

(19)日本国特許庁（ J P ）

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002 - 58098

(P2002 - 58098A)

(43)公開日 平成14年2月22日(2002.2.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
H 0 4 R 17/00	332	H 0 4 R 17/00	332 A 2 G 0 4 7
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 3 0 1
G 0 1 N 29/24	502	G 0 1 N 29/24	5 D 0 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 数)

(21)出願番号 特願2000 - 244270(P2000 - 244270)

(22)出願日 平成12年8月11日(2000.8.11)

(71)出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72)発明者 橋本 順一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(74)代理人 100079577

弁理士 岡田 全啓

F タ-ム (参考) 2G047 AC13 BC07 CA01 GB02 GB23

GB25 GB28 GF01

4C301 EE06 EE17 EE20 GB10 GB14

GB18 GB33

5D019 AA21 BB02 BB14 BB19 FF04

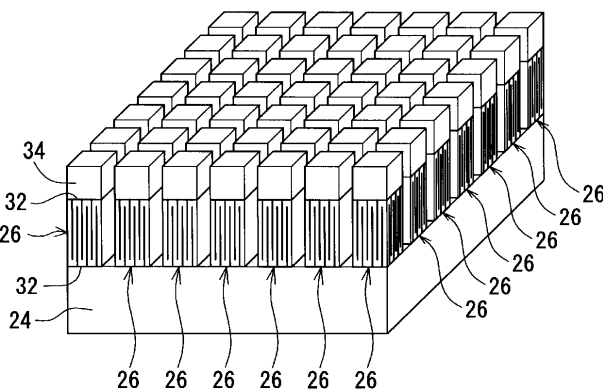
(54)【発明の名称】 センサアレイおよび送受信装置

(57)【要約】

【課題】 感度がよく製造しやすく圧電振動子間の特性のばらつきが小さいセンサアレイを提供する。

【解決手段】 送受信回路20に用いられるセンサアレイとしての超音波プローブ22は、バックング材からなる基板24を含む。基板24の一方主面上には、複数の直方体状の圧電振動子26がマトリックス状に固着される。圧電振動子26は、圧電振動子26の隣接する2つの側面とそれぞれ略45度の角度で交差する方向に積層される複数の圧電体層28を含む。圧電体層28間には、内部電極30がそれぞれ形成され、圧電体層28の両端面には、外部電極32がそれぞれ形成される。

22



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板、および前記基板の主面上にマトリックス状に固着される複数の直方体状の圧電振動子を含み、

前記圧電振動子は、

前記基板の主面と平行な方向にかつ少なくとも一部のものが前記圧電振動子の隣接する 2 つの側面と交差する方向に積層される複数の圧電体層、

前記複数の圧電体層間に設けられる内部電極、および前記複数の圧電体層の端面に形成される外部電極を含む、 10 センサアレイ。

【請求項 2】 前記複数の圧電体層は、前記圧電振動子の隣接する 2 つの側面とそれぞれ略 45 度の角度で交差する方向に積層される、請求項 1 に記載のセンサアレイ。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のセンサアレイを含む、送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はセンサアレイおよび送受信装置に関し、特にたとえば超音波診断装置、超音波顕微鏡、金属探傷装置などに用いられる超音波プローブなどのセンサアレイおよび送受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】この発明の背景となる従来の超音波診断装置に用いられる超音波プローブなどが、たとえば、IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 44, NO. 2, MARCH 1997 Hybrid Multi/Single Layer Array Transducers for Increased Signal-to-Noise Ratio などに開示されている。 30 図 9 は従来の超音波診断装置に用いられる超音波プローブの要部を示す斜視図であり、図 10 はその超音波プローブに用いられる圧電振動子を示す斜視図である。図 9 に示す超音波プローブ 1 は、バックング材といわれる音響吸収体からなる基板 2 を含む。基板 2 の一方主面上には、複数の圧電振動子 3 がマトリックス状に固着される。圧電振動子 3 は、図 10 に示すように、積層される複数の圧電体層 4 を含み、圧電体層 4 間には内部電極 5 がそれぞれ形成され、圧電体層 4 の上下面には外部電極 6 がそれぞれ形成される。また、圧電体層 4 の両端部に 40 はビアホール 7 がそれぞれ形成され、ビアホール 7 内には接続電極 8 がそれぞれ形成される。さらに、それらの圧電体層 4 は、1 層おきに逆の厚み方向に分極される。そして、圧電振動子 3 は、圧電体層 4 の主面が基板 2 の一方主面と平行になるように接着剤で基板 2 の一方主面上に接着される。さらに、複数の圧電振動子 3 上には、人体との音響的マッチングをとるための音響マッチング層 9 が形成され、音響マッチング層 9 上には、超音波ビームを収束させるための音響レンズ 10 が形成される。なお、上述の超音波プローブ 1 に用いられている圧電振 50

