

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3985866号  
(P3985866)

(45) 発行日 平成19年10月3日(2007.10.3)

(24) 登録日 平成19年7月20日(2007.7.20)

| (51) Int. Cl.               | F I             |
|-----------------------------|-----------------|
| <b>HO4R 17/00 (2006.01)</b> | HO4R 17/00 332Z |
| <b>A61B 8/00 (2006.01)</b>  | A61B 8/00       |
| <b>GO1N 29/24 (2006.01)</b> | GO1N 29/24 502  |
| <b>HO4R 1/06 (2006.01)</b>  | HO4R 1/06 330   |
| <b>HO4R 31/00 (2006.01)</b> | HO4R 31/00 330  |

請求項の数 7 (全 19 頁)

|              |                               |           |                    |
|--------------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2002-312289 (P2002-312289)  | (73) 特許権者 | 306037311          |
| (22) 出願日     | 平成14年10月28日(2002.10.28)       |           | 富士フイルム株式会社         |
| (65) 公開番号    | 特開2003-235098 (P2003-235098A) |           | 東京都港区西麻布2丁目26番30号  |
| (43) 公開日     | 平成15年8月22日(2003.8.22)         | (74) 代理人  | 100110777          |
| 審査請求日        | 平成17年3月23日(2005.3.23)         |           | 弁理士 宇都宮 正明         |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2001-370841 (P2001-370841)  | (74) 代理人  | 100100413          |
| (32) 優先日     | 平成13年12月5日(2001.12.5)         |           | 弁理士 渡部 温           |
| (33) 優先権主張国  | 日本国(JP)                       | (72) 発明者  | 国安 利明              |
|              |                               |           | 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 |
|              |                               |           | 富士写真フイルム株式会社内      |
|              |                               | (72) 発明者  | 原田 明憲              |
|              |                               |           | 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 |
|              |                               |           | 富士写真フイルム株式会社内      |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスジューサ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電極及び第2の電極がそれぞれ形成されている複数の振動子が所定の配列で配置されている配列振動子と、

前記配列振動子を保持し、前記複数の振動子の第2の電極にそれぞれ対応する位置に複数の貫通孔が形成されている第1の基板と、

前記第1の基板の複数の貫通孔に充填された半田と、

前記半田によって前記第1の基板に形成されている複数の貫通孔を介して前記複数の振動子の第2の電極にそれぞれ電氣的に接続された複数の電極が形成されている第2の基板と、

を具備する超音波トランスジューサ。

【請求項2】

前記複数の振動子が、2次元マトリックス状に配置されている、請求項1記載の超音波トランスジューサ。

【請求項3】

前記第1の基板に形成されている複数の貫通孔がテーパ形状を有する、請求項1又は2記載の超音波トランスジューサ。

【請求項4】

前記第1の基板が、複数の貫通孔の周囲に形成されている絶縁層を含む、請求項1～3のいずれか1項記載の超音波トランスジューサ。

## 【請求項 5】

前記複数の振動子の第2の電極と前記第2の基板の複数の電極とが、樹脂材と該樹脂材の周囲に形成された導電性電極層及び半田層とを含む樹脂入り半田を用いてそれぞれ電氣的に接続されている、請求項1～4のいずれか1項記載の超音波トランスジューサ。

## 【請求項 6】

所定の位置に複数の貫通孔が形成されている第1の基板を準備する工程(a)と、前記第1の基板の第1の面上に、第1の電極及び第2の電極がそれぞれ形成されている複数の振動子を配置する工程(b)と、

前記第1の基板の第2の面上に、複数の電極が形成されている第2の基板を配置する工程(c)と、

前記第1の基板に形成されている複数の貫通孔に半田を配置し、該半田によって前記複数の振動子の第2の電極を前記第1の基板に形成されている複数の貫通孔を介して前記第2の基板の複数の電極に接合する工程(d)と、

を具備する超音波トランスジューサの製造方法。

## 【請求項 7】

工程(d)が、樹脂材と該樹脂材の周囲に形成された導電性電極層及び半田層とを含む樹脂入り半田を前記第1の基板に形成されている複数の貫通孔に配置することを含む、請求項6記載の超音波トランスジューサの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波診断医療に用いられる超音波トランスジューサに関し、特に、2次元センサアレイを含む超音波トランスジューサに関する。また、本発明は、そのような超音波トランスジューサの製造方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、超音波診断装置においては、超音波の送信及び受信を行う超音波トランスジューサとして、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)に代表される圧電セラミックや、PVDF(ポリフッ化ビニリデン: polyvinyl difluoride)に代表される高分子圧電素子等の圧電素子(圧電振動子)を用いた1次元センサアレイを用いることが一般的であった。さらに、このような1次元センサアレイを機械的にスキャンさせることにより2次元画像を取得し、複数の2次元画像を合成することにより3次元画像を得ていた。

## 【0003】

しかしながら、この手法によれば、1次元センサアレイのスキャン方向にタイムラグがあるため、異なる時刻における断面像を合成することになるので、合成画像がぼけたものになってしまう。従って、超音波診断医療において超音波エコー観察等を行う場合のように、生体を対象とする被写体には適していない。

## 【0004】

そこで、近年、超音波を送受信する素子が2次元に配列された2次元センサアレイを用いて超音波を電氣的にスキャンさせると共に、深さ方向についてもダイナミックフォーカス等の手法を用いることにより、超音波画像の画質を向上させる試みが行われている。即ち、2次元センサアレイを用いることにより、センサアレイを機械的にスキャンさせることなく2次元画像を取得することができるので、高品位な3次元画像を得ることができる。

## 【0005】

一方、2次元センサアレイを有するプローブを実用化するためには、多数の超音波を送受信する素子を高集積化することが必要である。特に、超音波を送受信する素子として上記PZTやPVDFのような圧電振動子を用いる場合には、素子の微細加工と、多数の微細素子への配線が必要となる。しかしながら、現状以上の素子の微細化と集積は困難であり、これらを解決する手法が検討されている。

## 【0006】

10

20

30

40

50

例えば、特許文献1には、圧電振動子間の電氣的、音響的な漏れを無くして射出される超音波の特性を向上させることができる超音波トランスジューサ及びその製造方法が開示されている。上記公報によると、この超音波トランスジューサは、超音波を射出する圧電板を完全に切断して成る2次元配列された複数の圧電振動子と、圧電振動子の超音波射出面と対向する面上に各々形成された複数の駆動電極と、圧電振動子の超音波射出面上に形成された共通電極と、各駆動電極と各々電氣的に接続され、外部から印加される電圧を各駆動電極に供給するプリント配線板とを備えている。

【0007】

しかしながら、圧電振動子とポリイミドフィルム内に配された銅配線に接合した半田材とを直接接合する方式によると、圧電振動子数の増加に伴って単位面積あたりの配線数の増加し、ポリイミドフィルム内に配された引き出し部分の銅配線の微細化が必要となる。従って、製造技術の難易度が高くなり、製造コストが上昇してしまう。また、この方式によると、配線の耐圧電性の低下に伴って信頼性が低下したり、半田材と圧電振動子の電極とを接合する際にズレが生じ、確実なコンタクトが難しくなってしまう。さらに、この方式によると、引き回し配線数が限られてしまうと共に、ポリイミドフィルムが有するフレキシブル性のために、精度の高い精密接合ができないといった問題が生じる恐れがある。

10

【0008】

【特許文献1】

特開平8-186896号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

高分解能の超音波画像を再現性良く得ることができる超音波トランスジューサを実現するためには、多数の微細な振動子と電極との接合や電気配線の引き回し等を、容易に、且つ、確実に行う必要がある。このため、振動子と電極とを接合する新たな方法や配線の新たな引き回し方法等の開発が望まれている。

20

【0010】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、微細加工された多数の振動子への電極の接合や電気配線の引き回しを、容易に、且つ、確実に行うことができる超音波トランスジューサの製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような製造方法によって製造された超音波トランスジューサを提供することを目的とする。

