(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2003－158799

(P2003－158799A)

(43)公開日 平成15年5月30日(2003.5.30)

(51)Int.Cl⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ｈ０４Ｒ 31/00	330	Ｈ０４Ｒ 31/00	330	２Ｇ０４７
Ａ６１Ｂ 8/00		Ａ６１Ｂ 8/00		４Ｃ３０１
Ｇ０１Ｎ 29/24		Ｇ０１Ｎ 29/24		４Ｃ６０１
Ｈ０４Ｒ 17/00	330	Ｈ０４Ｒ 17/00	330 Ｅ	５Ｄ０１９

審査請求　有　請求項の数 13ＯＬ（全 20数）

(21)出願番号　特願2001－357398(P2001－357398)

(22)出願日　平成13年11月22日(2001.11.22)

(71)出願人　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者　佐藤　利春
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

(72)発明者　雨宮　清英
大阪府門真市大字門真1006番地　松下電器産業株式会社内

(74)代理人　100072604
弁理士　有我　軍一郎

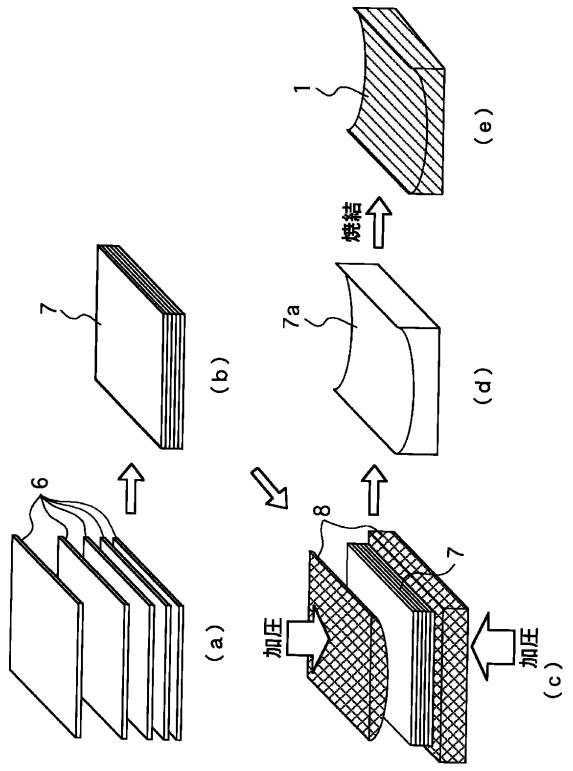
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧電体の製造方法、圧電体、超音波探触子、超音波診断装置および非破壊検査装置

(57)【要約】

【課題】　厚み分布を有する同一形状の圧電体を精度よく複数作製し、この圧電体を用いて信頼性の高い超音波診断などを実現するための圧電体の製造方法、圧電体、超音波探触子、超音波診断装置および非破壊検査装置を提供すること。

【解決手段】　圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と結合剤を混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６を積層する圧電前駆材積層工程(a)、(b)と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を型押しする加圧工程(c)、(d)と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程(e)とを有する。



1

【特許請求の範囲】
【請求項１】　圧電材料を含む圧電前駆材から所定の圧電前駆材体を形成する第１の工程と、前記圧電前駆材体を型押し成形する第２の工程とを有することを特徴とする圧電体の製造方法。
【請求項２】　前記第１の工程で、前記圧電体の厚み分布に応じて複数のシート状圧電前駆材を積層することを特徴とする請求項１に記載の圧電体の製造方法。
【請求項３】　前記第１の工程で、前記圧電体の厚み分布に応じてシート状圧電前駆材および貫通穴を有するシート状圧電前駆材を積層することを特徴とする請求項１に記載の圧電体の製造方法。
【請求項４】　前記貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数のシート状圧電前駆材を積層することを特徴とする請求項３に記載の圧電体の製造方法。
【請求項５】　表面が非平面状で裏面が平面状の第１の圧電体と、表裏とも平面状で表裏面にそれぞれ電極を設けた平板状の第２の圧電体とを製造する工程と、前記第１の圧電体の裏面と前記第２の圧電体の表面とを接合する工程とを有することを特徴とする圧電体の製造方法。
【請求項６】　圧電材料を含む圧電前駆材からなる圧電前駆材体を型押し成形したことを特徴とする圧電体。
【請求項７】　前記圧電前駆材体が、前記圧電体の厚み分布に応じて積層された複数のシート状圧電前駆材からなることを特徴とする請求項６に記載の圧電体。
【請求項８】　前記圧電前駆材体が、前記圧電体の厚み分布に応じて積層された複数のシート状圧電前駆材からなり、この複数のシート状圧電前駆材に、貫通穴を有するシート状圧電前駆材を含むことを特徴とする請求項６に記載の圧電体。
【請求項９】　前記複数のシート状圧電前駆材に、前記貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数のシート状圧電前駆材を含むことを特徴とする請求項８に記載の圧電体。
【請求項10】　前記複数のシート状圧電前駆材が積層された圧電前駆材体に、一定の電極間距離を保つように複数の電極層を形成したことを特徴とする請求項６乃至９のいずれかに記載の圧電体。
【請求項11】　請求項６乃至10のいずれかに記載の圧電体を設けたことを特徴とする超音波探触子。
【請求項12】　請求項11に記載の超音波探触子を設けたことを特徴とする超音波診断装置。
【請求項13】　請求項11に記載の超音波探触子を設けたことを特徴とする非破壊検査装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、診断、治療、非破壊検査などで利用される圧電体の製造方法、圧電体、超音波探触子、超音波診断装置および非破壊検査装置に関するものである。

2

【０００２】
【従来の技術】従来、この種の超音波探触子は、図24に示すように、短軸方向で中央部が薄く、端部に行くに従って厚みが順次厚く変化していく圧電体１と、超音波を効率よく送信あるいは受信するために圧電体１の厚み変化に合わせて中央部で薄く、端部で厚くなるように形成された音響整合層２と、短軸方向に関して１点の固定焦点で超音波を収束させるために設けられた音響レンズ３と、圧電体１の背面で音響的なダンピング作用を行う背面負荷材４とを備え、圧電体１の振動によって励起される超音波の周波数スペクトラムは、圧電体１の厚みによって変化し、厚みが薄くなるほど高周波側にシフトするものであった（特開昭58-29455号公報）。
【０００３】ここで、前述のように厚みが順次変化していく圧電体１は、中央部の薄い部分は高周波で振動し、端部に行くほど低周波で振動するようになる。また、高い周波数で振動している中央部は実効的な口径が小さく、端部の周波数が低くなるにつれて実効的な口径が大きくなっていく。従って、図24に示す超音波探触子を用いた超音波診断装置などの非破壊検査装置では、高い周波数成分を取り出すと近距離で細い超音波ビームを形成することができ、逆に低い周波数成分を取り出すと遠距離で細い超音波ビームが形成できるため、取り出す周波数成分を段階的に変化させて、近距離から遠距離に渡って細い超音波ビームを形成し、方位分解能を向上させるものであった。
【０００４】また、この種の圧電体の製造方法は、図25に示すように円板状の研削砥石５により研削加工するものであった（特開平7-107595号公報）。ここで、研削砥石５は、圧電体１と同じ幅を有しており、その形状は研削加工することで所望の厚み分布を有する圧電体１が加工できるような形状となっている。また、研削砥石５は、実際の加工時に、平板形状である圧電体１の底面と平行なｘ軸と平行な軸を回転軸として回転しながら、図中ｙ軸方向に移動して加工するものである。
【０００５】さらに、この種の圧電体の製造方法は、図26に示すように回転軸を中心に回転する研削砥石５のエッジを、圧電体１表面に接触するように傾け、図中のｘ軸方向に沿って圧電体１の一端から加工を開始し、研削砥石５が逆端まで移動する間に、圧電体１が所望の厚み分布を持つ形状になるよう、図中のｚ軸方向における研削砥石５の位置を制御するものであった（特開平7-107595号公報）。ここで、前述の加工を図中のｙ軸方向に沿って移動しながら繰り返し、圧電体１のｙ軸方向長さ全体にわたって加工を実施する。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の超音波探触子では、例えば超音波診断装置に用いる場合に使用周波数が数ＭＨｚ程度となり、この使用周波数を圧電体の厚み共振周波数で発生させると、例

えばＰＺＴなどの圧電セラミクスを研削加工した圧電体を用いた場合に、厚みが数百μｍのオーダになるために、圧電体の厚みの薄い部分での破損の可能性が非常に高いという問題があった。

【０００７】さらに、従来の超音波探触子では、圧電振動子を構成する圧電体の厚みが不均一であるために、圧電体の厚み方向の上下面に存在する電極間の距離も不均一となるという問題があった。この電極間に電圧をかけて圧電体の分極処理を施す場合に、電極間距離の不均一に伴ってかかる電界強度も不均一となり、分極の状態にばらつきが生じてしまう。また、分極時には、特に中央部の薄い部分には端部よりも大きな電界がかかるため、歪み量も大きく、場合によっては圧電体の割れを引き起こすおそれがある。さらに、実際の使用に際して超音波探触子を駆動する場合も圧電体の厚み分布による電界強度分布は発生するため、同様に歪み量の分布によって圧電体の割れなどの破損のおそれがある。

【０００８】また、従来の圧電体の製造方法では、研削加工をしているために、厚みの薄い部分での加工が困難であるという問題があった。さらに、使用周波数が数十ＭＨｚなどの高周波になればなるほど、加工の困難度合いは増す。また、圧電体の厚みを変化させるのみならず、幅を不均一にするような場合に側面の形状変化が必要となるが、前述の数百μｍの厚みの側面部分に加工を施すとすれば、研削砥石などの加工具も数百μｍ以下の微細なものが必要であるし、加工の困難度も非常に高い。加えて、微細加工であるために加工精度の確保も難しく、同一形状を精度よく安定させて複数作製することもまた困難である。

【０００９】本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、厚み分布を有する同一形状の圧電体を精度よく複数作製し、この圧電体を用いて信頼性の高い超音波診断などを実現するための圧電体の製造方法、圧電体、超音波探触子および超音波診断装置を提供するものである。

【００１０】

【課題を解決するための手段】本発明の圧電体の製造方法は、圧電材料を含む圧電前駆材から所定の圧電前駆材体を形成する第１の工程と、前記圧電前駆材体を型押し成形する第２の工程とを有するものである。この方法により、微細な研削加工などの困難な機械加工をすることなく、厚み分布を有する圧電体を容易に形成できることとなる。また、型押しによる成形であるために、同一形状を精度を安定させて複数作製できることとなる。

【００１１】また、本発明の圧電体の製造方法は、前記第１の工程で、前記圧電体の厚み分布に応じて複数のシート状圧電前駆材を積層するものである。この方法により、所望の圧電体の厚みに柔軟に対応できることとなる。

【００１２】また、本発明の圧電体の製造方法は、前記第１の工程で、前記圧電体の厚み分布に応じてシート状圧電前駆材および貫通穴を有するシート状圧電前駆材を積層するものである。この方法により、所望の圧電体の厚みおよび形状に柔軟に対応できることとなる。

【００１３】また、本発明の圧電体の製造方法は、前記貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数のシート状圧電前駆材を積層するものである。この方法により、所望の圧電体の厚みおよび形状に柔軟に対応できることとなる。ここで、好ましくは前記貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数のシート状圧電前駆材を積層する。

