

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4941998号  
(P4941998)

(45) 発行日 平成24年5月30日(2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日(2012.3.9)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 R 17/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

H O 4 R 31/00 (2006.01)

H O 4 R 17/00 3 3 O H

A 6 1 B 8/00

H O 4 R 31/00 3 3 O

H O 4 R 17/00 3 3 2 A

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-331888 (P2008-331888)  
 (22) 出願日 平成20年12月26日(2008.12.26)  
 (65) 公開番号 特開2010-154382 (P2010-154382A)  
 (43) 公開日 平成22年7月8日(2010.7.8)  
 審査請求日 平成23年6月27日(2011.6.27)

(73) 特許権者 300019238  
 ジーイー・メディカル・システムズ・グロ  
 ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル  
 エルシー  
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53  
 188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ  
 ユー・ブルバード・ダブリュー・710  
 ・3000

(74) 代理人 100106541

弁理士 伊藤 信和

(72) 発明者 磯野 洋

東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127  
 ジーイー横河メディカルシステム株式会  
 社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波プローブの圧電振動子、超音波プローブ、超音波診断装置及び超音波プローブにおける圧電振動子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電体の表面に設けられた導電層で構成される信号電極と接地電極とが前記圧電体における同一の面に形成された超音波プローブの圧電振動子であって、

前記圧電体は、該圧電体に形成された間隙に充填材が充填されて形成された充填部と、圧電材からなる圧電材部とで構成され、

前記充填部として、前記圧電振動子における前記信号電極を有する部分に設けられた第一充填部と、前記圧電振動子において前記信号電極と同一の面に形成された前記接地電極を有する部分に設けられた第二充填部とを有し、

該第二充填部は、前記圧電体の表面を研削した時に、前記圧電材部よりも研削されずに前記圧電体の表面において突出することになる材質の充填材によって形成されていて、前記圧電体の表面から突出する突部を有しており、一方で前記第一充填部は、前記圧電体の表面を研削した時における被研削性が、前記第二充填部を形成する充填材よりも優れている材質の充填材によって形成されており、

前記第二充填部における突部の上の前記導電層が突出して前記接地電極の表面に突起部が形成されている、

ことを特徴とする超音波プローブの圧電振動子。

【請求項 2】

前記第一充填部の充填材と前記第二充填部の充填材は、互いに前記被研削性が異なる樹脂であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波プローブの圧電振動子。

10

20

**【請求項 3】**

前記信号電極及び前記接地電極には、前記圧電振動子に電圧を印加するための導体が面圧着されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波プローブの圧電振動子。

**【請求項 4】**

前記接地電極は、前記圧電体の両端部において前記信号電極と同一面に形成されて前記突起部を有する第一の部分と、前記圧電体において前記第一の部分が形成された面と反対側の面に形成された第二の部分と、前記圧電体において前記第一の部分と前記第二の部分の間の側面に形成された第三の部分とからなり、

また、前記信号電極は、前記圧電体における両端部の間の中間部の表面に、前記接地電極の第一の部分に挟まれるように形成されており、

前記第一充填部は、前記圧電体における両端部の間の中間部分に設けられ、一方で前記第二充填部は、前記圧電体の両端部に設けられている

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の超音波プローブの圧電振動子。

**【請求項 5】**

前記第一充填部と前記第二充填部をそれぞれ複数有し、隣り合う前記第二充填部同士の間隔が、隣り合う前記第一充填部同士の間隔よりも狭いことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の超音波プローブの圧電振動子。

**【請求項 6】**

前記圧電振動子における前記信号電極及び前記接地電極が形成された面には、前記圧電振動子で発生する超音波を反射する反射層が接着されることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の超音波プローブの圧電振動子。