動子 3 では、内部電極 5 がビアホール 7 などによって引き出されているが、内部電極を引き出す構造ないし方法としては、それとは別に一般に積層コンデンサなどに用いられているように、内部電極を側面から引き出す構造ないし方法がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】図 9 に示す超音波プローブ 1 に用いられる圧電振動子 3 では、単層構造と異なり積層構造を有するので、高機能化、高分解能化を実現することができ感度がよいが、製造する際にビアホールの高い加工精度や電極の高い印刷精度などが必要であり、材料の焼成時の収縮などによってビアホール間の直線性を得にくく焼成した材料をマトリックス状にカットするのが困難であり、さらに、カット後に外部電極を欠落しやすいことなど、製造上において極めて高い加工精度が必要であり、製造上の問題が多く特性のばらつきが生じやすい。なお、超音波プローブ 1 において圧電振動子 3 の内部電極 5 を側面から引き出す場合にも、製造する際に高い加工精度が必要となる。

【0004】そこで、本出願人が特願平 11-273078 号で出願しているように、感度がよく製造しやすい超音波プローブが考え出された。図 11 はそのような超音波プローブの要部を示す斜視図であり、図 12 はその超音波プローブに用いられる圧電振動子を示す斜視図である。図 11 に示す超音波プローブ 1 では、図 9 に示す超音波プローブ 1 と比べて、特に圧電振動子 3 において異なる。すなわち、図 9 に示す超音波プローブ 1 の圧電振動子 3 では、圧電体層 4 と内部電極 5 とが基板 2 の一方主面上で上下方向に積層されるが、図 11 に示す超音波プローブ 1 の圧電振動子 3 では、圧電体層 4 と内部電極 5 とが圧電振動子 3 の側面に平行する方向に積層される。

【0005】図 11 に示す超音波プローブでも、積層構造の圧電振動子が用いられるので、感度がよい。さらに、図 11 に示す超音波プローブは、複数の圧電体層および複数の内部電極を積層した積層体を作り、積層体を積層方向にカットして板状のマザー板を作り、マザー板の主面に外部電極を形成し、マザー板を基板の一方主面上に固着し、マザー板を複数の圧電振動子にカットすることによって製造することができ、マザー板を基板に固着する際にマザー板の主面全面に外部電極が形成されているので高い位置決め精度が不要となり、製造しやすい。

【0006】ところが、図 11 に示す超音波プローブなどにおいて、圧電振動子を構成する圧電体層は、厚さにばらつきがあり、一定に保つことはできない。一定の形状の圧電振動子を作るためには、圧電振動子の側部となる圧電体層の厚さを薄くして調整する必要がある。このとき、側部の圧電体層には外側に電極がないため電圧を印加することができず、振動の減衰成分となる。この減

衰成分が、全体にあたえる影響が大きく、効率ダウンの主要因となる。また、圧電振動子ごとに側部の圧電体層の厚さが変わるため、圧電振動子間の特性のばらつきが大きくなる。

【0007】それゆえに、この発明の主たる目的は、感度がよく製造しやすく圧電振動子間の特性のばらつきが小さいセンサアレイを提供することである。この発明の他の目的は、感度がよく製造しやすく圧電振動子間の特性のばらつきが小さいセンサアレイを含む送受信装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明にかかるセンサアレイは、基板と、基板の主面上にマトリックス状に固着される複数の直方体状の圧電振動子とを含み、圧電振動子は、基板の主面と平行な方向にかつ少なくとも一部のものが圧電振動子の隣接する2つの側面と交差する方向に積層される複数の圧電体層と、複数の圧電体層間に設けられる内部電極と、複数の圧電体層の端面に形成される外部電極とを含む、センサアレイである。この発明にかかるセンサアレイでは、複数の圧電体層は、たとえ

ば、圧電振動子の隣接する2つの側面とそれぞれ略45度の角度で交差する方向に積層される。また、この発明にかかる送受信装置は、この発明にかかるセンサアレイを含む送受信装置である。

【0009】この発明にかかるセンサアレイでは、積層構造の圧電振動子が用いられるので、感度がよい。さらに、この発明にかかるセンサアレイは、複数の圧電体層および複数の内部電極を積層した積層体を作り、積層体を積層方向にカットして板状のマザー板を作り、マザー板の主面に外部電極を形成し、マザー板を基板の一方主面上に固着することなどによって製造することができるが、マザー板を基板に固着する際にマザー板の主面全面に外部電極が形成されているので高い位置決め精度が不要となり、製造しやすい。また、この発明にかかるセンサアレイは、基板の主面と平行な方向にかつ圧電振動子の隣接する2つの側面と交差する方向に、圧電振動子の少なくとも一部の圧電体層および内部電極が積層されるので、圧電振動子において圧電特性を示さない最外層の圧電体層の端面の面積が小さくなる。そのため、圧電振動子の最外層の圧電体層で振動を減衰する要因が小さくなり、圧電振動子の最外層の圧電体層の厚さのばらつきで圧電振動子の特性に与える影響も小さくなる。したがって、圧電振動子間の特性のばらつきが小さくなる。