【００１４】さらに、本発明の圧電体の製造方法は、表面が非平面状で裏面が平面状の第１の圧電体と、表裏とも平面状で表裏面にそれぞれ電極を設けた平板状の第２の圧電体とを製造する工程と、前記第１の圧電体の裏面と前記第２の圧電体の表面とを接合する工程とを有するものである。この方法により、電極間にかかる電界強度を一定にすることができ、分極時にはばらつきを抑えた均一な分極を実現することが可能であるとともに、分極時および使用時の圧電体の歪み量の分布をなくして、圧電体の割れなどの破損を未然に防ぐこととなる。

【００１５】本発明の圧電体は、圧電材料を含む圧電前駆材からなる圧電前駆材体を型押し成形した構成を有している。この構成により、研削加工などの困難な機械加工をすることなく、厚み分布を有する圧電体を形成できることとなる。また、型押しによる成形であるために、同一形状を精度よく、安定させて複数作製できることとなる。

【００１６】また、本発明の圧電体は、前記圧電前駆材体が、前記圧電体の厚み分布に応じて積層された複数のシート状圧電前駆材からなる構成を有している。この構成により、さらに圧電体が所望の厚みになるように積層することで、圧電体の厚み分布に柔軟に対応できることとなる。

【００１７】また、本発明の圧電体は、前記圧電前駆材体が、前記圧電体の厚み分布に応じて積層された複数のシート状圧電前駆材からなり、この複数のシート状圧電前駆材に、貫通穴を有するシート状圧電前駆材を含む構成を有している。この構成により、所望の圧電体の厚みおよび形状に柔軟に対応できることとなる。

【００１８】また、本発明の圧電体は、前記複数のシート状圧電前駆材に、前記貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数のシート状圧電前駆材を含む構成を有している。この構成により、所望の圧電体の厚みおよび形状に柔軟に対応できることとなる。ここで、好ましくは前記貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数のシート状圧電前駆材を設ける。

【００１９】さらに、本発明の圧電体は、前記複数のシート状圧電前駆材が積層された圧電前駆材体に、一定の電極間距離を保つように複数の電極層を形成した構成を

有している。この構成により、電極間にかかる電界強度を一定にすることができ、分極時には均一な分極が可能であるとともに、分極時および使用時の歪み量の分布をなくして、圧電体の割れなどの破損を未然に防ぐこととなる。

【００２０】本発明の超音波探触子は、請求項６乃至10のいずれかに記載の圧電体を設けた構成を有している。この構成により、困難な機械加工を施さずに押し型の形状転写によって作製した圧電体を用いるため、圧電体に確認困難な微細な割れなどの発生を抑え、安定した超音波探触子特性が確保できると同時に、押し型の形状を転写する圧電体は同一形状を安定して複数製造することに適しているために、それを用いることで超音波探触子の特性の個体差を抑制することとなる。また、厚みが一定でないにも拘わらず、電極間距離が一定である圧電体は、均一な分極状態を実現することで安定した超音波の送受信特性を実現できることとなる。また、駆動時の歪み量の分布もないために、圧電体の微細な割れなどの発生を防ぎ、安定した超音波探触子特性を維持することとなる。

【００２１】本発明の超音波診断装置は、請求項11に記載の超音波探触子を設けた構成を有している。この構成により、特性が安定していて個体差のない超音波探触子を用いることで、信頼性の高い超音波診断ができることとなる。

【００２２】本発明の非破壊検査装置は、請求項11に記載の超音波探触子を設けた構成を有している。この構成により、特性が安定していて個体差のない超音波探触子を用いることで、信頼性の高い非破壊検査ができることとなる。

【００２３】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

［第１の実施の形態］図１に示すように、本発明の第１の実施の形態の圧電体１の製造方法は、圧電材料を含む圧電前駆材６から所定の圧電前駆材積層体７（圧電前駆材体）を形成する圧電前駆材成形工程および圧電前駆材積層工程（第１の工程）と、圧電前駆材積層体７を型押し成形する加圧工程（第２の工程）とを有するものである。

【００２４】本実施の形態の圧電体１は、片面は平面でもう一方の片面は凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる形状を有しており、超音波診断装置（図22に示す）や非破壊検査装置（図23に示す）で用いる超音波探触子（図20に示す）を構成するものである。

【００２５】また、圧電体１の製造工程には、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６を積層する圧電前駆材積層工程（図１(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を型押しする加圧工程（図１(c)、(d)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図１(e)に示す）が含まれる。

【００２６】図１において、圧電前駆材６は、柔軟性を有すると同時に、加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して変形することが可能である。また、前記加圧工程で用いる押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材６が積層された圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体８が所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１が所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【００２７】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形し、圧電前駆材６を得る。

【００２８】前記圧電前駆材積層工程では、図１(a)に示すように、まずシート状の圧電前駆材６を、焼成まで済んだ最終段階において所望の厚みが出せるように、予め圧電前駆材６のシート厚みと積層枚数を考慮した上で積層し、図１(b)に示す圧電前駆材積層体７を形成する。なお積層時に、必要に応じて圧力および熱を加える。

【００２９】前記加圧工程では、図１(c)に示すように圧電前駆材積層体７に、所望の厚み分布を形状転写によって形成することができる、例えば鉄などの金属からなる押し型８を用いて、圧電前駆材積層体７の厚み方向に圧力をかけて押すことによって、図１(d)に示すような厚みが不均一である圧電前駆材積層体７ａを作製する。

【００３０】前記焼成工程では、この圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【００３１】以上のように、本発明の第１の実施の形態の圧電体１の製造方法は、圧電材料を含む圧電前駆材６から所定の圧電前駆材積層体７を形成する圧電前駆材成形工程および圧電前駆材積層工程と、圧電前駆材積層体７を型押し成形する加圧工程とを有しているので、研削加工などの困難な機械加工をすることなく、厚み分布を有する圧電体を形成できる。すなわち、厚みの薄いシート状の圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を作製するので、圧電前駆材６の積層数を変えることで様々な圧電体１の厚みに柔軟に対応することができる。ま

た、型押しによる成形であるために、同一形状を精度よく安定させて複数作製できる。

【００３２】また、本発明の第１の実施の形態の圧電体１は、圧電材料を含む圧電前駆材６からなる圧電前駆材積層体７ａを型押し成形した構成を有しているので、厚み分布を有し、寸法精度がよくて作製の容易な圧電体を実現できる。

【００３３】なお、本実施の形態ではシート状の圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を作製する場合について説明したが、本発明はこのほかに、１層で所望の厚みになるような圧電前駆材６を用いても同様の効果が得られるものである。さらに、圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を形成する手間がなくなる。

【００３４】また、本実施の形態では圧電体１の最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる場合について説明したが、本発明はこのほかに凸面あるいは凹凸面などの任意形状であっても、押し型８の形状を所望の形状に適宜変えることによって同様の効果が得られるものである。

【００３５】さらに、本実施の形態では、四角形の板状の圧電体１を形成する場合について説明したが、本発明はこのほかに円板形状などの任意形状であっても、圧電前駆材６の形状および押し型２の形状を所望の形状に適宜変えることによって同様の効果が得られるものである。

【００３６】また、本実施の形態では、図１(c)に示すように圧電前駆材積層体７の前後左右に何もない状態で加圧する場合について説明したが、本発明はこのほかに、図２に示すように押し型８と同様に例えば鉄などの金属材料からなる拘束壁９を前後左右に設けることによっても同様の効果が得られるものである。さらに、加圧時の圧電前駆材積層体７の前後左右への極端な広がりを防ぐことができる。

【００３７】［第２の実施の形態］図３は、本発明の第２の実施の形態の圧電体の製造方法を示す。これは第１の実施の形態とは、圧電前駆材成形工程および圧電前駆材積層工程（第１の工程）で、さらに圧電体１の厚み分布に応じて複数の圧電前駆材６（シート状圧電前駆材）を積層する点が相違している。この方法によれば、圧電前駆材６を所望の厚みに適宜積層することで、所望の圧電体１の厚み分布に柔軟に対応できるという効果も得られる。

【００３８】本実施の形態の圧電体１は、片面は平面でもう一方の片面は凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる形状を有しており、超音波診断装置（図22に示す）や非破壊検査装置（図23に示す）で用いる超音波探触子（図20に示す）を構成するものである。

【００３９】また、圧電体１の製造工程には、第１の実施の形態に準じ、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６を積層する圧電前駆材積層工程（図３(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を型押しする加圧工程（図３(c)、(d)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図３(e)に示す）などが含まれる。

【００４０】図３において、圧電前駆材６は、前述のように圧電材料、結合剤などからなり、柔軟性を有すると同時に加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して変形可能なものである。また、押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体７ａが所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１が所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【００４１】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形し、さらに必要に応じて幅サイズが異なるように加工調整した圧電前駆材６を得る。

【００４２】前記圧電前駆材積層工程では、図３(a)に示すように、まずシート状の圧電前駆材６を、焼成まで済んだ最終段階において所望の厚みが出せるように、予め圧電前駆材６のシート厚みの変化と積層枚数を考慮した上で積層する。ここでは、圧電体１の両端部が中央部に比べて厚い形状となるように製造するために、上層に行くほど幅を狭く加工調整した圧電前駆材６を、両端部それぞれに積層して図３(b)に示す圧電前駆材積層体７を形成する。なお、第１の実施の形態に準じ、積層時に、必要に応じて圧力および熱を加える。

【００４３】前記加圧工程では、第１の実施の形態に準じ、例えば鉄などの金属からなる押し型８を用いて、図３(c)に示すように圧電前駆材積層体７の厚み方向に圧力をかけ、図３(d)に示すような厚みが不均一である圧電前駆材積層体７ａを作製する。ここでは、前記圧電前駆材積層工程で、図３(b)に示すように圧電前駆材積層体７の形状を最終的な厚み分布を有する圧電体１の形状に近づけているので、押し型８による加圧時の加圧力を抑えることができ、加圧による不必要かつ不良な変形および圧電前駆材積層体７ａ内部の残留応力を低下させることが可能であると同時に、圧電前駆材６の変形だけでは賄えないような厚み分布の大きい場合（厚みの薄い部分と厚い部分の差が大きい場合）に有利である。

【００４４】前記焼成工程では、第１の実施の形態に準じて圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削

加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【００４５】以上のように、本発明の第２の実施の形態の圧電体１は、圧電体１の厚み分布に応じて積層された複数の圧電前駆材６（シート状圧電前駆材）からなる圧電前駆材積層体７ａ（前駆材）を設けているので、所望の厚み分布を精度よく実現できる。すなわち、厚みの薄いシート状の圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を作製するので、圧電前駆材６の積層数を変えることで様々な圧電体１の厚みに柔軟に対応することができる。

【００４６】なお、本実施の形態では圧電体１の最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる場合について説明したが、本発明はこのほかに片面が凸形状であっても、凹凸形状を有する面であっても、厚みの厚い部分に選択的に圧電前駆材６の積層数を増やして厚み分布を変更することで、圧電体１の形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【００４７】また、本実施の形態では、四角形の板状の圧電体１を形成する場合について説明したが、本発明はこのほかに円板形状などの任意形状であっても、圧電前駆材６の形状および押し型２の形状を所望の形状に適宜変えることによって同様の効果が得られるものである。

【００４８】さらに、本実施の形態では、上層に行くほど幅を狭くなるように加工調整した圧電前駆材６を積層して、より最終形状に近い形状で圧電前駆材積層体７を形成した場合について説明したが、本発明はこのほかに、図４に示すように前記最終形状両端の厚みの厚い部分に同一幅または同一形状の圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を形成することによって同様の効果が得られるものである。さらに、圧電前駆材６を異なる幅に加工調整する手間を省くことができ、厚みの厚い部分に選択的に積層数を増やせば、各圧電前駆材６の形状および形状変化に制限はない。