**【請求項 7】**

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の圧電振動子を備えることを特徴とする超音波プローブ。

**【請求項 8】**

前記圧電振動子に対し、該圧電振動子における前記信号電極と前記接地電極とが形成された面とは反対側である超音波照射側に配置される音響整合層と、

前記圧電振動子に対し、前記信号電極と前記接地電極とが形成された面側に配置されるバッキング材層と、

該バッキング材層と前記圧電振動子との間に配置されて、前記信号電極及び前記接地電極と接続されるフレキシブル基板と、

を備えることを特徴とする請求項 7 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 9】**

前記圧電振動子における前記信号電極と前記接地電極とが形成された面と圧着されて、該圧電振動子の弾性振動によって発生する超音波を反射する導電性の反射層を備え、該反射層を介して、前記フレキシブル基板が前記信号電極及び前記接地電極と接続されることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 10】**

請求項 7 ～ 9 のいずれか一項に記載の超音波プローブを備えることを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 11】**

圧電材からなる圧電体に所定深さの第一の溝を形成する第一溝形成工程と、

該第一の溝に充填材を充填して第一充填部を形成する第一充填部形成工程と、

前記圧電体における前記第一の溝が形成された部分とは別の部分に、所定深さの第二の溝を形成する第二溝形成工程と、

該第二の溝に充填材を充填して第二充填部を形成する第二充填部形成工程と、

前記第一充填部及び前記第二充填部が形成された前記圧電体の表面を研削する研削工程と、

該研削工程を経た前記圧電体の表面に、信号電極及び接地電極となる導電層を形成する導電層形成工程と、を含み、

10

20

30

40

50

前記第二充填部形成工程において、前記第二の溝に充填される充填材は、前記研削工程において前記圧電体の表面を研削した時に、圧電材の部分よりも研削されずに前記圧電体の表面において突出することになる材質であり、

また、前記第一充填部形成工程において、前記第一の溝に充填される充填材は、前記研削工程において前記圧電体の表面を研削した時における被研削性が、前記第二充填部を形成する充填材よりも優れている材質であり、

前記研削工程では、前記第二充填部の一部を前記圧電体の表面から突出させて突部を形成する一方で、前記第一充填部が前記圧電体の表面から突出しないように研削を行い、

前記導電層形成工程では、前記導電層を、前記突部の上において突出して突起部が形成されるようにして前記圧電体の表面に形成し、前記導電層における前記突起部が形成された部分は接地電極である

10

ことを特徴とする超音波プローブにおける圧電振動子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体に超音波を送受信する超音波プローブの圧電振動子、超音波プローブ、超音波診断装置及び超音波プローブにおける圧電振動子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

被検体に超音波を照射し、その反射エコー（echo）を画像化する超音波診断装置においては、超音波の送受信を行なう超音波プローブが超音波診断装置本体と接続されている。前記超音波プローブは、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）などの圧電材からなる圧電振動子と、この圧電振動子に対して超音波照射側に配置される音響整合層と、前記圧電振動子に対して超音波照射側とは反対側に配置されるバッキング材層と、このバッキング材と前記圧電振動子の間に挟まれて、この圧電振動子の電極に接続されるフレキシブル基板とを備えている。

20

【0003】

前記圧電振動子としては、信号電極が形成された面と同一面に、この信号電極の形成面とは反対側の面から回り込むようにして接地電極を形成した、いわゆる回り込み電極構造の圧電振動子がある（例えば、特許文献1参照）。この圧電振動子は、前記信号電極が形成された面においては、この信号電極を挟むようにして両端部に接地電極が形成され、圧電振動子に電圧を印加すると、この圧電振動子において前記信号電極を有する中間部分が弾性振動するようになっている。このような回り込み電極構造の圧電振動子は、前記接地電極及び前記信号電極と、前記フレキシブル基板とを同一面において接続することができるので接続構造を簡単にすることができるというメリットを有している。

30

【0004】

また、前記圧電振動子として、PZT等からなる圧電体に形成した間隙に、充填材として樹脂を充填した複合圧電体が知られている（例えば、特許文献2参照）。この複合圧電体は、音響インピーダンスがPZTよりも小さくなって前記音響整合層の音響インピーダンスに近づくとともに、電気機械結合係数を上昇させることができるという効果を有している。前記のような回り込み電極構造の圧電振動子が複合圧電体である場合、前記信号電極が形成されている中間部に樹脂が充填されている。