30

【0011】

【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するため、本発明に係る超音波トランスジューサは、第1の電極及び第2の電極がそれぞれ形成されている複数の振動子が所定の配列で配置されている配列振動子と、配列振動子を保持し、複数の振動子の第2の電極にそれぞれ対応する位置に複数の貫通孔が形成されている第1の基板と、第1の基板の複数の貫通孔に充填された半田と、半田によって第1の基板に形成されている複数の貫通孔を介して複数の振動子の第2の電極にそれぞれ電氣的に接続された複数の電極が形成されている第2の基板とを具備する。

【0012】

また、本発明に係る超音波トランスジューサの製造方法は、所定の位置に複数の貫通孔が形成されている第1の基板を準備する工程(a)と、第1の基板の第1の面上に、第1の電極及び第2の電極がそれぞれ形成されている複数の振動子を配置する工程(b)と、第1の基板の第2の面上に、複数の電極が形成されている第2の基板を配置する工程(c)と、第1の基板に形成されている複数の貫通孔に半田を配置し、該半田によって複数の振動子の第2の電極を第1の基板に形成されている複数の貫通孔を介して第2の基板の複数の電極に接合する工程(d)とを具備する。

40

【0013】

本発明によれば、振動子に形成された電極と第2の基板に形成された電極とを、第1の基板に形成された貫通孔に充填された半田によって接合するので、微細加工された多数の振

50

動子への電極の接合や電気配線の引き回しを、容易に、且つ、確実に行うことができる。

【 0 0 1 4 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波トランスジューサを示す断面図である。また、図 2 は、図 1 に示す超音波トランスジューサを示す平面図である。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、超音波トランスジューサ 1 0 0 は、超音波の送信及び受信を行う複数の振動子（以下、単に「素子」ともいう）が 2 次元に配列された配列振動子を含んでいる。実際の超音波診断において用いられる配列振動子には、例えば、6 0 × 6 0 個以上の多数（数千～数万個）の素子が含まれるが、本実施形態においては、簡単のため、素子数を 6 × 6 個として説明する。また、超音波トランスジューサ 1 0 0 においては、振動子として、P Z T（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電セラミックや、P V D F（ポリフッ化ビニリデン：polyvinyl difluoride）に代表される高分子圧電素子等の圧電素子を用いることができる。本実施形態においては、振動子として P Z T を使用している。

10

【 0 0 1 6 】

超音波トランスジューサ 1 0 0 は、マトリックス状に配置された複数の振動子 1 1 を含む配列振動子 1 0 と、配列振動子 1 0 を保持するインターレイヤ基板 2 0 と、配列振動子 1 0 に電圧を印加したり配列振動子 1 0 が発生する電圧を入力したりするための電極や配線が形成されている配線基板 3 0 とを含んでいる。配列振動子 1 0 と、インターレイヤ基板 2 0 と、配線基板 3 0 とは、半田 2 1 によって接合されている。

20

【 0 0 1 7 】

配列振動子 1 0 に含まれる各振動子 1 1 の両端には、電極 1 2、1 3 が形成されている。電極 1 2、1 3 としては、例えば、チタン（T i）、プラチナ（P t）、金（A u）を順に蒸着して形成した 3 層電極が用いられる。以下、このような電極を、T i / P t / A u 3 層電極という。

【 0 0 1 8 】

それぞれの振動子 1 1 に形成される電極のうち、インターレイヤ基板の反対側に形成される電極 1 2 は、複数の電極の間で共通接続されても良い。この場合には、例えば、図 3 に示すように、配列振動子 1 0 の上面に銀の薄膜を形成することによって共通電極 1 4 を作製し、配列振動子 1 0 の一つの側面に銅板 1 5 を貼り付けることによって共通配線を作製する。

30

【 0 0 1 9 】

再び、図 1 を参照すると、複数の振動子 1 1 の隙間は、例えば、アクリル系接着剤やエポキシ系接着剤等の固定材 1 6 で満たされている。固定材 1 6 は、振動子 1 1 及び電極 1 2、1 3 を保持すると共に、振動子 1 1 の振動を吸収し、振動子 1 1 の振動が早く収まるようにする。これにより、振動子間における超音波の干渉を減らすことができる。また、マトリックス状に配置されている複数の振動子 1 1 の外周にも固定材 1 6 を形成することにより、複数の振動子 1 1 を保護しても良い。

40

【 0 0 2 0 】

インターレイヤ基板 2 0 は、配列振動子 1 0 と配線基板 3 0 とを接合するために設けられる中間層基板であり、例えば、シリコン（S i）やポリイミド等によって形成されている。

インターレイヤ基板 2 0 には、テーパ形状の貫通孔が、配列振動子 1 0 に含まれる複数の振動子の配列に合わせてマトリックス状に形成されている。この貫通孔には、配列振動子 1 0 とインターレイヤ基板 2 0 と配線基板 3 0 とを接合する半田 2 1 が充填されている。即ち、半田 2 1 により、振動子 1 1 に形成されている電極 1 3 と配線基板 3 0 に形成されているマトリックス電極 3 2 とが接続される。ここで、半田 2 1 としては、一般的な半田

50

を用いても良いし、樹脂材と該樹脂材の周囲に形成された導電性電極層及び半田層とを含む樹脂入り半田を用いても良い。

#### 【0021】

インターレイヤ基板20の他方の面には、絶縁層22が形成され、さらに、マトリックス状に形成されている複数の貫通孔の間を覆うように格子層23が形成されている。絶縁層22及び格子層23は、貫通孔に充填された半田が浸みだして隣接する貫通孔に充填された半田と接触しないように、半田をブロックする。絶縁層22や格子層23としては、ポリイミドを含む絶縁性樹脂膜や、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )や窒化シリコン( $\text{SiN}$ )やアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )等を含む誘電性絶縁膜等の材料を用いることができる。これらの材料は、耐熱性を有しており、例えば、融点が150 ~ 200 程度の半田を用いる場合でも、十分に使用に耐えることができる。本実施形態においては、絶縁層22として $\text{SiO}_2$ 膜を、格子層23としてポリイミド絶縁膜を用いている。

10

#### 【0022】

配線基板30は、例えば、石英ガラスウエハやポリイミド等によって形成される。配線基板30とインターレイヤ基板20とを接合する際のピッチ合わせや、接合状態の検査等の工程を考慮すると、配線基板30には光透過性を有する材料を使用することが望ましい。特に、ポリイミドは超音波を吸収しやすいため、配線基板30にポリイミドを用いると、受信した超音波が散乱しにくくなるという利点がある。

#### 【0023】

配線基板30には、配線層31と、マトリックス電極32と、パッド電極33とが形成されている。マトリックス電極32は、インターレイヤ基板20に配置されている複数の振動子11の配列に合わせてマトリックス状に形成されている。また、パッド電極33は、配線基板30の周縁部に配置されている。配線層31、マトリックス電極32、及び、パッド電極33としては、例えば、先に述べたようなTi/Pt/Au3層電極が用いられる。

20

#### 【0024】

さらに、配線層31の上部に絶縁層34を形成することにより、配線層を保護しても良い。絶縁層34としては、例えば、ポリイミドを含む樹脂絶縁膜や、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、又は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を含む誘電体絶縁膜等の材料が用いられる。あるいは、これらの材料を積層し、複数種類の材料層を有する絶縁層34を形成しても良い。本実施形態においては、絶縁層34の材料として、 $\text{SiO}_2$ 膜を使用している。

30

#### 【0025】

配線層31又は絶縁層34の上部において、複数のマトリックス電極32の隙間には、格子層35が形成されている。格子層35は、インターレイヤ基板20と配線基板30とを接合する際に、半田21が浸みだして隣接するマトリックス電極同士が短絡しないように、半田をブロックする。本実施形態においては、格子層35の材料として、ポリイミドを使用している。

#### 【0026】

次に、本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法について、図4~図9を参照しながら説明する。

40

図4は、本実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配列振動子の製造工程を示すフローチャートである。また、図5は、配列振動子の製造工程を説明するための図である。

