消失させるといった材料面での無駄がない。

【０２１４】

また、本発明の製造方法の内、板状焼結圧電体に機械加工する方法においては、従来の圧電材料を直接加工する方法では、細線状焼結圧電体の長さ方向分だけ加工する必要があるのに対し、本発明で形成する切断溝の深さは、板状焼結圧電体の厚み分、言い換えるならば求める複合圧電体中の細線状焼結圧電体の径と同等の浅いものでよい。したがって従来の加工に比較して加工が極めて容易である。

【０２１５】

また、複合シートを一体化して新たな積層単位複合シートを形成する方法を採れば、さらに微細な形状の複合圧電体を得ることができる。

【０２１６】

また、単位複合シートもしくは積層単位複合シートを積層一体化する方法を採ったことにより、良質な単位複合シートのみを選択して積層一体化させることができ、複合圧電体としての製造歩留まりを向上させることが可能である。

【０２１７】

また、得られた複合圧電体を細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割することで、生産性が向上し、より低いコストで複合圧電体を製造することが可能となる。

【０２１８】

また、含浸硬化樹脂部を具備させたことで、複合圧電体としての物性値を自由度をもって調整することが可能となる。

【０２１９】

以上述べたとおり本発明によれば、任意な微細構造および物性値を持つ信頼性の高い複合圧電体を低いコストで提供することが可能となる。

【０２２０】

さらにこの複合圧電体を用いた高性能かつ安価な超音波診断装置用超音波探触子及び超音波診断装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】Ａは本発明の実施の形態１における複数の溝を具備した基材を準備する工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。

【図２】Ａは本発明の実施の形態１における複数の溝に圧電粉体とバインダーとを含むペーストを塗布形成する工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。

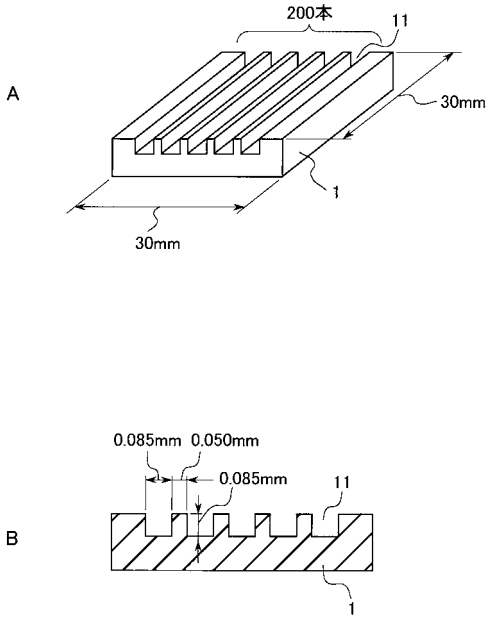
【図３】Ａは本発明の実施の形態１における加熱して圧電粉体を焼結させ細線状焼結体を得る工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。

【図４】Ａは本発明の実施の形態１における基材に担時された前記細線状焼結体に樹脂層を接着させる工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。