【0010】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【0011】

【発明の実施の形態】図1はこの発明にかかる送受信装置の一例を示すブロック図であり、図2はその送受信装置に用いられる超音波プローブを示す斜視図であり、図

3はその超音波プローブに用いられる圧電振動子を示す斜視図である。図1に示す送受信装置20は、超音波プローブ22を含む。

【0012】超音波プローブ22は、図2に示すように、バックング材といわれる音響吸収体からなる基板24を含む。基板24の一方主面上には、複数の直方体状の圧電振動子26がマトリックス状に固着される。これらの圧電振動子26は、それぞれ、たとえば縦0.35mm、横0.35mm、高さ0.7mmの寸法を有する。なお、複数の圧電振動子26は、図2では7行7列に示されているが、実際には多数配列されている。

【0013】圧電振動子26は、図3に示すように、たとえば比誘電率2000程度の材料からなり積層される複数の圧電体層28を含む。これらの圧電体層28は、それぞれ、たとえば40μmの厚さを有する。また、これらの圧電体層28は、圧電振動子26の隣接する2つの側面とそれぞれ略45度の角度で交差する方向に積層される。これらの圧電体層28間には、たとえば3μmの厚さを有する内部電極30がそれぞれ形成される。この場合、内部電極30は、1つおきのものが圧電体層28の一端部から中央部にわたって形成され、他の1つおきのものが圧電体層28の他端部から中央部にわたって形成される。さらに、これらの圧電体層28の両端面には、外部電極32がそれぞれ形成される。この場合、一方の外部電極32は1つおきの内部電極30に接続され、他方の外部電極32は他の1つおきの内部電極30に接続される。また、これらの圧電体層28は、1層おきに逆の厚み方向に分極される。なお、各圧電振動子26では、外径すなわち外部電極32の一辺はそれぞれ0.35mmに形成され、厚みすなわち外部電極32間は主モードである長さ振動(d31モード)とその他の不要振動との結合を防止するため外径の2倍以上の寸法が望ましくたとえば0.7mmに形成される。そして、各圧電振動子26は、複数の圧電体層28が基板24の主面と平行な方向に積層されるように、基板24上に接着剤でマトリックス状に接着される。

【0014】各圧電振動子26の接着面側の外部電極32には、各圧電振動子26に電気信号を入出力できる各引出し線が、互いに電気的に独立して接続される。また、これらの引出し線は、基板24を貫通して基板24の裏面から引き出される。

【0015】さらに、それらの圧電振動子26の上側の外部電極32側の面全体には、導電性薄膜34が共通電極として貼り付けられる。また、その導電性薄膜34には、別の引出し線が接続される。なお、圧電振動子26と導電性薄膜34との間には、導電性音響整合層が入れられてもよい。また、導電性薄膜34の上には、導電性超音波レンズが配置されてもよい。

【0016】また、この送受信装置20は、多数の切り替えスイッチ40を含む。各切り替えスイッチ40に

は、各一端に各送信部 4 2 が接続され、各他端に各受信部 4 4 が接続される。この場合、各送信部 4 2 としてたとえばファンクションシンセサイザのようなサイン波発生装置が使用され、各受信部 4 4 としてたとえばデジタルオシロスコープ等の波形測定装置が使用される。また、各送信部 4 2 および各受信部 4 4 には、共通の基準電位が使用される。

【0017】さらに、超音波プローブ 2 2 の各圧電振動子 2 6 の接着面側の外部電極 3 2 は、各引出し線を介して、各切り替えスイッチ 4 0 の中点に接続される。また、超音波プローブ 2 2 の圧電振動子 2 6 の上側の外部電極 3 2 には、別の引出し線を介して、基準電位が与えられる。

【0018】この送受信装置 2 0 では、通常、各切り替えスイッチ 4 0 の中点が一端にも他端にも接続されない状態にされる。

【0019】この送受信装置 2 0 では、まず、第 1 番目の切り替えスイッチ 4 0 の中点が一端に接続され、第 1 番目の圧電振動子 2 6 が第 1 番目の送信部 4 2 に接続される。すると、第 1 番目の送信部 4 2 から第 1 番目の圧電振動子 2 6 に、第 1 番目の圧電振動子 2 6 の共振周波数のサイン波 5 波長分が入力され、第 1 番目の圧電振動子 2 6 が振動して超音波を発信する。

【0020】その後すぐに、第 1 番目の切り替えスイッチ 4 0 の中点が他端側に切り替えられ、第 1 番目の圧電振動子 2 6 が第 1 番目の受信部 4 4 に接続される。すると、発信した超音波の測定面での反射波が、第 1 番目の圧電振動子 2 6 を介して、第 1 番目の受信部 4 4 で受信される。この場合、第 1 番目の受信部 4 4 において、発信から受信までの時間が測定され記憶される。