#### 【0027】

図4のステップS11において、図5の(a)に示すように、PZT板材110の両面に電極材111、112を形成する。Ti/Pt/Au3層電極を形成する場合には、例えば、層厚500 のTi層、層厚500 のPt層、層厚5000 のAu層を、順に真空蒸着する。

#### 【0028】

次に、ステップS12において、図5の(b)に示すように、電極材が形成されたPZT

50

板材をSi等の基板150にワックスで固定して切断する。切断された振動子が所定のマトリクス配置となるように、例えば、0.3mmピッチのダイサーで切断する。

【0029】

次に、ステップS13において、図5の(c)に示すように、切断された溝に、例えば、アクリル系接着剤やエポキシ系接着剤等の固定材16を充填して固定する。

さらに、ステップS14において、ワックスを溶解して基板を取り外す。このようにして、振動子がマトリクス配置された配列振動子が作製される。

【0030】

次に、図6～図8を参照しながら、インターレイヤ基板の製造工程について説明する。図6は、インターレイヤ基板の製造工程を示すフローチャートであり、図7及び図8は、インターレイヤ基板の製造工程を説明するための図である。

10

まず、図6のステップS21において、図7の(a)に示すように、ノンドープSi基板120上に、SiO<sub>2</sub>層121を形成する。SiO<sub>2</sub>層121の形成方法としては、例えば、プラズマCVD法を用いることができる。

【0031】

次に、ステップS22において、図7の(b)に示すように、SiO<sub>2</sub>層121上に、振動子の配列ピッチに合わせてマトリクス部分が開口するように、レジストパターン122を形成する。ここでは、例えば、フォトリソグラフィ法を用いる。

ステップS23において、パフアードフッ酸(BHF)溶液等のエッチング液を用いて、開口しているマトリクス部分のSiO<sub>2</sub>層をエッチングする。これにより、図7の(c)に示すように、開口しているマトリクス部分において、基板のSi面が露出する。

20

【0032】

ステップS24において、図8の(a)に示すように、ステップS22において形成されたレジスト材を、例えば、アセトンを用いて除去する。さらに、ステップS25において、図8(b)に示すように、基板120上にネガ感光性ポリイミド層123を、例えば、スピン塗布によって形成する。

【0033】

ステップS26において、ネガ感光性ポリイミド層123のマトリクス部分以外の領域、即ち、格子部分に紫外線を照射して現像する。これにより、図8の(c)に示すように、格子層が形成され、基板のSi面が再び露出する。

30

【0034】

ステップS27において、露出しているSi面を、例えば、80の水酸化カリウム溶液を用いて異方性エッチングを行う。これにより、図8の(d)に示すように、Si基板に貫通穴が形成される。

【0035】

次に、図9及び図10を参照しながら、配線基板の製造工程について説明する。図9は、配線基板の製造工程を示すフローチャートであり、図10は、配線基板の製造工程を説明するための図である。

まず、図9のステップS31において、図10の(a)に示すように、石英ガラスウエハ(基板)130に、例えば、スピン塗布によってネガ型レジスト層131を形成する。次に、ステップS32において、ネガ型レジスト層131のパッド電極、マトリクス電極、及び、配線となる部分以外の領域に紫外線を照射して現像した後、図10の(b)に示すように、レジスト層131を逆テーパ形状にする。ここで、逆テーパ形状とするのは、この後で形成される3層の金属層はエッチングにより除去しにくい材料であるので、電極や配線として基板に残される部分と、レジスト層と共に除去される部分とを分離しやすくするためである。

40

【0036】

ステップS33において、図10の(c)に示すように、基板130上に電極及び配線層132を形成する。例えば、3層電極及び配線を形成する場合には、真空蒸着法により、層厚500のTi、層厚500のPt、層厚5000のAuを順に積層する。

50

次に、ステップS34において、リフトオフ法により、ステップS31において形成されたレジスト層を除去する。これにより、レジストの上に形成された金属層も除去され、石英ガラス基板130上に、図10の(d)に示すように、電極及び配線層132が残る。

#### 【0037】

ステップS35において、図10の(e)に示すように、例えば、プラズマCVD法を用いて、基板130上に層厚2000のSiO<sub>2</sub>層133を形成する。次に、ステップS36において、フォトリソグラフィ法により、パッド電極33及びマトリックス電極32部分(図2参照)が開口するように、レジストパターンを形成する。さらに、ステップS37において、BHF溶液等を用いてエッチングし、開口部のSiO<sub>2</sub>層を除去し、開口部に3層電極のAu層が露出するようにする。次に、ステップS38において、ステップS36において形成されたレジスト材をアセトン等を用いて除去すると、図10の(f)に示すようになる。なお、絶縁層34(図1参照)を設けない場合には、ステップS35~S38は省略される。

10

#### 【0038】

ステップS39において、図10の(g)に示すように、基板130上にネガ感光性ポリイミド層134を、例えば、スピン塗布によって形成する。次に、ステップS40において、マトリックス電極32周辺の格子部分に紫外線を照射してネガ感光性ポリイミド層134を現像する。これにより、図10の(h)に示すように、格子層35が形成される。

#### 【0039】

次に、上記のようにして作製された配列振動子と、インターレイヤ基板と、配線基板とを接合する工程について、図11~図13を参照しながら説明する。

20

図11は、配列振動子とインターレイヤ基板とを接合する工程を説明するための図である。図11の(a)に示すように、石英チャンバ1内に設置されたヒーター板2に配列振動子10を戴置し、その上に、インターレイヤ基板20を、複数の振動子11にそれぞれ形成されている電極13と、インターレイヤ基板20にマトリックス状に形成されている複数の貫通孔とが相対するように重ね合わせる。インターレイヤ基板は、テーパ形状に形成された貫通孔の径の小さい方(図中下側)が配列振動子10側となるように配置する。さらに、インターレイヤ基板20のそれぞれの貫通孔に、ボール形状の半田(半田ボール)21をそれぞれ配置する。半田ボール21は、例えば、鉛-スズ-銀合金(PbSnAg)を材料とする低融点半田であり、その直径は、インターレイヤ基板20の厚さより大きく、且つ、貫通孔の径の大きい方(図中上側)以下である。

30

#### 【0040】

或いは、半田21として、樹脂入り半田を用いても良い。図12は、樹脂入り半田を示す断面図である。図12の(a)に示すように、樹脂入り半田21は、樹脂材21aと、樹脂材21aの周囲に形成された導電性電極層21bと、半田層21cとを含んでいる。樹脂材21aとしては、ジビニルベンゼン、ポリイミド、ポリスチレン、ポリカーボネイト等の材料が用いられる。また、導電性電極層21bとしては、銅やニッケルを含む金属や合金等が用いられる。さらに、半田層21cとしては、鉛-スズ-銀合金(PbSnAg)等の材料が用いられる。図12の(b)に示すように、このような樹脂入り半田を、相対する電極24及び25の間に配置して加熱すると、半田層21cが熔融し、電極24と電極25とが接続される。ここで、樹脂入り半田の形状は、ボール形状に限られず、例えば、図12の(c)や(d)に示すように、立方体、柱状、錘状等でも良い。

40

#### 【0041】

再び、図11を参照すると、石英チャンバ1内をアルゴン等の不活性ガスで満たし、ヒーター板2に通電することにより、半田21を融点付近(例えば、120)まで上昇させる。ここで、半田の加熱を不活性ガス雰囲気中で行うのは、半田が酸化するのを防ぐためである。これにより、図11の(b)に示すように、インターレイヤ基板20に形成された貫通孔内で半田21の一部(図中下部)が熔融し、相対する電極13の表層(Au層)と接合される。このとき、半田21の上部が、ボール形状の一部を残したままインターレイヤ基板20から突出しているようにする。この後、ヒーター板2への通電を止め、石英