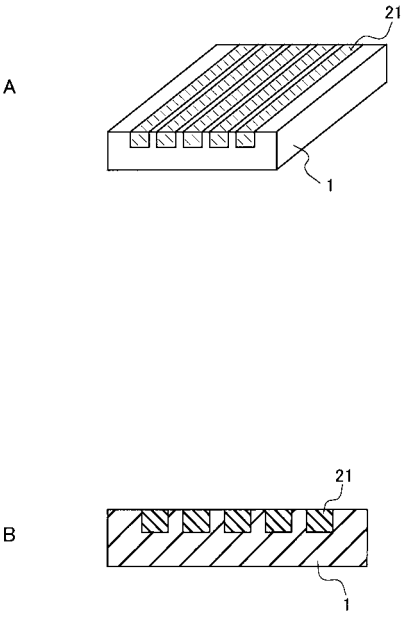
【図５】Ａは本発明の実施の形態１における細線状焼結体を担時した単位複合シートを得る工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。
【図６】Ａは本発明の実施の形態１における単位複合シートを積層する工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。
【図７】Ａは本発明の実施の形態１における積層した複数枚の前記単位複合シートを一体化させる工程を示す斜視模式図、およびＢは同断面模式図。
【図８】本発明の実施の形態２において用いる基材を示す断面模式図。
【図９】本発明の実施の形態３において用いる基材を示す断面模式図。
【図１０】本発明の実施の形態４における板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程を示す斜視模式図。
【図１１】本発明の実施の形態４における板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程を示す斜視模式図。
【図１２】本発明の実施の形態４における複合シートを積層一体化する工程を示す斜視模式図。
【図１３】本発明の実施の形態４における複合圧電体を示す斜視模式図断面模式図。
【図１４】本発明の実施の形態５における積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化さる工程を示す斜視模式図。
【図１５】本発明の実施の形態５における複合圧電体を示す斜視模式図断面模式図。
【図１６】Ａ－Ｂは本発明の実施の形態６における樹脂層が複数の樹脂層で成る複合圧電体を示す斜視模式図。
【図１７】Ａ－Ｄは本発明の実施の形態７における製造方法を示す斜視模式図。
【図１８】Ａ－Ｃは本発明の実施の形態８における製造方法を示す斜視模式図
【図１９】Ａ－Ｂは本発明の実施の形態９における製造方法を示す斜視模式図。
【図２０】本発明の実施の形態９における複合圧電体を示す斜視模式図断面模式図。
【図２１】Ａは本発明の実施の形態１１における複合シートの製造方法を説明する断面模式図、Ｂは同複合シートを示す断面模式図。
【図２２】本発明の実施例１２おける超音波診断装置用超音波探触子の構成図。
【図２３】本発明の実施例１３における超音波診断装置の構成図。
【図２４】従来の１－３型複合圧電体を説明する斜視模式図。
【符号の説明】
１　基材
３　細線状焼結圧電体
５　複合圧電体
６　レジスト層
７　保護層
８　剥離層
１１　溝
２１　塗布膜
２２　樹脂層
２３　含浸硬化樹脂部
２４　第二樹脂層
３１　圧電セラミックス
３２　板状焼結圧電体
３３　細線状焼結圧電体
４１　有機高分子のマトリクス
４２　接着シート
５０　複合シート
５１　複合シートユニット
９０　音響整合層
９１　バッキング材

９２　電極
９３　送受信回路
９４　送信部
９５　受信部
９６　コントロール部
９７　画像構成部
９８　画像表示装置
１００　超音波探触子
１０１　超音波診断装置本体