【００４９】［第３の実施の形態］図５は、本発明の第３の実施の形態の圧電体の製造方法を示す。これは第１の実施の形態とは、さらに圧電体１の厚み分布に応じて圧電前駆材６（シート状圧電前駆材）および貫通穴を有する圧電前駆材６を積層する点が相違している。この方法によれば、所望の圧電体１の厚みおよび形状に柔軟に対応できるという効果も得られる。

【００５０】本実施の形態の圧電体１は、片面は平面でもう一方の片面は凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる形状を有しており、超音波診断装置（図22に示す）や非破壊検査装置（図23に示す）で用いる超音波探触子（図20に示す）を構成するものである。

【００５１】また、圧電体１の製造工程には、第１の実施の形態に準じ、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６を必要に応じて型抜きし、矩形窓状の貫通穴を設ける型抜き工程（図示せず）と、こうして得られた窓枠状の圧電前駆材６およびシート状の圧電前駆材６を積層する圧電前駆材積層工程（図５(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７Ａの前後の縁部を断裁する縁切り工程と（図５(c)に示す）、こうして得られた圧電前駆材積層体７を型押しする加圧工程（図５(d)、(e)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図５(f)に示す）などが含まれる。

【００５２】図５において、圧電前駆材６は、前述のように圧電材料、結合剤などからなり、柔軟性を有すると同時に加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して変形可能なものである。また、押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体７ａが所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１が所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【００５３】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形し、圧電前駆材６を得る。

【００５４】前記型抜き工程では、シート状の圧電前駆材６に対し、必要に応じて型抜きなどの加工を施し、異なるサイズに調整した貫通穴（矩形）を穿設する。

【００５５】前記圧電前駆材積層工程では、図５(a)に示すように、まずシート状および窓枠状の圧電前駆材６を、焼成まで済んだ最終段階において所望の厚みが出せるように、予め圧電前駆材６のシート厚みの変化と積層枚数を考慮した上で積層する。ここでは、圧電体１の両端部が中央部に比べて厚い形状となるように製造するために、上層に行くほど窓枠の幅が狭くなるように、すなわち貫通穴が大きくなるように加工調整した圧電前駆材６を、同一厚み位置の両端に同時に積層して図５(b)に示す圧電前駆材積層体７Ａを形成する。なお、第１の実施の形態に準じ、積層時に、必要に応じて圧力および熱を加える。

【００５６】ここで、圧電前駆材６の外縁を同一形状（同一サイズ）として、貫通穴を空ける際の位置精度を正確にし、圧電前駆材６を揃えて重ねることで、両端の厚みの厚い圧電前駆材６部分の位置ずれを抑えて積層することができる。あるいは、圧電前駆材６の形状が同一

でなくても、各圧電前駆材６に隣り合う二つの縁で直角を少なくとも一箇所形成し、その直角に対して貫通穴の位置決めを行い、積層するすべての圧電前駆材６の直角部分を揃えて重ねることで、位置ずれを抑制して積層することができる。また、圧電前駆材６の貫通穴の幅方向の大きさを変化させ、厚み変化に準じて圧電前駆材６の幅を順次変化させて積層することにより（ここでは、貫通穴の幅方向の大きさの小さいものから大きいものへと変化させて積層することにより）、中央部から端部にいくにつれて順に厚くなっていく形状の圧電前駆材積層体７Ａを形成することができる。

【００５７】前記縁切り工程では、前記加圧工程に進む前に、貫通穴を設けた圧電前駆材６を積層したことによって発生する不要部分を切断する。なお、圧電前駆材積層体７Ａの厚みの薄い部分が極端に薄いために、前記不要部分を切断すると必要な形状を維持できず、圧電前駆材積層体７Ａの全体が湾曲してしまうような場合には、前記不要部分を切断せずにこれを補強部分として利用することも可能である。この場合には、前記加圧工程終了後または前記焼成工程終了後に前記不要部分を除去すればよい。

【００５８】前記加圧工程では、第１の実施の形態に準じ、例えば鉄などの金属からなる押し型８を用いて、図５(d)に示すように圧電前駆材積層体７の厚み方向に圧力をかけ、図５(e)に示すような厚みが不均一である圧電前駆材積層体７ａを作製する。ここでは、前記縁切り工程で、図５(c)に示すように圧電前駆材積層体７の形状を最終的な厚み分布を有する圧電体１の形状に近づけているので、押し型８による加圧時の加圧力を抑えることができ、加圧による不必要かつ不良な変形および圧電前駆材積層体７ａ内部の残留応力を低下させることが可能であると同時に、圧電前駆材６の変形だけでは賄えないような厚み分布の大きい場合（厚みの薄い部分と厚い部分の差が大きい場合）に有利である。

【００５９】前記焼成工程では、第１の実施の形態に準じて圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【００６０】以上のように、本発明の第３の実施の形態の圧電体１は、圧電体１の厚み分布に応じて積層された複数の圧電前駆材６（圧電前駆材積層体７ａ：シート状圧電前駆材）からなり、この複数の圧電前駆材６に貫通穴を有するものを含むので、所望の圧電体の厚みおよび形状を精度よく実現できる。

【００６１】また、本発明の第３の実施の形態の圧電体１の製造方法は、貫通穴の大きさ、形状のいずれかが異なる複数の圧電前駆材６を積層しているので、所望の圧電体の厚みおよび形状に柔軟に対応できる。

【００６２】なお、本実施の形態では圧電体１の最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる場合について説明したが、本発明はこのほかに片面が凸形状であっても、凹凸形状を有する面であっても、厚みの厚い部分に選択的に圧電前駆材６の積層数が増えるように、圧電前駆材６に設けた貫通穴の位置や大きさ、数を制御して厚み分布を変更することで、圧電体１の形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【００６３】また、本実施の形態では圧電体１の最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から両端（２方向）にいくにつれて厚みが厚くなるために不要な縁部分を除去する場合について説明したが、本発明はこのほかに、圧電体１の最終的な形状として図６（a）、（b）または図７（a）、（b）に示すように中心部から縁部にいくに従い、厚みが厚くなるような形状に適用すると、不要な縁部分が発生せず、縁部分を除去する縁切り工程も不要となる。

【００６４】さらに、本実施の形態では上層に行くほど貫通穴の幅方向の大きな圧電前駆材６を積層して、より最終形状に近い形状の圧電前駆材積層体７Ａを形成した場合について説明したが、本発明はこのほかに、圧電体１の最終形状が実現できるのであれば、図８に示すように貫通穴を異なる幅に加工調整する手間を省いて同一形状の貫通穴を形成した圧電前駆材６（図８(a)に示す）を積層して圧電前駆材積層体７Ａ（図８(b)に示す）を形成してもよく、厚みの厚い部分に選択的に積層数が増えるように、圧電前駆材６に設けた貫通穴の位置や大きさ、数を制御して厚み分布を変更することで、圧電体１の形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【００６５】［第４の実施の形態］図９は、本発明の第４の実施の形態の圧電体の製造方法を示す。これは第１の実施の形態とは、さらに圧電前駆材積層体７を型押しする方向が圧電前駆材６の積層方向に対して垂直方向である点が相違している。この方法によれば、不均一な幅の圧電体を微細な機械加工などの困難な機械加工をすることなく形成できるという効果も得られる。

【００６６】本実施の形態の圧電体１は、厚み方向の中央部の幅が狭く、上下に行くに従って幅が広くなる形状を有しており、超音波診断装置（図22に示す）や非破壊検査装置（図23に示す）で用いる超音波探触子（図20に示す）を構成するものである。

【００６７】また、圧電体１の製造工程には、第１の実施の形態に準じ、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６を積層する圧電前駆材積層工程（図９(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を上下左右方向から型押しする加圧工程（図９(c)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前

駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図９(d)、(e)に示す）などが含まれる。

【００６８】図９において、圧電前駆材６は、前述のように圧電材料、結合剤などからなり、柔軟性を有すると同時に加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して変形可能なものである。また、押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体７ａが所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１が所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【００６９】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形し、圧電前駆材６を得る。

【００７０】前記圧電前駆材積層工程では、第１の実施の形態に準じ、図９(a)に示すシート状の圧電前駆材６を、焼成まで済んだ最終段階において所望の厚みが出せるように、予め圧電前駆材６のシート厚みと積層枚数を考慮した上で積層し、図９(b)に示す圧電前駆材積層体７を形成する。なお積層時に、必要に応じて圧力および熱を加える。

【００７１】前記加圧工程では、図９(c)に示すように圧電前駆材積層体７を、加圧に必要な固さを有しかつ加工しやすい、例えばアルミや真鍮などの金属材料からなる押し型８を用いてプレスする。ここでは、圧電前駆材積層体７に当接する面を平面とした上下の押し型８に加えて、左右からも圧電前駆材積層体７との当接面の中央部が凸形状を有した押し型８をあてて加圧することで、図９(d)に示すように側面の中央部で幅が狭く、上下に行くに従って幅が広くなるような不均一な幅を有する圧電前駆材積層体７ａを形成する。このように、薄い圧電体１の側面部分に加工ツールを直接当てて加工する代わりに、加工しやすい金属材料を押し型８として所望な形状に加工を施してその形状を転写することで、圧電体１の破損を防ぐことができると同時に、形状精度の安定した圧電板１を複数個作製するのに適した製造方法を実現できる。

【００７２】前記焼成工程では、この圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、前述のように形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【００７３】なお、本実施の形態では圧電体１の形状として厚み方向の中央部の幅が狭く、上下にいくに従って幅が広くなるような形状を作製する場合について説明したが、本発明はこのほかに、左右から押し当てる押し型８を所望の不均一幅を有するような形状に加工して用いても同様の効果が得られるものである。さらに、幅方向の不均一などのような形状であっても作製可能となる。

【００７４】また、本実施の形態では圧電体１の左右の幅が不均一な場合の製造工程について説明したが、本発明はこのほかに、前後の幅が不均一であっても、あるいは前後左右両方の幅が不均一であっても、押し型８の押し当てる位置を前後にしたり、あるいは前後と左右の両方から押し型８で加圧したり適宜選択することで、同様の効果が得られるものである。

【００７５】また、本実施の形態では上下の押し型８は平面で平らに押すのみで、厚み方向には厚み分布がない場合について説明したが、本発明はこのほかに、上下の押し型８の形状を適宜変更することで、厚み方向にも厚み分布を持たせた圧電体１を製造する場合についても同様の効果が得られるものである。

【００７６】また、本実施の形態では上下左右に押し型８を当てて前後には何も当てない場合について説明したが、図10に示すように、押し型３と同様に例えばアルミや真鍮などの金属材料からなる拘束壁９を前後に設けても同様の効果が得られるものである。さらに、前後方向から加圧することにより、加圧時の圧電前駆材積層体７の前後への極端な広がりを防ぐことができる。

【００７７】また、本実施の形態では同一形状の圧電前駆材６を積層して作製した圧電前駆材積層体７の左右から押し型８を押し当てて成型する場合について説明したが、図11(a)に示すように、予め横幅（左右方向の長さ）の異なる圧電前駆材６を積層し、図11(b)に示す最終的な圧電体１の形状に近い圧電前駆材積層体７を作製してから加圧成型しても同様の効果が得られるものである。このように、一定の幅を有さない圧電体１を成形する場合に、幅の狭い部分に相当する圧電前駆材６の幅を狭くして積層することで、不均一な幅の圧電体の作製に対して、幅方向の寸法精度がよくなり、また幅方向の寸法変化に柔軟に対応できる。さらに、押し型８による加圧力が抑制され、加圧時の不必要かつ不良な変形や圧電前駆材積層体７ａ内部の残留応力を低下させることができる。