50

チャンバ内で配列振動子 10 及びインターレイヤ基板 20 を冷却する。

【0042】

図 13 は、インターレイヤ基板と配線基板とを接合する工程を説明するための図である。図 13 に示すように、配列振動子 10 と接合されたインターレイヤ基板 20 の上に、配線基板 30 を、電極及び配線が形成されている面を下向きにして重ね合わせる。ここで、配線基板 30 の位置は、配線基板 30 に形成されたマトリックス電極 32 と、インターレイヤ基板 20 に形成された貫通孔に充填された半田 21 とが、それぞれ相対するように調節される。位置調節は、配線基板 30 として石英ガラスやポリイミド等の光透過性を有する材料を使用している場合には、予め基板に合わせマークを記しておくことにより、容易に行うことができる。一方、配線基板 30 として光透過性を有しない材料を使用している場合でも、予め配線基板 30 やインターレイヤ基板 20 に目合わせのためのマークや貫通穴を形成しておくことにより、位置調節を行うことができる。

10

【0043】

再び、石英チャンバ 1 内をアルゴン等の不活性ガスで満たし、ヒーター板 2 に通電することにより、半田 21 の温度を融点付近まで上昇させる。これにより、インターレイヤ基板 20 に形成された貫通孔内に充填された半田 21 の上部におけるボール形状の一部が熔融し、半田 21 に相対して配置されている配線基板 30 上のマトリックス電極 32 と接合される。

【0044】

以上説明したように、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波トランスジューサが作製される。この後、超音波トランスジューサの周縁部に設けられたパッド電極に、振動子を駆動させるための駆動信号や振動子が検出した検出信号を送受信するための配線が、ワイヤボンディングによって接続される。

20

【0045】

なお、本実施形態においては、配列振動子とインターレイヤ基板とを接合した後に、インターレイヤ基板と配線基板とを接合したが、配列振動子とインターレイヤ基板とを重ねて半田ボールを配置した後に配線基板を重ね、これらを同時に接合しても良い。

【0046】

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波トランスジューサについて説明する。図 14 は、本実施形態に係る超音波トランスジューサを示す断面図である。

30

図 14 に示すように、超音波トランスジューサ 200 においては、インターレイヤ基板 60 が段差を有する構成となっている。インターレイヤ基板 60 には、第 1 の実施形態と同様に、半田 61 が充填される貫通孔、絶縁層 62、格子層 63 が形成されている。さらに、配線基板 70 には、第 1 の実施形態と同様に、配線層 71、マトリックス電極 72、パッド電極 73、絶縁層 74、格子層 75 が形成されている。

【0047】

配列振動子 50 に含まれる複数の振動子 51 は、インターレイヤ基板 60 に設けられた複数の段に渡って配置されている。それぞれの振動子 51 には、電極 52、53 が形成されており、複数の振動子 51 の間には、振動子 51 を保持すると共に超音波の振動を吸収する固定材 56 が充填されている。

40

【0048】

このように、配列振動子に段差を設けることにより、近接する振動子の間で生じる超音波の干渉を減らすことができる。なお、超音波トランスジューサ 200 の平面図は、図 2 と同様である。

【0049】

本発明の第 2 の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法について、図 15 ~ 図 19 を参照しながら説明する。図 15 は、本実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法を示すフローチャートである。また、図 16 は、段差を有するインターレイヤ基板の製造工程を説明するための図である。

図 15 のステップ S51 において、図 16 の (a) に示すように、ノンドーブ Si 基板 2

50

01にレジスト材202を塗布し、BHF溶液等を用いて1回目のエッチングを行う。アセトン等を用いてレジスト材202を除去すると、図16の(b)に示すように、段差が形成される。

【0050】

次に、ステップS52において、図16の(c)に示すように、1段の段差が形成された基板201にレジスト材203を塗布し、BHF溶液等を用いて2回目のエッチングを行う。アセトン等を用いてレジスト材203を除去すると、図16の(d)に示すように、複数の段差が形成されたノンドープSi基板が作製される。

このように、2回のエッチングを行うことにより、3段を有する凸型のインターレイヤ基板が形成される。段数を増やしたい場合には、さらに、エッチングを繰り返せば良い。

10

【0051】

このようにして作製された段差を有するインターレイヤ基板の上に、配列振動子を形成する。図17は、段差を有する配列振動子の製造工程を説明するための図である。ステップS53において、図17の(a)に示すように、基板201の凸部に、振動子に電圧を印加するために用いられる電極204を形成する。例えば、フォトリソグラフィ法等により、電極が形成される部分が開口したレジスト層を形成し、層厚500のTi層と、層厚500のPt層と、層厚5000のAu層とを、真空蒸着法等によって順に積層し、リフトオフ法等によってレジスト層を除去することにより、3層電極を形成する。

【0052】

次に、ステップS54において、図17の(b)に示すように、プラズマCVD法等により、基板201上にSiO<sub>2</sub>層205を形成し、その後、図17の(c)に示すように、フォトリソエッチング法等により、ステップS53において形成された電極204の部分において、SiO<sub>2</sub>層205を除去する。

20

【0053】

ステップS55において、図17の(d)に示すように、基板201上にPZT層206をスパッタ法等で形成する。さらに、ステップS56において、図17の(e)に示すように、PZT層206の上に、真空蒸着法等によってTi/Pt/Au3層電極層207を形成する。

【0054】

ステップS57において、電極層207及びPZT層206を、例えば、0.3mmピッチのダイサーで切断する。ここで、切断は、電極204の高さに達するまで行う。このようにして、図18の(a)に示すように、振動子51及び電極52、53が作製される。さらに、ステップS58において、ダイサーで切断された溝に、アクリル系接着剤やエポキシ系接着剤等の固定材56を充填し、固定する。これにより、図18の(b)に示すように、段差を有する配列振動子50が形成される。

30

【0055】

次に、ステップS59において、図18の(c)に示すように、配列振動子が形成されていない基板面(図中上側)に、SiO<sub>2</sub>層と、格子層と、テーパ形状の貫通孔とが形成される。これらの工程については、第1の実施形態において図6を参照しながら説明した工程と同様である。ここで、本実施形態において、半田が充填される貫通孔は、電極53に達するまで形成される。このようにして、配列振動子50が形成されたインターレイヤ基板60が作製される。

40

さらに、ステップS60において、配線基板70が作製される。配線基板70の製造工程は、第1の実施形態と同様である。

【0056】

このようにして作製された配列振動子とインターレイヤ基板と配線基板とを接合する工程について、図19を参照しながらを参照しながら説明する。

図19の(a)に示すように、石英チャンバ3内に、配列振動子50及びインターレイヤ基板60を、インターレイヤ基板60が上側になるように保持する。さらに、インターレイヤ基板60に形成されている複数の貫通孔に、それぞれ適当な数のボール形状の半田(

50

半田ボール) 61を配置する。半田ボール61は、例えば、鉛-スズ-銀合金(PbSnAg)を材料とする低融点半田であり、その直径は、貫通孔の内径の大きい方(図中上側)以下である。ここで、半田61として、第1の実施形態と同様に、樹脂材と該樹脂材の周囲に形成された導電性電極層及び半田層とを含む樹脂入り半田を用いても良い。

【0057】

次に、石英チャンバ3内を、アルゴン等の不活性ガスで満たし、貫通孔に配置された半田にレーザ光を照射する。これにより、半田61の一部(図中下部)は、融点付近の温度(例えば、120)まで加熱され、貫通孔内を埋めるようにして電極53と完全に接合される。このとき、半田の上部が、ボール形状の一部を残したままインターレイヤ基板60から突出しているようにする。この後、レーザ光の照射を止め、石英チャンバ内で配列振動子50及びインターレイヤ基板60を冷却させる。

10

【0058】

次に、図19の(b)に示すように、石英チャンバ3内に設置されたヒーター板4に、配列振動子と完全に接合されたインターレイヤ基板60を戴置し、さらに、配線基板70を、電極及び配線が形成されている面を下向きにして重ねる。ここで、配線基板70の位置は、配線基板70に形成されたマトリックス電極72と、インターレイヤ基板60に形成された貫通孔に充填された半田61とが、それぞれ相対するように調節される。