40

【0005】

さらに、前記圧電振動子における超音波照射側とは反対側の面に、タングステン等で形成される反射層が接着される場合がある。この反射層は、前記圧電振動子の弾性振動によって生じる超音波を被検体の方向（前記音響整合層側）へ反射するものであり、前記圧電振動子による共鳴振動が励起されると、前記反射層を固定端とする定在波が形成される。

【0006】

ちなみに、前記反射層は、前記圧電振動子が回り込み電極構造である場合、前記信号電極と前記接地電極とに接着される。ここで、前記反射層を形成するタングステンは導電性

50

を有しており、前記フレキシブル基板は前記反射層と接続され、この反射層を介して前記各電極と電氣的に接続されている。

【特許文献1】特開2007-167445号公報

【特許文献2】特開2002-232995号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、前記超音波プローブにおいて、超音波の走査方向に配列された圧電振動子が長くなると、前記超音波プローブの厚みが増すことになる。超音波プローブが厚くなると、特にセクタ型の超音波プローブにおいては、肋間からのスキャンを行う際に、被検体の体表との接触が不十分になり撮影上好ましくない。従って、前記圧電振動子が長くなることは好ましいことではない。しかし、前記回り込み電極構造の圧電振動子にあっては、一つの面に前記信号電極のほか前記接地電極を有する分だけ圧電振動子が長くなってしまふ。ここで、回り込み電極構造を有する前記圧電振動子において、前記接地電極が形成されている両端部は超音波の送受信の際には振動しない部分であり、超音波の送受信には直接寄与しない部分である。従って、従来においては、前記接地電極をできるだけ短くして、圧電振動子の長さを抑制している。

【0008】

前記圧電振動子の信号電極及び接地電極と、前記フレキシブル基板又は前記反射層などの導体とは、エポキシ樹脂接着剤等を用いて圧着することにより接続されるようになっている。このような接続構造においては、前記圧電振動子における前記各電極の表面と前記フレキシブル基板における導体又は前記反射層の表面のそれぞれにおいて隆起している部分同士が接触して導通が成り立つようになっている。このようなことから、従来において、前記信号電極と同一の面に形成された前記接地電極の長さは、前記フレキシブル基板との導通が確保できる面積が最低限確保できるような長さになっている。従って、これ以上接地電極の長さを短くすることはできず、前記圧電振動子の長さを短くしようとした場合は、前記信号電極の長さを短くせざるを得ず、感度が劣化することになる。

【0009】

また、前記圧電振動子に前記反射層を接着する場合、前記圧電振動子及び前記反射層の対向する接着面に凹凸があると、凹部に接着剤が溜まり、この結果接着層が厚くなる。ここで、接着層が厚くなると、前記圧電振動子によって励起された共鳴振動において、前記反射層を固定端として十分に機能させることができなくなる。この結果、被検体側へ放射される超音波のパワーが損なわれることになる。また、超音波の受信時においても、前記反射層が固定端として十分に機能しなくなると、前記反射層側へエコー信号が透過し、前記圧電振動子で受信されるエコー信号が小さくなる。そこで、前記圧電振動子及び前記反射層の間の接着層をできるだけ薄く均一な厚さにするため、前記圧電振動子及び前記反射層の対向する接着面は、共に研削によって鏡面加工されて、凹凸がミクロンオーダー未満にまで抑えられる。

【0010】

しかし、前記圧電振動子が複合圧電体で形成される場合、充填材である樹脂と圧電材料とは弾性率が異なるために、前記圧電振動子を鏡面加工すると、研削時には樹脂の部分が圧縮され、その結果圧電材の部分に応力が集中する。従って、樹脂の部分よりも圧電材の部分が研削され、且つ研削後は応力が開放されて樹脂の部分は膨張して突出する。その結果、前記圧電振動子における前記反射層との接着面である前記信号電極表面の凹凸がミクロンオーダーを超えて大きくなり、前記反射層との間の前記接着層を薄く均一な厚さにすることができない。従って、特に複合圧電体で形成される圧電振動子においては、信号電極の表面をできるだけ平滑にすることが望まれている。

【0011】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その解決しようとする課題は、従来よりも接地電極の長さを短くして超音波プローブの厚み方向の寸法を小さくするこ