【００７８】［第５の実施の形態］図12に示すように、本発明の第５の実施の形態の圧電体１は、複数の圧電前駆材６（シート状圧電前駆材）が積層された圧電前駆材積層体７（圧電前駆材体）に、一定の電極間距離を保つように外部電極10および内部電極11（複数の電極層）を形成したものである。

【００７９】図12において、圧電体１は、例えば圧電セラミクスによって形成され、図12の左右方向に関して中央部の厚みが薄く、そこから両端部にいくに従って厚みが厚くなる形状を有している。外部電極10は、例えば焼き付け銀や金スパッタ膜などからなり、平板状の底面に

施される。内部電極11は、圧電体１内部に底面の外部電極10とほぼ平行になるように施され、その片側には電気的な接続が取りやすいように側面および底面に回り込ませている回し込み電極12が設けられている。ここで、回し込み電極12と外部電極10は導通しないように所望の間隔を明けて設置する。

【００８０】なお、従来の圧電体では、この圧電体の上下に露出している面上に電極が施されるのが一般的であり、図12に示す形状の圧電体の場合には、上面はちょうど凹面形状に沿って電極が施され、底面には平板状の電極が形成されることになる。つまり二つの電極間距離は一定ではなく、圧電体１中央部では電極間距離は狭くなり、そこから両端部にいくに従って二つの電極間距離が広がるため、分極処理時あるいは実際の使用時に圧電体にかかる電界強度が一定ではなく、図12の左右方向の分極状態にばらつきが生じる。また、両端の厚い部分に比べ、中央部の薄い部分に強い電界がかかるために歪みが大きくなり、この歪みに耐えられず、場合によっては圧電体の薄い部分に微細な割れ（マイクロクラック）が発生するおそれもある。

【００８１】これに対し、図12に示す圧電体１は、外部電極10と内部電極11の間の距離が一定であるため、分極処理時あるいは実際の使用時においても、場所毎の電界強度分布は発生しないために均一な分極状態を実現でき、かつ圧電体１の微細な割れ（マイクロクラック）の発生の原因となるような歪み分布を抑制することができるものである。

【００８２】ここで、図13に本実施の形態の圧電体の製造方法を示す。本実施の形態の圧電体１は二つの圧電体１ａ、１ｂからなり、上側の圧電体１ａは上面が凹面形状、下面が平板形状を有している。下側の圧電体１ｂは上下面ともに平板形状で厚みが一定であり、下面に外部電極10を、上面に内部電極11を施している。さらに、電気的な接続が容易なように、内部電極11に接続して右側面および下面に回り込ませた回し込み電極12を設けてある。なお、回し込み電極12と外部電極10は、導通しないように所望の間隔を明けて設置する。上側の圧電体１ａと下側の圧電体１ｂを、例えばエポキシ系接着剤や銀ペーストなどで接合することで本実施の形態の圧電体１を製造することができる。

【００８３】以上のように、本発明の第５の実施の形態の圧電体１は、複数の圧電前駆材６が積層された圧電前駆材積層体７に、一定の電極間距離を保つように外部電極10および内部電極11を形成しているので、電極間にかかる電界強度を一定に保ち、均一な分極を実現できる。

【００８４】また、本発明の第５の実施の形態の圧電体１の製造方法は、表面が非平面状で裏面が平面状の第１の圧電体１ａと、表裏とも平面状で表裏面にそれぞれ外部電極10、内部電極11および回し込み電極12（電極）を設けた平板状の第２の圧電体１ｂとを製造する工程と、第１の圧電体１ａの裏面と第２の圧電体１ｂの表面とを接合する工程とを有しているので、電極間にかかる電界強度を一定に保ち、均一な分極を実現できる。また、分極時および使用時の圧電体１の歪み量の分布をなくして、圧電体１の微細な割れなどの破損を未然に防ぐことができる。

【００８５】［第６の実施の形態］図14は、本発明の第６の実施の形態の圧電体の製造方法を示す。これは第５の実施の形態とは、圧電材料と結合材を混合した、少なくとも２層以上の圧電前駆材６間に、少なくとも１層以上の内部電極11を形成する点が相違している。この方法によれば、厚み分布を有する同一形状の圧電体を容易かつ精度よく形成できるという効果も得られる。また、均一な分極を実現するとともに圧電体の破損を未然に防ぐという効果が得られる。

【００８６】本実施の形態の圧電体１は、第５の実施の形態に準じ、厚み方向の中央部の幅が狭く、上下に行くに従って幅が広くなる形状を有しており、さらに平板状の底面に外部電極10を設け、圧電体１内部に外部電極10とほぼ平行になるように内部電極11を設け、この内部電極11から圧電体１の片側側面および底面に回し込み電極12を設けたものである。

【００８７】また、圧電体１の製造工程には、第１の実施の形態に準じ、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６（複数の圧電前駆材６の１枚には内部電極11が形成されている）を積層する圧電前駆材積層工程（図14(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を上下方向から型押しする加圧工程（図14(c)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図14(d)、(e)に示す）と、こうして得られた圧電体１に外部電極10および回し込み電極12をさらに設ける電極形成工程（図14(f)に示す）とが含まれる。

【００８８】図14において、圧電前駆材６は、前述のように圧電材料、結合剤などからなり、柔軟性を有すると同時に加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して変形可能なものである。また、押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体７ａが所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１が所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【００８９】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成

形し、圧電前駆材６を得る。

【００９０】前記圧電前駆材積層工程では、第１の実施の形態に準じ、前記焼成工程まで済んだ最終段階において所望の厚みが出るように、予め圧電前駆材６のシート厚みと積層枚数を考慮した上で圧電前駆材６を積層するのであるが、その際に、例えば白金ペーストなど、圧電前駆材６の焼成時の高温に耐えられるような電極材料からなる内部電極11を圧電前駆材６の表面に設ける（図14(a)に示す）。また、内部電極11を設ける圧電前駆材６の位置は、焼成後の最終形状で厚み方向に所望の位置に内部電極11がくるように考慮する必要がある。また、圧電前駆材６の表面上での内部電極11の位置や大きさは、最終的に内部電極11と図示しない信号線を電気的に接続して電気信号を取り出すことを考慮して決定する必要がある。図14では、図中、右側面から信号線を取り出すことを考慮して予め内部電極11を圧電前駆材６上で右寄りに設置し、かつ左側から不必要に内部電極11がはみ出すなどして電気的なショートなどの予期せぬ問題が発生することを予め防ぐために、左側の縁に内部電極11を配置しないようにしている。

【００９１】前記加圧工程では、図14(c)に示すように圧電前駆材積層体７を、加圧に必要な固さを有しかつ加工しやすい、例えばアルミや真鍮などの金属材料からなる押し型８を用いてプレスする。ここでは、圧電前駆材積層体７に当接する面を平面とした上下の押し型８を当てて加圧することで、図14(d)に示すように側面の中央部で幅が狭く、上下に行くに従って幅が広がり、さらに底面にほぼ平行な内部電極11が設けられた圧電前駆材積層体７ａを形成する。このように薄い圧電体１の側面部分に、加工しやすい金属材料を押し型８として所望な形状に加工を施してその形状を転写することで、圧電体１の破損を防ぐことができると同時に、形状精度の安定した圧電板１を複数個作製するのに適した製造方法を実現できる。

【００９２】前記焼成工程では、前述の圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、前述のように形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【００９３】前記電極形成工程では、図14(f)に示すように、焼成後の圧電体１の平板状の底面に例えば焼き付け銀や金スパッタ膜などから成る外部電極10を設ける。さらに、内部電極11との電気的な接続を容易にするために、圧電体１Ａの右側面で内部電極11と接続し、その接続位置から前記右側面を通じて底面まで回り込むように回し込み電極12を設ける。この回し込み電極12は、所望の形状の圧電体１に例えば焼き付け銀や金スパッタ膜などの電極材料で形成する。

【００９４】なお、本実施の形態では圧電体１Ａの最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる場合について説明したが、本発明はこのほかに片面が凸形状であっても、凹凸形状を有する面であっても、押し型８の形状を所望の形状に適宜変更することで、圧電体１Ａの形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【００９５】また、本実施の形態では、四角形の板状の圧電体１を形成する場合について説明したが、本発明はこのほかに円板形状などの任意形状であっても、圧電前駆材６の形状および押し型８の形状を所望の形状に適宜変えることによって同様の効果が得られるものである。

【００９６】さらに、本実施の形態では、前記加圧工程で圧電前駆材積層体７の上下方向から加圧しているが、本発明はこのほかに例えば鉄などの金属材料からなる拘束壁９（図２に示す）を設けることで、さらに加圧時の圧電前駆材積層体７の前後左右方向への極端な広がりを防ぐことができるものである。

【００９７】［第７の実施の形態］図15は、本発明の第７の実施の形態の圧電体の製造方法を示す。これは第６の実施の形態とは、圧電材料と結合材を混合し、圧電体１Ａの厚みの厚い部分について選択的に多数積層した、少なくとも２層以上の圧電前駆材６間に、少なくとも１層以上の内部電極11を形成する点が相違している。この方法によれば、圧電前駆材６の積層数を変更することで厚み分布を有する圧電体の厚みに柔軟に対応できるという効果も得られる。また、均一な分極を実現するとともに圧電体の破損を未然に防ぐという効果が得られる。

【００９８】本実施の形態の圧電体１は、第５の実施の形態に準じ、厚み方向の中央部の幅が狭く、上下に行くに従って幅が広くなる形状を有しており、さらに平板状の底面に外部電極10を設け、圧電体１内部に外部電極10とほぼ平行になるように内部電極11を設け、この内部電極11から圧電体１の片側側面および底面に回し込み電極12を設けたものである。

【００９９】また、圧電体１の製造工程には、第１の実施の形態に準じ、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６（複数の圧電前駆材６の１部には内部電極11が形成されている）を積層する圧電前駆材積層工程（図15(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を上下方向から型押しする加圧工程（図15(c)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図15(d)、(e)に示す）と、こうして得られた圧電体１に外部電極10および回し込み電極12をさらに設ける電極形成工程（図15(f)に示す）とが含まれる。

【０１００】図15において、圧電前駆材６は、前述のように圧電材料、結合剤などからなり、柔軟性を有すると同時に加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して

変形可能なものである。また、押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体７ａが所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１、１Ａが所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【０１０１】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形し、さらに必要に応じて幅サイズが異なるように加工調整した圧電前駆材６を得る。

【０１０２】前記圧電前駆材積層工程では、第１の実施の形態に準じ、前記焼成工程まで済んだ最終段階において所望の厚みが出るように、予め圧電前駆材６のシート厚みと積層枚数を考慮した上で、上層に行くほど幅が狭くなるように加工調整した圧電前駆材６を積層するのであるが、その際に、例えば白金ペーストなど、圧電前駆材６の焼成時の高温に耐えられるような電極材料からなる内部電極11を圧電前駆材６の表面に設ける（図15(a)に示す）。また、内部電極11を設ける圧電前駆材６の位置は、焼成後の最終形状で厚み方向に所望の位置に内部電極11がくるように考慮する必要がある。また、圧電前駆材６の表面上での内部電極11の位置や大きさは、最終的に内部電極11と図示しない信号線を電気的に接続して電気信号を取り出すことを考慮して決定する必要がある。図15では、図中、右側面から信号線を取り出すことを考慮して予め内部電極11を圧電前駆材６上で右寄りに設置し、かつ左側から不必要に内部電極11がはみ出して電気的なショートなどの予期せぬ問題が発生することを予め防ぐために、左側の縁に内部電極11を配置しないようにしている。