【0021】第 1 番目の圧電振動子 2 6 についての測定および記憶が終われば、隣の圧電振動子 2 6 について同様の操作が繰り返され、それが終われば、さらに、その隣の第 3 番目の圧電振動子 2 6 について同様の操作が繰り返される。そして、全ての圧電振動子 2 6 について、同様の操作が行なわれると、各反射波を受信するまでの時間差から超音波プローブ 2 2 の圧電振動子 2 6 の上面に対向する測定面の凹凸を検出することができる。

【0022】この送受信装置 2 0 では、3 次元画像化や高分解能化にともなう超音波プローブの 2 次元化において、超音波プローブ 2 2 に積層構造の圧電振動子 2 6 が用いられるので、図 9 および図 11 に示す各超音波プローブ 1 と同様のインピーダンスのマッチングとともに受波感度を得ることができ、高性能化を実現させることができる。

【0023】さらに、この送受信装置 2 0 では、図 3 に示すような方向に積層された積層構造を有する圧電振動子 2 6 が用いられるので、ピアホール形成やピアホールにあわせたカット方法などの複雑な工程や高い加工精度が不要となり、工程の簡素化とともに圧電振動子 2 6

の製作時に高い加工精度が不要となる。

【0024】また、この送受信装置 2 0 では、基板 2 4 の主面と平行な方向にかつ圧電振動子 2 6 の隣接する 2 つの側面と交差する方向に、圧電振動子 2 6 の圧電体層 2 8 および内部電極 3 0 が積層されるので、圧電振動子 2 6 において圧電特性を示さない最外層の圧電体層 2 8 の端面（図 3 における上下面）の面積が小さくなる。そのため、圧電振動子 2 6 の最外層の圧電体層 2 8 で振動を減衰する要因が小さくなり、圧電振動子 2 6 の最外層の圧電体層 2 8 の厚さのばらつきで圧電振動子 2 6 の特性に与える影響も小さくなる。したがって、圧電振動子 2 6 間の特性のばらつきが小さくなる。

【0025】次に、図 11 に示す超音波プローブの圧電振動子のように圧電体層および内部電極が圧電振動子の側面に平行する方向に積層された圧電振動子のばらつきと、図 2 に示す超音波プローブの圧電振動子のように圧電体層および内部電極が圧電振動子の隣接する 2 つの側面と交差する方向に積層された圧電振動子のばらつきについて説明する。

【0026】ここで、まず、超音波プローブの作り方について簡単に説明する。

【0027】図 4 は超音波プローブを作るためのマザー板を示す斜視図である。このマザー板 5 0 は、たとえば、縦 12 mm、横 4 mm、厚さ 0.7 mm の寸法を有する。このマザー板 5 0 は、たとえば、0.7 mm × 12 mm × 42 μm の圧電体層 5 2 を 9 5 枚積層して作られる。この場合、各圧電体層 5 2 間には、内部電極 5 4 がそれぞれ設けられる。これらの内部電極 5 4 は、マザー板 5 0 の表面全面および裏面全面に外部電極を設けたときに表面の外部電極と裏面の外部電極とに交互に接続するように形成される。

【0028】そして、マザー板 5 0 が基板の一方主面に接着され、図 5 に示すように、定ピッチでマトリクス状にカットされるなどして、各圧電振動子 6 0 が作られるとともに、超音波プローブが作られる。なお、マザー板 5 0 の表面全面および裏面全面には、マザー板 5 0 を基板に接着する前に外部電極が形成される。

【0029】ところが、図 11 に示す超音波プローブのように圧電振動子の圧電体層および内部電極が圧電振動子の側面に平行する方向に積層されたものを作る場合、マザー板 5 0 をカットするピッチが、圧電体層 5 2 の厚さの整数倍とはならないため、圧電振動子 6 0 ごとに内部電極 5 4 の位置が変わっていく。このように内部電極 5 4 の位置が変わると、圧電体層 5 2 の層数が異なる圧電振動子 6 0 が作られてしまう。その結果、圧電振動子 6 0 の容量がたとえば 10 % 以上違うものが混在し、受信感度などの特性にばらつきが生じてしまう。

【0030】それに対して、図 2 に示す超音波プローブのように圧電振動子の圧電体層および内部電極が圧電振動子の隣接する 2 つの側面と交差する方向に積層された

ものを作る場合、マザー板50をカットするピッチが、圧電体層52の厚さの整数倍とはならなくても、圧電振動子において圧電特性を示さない最外層の圧電体層の端面の面積が小さくなるため、圧電振動子の最外層の圧電体層で振動を減衰する要因が小さくなり、圧電振動子の最外層の圧電体層の厚さのばらつきで圧電振動子の特性に与える影響も小さくなる。したがって、圧電振動子間の特性のばらつきが小さくなる。