10

20

30

40

50

とができ、なおかつ信号電極の表面をできるだけ平滑にすることができる超音波プローブの圧電振動子、超音波プローブ、超音波診断装置及び超音波プローブにおける圧電振動子の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この発明は、前記課題を解決するためになされたもので、第1の観点の発明は、圧電体の表面に設けられた導電層で構成される信号電極と接地電極とが前記圧電体における同一の面に形成された超音波プローブの圧電振動子であって、前記圧電体は、該圧電体に形成された空隙に充填材が充填されて形成された充填部と、圧電材からなる圧電材部とで構成され、前記充填部として、前記圧電振動子における前記信号電極を有する部分に設けられた第一充填部と、前記圧電振動子において前記信号電極と同一の面に形成された前記接地電極を有する部分に設けられた第二充填部とを有し、該第二充填部は、前記圧電体の表面を研削した時に、前記圧電材部よりも研削されずに前記圧電体の表面において突出することになる材質の充填材によって形成されていて、前記圧電体の表面から突出する突部を有しており、一方で前記第一充填部は、前記圧電体の表面を研削した時における被研削性が、前記第二充填部を形成する充填材よりも優れている材質の充填材によって形成されており、前記第二充填部における突部の上の前記導電層が突出して前記接地電極の表面に突起部が形成されている、ことを特徴とする超音波プローブの圧電振動子である。

10

【0013】

第2の観点の発明は、第1の観点の発明において、前記第一充填部の充填材と前記第二充填部の充填材は、互いに前記被研削性が異なる樹脂であることを特徴とする超音波プローブの圧電振動子である。

20

【0014】

第3の観点の発明は、第1又は2の観点の発明において、前記信号電極及び前記接地電極には、前記圧電振動子に電圧を印加するための導体が面圧着されることを特徴とする超音波プローブの圧電振動子である。

【0015】

第4の観点の発明は、第1～3のいずれか一の観点の発明において、前記接地電極は、前記圧電体の両端部において前記信号電極と同一面に形成されて前記突起部を有する第一の部分と、前記圧電体において前記第一の部分が形成された面と反対側の面に形成された第二の部分と、前記圧電体において前記第一の部分と前記第二の部分の間の側面に形成された第三の部分とからなり、また、前記信号電極は、前記圧電体における両端部の間の中間部の表面に、前記接地電極の第一の部分に挟まれるように形成されており、前記第一充填部は、前記圧電体における両端部の間の中間部分に設けられ、一方で前記第二充填部は、前記圧電体の両端部に設けられていることを特徴とする超音波プローブの圧電振動子である。

30

【0016】

第5の観点の発明は、第1～4のいずれか一の観点の発明において、前記第一充填部と前記第二充填部をそれぞれ複数有し、隣り合う前記第二充填部同士の間隔が、隣り合う前記第一充填部同士の間隔よりも狭いことを特徴とする超音波プローブの圧電振動子である。

40

【0017】

第6の観点の発明は、第1～5のいずれか一の観点の発明において、前記圧電振動子における前記信号電極及び前記接地電極が形成された面には、前記圧電振動子で発生する超音波を反射する反射層が接着されることを特徴とする超音波プローブの圧電振動子である。

【0018】

第7の観点の発明は、第1～6のいずれか一の観点の発明に係る圧電振動子を備えることを特徴とする超音波プローブである。

【0019】

50

第 8 の観点の発明は、第 7 の観点の発明において、前記圧電振動子に対し、該圧電振動子における前記信号電極と前記接地電極とが形成された面とは反対側である超音波照射側に配置される音響整合層と、前記圧電振動子に対し、前記信号電極と前記接地電極とが形成された面側に配置されるバッキング材層と、該バッキング材層と前記圧電振動子との間に配置されて、前記信号電極及び前記接地電極と接続されるフレキシブル基板と、を備えることを特徴とする超音波プローブである。

【 0 0 2 0 】

第 9 の観点の発明は、第 8 の観点の発明において、前記圧電振動子における前記信号電極と前記接地電極とが形成された面と圧着されて、該圧電振動子の弾性振動によって発生する超音波を反射する導電性の反射層を備え、該反射層を介して、前記フレキシブル基板が前記信号電極及び前記接地電極と接続されることを特徴とする超音波プローブである。