【０１０３】前記加圧工程では、図15(c)に示すように圧電前駆材積層体７を、加圧に必要な固さを有しかつ加工しやすい、例えばアルミや真鍮などの金属材料からなる押し型８を用いてプレスする。ここでは、圧電前駆材積層体７に当接する面を平面とした上下の押し型８を当てて加圧することで、図15(d)に示すように側面の中央部で幅が狭く、上下に行くに従って幅が広がり、さらに底面にほぼ平行な内部電極11が設けられた圧電前駆材積層体７ａを形成する。このように、薄い圧電前駆材積層体７ａの側面部分に、加工しやすい金属材料を押し型８として所望な形状に加工を施してその形状を転写することで、圧電体１の破損を防ぐことができると同時に、形状精度の安定した圧電体１を複数個作製するのに適した製造方法を実現できる。

【０１０４】前記焼成工程では、前述の圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、前述のように形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【０１０５】前記電極形成工程では、図15(f)に示すように、焼成後の圧電体１の平板状の底面に例えば焼き付け銀や金スパッタ膜などから成る外部電極10を設ける。さらに、内部電極11との電気的な接続を容易にするために、圧電体１の右側面で内部電極11と接続し、その接続位置から前記右側面を通じて底面まで回り込むように回し込み電極12を設ける。この回し込み電極12は、所望の形状の圧電体１に例えば焼き付け銀や金スパッタ膜などの電極材料で形成する。

【０１０６】以上のように、本実施の形態では厚みの薄いシート状の圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を作製するので、圧電前駆材６の積層数を変えることで様々な圧電体１Ａの厚みに柔軟に対応することができる。

【０１０７】なお、本実施の形態では圧電体１Ａの最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる場合について説明したが、本発明はこのほかに片面が凸形状であっても、凹凸形状を有する面であっても、厚みの厚い部分に選択的に圧電前駆材６の積層数を増やして厚み分布を変更することで、圧電体１Ａの形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【０１０８】さらに、本実施の形態では、四角形の板状の圧電体１を形成する場合について説明したが、本発明はこのほかに円板形状などの任意形状であっても、圧電前駆材６の形状および押し型８の形状を所望の形状に適宜変えることによって同様の効果が得られるものである。

【０１０９】また、本実施の形態では、上層に行くほど幅が狭くなるように加工調整した圧電前駆材６を積層して、より最終形状に近い形状で圧電前駆材積層体７を形成した場合について説明したが、本発明はこのほかに、図16(a)、(b)に示すように前記最終形状の両端の厚みの厚い部分に、同一幅または同一形状の圧電前駆材６を積層して圧電前駆材積層体７を形成することによっても同様の効果が得られるものである。さらに、圧電前駆材６を異なる幅に加工調整する手間を省くことができ、厚みの厚い部分に選択的に積層数を増やせば、各圧電前駆材６の形状および形状変化に制限はない。

【０１１０】［第８の実施の形態］図17は、本発明の第８の実施の形態の圧電体の製造方法を示す。これは第７の実施の形態とは、少なくとも１層以上の平板状の圧電前駆材６と、貫通穴の大きさが異なる少なくとも２層以上の圧電前駆材６を形成し、これらの圧電前駆材６からなる圧電前駆材積層間に、少なくとも１層以上の内部電極11を形成する点が相違している。この方法によれば、

所望の圧電体１、１Ａの厚みおよび形状に柔軟に対応できるという効果も得られる。また、均一な分極を実現するとともに圧電体の破損を未然に防ぐという効果が得られる。

【０１１１】本実施の形態の圧電体１は、第５の実施の形態に準じ、厚み方向の中央部の幅が狭く、上下に行くに従って幅が広くなる形状を有しており、さらに平板状の底面に外部電極10を設け、圧電体１内部に外部電極10とほぼ平行になるように内部電極11を設け、この内部電極11から圧電体１の片側側面および底面に回し込み電極12を設けたものである。

【０１１２】また、圧電体１の製造工程には、第１の実施の形態に準じ、圧電セラミクス粉末などの圧電材料からシート状の圧電前駆材６を成形する圧電前駆材成形工程（図示せず）と、こうして得られたシート状の圧電前駆材６を必要に応じて型抜きし、矩形窓状の貫通穴を設ける型抜き工程（図示せず）と、こうして得られた窓枠状の圧電前駆材６およびシート状の圧電前駆材６（複数の圧電前駆材６の１部には内部電極11が形成されている）を積層する圧電前駆材積層工程（図17(a)、(b)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７の前後の縁部（不要部分）を断裁する縁切り工程（図17(c)に示す）と、こうして得られた圧電前駆材積層体７を上下方向から型押しする加圧工程（図17(d)に示す）と、こうして所望の形状になるよう、加圧された圧電前駆材積層体７ａを焼成する焼成工程（図17(e)、(f)に示す）と、こうして得られた圧電体１に外部電極10および回し込み電極12をさらに設ける電極形成工程（図17(g)に示す）とが含まれる。

【０１１３】図17において、圧電前駆材６は、前述のように圧電材料、結合剤などからなり、柔軟性を有すると同時に加圧力などの力を加えたときにその力を吸収して変形可能なものである。また、押し型８は、例えば鉄などの金属材料から成り、圧電前駆材積層体７に圧力をかけてプレスし、作製された圧電前駆材積層体７ａが所望の不均一な厚みになるようにその形状を転写するために用いるもので、最終的に焼成して得られた圧電体１Ａが所望の不均一厚みを有するように、焼成時の縮みなどを考慮した形状を有する。

【０１１４】前記圧電前駆材成形工程では、例えばＰＺＴなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、結合剤（必要ならば可塑剤などを含む）とを混合して溶媒に溶かしたものを、ドクターブレード法などにより数十ミクロンから数百ミクロンオーダーの厚みのシート状に成形し、圧電前駆材６を得る。

【０１１５】前記型抜き工程では、シート状の圧電前駆材６に対し、必要に応じて型抜きなどの加工を施し、異なるサイズに調整した貫通穴（矩形）を設ける。

【０１１６】前記圧電前駆材積層工程では、図17(a)に示すように、まずシート状および窓枠状の圧電前駆材６を、焼成まで済んだ最終段階において所望の厚みが出せるように、予め圧電前駆材６のシート厚みの変化と積層枚数を考慮した上で積層する。なお、前述のように、複数の圧電前駆材６の１部には内部電極11が形成されている。ここでは、圧電体１の両端部が中央部に比べて厚い形状となるように製造するために、上層に行くほど窓枠状の貫通穴の幅を狭く加工調整した圧電前駆材６を、同一厚み位置の両端に同時に積層して図17(b)に示す圧電前駆材積層体７Ａを形成する。なお、第１の実施の形態に準じ、積層時に、必要に応じて圧力および熱を加える。

【０１１７】ここで、圧電前駆材６の外縁を同一形状（同一サイズ）として、貫通穴を空ける際の位置精度を正確にし、圧電前駆材６を揃えて重ねることで、両端の厚みの厚い圧電前駆材６部分の位置ずれを抑えて積層することができる。あるいは、圧電前駆材６の形状が同一でなくても、各圧電前駆材６に隣り合う二つの縁で直角を少なくとも一箇所形成し、その直角に対して貫通穴の位置決めを行い、積層するすべての圧電前駆材６の直角部分を揃えて重ねることで、位置ずれを抑制して積層することができる。また、圧電前駆材６の貫通穴の幅方向の大きさを変化させ、厚み変化に準じて圧電前駆材６の幅を順次変化させて積層することにより（ここでは、貫通穴の幅方向の大きさの小さいものから大きいものへと変化させて積層することにより）、中央部から端部にいくにつれて順に厚くなっていく形状の圧電前駆材積層体７Ａを形成することができる。

【０１１８】前記縁切り工程では、前記加圧工程に進む前に、貫通穴を設けた圧電前駆材６を積層したことによって発生する不要部分を切り落とす。なお、圧電前駆材積層体７Ａの厚みの薄い部分が極端に薄いために、前記不要部分を切断すると必要な形状を維持できず、圧電前駆材積層体７Ａの全体が湾曲してしまうような場合には、前記不要部分を切断せずにこれを補強部分として利用することも可能である。この場合には、前記加圧工程終了後または前記焼成工程終了後に前記不要部分を除去すればよい。

【０１１９】前記加圧工程では、第１の実施の形態に準じ、例えば鉄などの金属からなる押し型８を用いて、図17(d)に示すように圧電前駆材積層体７の厚み方向に圧力をかけ、図17(e)に示すような厚みが不均一である圧電前駆材積層体７ａを作製する。ここでは、前記縁切り工程で、図17(c)に示すように圧電前駆材積層体７の形状を最終的な厚み分布を有する圧電体１の形状に近づけているので、押し型８による加圧時の加圧力を抑えることができ、加圧による不必要かつ不良な変形および圧電前駆材積層体７ａ内部の残留応力を低下させることが可能であると同時に、圧電前駆材６の変形だけでは賄えないような厚み分布の大きい場合（厚みの薄い部分と厚い部分の差が大きい場合）に有利である。

【０１２０】前記焼成工程では、第１の実施の形態に準じて圧電前駆材積層体７ａを焼成することにより、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の不均一厚みを有する圧電体１を製造することができる。また、押し型８の形状を転写しているので、形状の安定した圧電体１を複数作製することができる。

【０１２１】前記電極形成工程では、焼成工程終了後の圧電体１の平板状の底面に、例えば焼き付け銀や金スパッタ膜などからなる外部電極10を設ける。さらに、内部電極11との電気的な接続を容易とするために、圧電体１の右側面で内部電極11と接続し、その接続位置から側面を通じて底面まで回り込んだ回し込み電極12を設ける。例えば、焼き付け銀や金スパッタ膜などの電極材料で回し込み電極12を形成することにより、所望の形状の圧電体１Ａを作製する。

【０１２２】なお、本実施の形態では圧電体１Ａの最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から端にいくにつれて厚みが厚くなる場合について説明したが、本発明はこのほかに片面が凸形状であっても、凹凸形状を有する面であっても、厚みの厚い部分に選択的に圧電前駆材６の積層数が増えるように、圧電前駆材６に設けた貫通穴の位置や大きさ、数を制御して厚み分布を変更することで、圧電体１Ａの形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【０１２３】また、本実施の形態では圧電体１、１Ａの最終的な形状として片面に凹面の湾曲形状を有し、中央から両端（２方向）にいくにつれて厚みが厚くなるために不要な縁部分を除去する場合について説明したが、本発明はこのほかに、圧電体１、１Ａの最終的な形状として中心部から縁部にいくに従い、厚みが厚くなるような形状（図６、図７に示す）に適用すると、不要な縁部分が発生せず、縁部分を除去する工程も不要となる。