【0031】そこで、次に、超音波プローブの圧電振動子のばらつきについて具体的な数値を用いて説明する。

【0032】まず、マザー板を積層方向にマトリックス状にカットするなどして作った圧電振動子60について述べる。この場合の圧電振動子60の上面の図解図を図6に示す。この圧電振動子60は、たとえば縦350 μ m、横350 μ mの寸法を有する。また、圧電体層52は、たとえば厚さ42 μ mの厚さを有する。さらに、図6に示すように、一端側の最外層の圧電体層52の厚さを t_1 とし、一端側の最外層の圧電体層52の面積を s_1 とし、他端側の最外層の圧電体層52の厚さを t_2 とし、他端側の最外層の圧電体層52の面積を s_2 とする。この場合のマザー板をカットするピッチは、350 μ m程度であるが、圧電体層52の厚みの整数倍にはならない。そのため、圧電振動子60ごとに内部電極の位置が違うものとなる。

【0033】図6に示す圧電振動子60において、中間の活性となる圧電体層52が8層の場合、すなわち、 $0 < t_1 < 14\mu$ mの場合、 $t_1 + t_2 = 350 - 42 * 8 = 14\mu$ mなので、 $t_2 = 14 - t_1$ となる。そのため、分極できない両端側の最外層の圧電体層52の面積 $s_1 + s_2$ は、 $s_1 + s_2 = (t_1 + t_2) * 350 = 14 * 350 = 4900 [\mu\text{m} * \mu\text{m}]$ となる。

【0034】また、図6に示す圧電振動子60において、中間の活性となる圧電体層52が7層の場合、すなわち、 $14\mu\text{m} < t_1 < 42\mu$ mの場合、 $t_1 + t_2 = 350 - 42 * 7 = 56\mu$ mなので、 $t_2 = 56 - t_1$ となる。そのため、分極できない両端側の最外層の圧電体層52の面積 $s_1 + s_2$ は、 $s_1 + s_2 = (t_1 + t_2) * 350 = 56 * 350 = 19600 [\mu\text{m} * \mu\text{m}]$ となる。

【0035】さらに、図6に示す圧電振動子60において、 $42\mu\text{m} < t_1$ の場合、中間の活性となる圧電体層52が8層の場合と同様になり、分極できない両端側の最外層の圧電体層52の面積は、 $4900 [\mu\text{m} * \mu\text{m}]$ となる。

【0036】次に、マザー板を積層方向に対して45度傾けてマトリックス状にカットするなどして作った圧電振動子60について述べる。この場合の圧電振動子60の上面の図解図を図7に示す。この圧電振動子60は、たとえば縦350 μ m、横350 μ m、対角線の長さ495 μ mの寸法を有する。また、圧電体層52は、たと

えば厚さ42 μ mの厚さを有する。さらに、図7に示すように、一端側の最外層の圧電体層52の直角二等辺三角形の高さを t_1 とし、一端側の最外層の圧電体層52の面積を s_1 とし、他端側の最外層の圧電体層52の直角二等辺三角形の高さを t_2 とし、他端側の最外層の圧電体層52の面積を s_2 とする。この場合の積層方向の長さが長くなるので、中間の活性となる圧電体層52の層数が、11層か10層になる。

【0037】図7に示す圧電振動子60において、中間の活性となる圧電体層52が11層の場合、すなわち、 $0 < t_1 < 33\mu$ mの場合、 $t_1 + t_2 = 495 - 42 * 11 = 33\mu$ mなので、 $t_2 = 33 - t_1$ となる。そのため、分極できない両端側の最外層の圧電体層52の面積 $s_1 + s_2$ は、 $s_1 + s_2 = 1/2 * t_1 * (2 * t_1) + 1/2 * t_2 * (2 * t_2) = t_1^2 + t_2^2 = t_1^2 + (33 - t_1)^2 = 2 * t_1^2 - 66 t_1 + 33^2$ となる。また、このように斜めにカットした場合、分極できない部分は、最外層の圧電体層52のみではなく、各圧電体層52の両端にも発生する。ここで、中央以外の活性となる圧電体層52の分極できない部分の面積を s_3 とすると、 $s_3 = 42^2 * 10$ となる。また、 $A = 33^2 + 42^2 * 10$ とおくと、 $s_1 + s_2 + s_3 = 2 * t_1^2 - 66 t_1 + A$ となる。次に、中央の圧電体層52の分極されない部分の面積を出す。中央の圧電体層52の1つの角部の拡大図を図8に示す。この角部において分極されない部分は、2つの三角形と小さい1つの長方形とに分けられる。小さい方の三角形の面積を $s_4/2$ とおき、大きい方の三角形の面積を $s_5/2$ とおき、残りの長方形の面積を $s_6/2$ とおく。 s_4 の三角形の高さを t_4 とすると、 $t_4 = 21 \pm (16.5 - t_1)$ となる。また、 $s_4 + s_5 + s_6 = t_4^2 + (42 - t_4)^2 + (42 - 2 t_4) * t_4 * 2 = -2 t_4^2 + 42^2$ となる。ここで、 $B = A + 42^2$ とおいて、分極されない部分の全部の面積を s とおくと、 $s = 2 * t_1^2 - 66 * t_1 - 2 * t_4^2 + B$ となる。もし、 $0 < t_1 < 16.5\mu$ mなら、 $t_4 = 21 - (16.5 - t_1) = 4.5 + t_1$ で、 $s = -66 * t_1 - 2 * 9 * t_1 - 2 * 4.5^2 + B = -84 * t_1 - 2 * 4.5^2 + B$ となる。また、もし、 $16.5\mu\text{m} < t_1 < 33\mu$ mなら、 $t_4 = 21 - (t_1 - 16.5) = 37.5 - t_1$ で、 $s = -66 * t_1 + 2 * 75 * t_1 - 2 * 37.5^2 + B = 84 * t_1 - 2 * 37.5^2 + B$ となる。したがって、分極されない部分の面積 s の最小値は、 $t_1 = 16.5\mu$ mのときで、 $s = 19066.5 [\mu\text{m} * \mu\text{m}]$ となる。