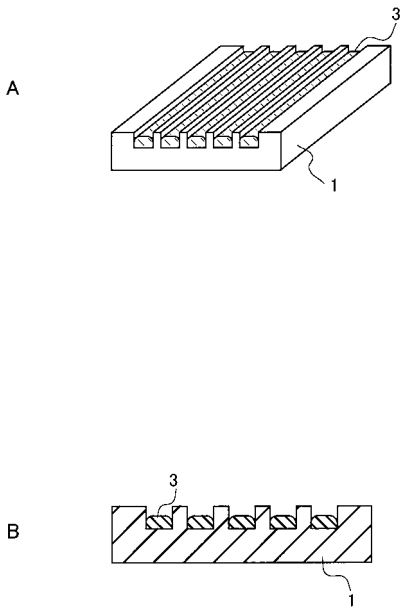
【図１】



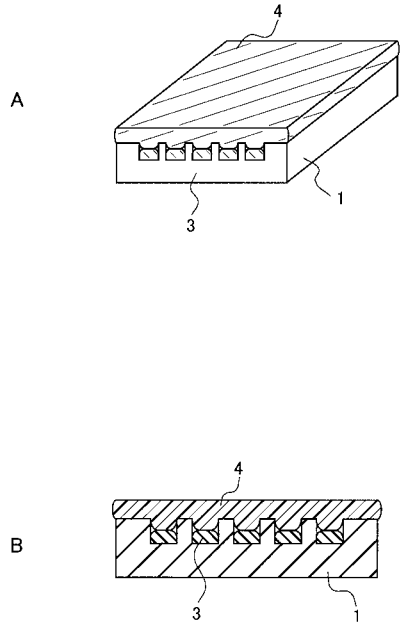
【図２】



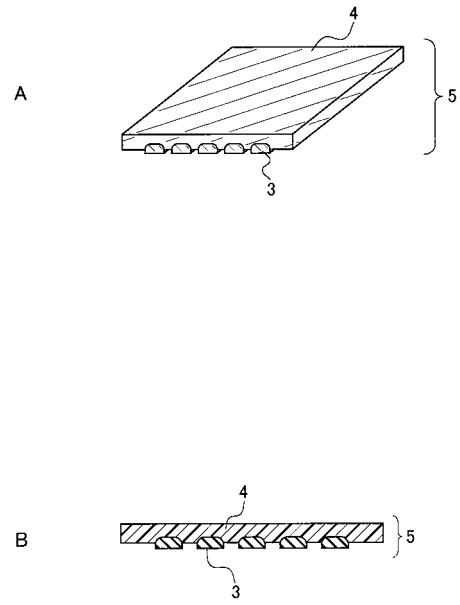
【図３】



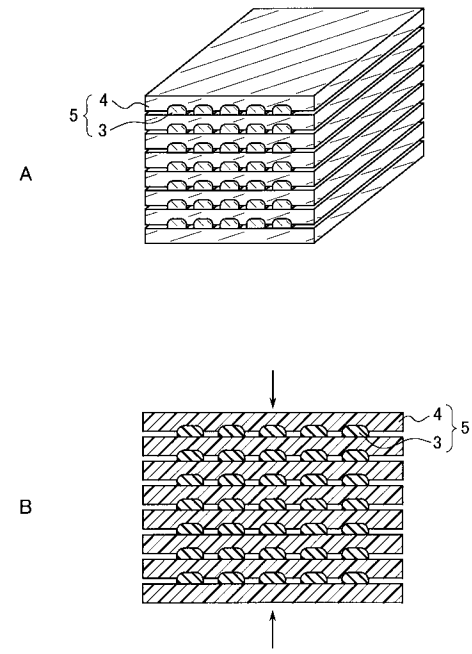
【図４】



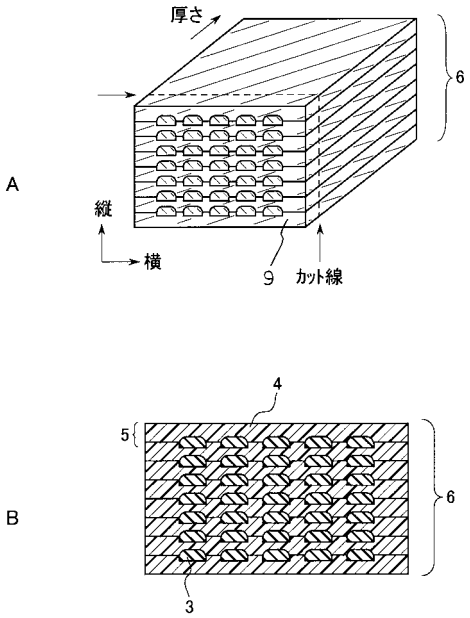
【図５】



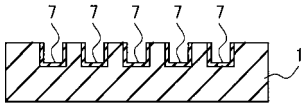
【図６】



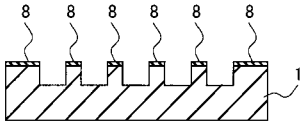
【図７】



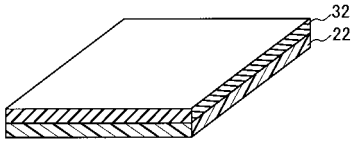
【図８】