【 0 0 2 1 】

第 10 の観点の発明は、第 7 ～ 9 のいずれか一の観点の発明に係る超音波プローブを備えることを特徴とする超音波診断装置である。

【 0 0 2 2 】

第 11 の観点の発明は、圧電材からなる圧電体に所定深さの第一の溝を形成する第一溝形成工程と、該第一の溝に充填材を充填して第一充填部を形成する第一充填部形成工程と、前記圧電体における前記第一の溝が形成された部分とは別の部分に、所定深さの第二の溝を形成する第二溝形成工程と、該第二の溝に充填材を充填して第二充填部を形成する第二充填部形成工程と、前記第一充填部及び前記第二充填部が形成された前記圧電体の表面を研削する研削工程と、該研削工程を経た前記圧電体の表面に、信号電極及び接地電極となる導電層を形成する導電層形成工程と、を含み、前記第二充填部形成工程において、前記第二の溝に充填される充填材は、前記研削工程において前記圧電体の表面を研削した時に、圧電材の部分よりも研削されずに前記圧電体の表面において突出することになる材質であり、また、前記第一充填部形成工程において、前記第一の溝に充填される充填材は、前記研削工程において前記圧電体の表面を研削した時における被研削性が、前記第二充填部を形成する充填材よりも優れている材質であり、前記研削工程では、前記第二充填部の一部を前記圧電体の表面から突出させて突部を形成する一方で、前記第一充填部が前記圧電体の表面から突出しないように研削を行い、前記導電層形成工程では、前記導電層を、前記突部の上において突出して突起部が形成されるようにして前記圧電体の表面に形成し、前記導電層における前記突起部が形成された部分は接地電極であることを特徴とする超音波プローブにおける圧電振動子の製造方法である。

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、前記圧電体に前記間隙を形成して充填材を充填した後であって、前記圧電体の表面に前記導電層を設ける前に、前記圧電体の表面を研削することにより、前記第二充填部の突部を形成することができる。そして、このように前記第二充填部の突部が形成された前記圧電体の表面に前記導電層を設けることにより、前記突部の上の導電層が突出して前記接地電極の表面に前記突起部を形成することができる。この突起部により、前記圧電振動子に電圧を印加するために前記接地電極と圧着される導体との導通を確実にすることができるので、従来よりも前記接地電極の長さを短くすることができる。従って、感度を劣化させることなく、前記圧電振動子を従来よりも短くすることができ、これによって超音波プローブの厚み方向の寸法を小さくすることができる。

【 0 0 2 4 】

また、前記圧電体は、前記信号電極を有する部分に第一充填部が形成された複合圧電体であるが、前記第一充填部は、前記圧電体の表面を研削した時における被研削性が、前記第二充填部を形成する充填材よりも優れている材質の充填材によって形成されているので、前記導電層を設ける前における前記圧電体の表面の研削により、前記第一充填部を前記圧電体の表面から突出しないように形成することができる。従って、前記圧電体の表面に形成された前記導電層により構成される信号電極の表面をできるだけ平滑にすることが

できるので、この信号電極と接着剤によって圧着される前記導体との接着層をできるだけ薄くかつ均一にすることができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、前記信号電極の表面の平滑度が高く、一方で前記接地電極の表面には前記突起部が形成されているので、前記圧電振動子の平均の厚さが、前記信号電極を有する部分よりも前記接地電極を有する部分の方が厚くなる。これにより、前記圧電振動子の同一の面に形成された前記信号電極及び前記接地電極に前記導体を圧着したときの応力を、前記接地電極に集中させることができ、前記接地電極と前記導体とを強固に圧着することができる。従って、このようなことから、前記接地電極の長さを従来よりも短くすることが可能であるといえることができる。