【0038】図7に示す圧電振動子60において、中間の活性となる圧電体層52が10層の場合、すなわち、 $33\mu\text{m} < t_1 < 42\mu$ mの場合、 $t_2 = 495 - 42 * 10 - t_1 = 75 - t_1$ となる。また、両端側の最外層の圧電体層52の面積 $s_1 + s_2$ は、 $s_1 + s_2 = t$

$1^2 + t^2 = 2t^2 - 150t + 75^2$ となる。
 今回も、中央の圧電体層 52 以外に、活性となる圧電体層 52 の両端に、分極されない部分ができる。中央以外の活性となる圧電体層 52 では、一定の三角形が両端にできる。この部分の面積を s_3 とすると、 $s_3 = 4 \times 2^2 \times 9$ となり、 $D = 75^2 + 4 \times 2^2 \times 9$ とする。中央にあたる 1 層の圧電体層 52 の両端にだけ、2 つの三角形と 1 つの長方形との分極されない部分が残る。分極されない部分の全体の面積 s は、 $E = D + 4 \times 2^2$ とすると、 $s = 2 \times t^2 - 150 \times t + 2 \times 4^2 + E$ となる。今 10
 回は、 $t = 37.5 - t_1$ となる。したがって、 $s = 2 \times t^2 - 150 \times t + 2 \times 4^2 + 2 \times 75 \times t - 2 \times 37.5^2 + E = -2 \times 37.5^2 + E = 20452.5$ [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] と常に一定値となる。

【0039】以上において、分極されない部分の面積のばらつきを検討してきたが、裏返せば、このばらつきは分極される部分のばらつきでもある。また、このばらつきは、容量のばらつきで、受信感度のばらつきとなって現れる。

【0040】上述のように、マザー板を積層方向にカットした場合、分極される部分の面積 s の最小値は 102900 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] ($350 \times 350 - 19600$) で、分極される部分の面積 s の最大値は、 117600 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] ($350 \times 350 - 4900$) で、それら差は 14700 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] であり、単純にセンター表記すると、 110250 ± 7350 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] ($\pm 7\%$) となる。

【0041】一方、上述のように、マザー板を積層方向に対して 45 度傾けてカットした場合、分極される部分の面積 s の最小値は、 102047.5 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] 30
 ($350 \times 350 - 20452.5$) で、分極される部分の面積 s の最大値は、 103433.5 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] ($350 \times 350 - 19066.5$) で、それらの差は、 1386 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] であり、単純にセンター表記すると、 102740.5 ± 693 [$\mu\text{m} \times \mu\text{m}$] ($\pm 0.7\%$) となる。したがって、上述の例では、マザー板を積層方向にカットした場合にばらつきが $\pm 7\%$ と大きいのにに対して、マザー板を積層方向に対して 45 度傾けてカットした場合にはばらつきが $\pm 0.7\%$ に収まることがわかる。

【0042】なお、上述の送受信装置 20 では、特別の寸法の圧電振動子 26 が超音波プローブ 22 に用いられているが、他の寸法の圧電振動子が超音波プローブに用いられてもよい。

【0043】さらに、上述の圧電振動子 26 では 1 つおきの内部電極 30 が外部電極 32 で接続されているが、圧電振動子 26 は、外部電極 32 に接続されない内部電極を形成することなどによって、1 つおきの内部電極を接続した構造の圧電振動子に限定されない。