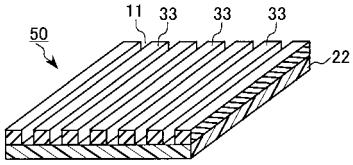
【図９】



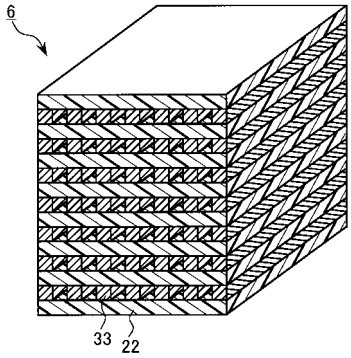
【図１０】



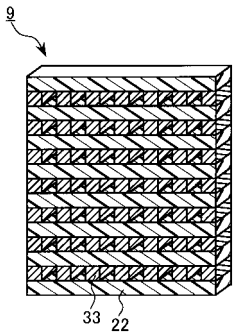
【図１１】



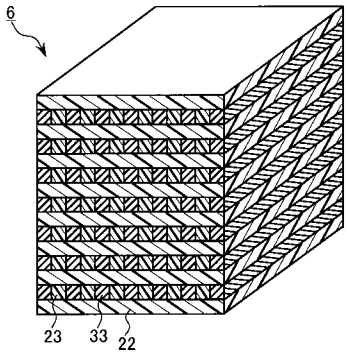
【図１２】



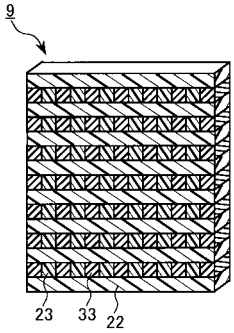
【図１３】



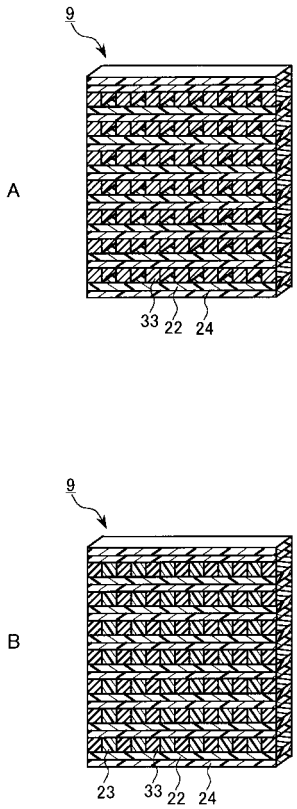
【図１４】



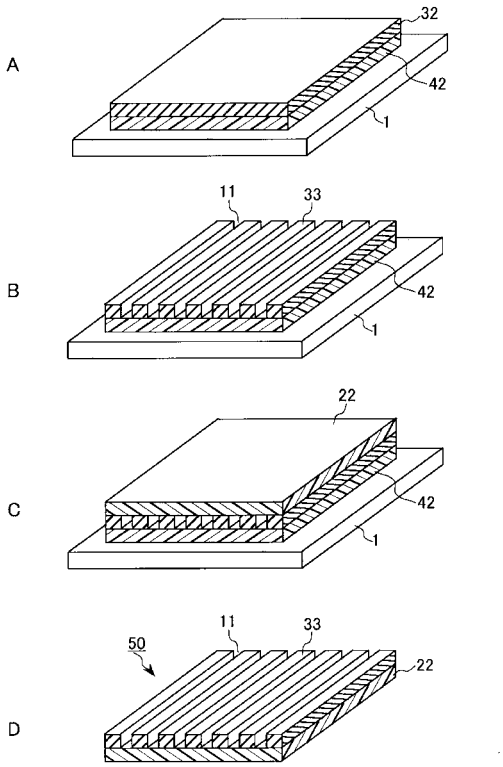
【図１５】



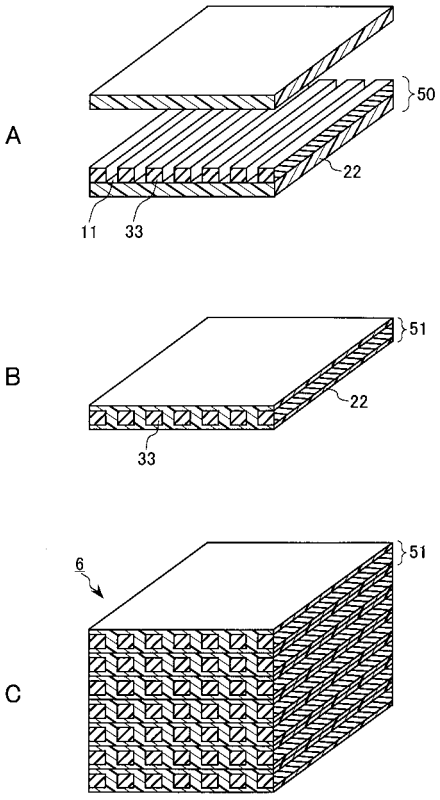
【図１６】