【0059】

再び、石英チャンバ3内をアルゴン等の不活性ガスで満たし、ヒーター板4に通電することにより、半田61の温度を融点付近まで上昇させる。これにより、半田61が熔融し、半田61に相対して配置されている配線基板70上のマトリックス電極72と接合される。

20

【0060】

本実施形態においては、超音波トランスジューサの形状が凸型となるように、配列振動子に段差が設けられているが、例えば、凹型のように、中央部に位置する振動子が低くなるように、段差を設けても良い。即ち、配列振動子が複数の段を有する超音波トランスジューサを作製する場合であれば、本実施形態を適用することができる。

また、配列振動子とインターレイヤ基板とを接合する際に、半田の加熱にレーザ光を用いるので、半田の熔融を高精度かつ再現性高く制御することができる。

【0061】

以上説明した第1及び第2の実施形態において、振動子の増加に伴って配線基板上の配線が不可能な場合には、配線基板上に層間絶縁膜を設けることにより、複数の層に渡って配線を形成する多層配線を行っても良い。

30

また、第1及び第2の実施形態においては、配列振動子に含まれる複数の振動子は2次元マトリックス状に配置されているとして説明したが、配置の仕方はこれに限らず、例えば、複数の振動子を同心円状に配置しても良い。

【0062】

さらに、第1及び第2の実施形態において、複数の振動子に形成されている電極と配線基板に形成されているマトリックス電極とを接続する際に、樹脂入り半田を用いる場合には、それぞれの振動子において発生し、又は、受信された超音波振動が樹脂入り半田に含まれる樹脂材によって吸収されるので、振動子における音響的な反射が低減され、超音波トランスジューサの感度を一層向上させると共に分解能を高めることができる。

40

【0063】

以上説明したような本発明の好ましい実施形態をまとめると、次のようになる。

本発明に係る超音波トランスジューサは、第1の電極及び第2の電極がそれぞれ形成されている複数の振動子が所定の配列で配置されている配列振動子と、配列振動子を保持し、複数の振動子の第2の電極にそれぞれ対応する位置に複数の貫通孔が形成されている第1の基板と、第1の基板の複数の貫通孔を介して複数の振動子の第2の電極にそれぞれ電氣的に接続された複数の電極が形成されている第2の基板とを具備する。

【0064】

50

ここで、複数の振動子は、2次元マトリックス状に配置されても良く、また、同一平面上に配列されても良い。或いは、第1の基板が、複数の段を有し、複数の振動子が、第1の基板の複数の段に渡って配置されても良い。

【0065】

第1の基板は、シリコン基板、又は、ポリイミド基板を含んでも良い。また、第1の基板に形成されている複数の貫通孔は、テーパ形状を有することが望ましい。さらに、第1の基板は、複数の貫通孔の周囲に形成されている絶縁層を含んでも良い。この絶縁層は、ポリイミド樹脂を含む絶縁性樹脂膜と、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{SiN}$ )、又は、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を含む誘電性絶縁膜との内の少なくとも一方を含んでも良い。

10

【0066】

第2の基板は、光透過性を有することが望ましい。このような第2の基板は、石英ガラス基板、又は、ポリイミド基板を含んでも良い。また、第2の基板は、複数の電極が形成されている領域の周囲に形成されている絶縁層を有することが望ましい。この絶縁層は、ポリイミド樹脂を含む絶縁性樹脂膜と、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{SiN}$ )、又は、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を含む誘電性絶縁膜との内の少なくとも一方を含んでも良い。

【0067】

上記複数の振動子の第2の電極と上記第2の基板に形成されている複数の電極とは、樹脂材と該樹脂材の周囲に形成された導電性電極層及び半田層とを含む樹脂入り半田を用いてそれぞれ接続されても良い。

20

【0068】

また、本発明に係る超音波トランスジューサの製造方法は、所定の位置に複数の貫通孔が形成されている第1の基板を準備する工程(a)と、第1の基板の第1の面上に、第1の電極及び第2の電極がそれぞれ形成されている複数の振動子を配置する工程(b)と、第1の基板の第2の面上に、複数の電極が形成されている第2の基板を配置する工程(c)と、第1の基板に形成されている複数の貫通孔に半田を配置し、該半田によって複数の振動子の第2の電極を第1の基板に形成されている複数の貫通孔を介して第2の基板の複数の電極に接合する工程(d)とを具備する。

【0069】

ここで、工程(a)は、第1の基板に形成されている複数の貫通孔の周囲に絶縁層を形成することを含んでも良い。また、工程(a)は、第1の基板に、異方性エッチング加工によってテーパ形状の複数の貫通孔を形成することが望ましい。

30

工程(b)は、振動子の板材を所定のピッチで切断することにより、複数の振動子を作製することが望ましい。

【0070】

また、工程(b)は、複数の振動子を同一平面上に配置することを含んでも良い。或いは、工程(a)が、第1の基板に複数の段を形成することを含み、工程(b)が、複数の振動子が第1の基板の複数の段に渡って複数の振動子を配置することを含んでも良い。

工程(c)は、第2の基板の第2の電極が形成されている領域の周囲に絶縁層を形成することを含んでも良い。

40

【0071】

工程(d)は、複数の振動子と、複数の貫通孔に半田ボールがそれぞれ配置された第1の基板と、第2の基板とを重ね合わせる工程と、該半田ボールを熔融させることにより、複数の振動子と第1の基板と第2の基板とを同時に接合する工程とを含んでも良い。

【0072】

また、工程(d)は、複数の貫通孔に半田ボールがそれぞれ配置された第1の基板の第1の面に複数の振動子を重ね合わせる工程と、ボール形状の一部を残したまま該半田ボールを熔融させることにより、複数の貫通孔に半田を充填すると共に複数の振動子と第1の基板とを接合する工程と、第1の基板の第2の面に第2の基板を重ね合わせる工程と、該半

50

田ボールのボール形状の一部を熔融させることにより、第1の基板と第2の基板とを接合することを含んでも良い。さらに、工程(d)は、レーザー光を用いて半田を熔融させることを含んでも良い。

【0073】

また、工程(d)は、樹脂材と該樹脂材の周囲に形成された導電性電極層及び半田層とを含む樹脂入り半田を上記第1の基板に形成されている複数の貫通孔に配置することを含んでも良い。

【0074】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、インターレイヤ基板を設けることにより、微細加工された多数の振動子への配線の接合及び配線の引き回しを容易に行うことができる。また、インターレイヤ基板を設けることにより、振動子と配線との接合において半田の浸み出しを防ぐと共に確実な接合を行って、製造歩留まりを向上させることができる。特に、インターレイヤ基板にテーパ形状の貫通孔を形成し、この貫通孔に半田ボールを配置してから基板等を接合する方法によれば、半田ボールがインターレイヤ基板から脱落する心配がないので、効率良く、確実な作業を行うことができる。従って、多数の振動子が高集積化された2次元トランスジューサの実現が可能となり、そのような2次元トランスジューサを含む超音波用プローブを用いることにより、高画質の超音波画像を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサを示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサを示す平面図である。

【図3】図1の超音波トランスジューサの変形例を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配列振動子の製造工程を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配列振動子の製造工程を説明するための図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法におけるインターレイヤ基板の製造工程を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法におけるインターレイヤ基板の製造工程を説明するための図である。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法におけるインターレイヤ基板の製造工程を説明するための図である。

【図9】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配線基板の製造工程を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配線基板の製造工程を説明するための図である。

【図11】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配列振動子とインターレイヤ基板とを接合する工程を説明するための図である。

【図12】樹脂入り半田を示す断面図である。

【図13】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法におけるインターレイヤ基板と配線基板とを接合する工程を説明するための図である。

【図14】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスジューサを示す断面図である。

【図15】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法を示すフローチャートである。

【図16】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における段差を有するインターレイヤ基板の製造工程を説明するための図である。

【図17】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における段差を有する配列振動子の製造工程を説明するための図である。