10

【 0 0 2 6 】

また、前記第一充填部と前記第二充填部をそれぞれ複数有し、隣り合う前記第二充填部同士の間隔を、隣り合う前記第一充填部同士の間隔よりも狭くすることにより、前記第二充填部の突部の上に形成された突起部の間隔がより狭くなる。これにより、前記圧電振動子において前記接地電極を有する部分における平均の厚さがより厚くなるので、前記信号電極及び前記接地電極と、前記圧電振動子に電圧を印加するための導体とを面圧着した状態において圧着面にかかる応力が前記接地電極に集中する。従って、前記接地電極と前記導体との圧着力を強化することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 7 】

20

以下、本発明の実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。

( 第一実施形態 )

第一実施形態について説明する。図 1 は、本発明に係る超音波診断装置の実施の形態の一例の概略構成を示すブロック図、図 2 は、図 1 に示す超音波診断装置における超音波プローブの外観を示す一部切欠斜視図、図 3 は、第一実施形態の超音波プローブにおける機能素子部の外観を示す斜視図、図 4 は、図 3 に示す機能素子部の断面図、図 5 は、機能素子部を構成する圧電振動子を示す斜視図、図 6 ~ 図 1 1 は、圧電振動子の製造工程の概略説明図である。

【 0 0 2 8 】

先ず、本発明に係る超音波診断装置の実施の形態の一例の概略構成について図 1 に基づいて説明する。図 1 に示すように、超音波診断装置 1 0 0 は、超音波プローブ 1 0 1 とこの超音波プローブ 1 0 1 が接続される超音波診断装置本体 1 0 2 とを備えている。

30

【 0 0 2 9 】

前記超音波プローブ 1 0 1 は、図 2 に示すように、本例ではセクター ( s e c t o r ) 型のプローブであり、被検体に超音波を送信し、またこの超音波の送信に対して得られる超音波エコーを受信する。この超音波プローブ 1 0 1 の詳細な構成については後述する。

【 0 0 3 0 】

前記超音波診断装置本体 1 0 2 は、送受信部 1 0 3、画像処理部 1 0 4、表示部 1 0 5、制御部 1 0 6、操作部 1 0 7 を備えている。前記送受信部 1 0 3 は、前記超音波プローブ 1 0 1 を駆動して超音波を送信させ、また前記超音波プローブ 1 0 1 で受信した超音波エコーについて、整相加算処理等の信号処理を行う。

40

【 0 0 3 1 】

前記画像処理部 1 0 4 は、前記送受信部 1 0 3 で信号処理されたエコー信号に基づいて、Bモード画像等の超音波画像を作成する。そして、前記画像処理部 1 0 4 で作成された超音波画像は、前記表示部 1 0 5 に表示される。

【 0 0 3 2 】

前記操作部 1 0 7 では、操作者によって各種の指示が入力されるようになっている。前記操作部 1 0 7 は、指示の入力があると、指示信号を前記制御部 1 0 6 へ出力する。前記制御部 1 0 6 は、前記操作部 1 0 7 からの指示信号や、予め記憶されたプログラム ( p r o g r a m ) に基づいて、前記超音波診断装置本体 1 0 2 の各部を制御する。

50

## 【 0 0 3 3 】

前記超音波プローブ 1 0 1 について詳細に説明する。図 2 に示すように、前記超音波プローブ 1 0 1 は、先端部に音響レンズ部 1 0 を有している。また、前記超音波プローブ 1 0 1 は、プローブ筐体 1 1、前記超音波診断装置本体 1 0 2 と接続するための接続ケーブル 1 2 を備えている。

## 【 0 0 3 4 】

前記プローブ筐体 1 1 内には、機能素子部 1 3 が設けられている。この機能素子部 1 3 について、図 3 及び図 4 に基づいて詳細に説明する。前記機能素子部 1 3 は、音響整合層 1 4、圧電振動子 1 5、接着層 1 6、反射層 1 7、バックリング ( b a c k i n g ) 材層 1 8、及びフレキシブル ( f l e x i b l e ) 基板 1 9 を備えている。x 軸方向に長い直方体の形状を有する前記音響整合層 1 4、前記圧電振動子 1 5 及び前記反射層 1 7 は、超音波の照射方向に沿った方向である z 軸方向に積み重ねられて積層体 2 0 を構成する。そして、この積層体 2 0 が、y 軸方向に複数配列されている。