【０１２４】また、本実施の形態では上層に行くほど貫通穴の幅方向の大きな圧電前駆材６を積層して、より最終形状に近い形状の圧電前駆材積層体７を形成した場合について説明したが、本発明はこのほかに、圧電体１、１Ａの最終形状が実現できるのであれば、図18に示すように貫通穴を異なる幅に加工調整する手間を省いて同一形状の貫通穴を形成した圧電前駆材６（図18(a)に示す）を積層して圧電前駆材積層体７Ａ（図18(b)に示す）を形成してもよく、厚みの厚い部分に選択的に積層数が増えるように、圧電前駆材６に設けた貫通穴の位置や大きさ、数を制御して厚み分布を変更することで、圧電体１Ａの形状を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【０１２５】さらに、前述の各実施の形態（図12から図18に示す）では、内部電極11の一方端を側面および底面まで回し込むことで、回し込み電極12に接続した場合について説明したが、本発明はこのほかに回し込み電極12を側面のみに設け、あるいは回し込み電極12を設けずに側面表面に現れる内部電極11と直接電気的に接続する構成とするなど、内部にある電極との電気的な接続が可能であれば、圧電体１、１Ａの構成を制限せずに同様の効果が得られるものである。

【０１２６】また、前述の各実施の形態（図12から図18に示す）では、内部電極11が１層の場合について説明したが、本発明はこのほかに図19に示すように内部電極11を所望の厚み位置に複数層設置する場合に適用しても同様の効果が得られるものである。

【０１２７】［第９の実施の形態］図20に示すように、本発明の第９の実施の形態の超音波探触子は、前述の第１の実施の形態から第４の実施の形態のいずれかに示す圧電体１Ｃを設けたものである。

【０１２８】図20において、音響整合層２は、超音波を効率よく送信あるいは受信するために設けられている。背面負荷材４は、圧電体１Ｃの背面で音響的なダンピング作用を行う。圧電体１Ｃの下面の外部電極10と電気的に接続されている、例えばＦＰＣなどからなる信号線13は、図示しない超音波診断装置や非破壊検査装置などの装置本体と図示しないケーブルを介して接続されている。圧電体１Ｃの上面の外部電極10と電気的に接続されている、例えば銅箔などからなるアース線14は、やはり図示しない超音波診断装置や非破壊検査装置などの装置本体と図示しないケーブルを介して接続されている。

【０１２９】以上のように、本発明の第９の実施の形態の超音波探触子は、第１の実施の形態から第４の実施の形態のいずれかに示す圧電体１を設けているので、超音波探触子の特性の個体差を抑制できる。すなわち、本実施の形態の超音波探触子は、困難な機械加工を施さずに押し型の形状転写によって作製した圧電体１Ｃを用いるため、圧電体に確認困難な微細な割れなどが発生する可能性を抑え、安定した超音波探触子特性が確保できると同時に、押し型の形状を転写する圧電体は同一形状を安定して複数製造することに適しており、それを用いることで超音波探触子の特性の個体差を抑制することができる。

【０１３０】なお、本実施の形態では音響整合層２が１層の場合について説明したが、本発明はこのほかに音響整合層２が複数層の場合にも同様の効果が得られるものである。

【０１３１】また、本実施の形態では圧電体１下面の外部電極10ｂと信号線13を接続し、上面の外部電極10ａとアース線14とを接続した場合について説明したが、本発明はこのほかに接続順を逆にした場合にも同様の効果が得られるものである。

【０１３２】さらに、本実施の形態では従来技術で示した音響レンズ３（図24に示す）が無い超音波探触子について説明したが、本発明はこのほかに音響レンズがある超音波探触子についても同様の効果が得られるものである。

【０１３３】［第10の実施の形態］図21は本発明の第10の実施の形態の超音波探触子の概略図を示す。これは、第９の実施の形態とは、第５乃至第８の実施の形態のいずれかに示す圧電体１Ａを設けた点が相違している。この構成によれば、安定した超音波の送受信特性を実現し、また駆動時の歪み量の分布もないために、圧電体１Ａの微細な割れなどの発生を防ぎ、安定した特性を維持できるという効果も得られる。以下、第９の実施の形態と同一の構成要素には同一符号を付与して説明を省略する。

【０１３４】図21において、アース線14は、圧電体１Ａの内部電極11に接続された回し込み電極12と圧電体１Ａの下面で電気的に接続されている。ここでは、外部電極10と内部電極11がほぼ平行に配置されており、分極にばらつきがない圧電体１Ａを用いている。

【０１３５】なお、本実施の形態では音響整合層２が１層の場合について説明したが、本発明はこのほかに、音響整合層２を複数層にしても同様の効果が得られるものである。

【０１３６】また、本実施の形態では圧電体１Ａ下面の外部電極10と信号線13を接続し、圧電体１Ａ内で外部電極10上方の内部電極11とアース線14を接続した場合について説明したが、本発明はこれとは逆に、外部電極10とアース線14を接続し、内部電極11と信号線13を接続しても同様の効果が得られるものである。

【０１３７】さらに、本実施の形態では超音波探触子に従来の技術で示した音響レンズ３（図24に示す）が無い場合について説明したが、本発明はこのほかに、超音波探触子に音響レンズを設けても同様の効果が得られるものである。

【０１３８】［第11の実施の形態］図22に示すように、本発明の第11の実施の形態の超音波診断装置16は、第９の実施の形態（図20に示す）と第10の実施の形態（図21に示す）のいずれかの超音波探触子15を設けたものである。ここで、超音波探触子15と超音波診断装置16の本体とは有線で接続されている。

【０１３９】以上のように、本発明の本発明の第11の実施の形態の超音波診断装置16は、第９の実施の形態および第10の実施の形態のいずれかの超音波探触子15を設けているので、特性が安定して個体差がないという超音波探触子15の長所を活かして、安定した信頼性の高い超音波診断を行うことができる。

【０１４０】なお、本実施の形態では超音波探触子15と超音波診断装置16の本体とを有線で接続した場合について説明したが、本発明は有線接続のほかに、無線による遠隔操作などを用いても同様の効果が得られるものである。

【０１４１】［第12の実施の形態］図23に示すように、本発明の第12の実施の形態の非破壊検査装置17は、第９の実施の形態（図20に示す）と第10の実施の形態（図21*に示す）のいずれかに示す超音波探触子15を設けたものである。ここで、超音波探触子15と非破壊検査装置17の本体とは有線で接続されている。

【０１４２】以上のように、本発明の本発明の第12の実施の形態の非破壊検査装置17は、第９の実施の形態および第10の実施の形態のいずれかに示す超音波探触子15を設けているので、特性が安定して個体差がないという超音波探触子15の長所を活かして、安定した信頼性の高い非破壊検査を行うことができる。

【０１４３】なお、本実施の形態では超音波探触子15と非破壊検査装置17の本体とを有線で接続した場合について説明したが、本発明は有線接続のほかに、無線による遠隔操作などを用いても同様の効果が得られるものである。

【０１４４】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は圧電材料と結合材を混合した圧電前駆材を所望の形状になるように型押しすることにより、厚み分布を有し、寸法精度がよいという優れた効果を有する圧電体を提供することができるものである。また、本発明は圧電材料と結合材を混合した圧電前駆材を所望の形状になるように型押しすることにより、研削加工などの複雑な機械加工を要せずに厚み分布を有する圧電体を精度よく複数作製できるという優れた効果を有する圧電体の製造方法を提供することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図

【図２】本発明の第１の実施の形態の他の加圧工程（前後左右の拘束壁を用いる場合）を示す図

【図３】本発明の第２の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図

【図４】本発明の第２の実施の形態の他の圧電前駆材積層工程(厚み部分に同一形状の圧電前駆材を積層する場合)を示す図

【図５】本発明の第３の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図

【図６】本発明の他の実施の形態の圧電体の製造工程（縁切り工程を省く場合）を適用可能な圧電体の形状を示す図

【図７】本発明の他の実施の形態の圧電体の製造工程（縁切り工程を省く場合）を適用可能な圧電体の形状を示す図

【図８】本発明の第３の実施の形態の他の圧電前駆材積層工程(同一形状の貫通穴を有する圧電前駆材を積層する場合)を示す図

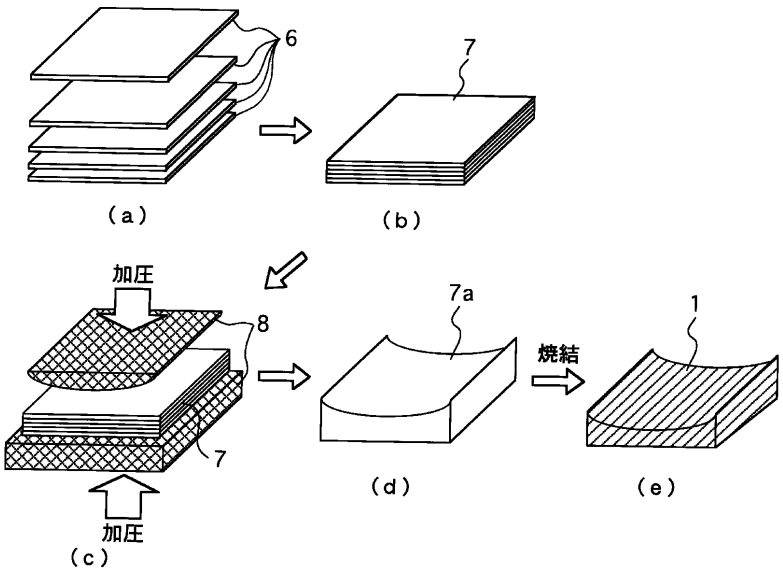
【図９】本発明の第４の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図

【図10】本発明の第４の実施の形態の他の加圧工程（上下および前後左右から加圧する場合）を示す図

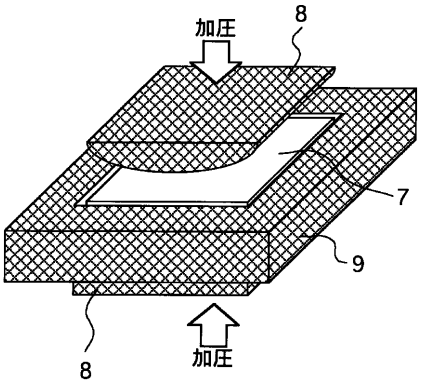
【図11】本発明の第４の実施の形態の他の圧電前駆材積層工程（幅方向の厚み分布を予め設ける場合）を示す図
【図12】本発明の第５の実施の形態の圧電体を示す概略図
【図13】本発明の第５の実施の形態の圧電体の製造方法（接合）を示す図
【図14】本発明の第６の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図
【図15】本発明の第７の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図
【図16】本発明の第７の実施の形態の他の圧電前駆材積層工程(厚み部分に同一形状の圧電前駆材を積層する場合)を示す図
【図17】本発明の第８の実施の形態の圧電体の製造工程を示す図
【図18】本発明の第８の実施の形態の他の圧電前駆材積層工程(同一形状の貫通穴を有する圧電前駆材を積層する場合)を示す図
【図19】本発明の第８の実施の形態の圧電体（２層の内部電極を有する場合）を示す概略図
【図20】本発明の第９の実施の形態の超音波探触子を示す概略図
【図21】本発明の第10の実施の形態の超音波探触子を示す概略図
【図22】本発明の第11の実施の形態の超音波診断装置を示す概念図
*【図23】本発明の第12の実施の形態の非破壊検査装置を示す概念図
【図24】従来の超音波探触子の概略図
【図25】従来の超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を示す図
【図26】従来の超音波探触子に用いる圧電体の他の製造方法を示す図

【符号の説明】
１、１Ａ、１Ｂ、１Ｃ、１ａ、１ｂ　圧電体
２　音響整合層
３　音響レンズ
４　背面負荷材
５　研削砥石
６　圧電前駆材
７、７ａ　圧電前駆材積層体（圧電前駆材体）
８　押し型
９　拘束壁
10、10ａ、10ｂ　外部電極
11　内部電極
12　回し込み電極
13　信号線
14　アース線
15　超音波探触子（超音波プローブ）
16　超音波診断装置（本体）
17　非破壊検査装置（本体）