【図18】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法における配

10

20

30

40

50

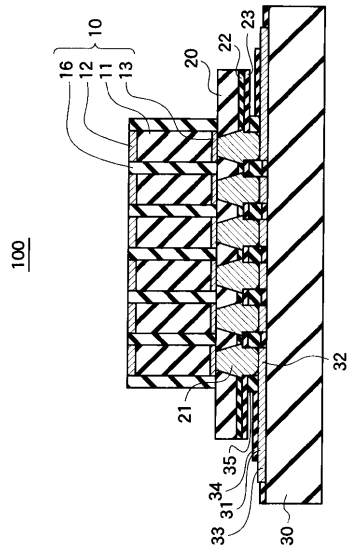
列振動子が形成されたインターレイヤ基板の製造工程を説明するための図である。

【図19】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスジューサの製造方法におけるインターレイヤ基板と配線基板とを接合する工程を説明するための図である。

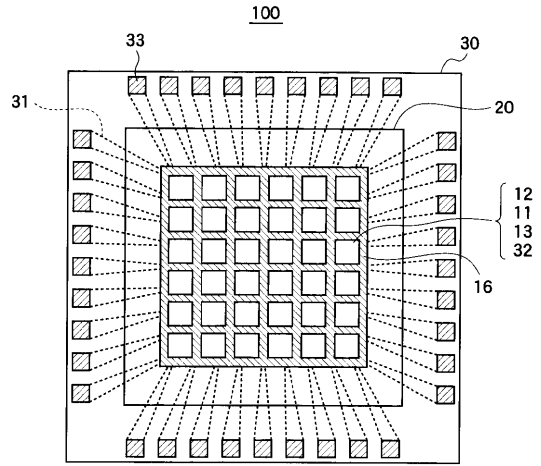
【符号の説明】

|                         |              |    |
|-------------------------|--------------|----|
| 1、3                     | 石英チャンバ       |    |
| 2、4                     | ヒーター板        |    |
| 10、50                   | 配列振動子        |    |
| 11、51                   | 振動子          |    |
| 12、13、24、25、52、53       | 電極           |    |
| 14                      | 共通電極         | 10 |
| 15                      | 銅板           |    |
| 16、56                   | 固定材          |    |
| 20、60                   | インターレイヤ基板    |    |
| 30、70                   | 配線基板         |    |
| 21、61                   | 半田           |    |
| 21a                     | 樹脂材          |    |
| 21b                     | 導電性電極層       |    |
| 21c                     | 半田層          |    |
| 22、34、62、74、121、133、205 | 絶縁層          |    |
| 23、35、63、75             | 格子層          | 20 |
| 31、71                   | 配線層          |    |
| 32、72                   | マトリックス電極     |    |
| 33、73                   | パッド電極        |    |
| 100、200                 | 超音波トランスジューサ  |    |
| 110                     | PZT板材        |    |
| 111、112                 | 電極材          |    |
| 115                     | Si等の基板       |    |
| 120、201                 | ノンドーブSi基板    |    |
| 122                     | レジストパターン     |    |
| 123、134                 | ネガ感光性ポリイミド層  | 30 |
| 130                     | 石英ガラスウエハ(基板) |    |
| 131                     | ネガ型レジスト層     |    |
| 132                     | 電極及び配線層      |    |
| 202、203                 | レジスト材        |    |
| 204                     | 電極           |    |
| 206                     | PZT層         |    |
| 207                     | 電極層          |    |