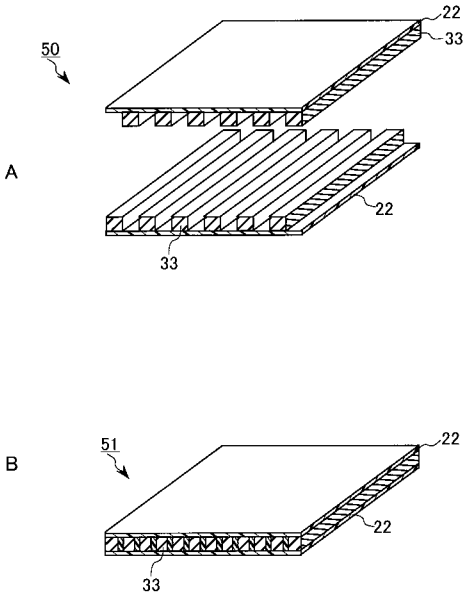
【図１７】



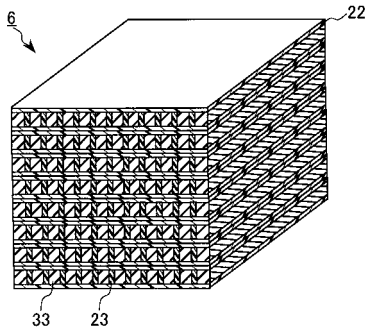
【図１８】



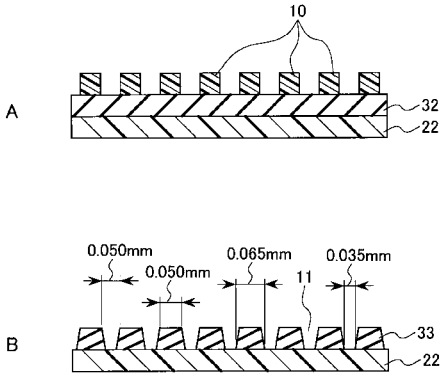
【図１９】



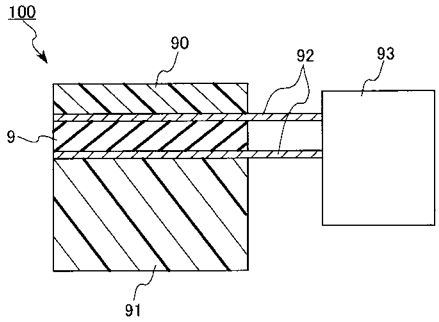
【図２０】



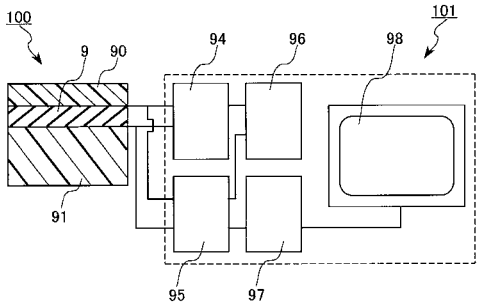
【図２１】



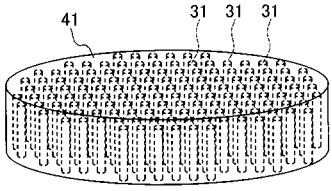
【図２２】



【図２３】



【図２４】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI		
G01N 29/24	*(2006.01)*	H01L	41/22	C
		G01N	29/24	