【0044】また、この発明は送受信装置に用いられる 50

超音波プローブなどのセンサアレイに限らず、超音波診断装置、超音波顕微鏡、金属探傷装置に用いられるセンサアレイなどにも適用され得る。

【0045】

【発明の効果】この発明によれば、感度がよく製造しやすく圧電振動子間の特性のばらつきが小さい超音波プローブなどのセンサアレイが得られる。また、この発明によれば、感度がよく製造しやすく圧電振動子間の特性のばらつきが小さい超音波プローブなどのセンサアレイを含む送受信装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明にかかる送受信装置の一例を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示す送受信装置に用いられる超音波プローブを示す斜視図である。

【図 3】図 2 に示す超音波プローブに用いられる圧電振動子を示す斜視図である。

【図 4】超音波プローブを作るためのマザー基板を示す斜視図である。

【図 5】図 4 に示すマザー基板を積層方向にカットした状態を示す斜視図である。

【図 6】超音波プローブの圧電振動子の上面の図解図である。

【図 7】超音波プローブの圧電振動子の上面の図解図である。

【図 8】超音波プローブの圧電振動子の上面の角部の図解図である。

【図 9】従来の超音波診断装置に用いられる超音波プローブの要部を示す斜視図である。

【図 10】図 9 に示す超音波プローブに用いられる圧電振動子を示す斜視図である。

【図 11】他の超音波プローブの要部を示す斜視図である。

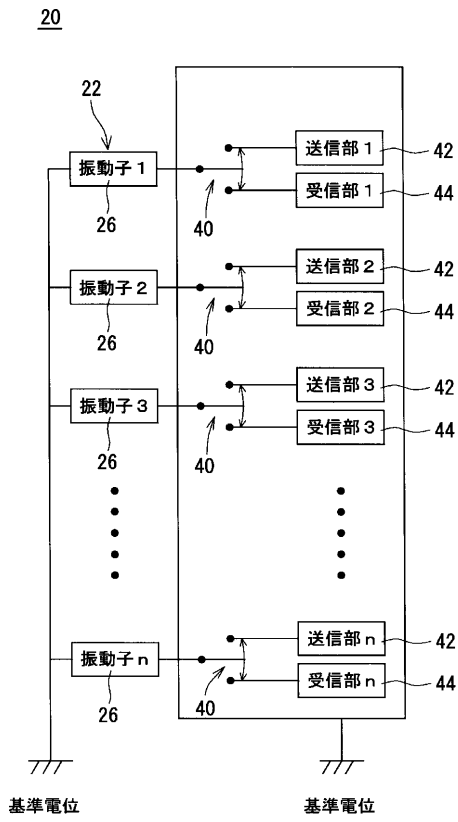
【図 12】図 11 に示す超音波プローブに用いられる圧電振動子を示す斜視図である。

【符号の説明】

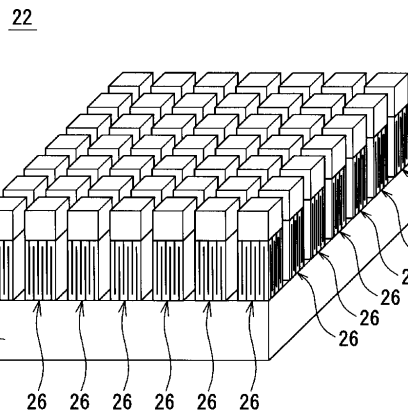
- 20 送受信装置
- 22 超音波プローブ
- 24 基板
- 26 圧電振動子
- 28 圧電体層
- 30 内部電極
- 32 外部電極
- 34 導電性薄膜
- 40 切り替えスイッチ
- 42 送信部
- 44 受信部
- 50 マザー板
- 52 圧電体層
- 54 内部電極