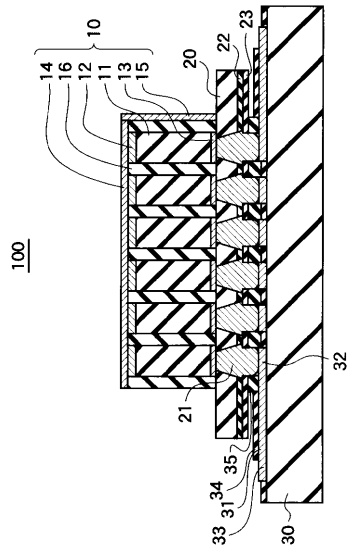
【 図 1 】



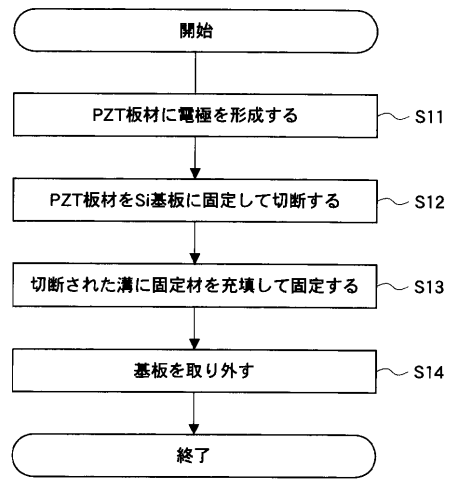
【 図 2 】



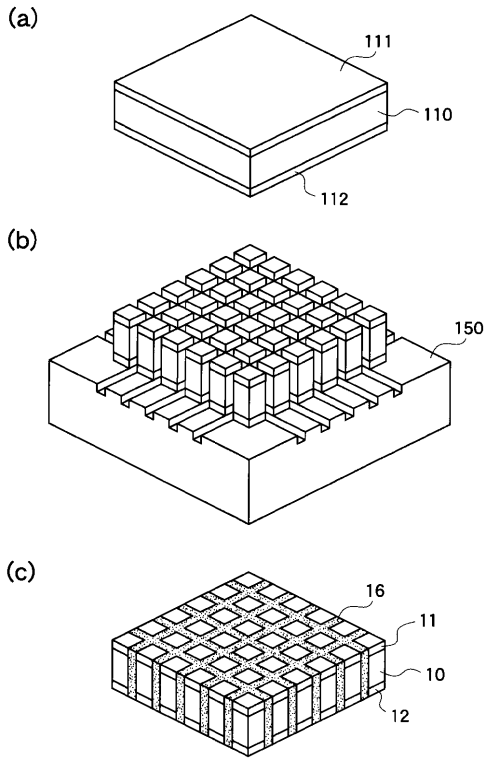
【 図 3 】



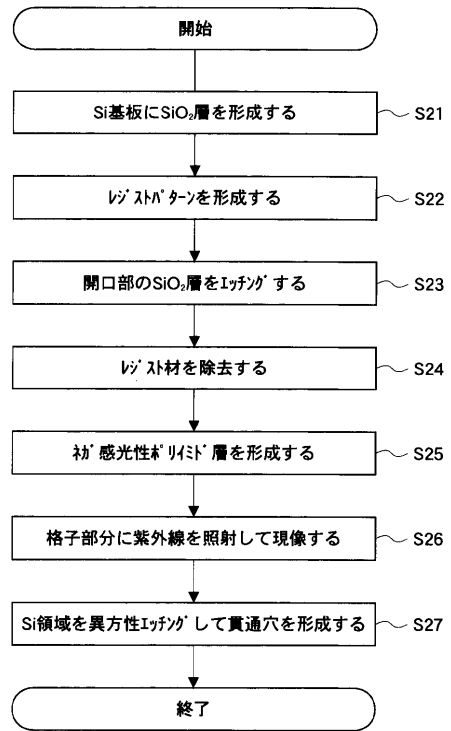
【 図 4 】



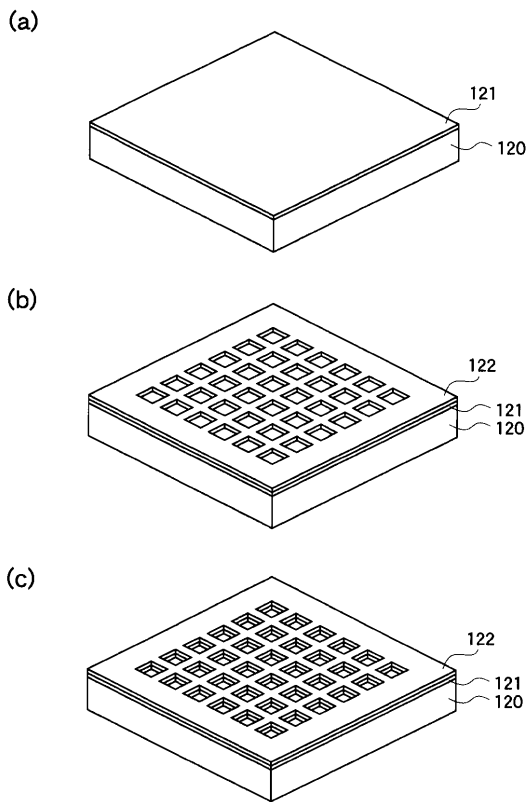
【図5】



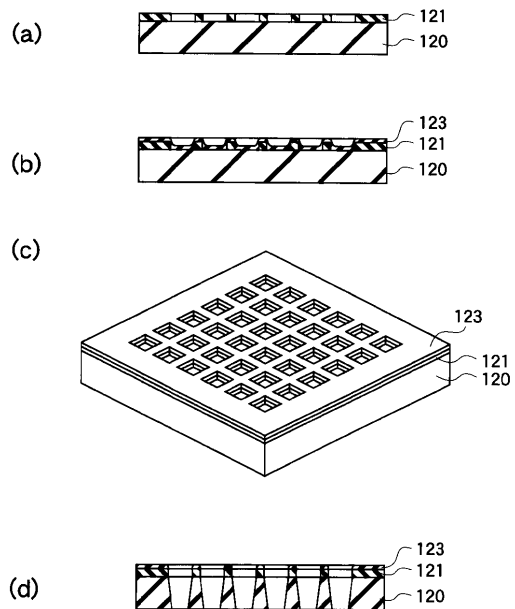
【図6】



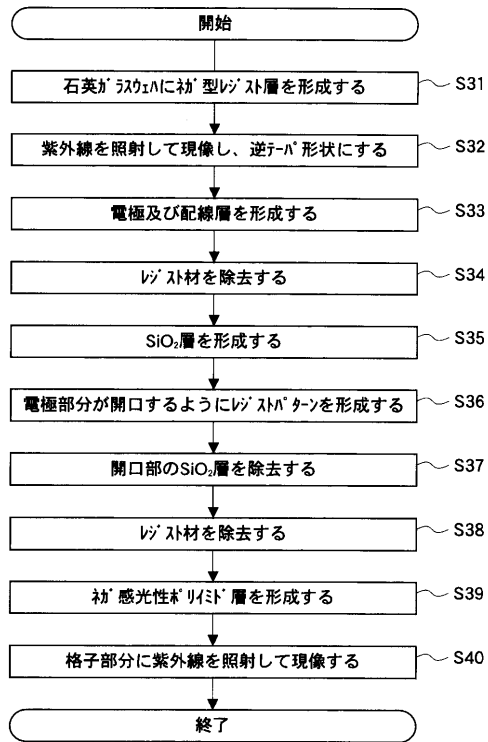
【図7】



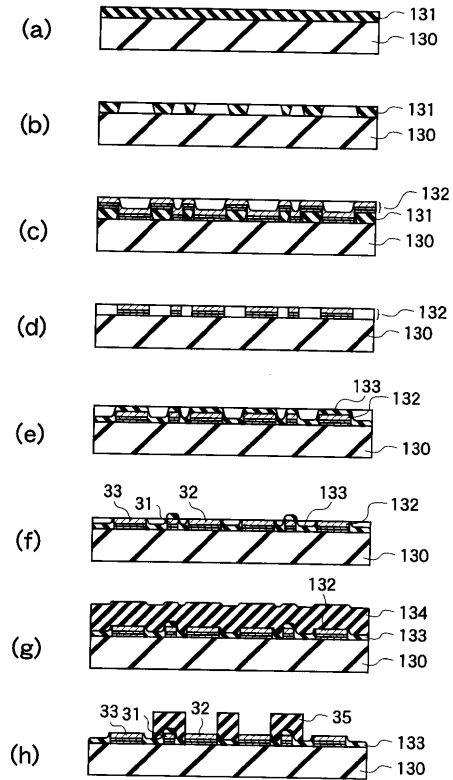
【図8】



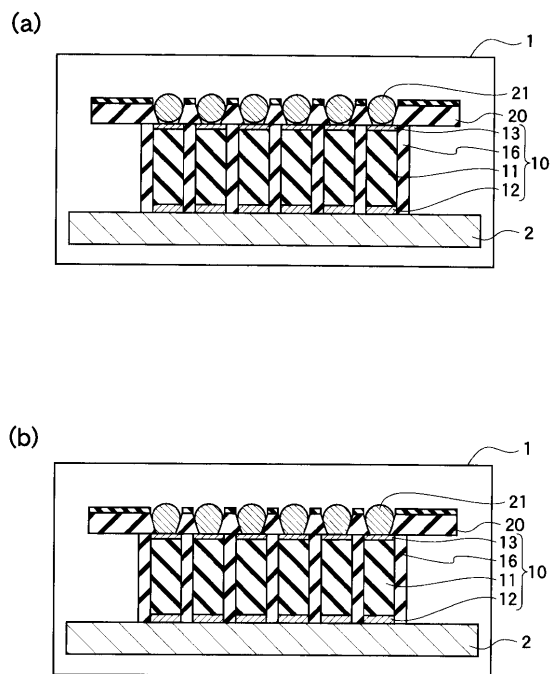
【 図 9 】



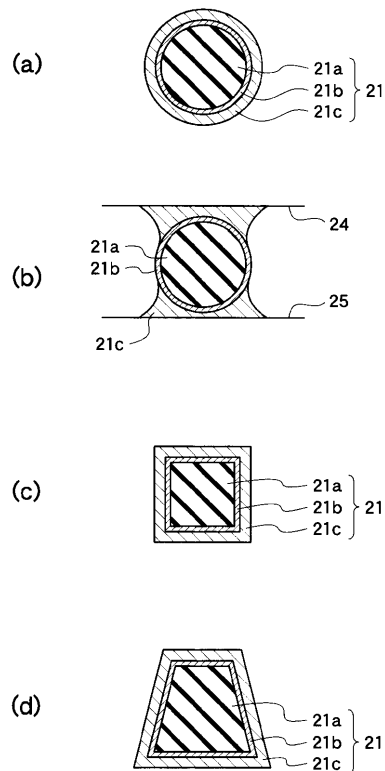
【 図 10 】



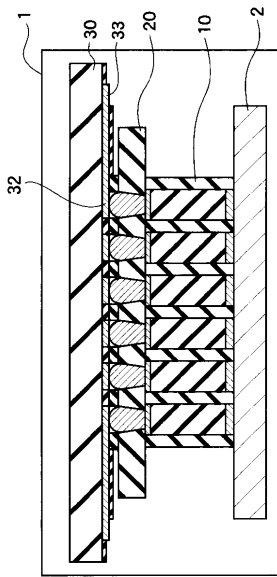
【 図 11 】



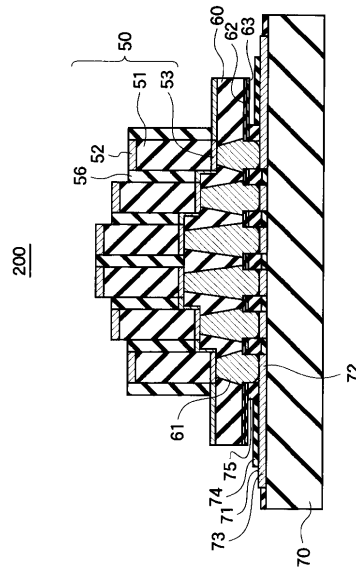
【 図 12 】



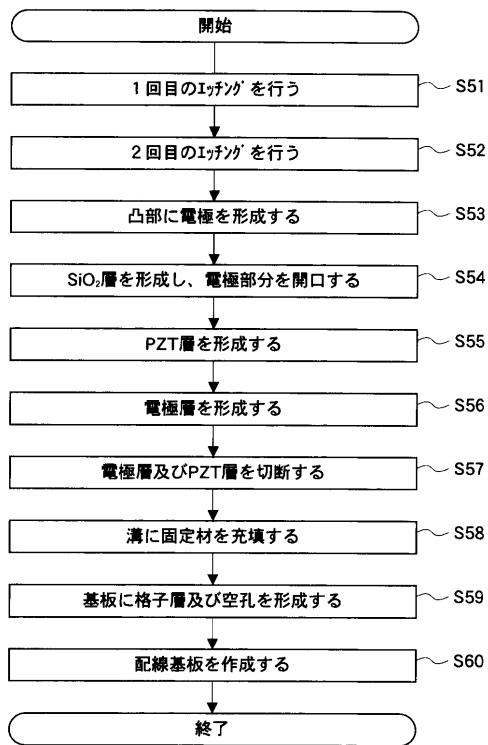
【 図 1 3 】



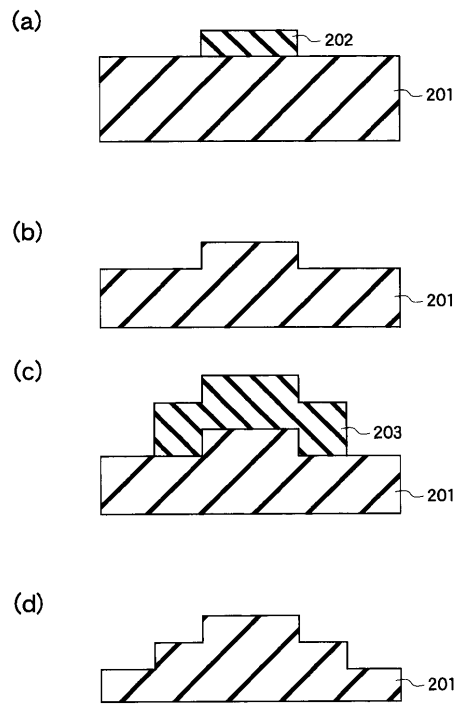
【 図 1 4 】



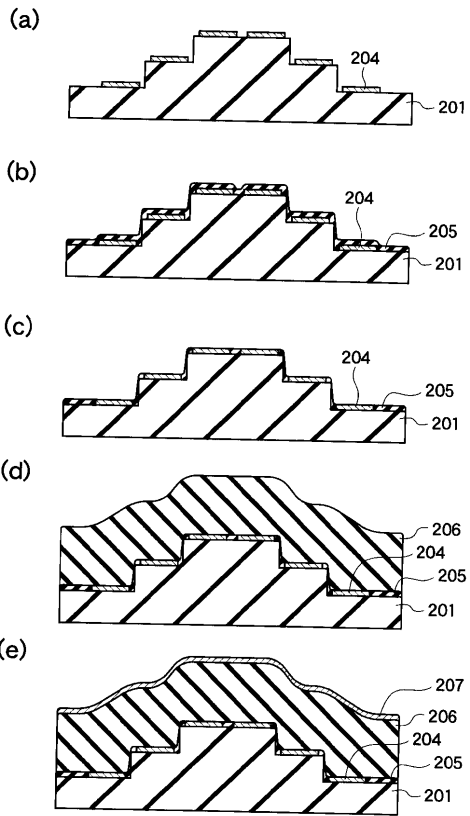
【 図 1 5 】



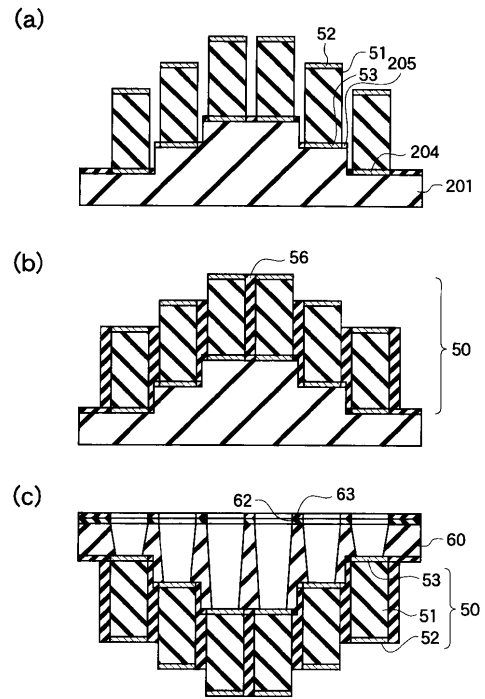
【 図 1 6 】



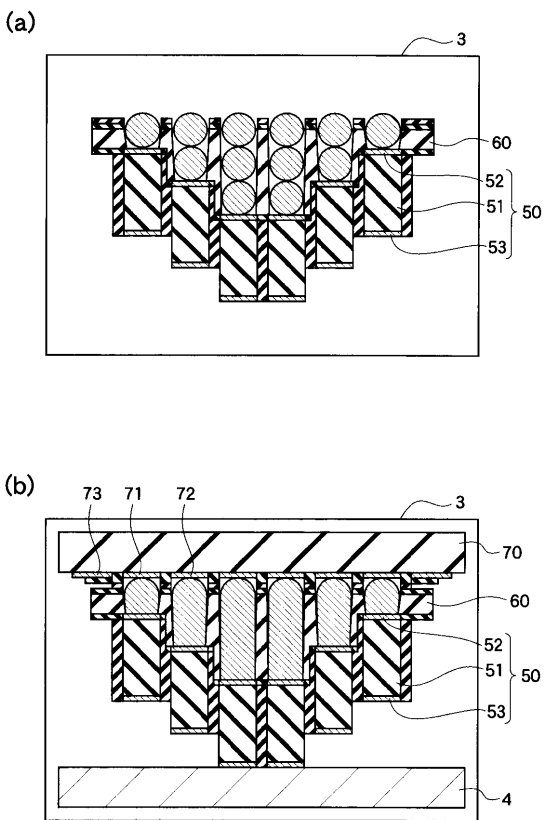
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中村 隆  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

審査官 志摩 兆一郎

(56)参考文献 特開平08-186896(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 17/00

H04R 1/06

H04R 31/00

|                |   |         |            |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声换能器及其制造方法   |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP3985866B2</a>   | 公开(公告)日 | 2007-10-03 |
| 申请号            | JP2002312289  | 申请日     | 2002-10-28 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 富士胶片株式会社  |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 富士胶片有限公司  |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 富士胶片株式会社  |         |            |