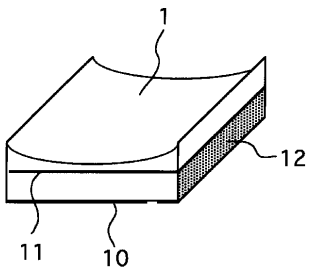
【図１】



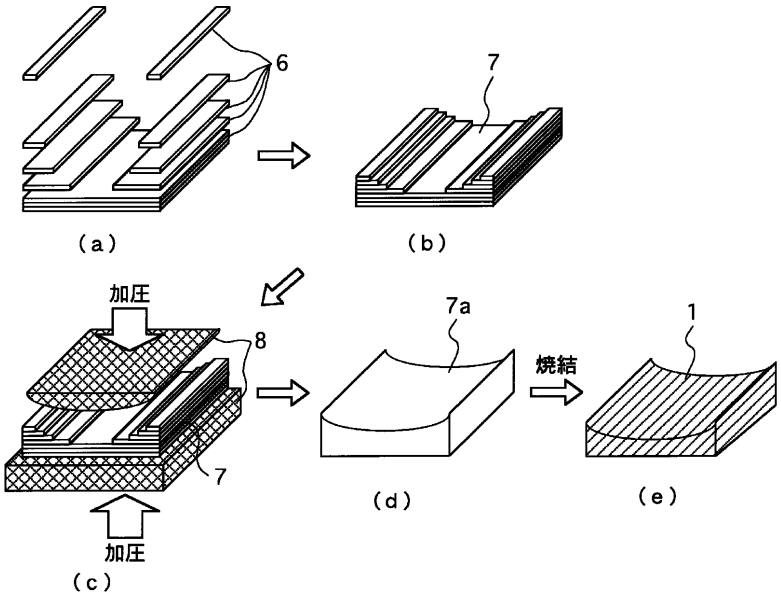
【図２】



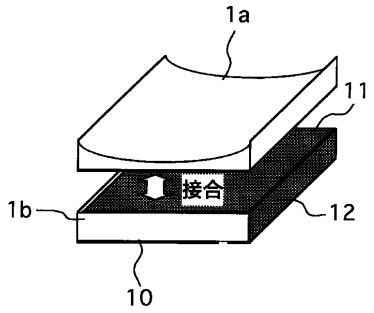
【図１２】



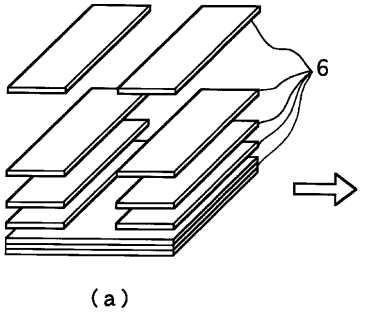
【図３】

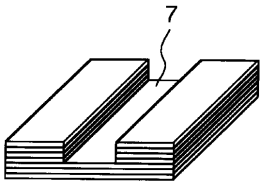


【図１３】

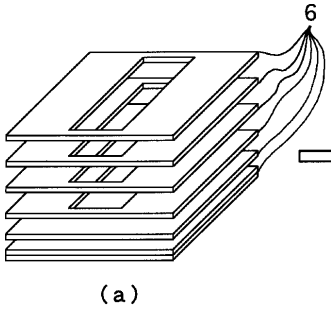


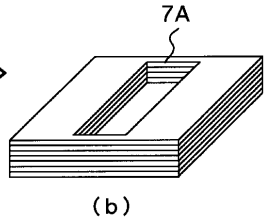
【図４】



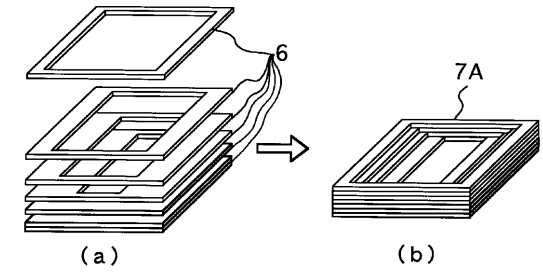


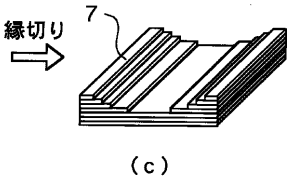
【図８】

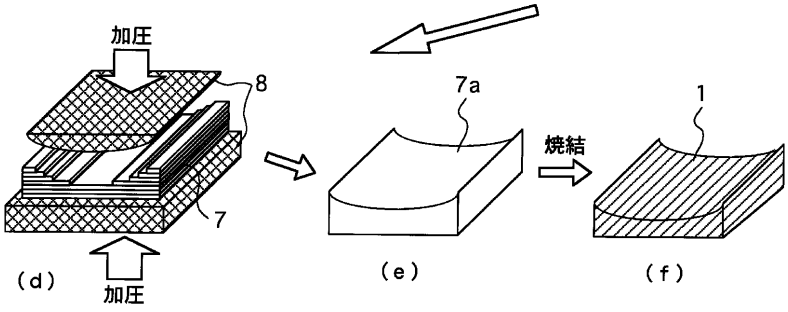




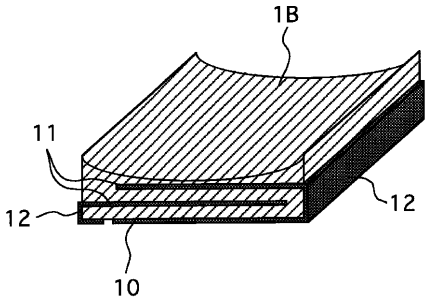
【図５】



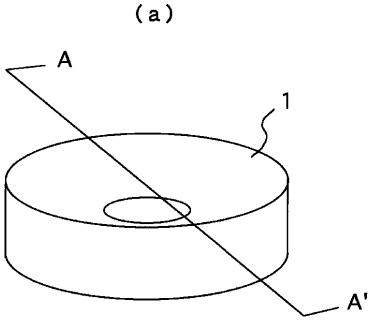




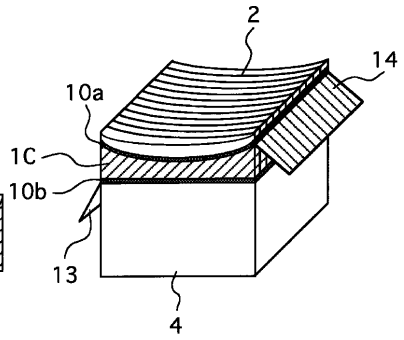
【図１９】



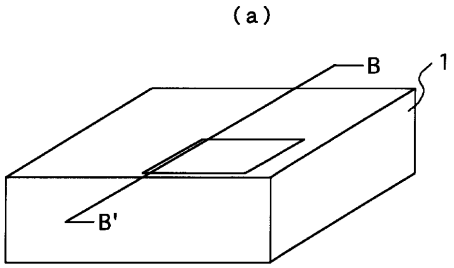
【図６】



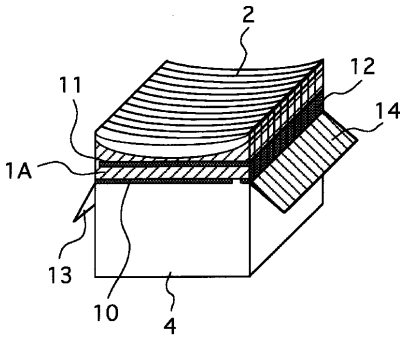
【図２０】



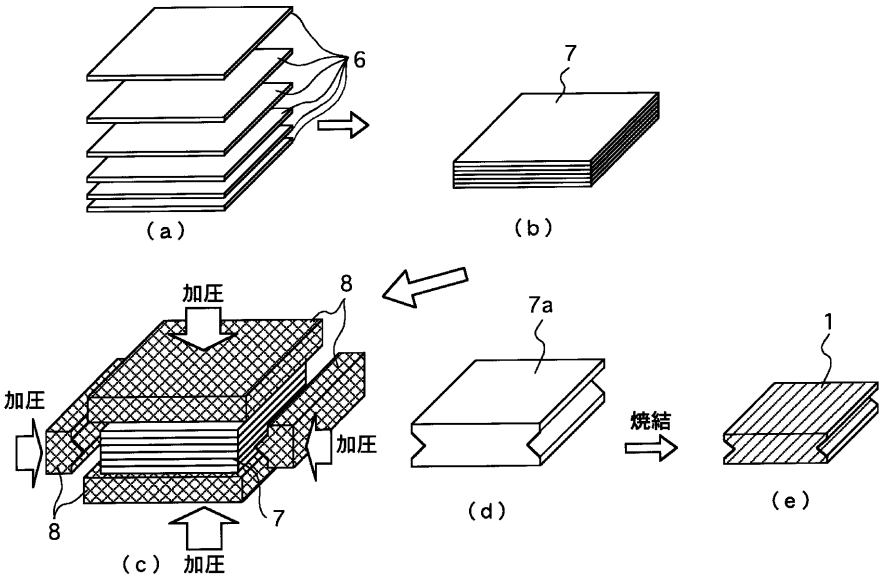
【図７】



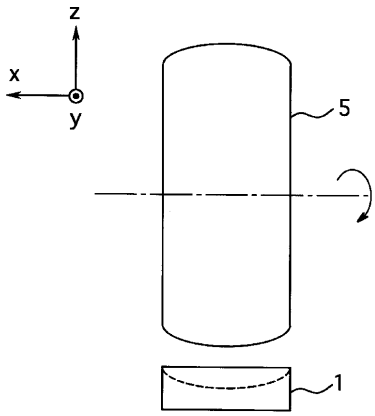
【図２１】



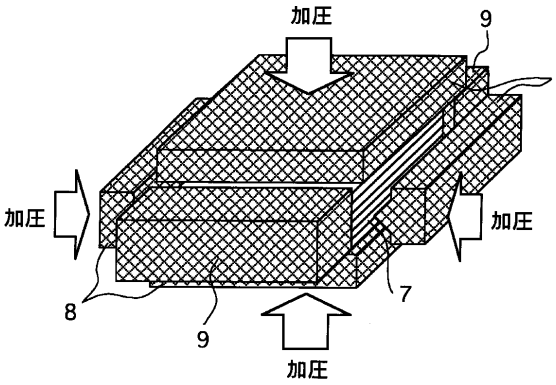
【図９】



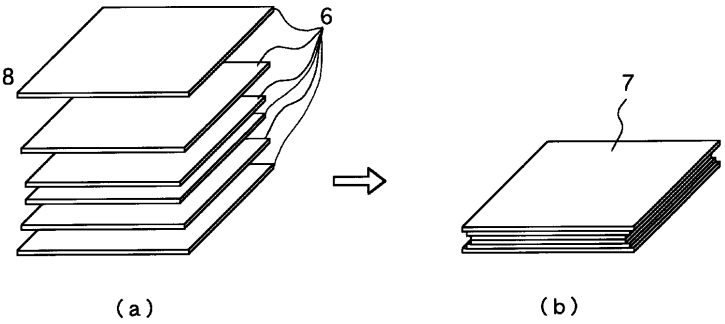
【図２５】



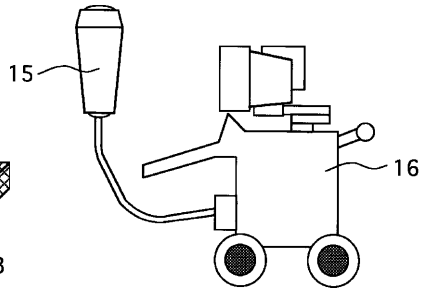
【図１０】



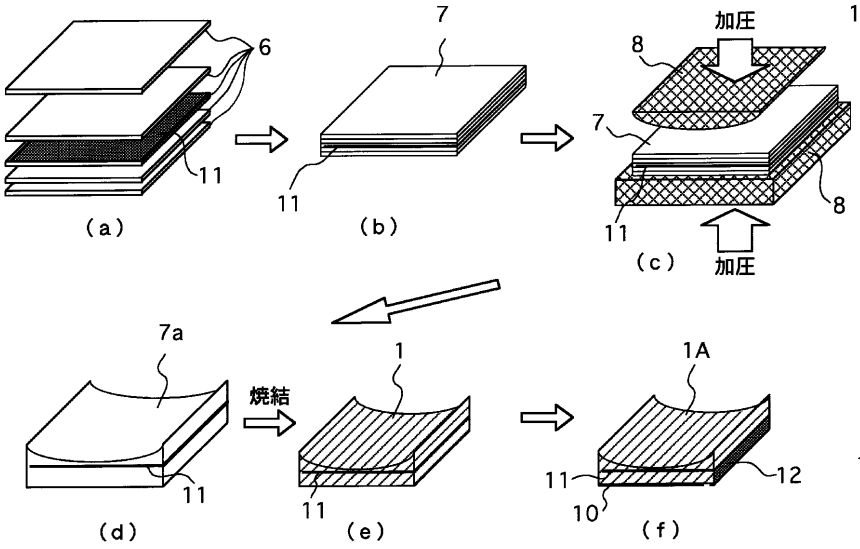
【図１１】



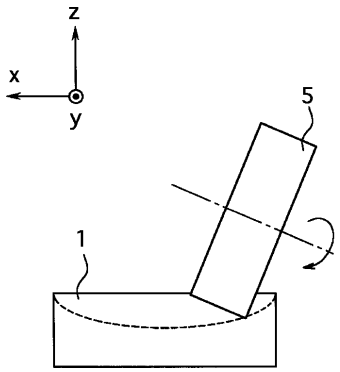
【図２２】



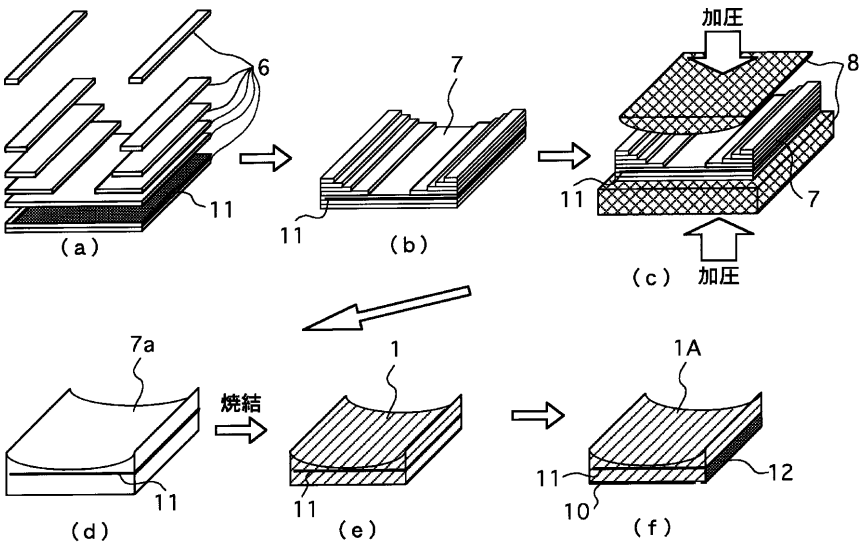
【図１４】



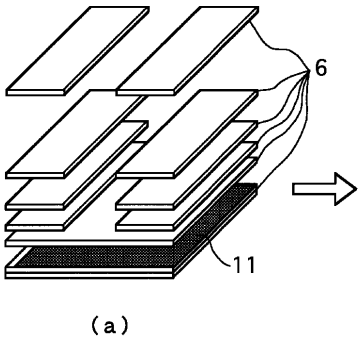
【図２６】



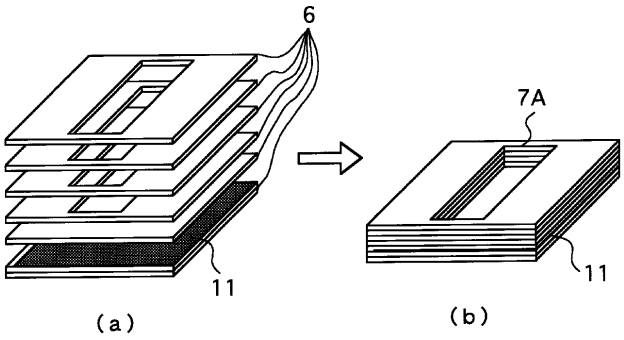
【図１５】



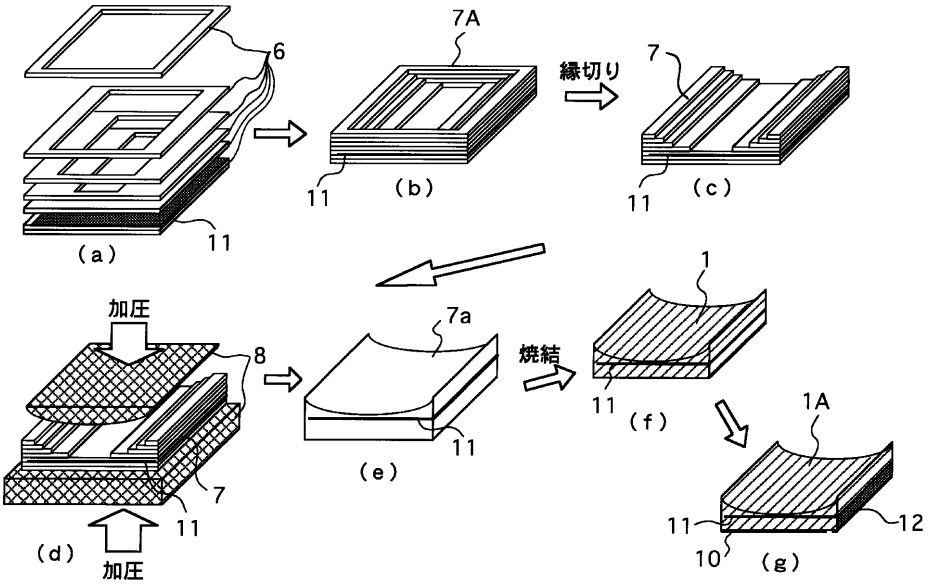
【図１６】



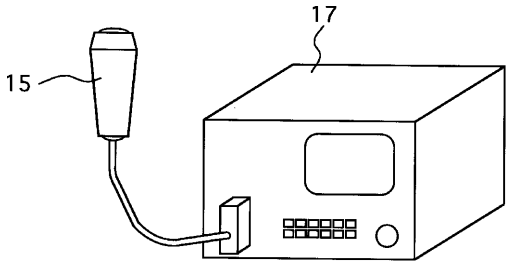
【図１８】



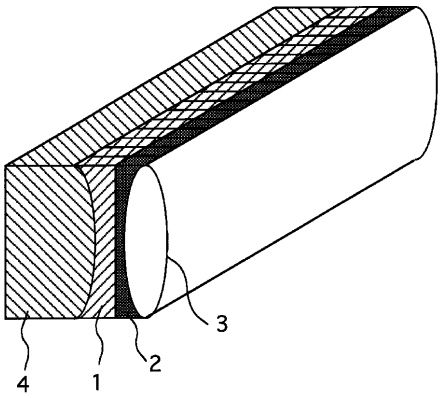
【図１７】



【図２３】



【図２４】

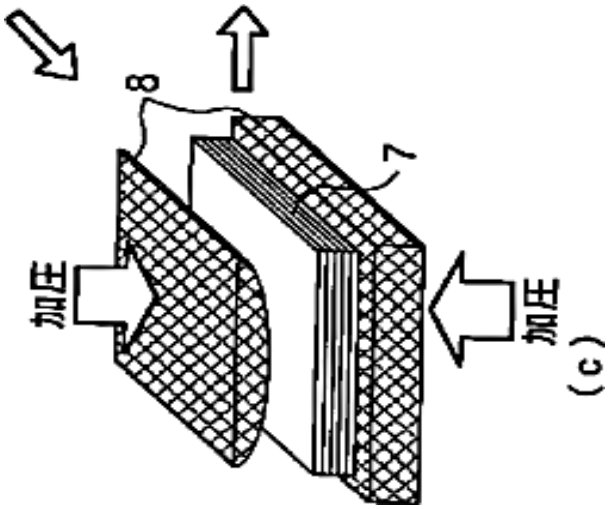


フロントページの続き