6 0 圧電振動子

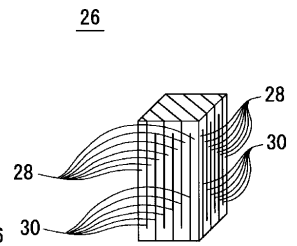
【図 1】



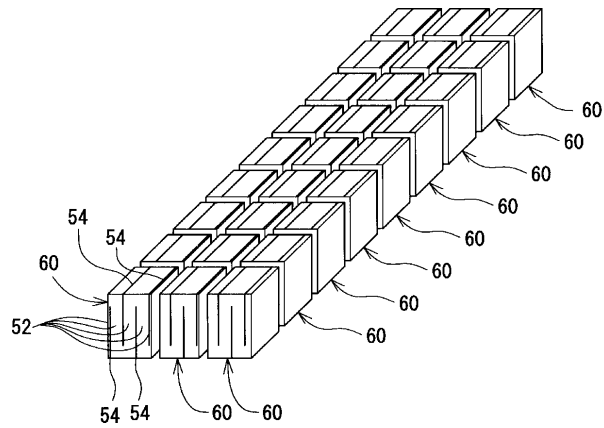
【図 2】



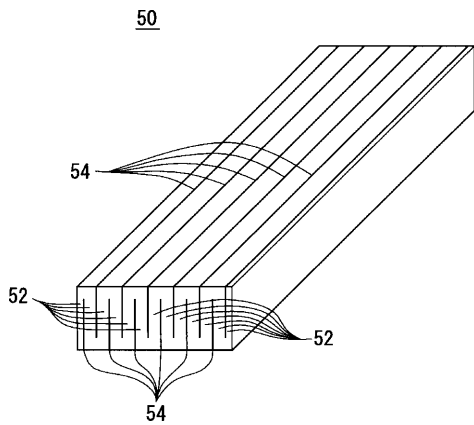
【図 3】



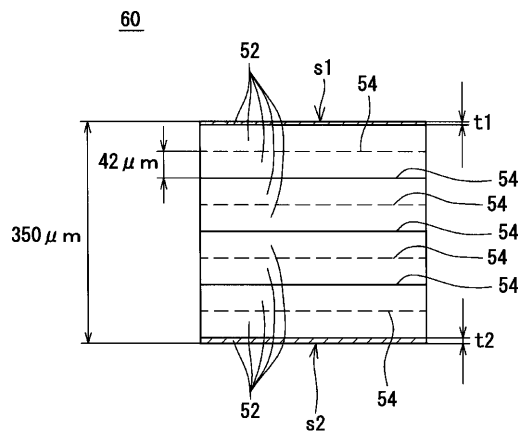
【図 5】



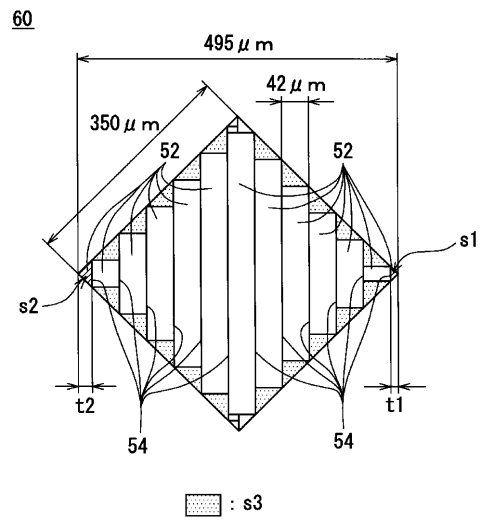
【図 4】



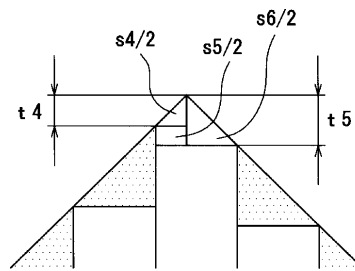
【図 6】



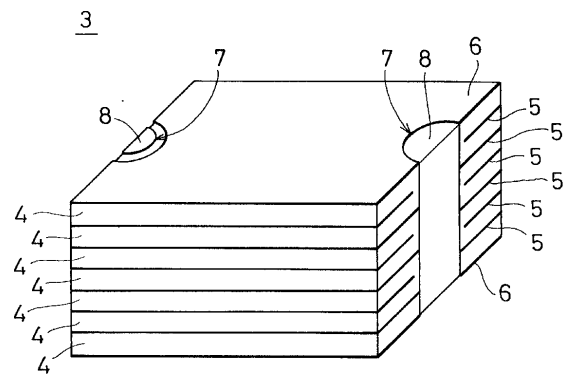
【図 7】



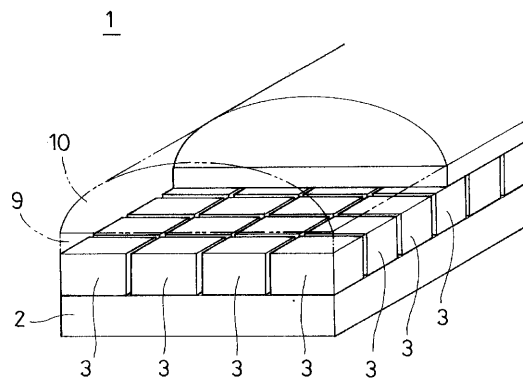
【図 8】



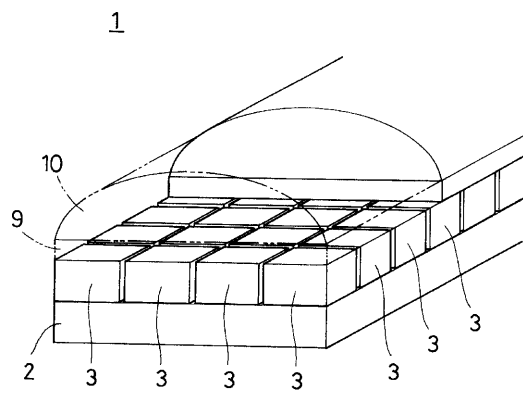
【図 10】



【図 9】



【図 11】



【図 12】