| [标]发明人         | 国安利明<br>原田明憲<br>中村隆   |         |            |
| 发明人            | 国安 利明<br>原田 明憲<br>中村 隆  |         |            |
| IPC分类号         | H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24 H04R1/06 H04R31/00 B06B1/06  |         |            |
| CPC分类号         | B06B1/0629 A61B8/483  |         |            |
| FI分类号          | H04R17/00.332.Z A61B8/00 G01N29/24.502 H04R1/06.330 H04R31/00.330   |         |            |
| F-TERM分类号      | 2G047/AA12 2G047/AC13 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/EA07 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB21 2G047/GB32 2G047/GB36 2G047/GB38 4C301/EE12 4C301/GB09 4C301/GB18 4C301/GB19 4C301/GB33 4C301/GB36 4C301/GB37 4C301/GB38 4C601/EE10 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB19 4C601/GB41 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB46 5D019/AA25 5D019/AA26 5D019/BB02 5D019/BB04 5D019/BB09 5D019/BB28 5D019/FF04 5D019/HH02 5D019/HH03 |         |            |
| 代理人(译)         | 宇都宫正明   |         |            |
| 优先权            | 2001370841 2001-12-05 JP  |         |            |
| 其他公开文献         | JP2003235098A   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>   |         |            |

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波换能器，其中电极可以容易地和积极地连接到多个微制造的振动器上，并且可以容易且积极地提供电线的布线。解决方案：超声换能器具有振动器装置10，振动器装置10具有多个振动器11，每个振动器形成有以预定布置设置的第一和第二电极12,13；夹层板20，用于夹持振动器装置，其中多个通孔分别形成在与振动器的第二电极相对应的位置；形成有多个电极的布线板30，所述多个电极分别通过夹层板的通孔电连接到振动器的第二电极。 Z

【 图 2 】