(72)発明者　杉山　吉幸
大阪府門真市大字門真1006番地　松下電器
産業株式会社内

Ｆターム(参考)　2G047 CA01 EA10 EA11 GB11 GB21
GB23 GB25 GB28 GB32 GB35
4C301 EE11 EE12 GB01 GB18 GB21
GB27 GB33 GB36
4C601 EE09 EE10 GB01 GB02 GB19
GB24 GB25 GB32 GB33 GB41
GB42 GB44
5D019 BB14 FF04 GG01 GG03 HH03

专利名称(译)	压电体制造方法，压电体，超声波探头，超声波诊断装置和非破坏性检查装置		
公开(公告)号	JP2003158799A	公开(公告)日	2003-05-30
申请号	JP2001357398	申请日	2001-11-22
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
[标]发明人	佐藤利春 雨宮清英 杉山吉幸		
发明人	佐藤 利春 雨宮 清英 杉山 吉幸		
IPC分类号	G01N29/24 A61B8/00 H04R17/00 H04R31/00		
CPC分类号	H01L41/273 H01L41/293 H01L41/297 H04R17/00		
FI分类号	H04R31/00.330 A61B8/00 G01N29/24 H04R17/00.330.E		
F-TERM分类号	2G047/CA01 2G047/EA10 2G047/EA11 2G047/GB11 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB25 2G047/GB28 2G047/GB32 2G047/GB35 4C301/EE11 4C301/EE12 4C301/GB01 4C301/GB18 4C301/GB21 4C301/GB27 4C301/GB33 4C301/GB36 4C601/EE09 4C601/EE10 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB19 4C601/GB24 4C601/GB25 4C601/GB32 4C601/GB33 4C601/GB41 4C601/GB42 4C601/GB44 5D019/BB14 5D019/FF04 5D019/GG01 5D019/GG03 5D019/HH03		
其他公开文献	JP3445262B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

压电体的制造方法，压电体和超声波探头，其用于准确地制造具有相同形状且具有厚度分布的多个压电体，并利用该压电体实现可靠性高的超声波诊断。 为了提供触手，超声诊断设备和非破坏性检查设备。 解决方案：压电前体材料是通过以下方式形成的：将由压电陶瓷粉末制成的压电材料和粘合剂混合，然后将其溶解在溶剂中，通过刮刀法等形成厚度为几十至几百微米的薄片。 压花步骤（未示出），用于层压由此获得的片状压电前体6的压电前体层压步骤（a）和（b）以及由此获得的压电前体层压体7。 该方法包括压制步骤（c）和（d）以及用于将压制的压电前体层压体7a烘焙成期望形状的烘焙步骤（e）。