(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 斉藤 孝悦
神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目３番１号 松下通信工業株式会社内

審査官 志摩 兆一郎

(56)参考文献 特開２０００－２５２５３７（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２７９３５４（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１１７３９９（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０５６６９０（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２２８１４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－２７０２８２（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３２４５９９（ＪＰ，Ａ）
特公平０５－０３３８３６（ＪＰ，Ｂ２）
特開平１１－２７４５９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04R 17/00

专利名称(译)	复合压电体，超声波诊断装置用超声波探头，超声波诊断装置以及复合压电体的制造方法		
公开(公告)号	JP3849976B2	公开(公告)日	2006-11-22
申请号	JP2002007905	申请日	2002-01-16
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
[标]发明人	白石誠吾 高原範久 井垣恵美子 永原英知 斉藤孝悦		
发明人	白石 誠吾 ▲高▼原 範久 井垣 恵美子 永原 英知 斉藤 孝悦		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 H01L41/08 H01L41/09 H01L41/26 G01N29/24 B06B1/06 H01L41/338 H01L41/43 H01L41/45		
CPC分类号	B06B1/0629 H01L41/183 H01L41/37 Y10T29/42 Y10T29/49194 Y10T29/49798		
FI分类号	H04R17/00.332.A H04R17/00.330.E A61B8/00 H01L41/08.H H01L41/08.U H01L41/22.C G01N29/24 H01L41/338 H01L41/43		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/CA01 2G047/EA10 2G047/EA16 2G047/GB11 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB28 2G047/GB32 2G047/GB35 2G047/GB36 4C301/EE11 4C301/EE17 4C301/GB01 4C301/GB18 4C301/GB20 4C301/GB21 4C301/GB33 4C301/GB36 4C301/GB37 4C601/EE09 4C601/EE14 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB24 4C601/GB25 4C601/GB41 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/KK39 5D019/AA21 5D019/AA26 5D019/BB02 5D019/BB07 5D019/BB09 5D019/BB14 5D019/BB19 5D019/FF04 5D019/HH03		
优先权	2001017559 2001-01-25 JP 2001176026 2001-06-11 JP		
其他公开文献	JP2003070096A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种具有精细结构且成本低的高可靠性复合压电体，并为使用该复合压电体的高性能且廉价的超声波诊断装置提供超声波探头和超声波诊断提供一种装置。 解决方案：在树脂层22的一个表面上形成复合片6，其中多个细线性烧结压电体33沿固定方向排列，并且每个细线性烧结压电体33位于树脂层22之间这样就可以层叠和集成多个薄片。此时，浸渍固化树脂部分23可以通过浸渍固化树脂形成。接下来，通过在与细烧结压电体33的长度方向垂直的方向上切割来获得复合压电体。切割表面可以抛光。

	密　度 (g/cm^3)	電気機械結合係数 ｋｔ（－）	ＰＺＴ体積占有率 （－）
実施例１	２．２５	０．６２	０．２３
実施例２	２．５０	０．７０	０．２５
実施例３	２．７８	０．６５	０．２５
実施例４	２．８１	０．６８	０．２５
実施例５	２．４８	０．６６	０．２５
実施例６	２．５０	０．６８	０．２５
実施例７	２．７５	０．６６	０．２５
実施例８	３．６８	０．６５	０．４２
実施例９	３．７１	０．６４	０．４２
実施例１０	２．７１	０．６９	０．２９
実施例１１	２．９３	０．６９	０．２９
比較例(PZT)	７．７	０．５０	－