10

## 【 0 0 3 5 】

前記音響整合層 1 4 は、前記圧電振動子 1 5 における超音波照射方向側の板面に接着されている ( 接着層については図示省略 )。前記音響整合層 1 4 は、前記圧電振動子 1 5 と前記音響レンズ部 1 0 の中間の音響インピーダンスを有する。また、前記音響整合層 1 4 は、透過する超音波の概ね  $1/4$  波長の厚さを有し、音響インピーダンスの異なる境界面での反射を抑制する。また、前記音響整合層 1 4 は、本例では 1 層の例が図示されているが、2 層或いは多層になっていてもよい。前記音響整合層 1 4 は、本発明における音響整合層の実施の形態の一例である。

20

## 【 0 0 3 6 】

前記反射層 1 7 は、前記圧電振動子 1 5 における前記音響整合層 1 4 とは反対側の面に、エポキシ樹脂接着剤等からなる前記接着層 1 6 によって圧着されている。前記反射層 1 7 は、前記圧電振動子 1 5 の弾性振動によって前記反射層 1 7 側へ生じる超音波を被検体の方向へ反射する。前記反射層 1 7 は、本発明における反射層の実施の形態の一例である。

## 【 0 0 3 7 】

ちなみに、前記圧電振動子 1 5 の後述する信号電極 2 8 及び前記接地電極 2 9 の間に印加される電圧によって圧電振動子 1 5 による共鳴振動が励起されると、前記反射層 1 7 を固定端とする定在波が形成される。この定在波は前記圧電振動子 1 5 の厚さを  $1/4$  波長とする定在波である。

30

## 【 0 0 3 8 】

前記反射層 1 7 の材質は、超音波を反射するという目的から、音響インピーダンスの高いものが好ましく、タングステン ( t u n g s t e n ) 等が用いられる。このタングステンは導電性を有しており、前記反射層 1 7 は、前記フレキシブル基板 1 9 の後述する第一銅箔層 2 2 及び第二銅箔層 2 3 と、前記圧電振動子 1 5 の信号電極 2 8 及び接地電極 2 9 とを電氣的に接続する機能を有している。これにより、前記第一銅箔層 2 2 及び前記第二銅箔層 2 3 から供給される電圧が、前記反射層 1 7 を介して前記圧電振動子 1 5 に印加されるようになっている。前記反射層 1 7 は、本発明において、信号電極及び接地電極に圧着されて圧電振動子に電圧を印加するための導体の実施の形態の一例である。

40

## 【 0 0 3 9 】

前記反射層 1 7 は、前記接着層 1 6 をできるだけ薄く均一にするために、前記圧電振動子 1 5 との接着面 1 7 a に鏡面研磨が施されている。

## 【 0 0 4 0 】

前記反射層 1 7、前記接着層 1 6 及び前記圧電振動子 1 5 の長さ方向における両端部には、掘削孔 2 1、2 1 が形成されている。この掘削孔 2 1、2 1 は、例えば前記圧電振動子 1 5 及び前記反射層 1 7 を前記接着層 1 6 によって接着した後、前記反射層 1 7 側からダイヤモンド砥石等を用いた切削加工によって形成される。

## 【 0 0 4 1 】

50

前記反射層 17 における前記圧電振動子 15 との接着面 17a とは反対側の面には、前記バックング材層 18 との間に前記フレキシブル基板 19 が接着剤を用いて圧着されている（接着層は図示省略）。そして、前記フレキシブル基板 19 は、前記バックング材層 18 の厚み方向側面に沿って引き出され、前記接続ケーブル 12 と接続されている（接続構造については図示省略）。

#### 【0042】

前記フレキシブル基板 19 の構成について説明すると、このフレキシブル基板 19 は、図 4 に示すように、第一銅箔層 22、第二銅箔層 23、第一ポリイミド (polyimide) 膜層 24 及び第二ポリイミド膜層 25 の 4 層からなる。前記第一銅箔層 22 及び前記第二銅箔層 23 は、前記第一ポリイミド膜層 24 によって互いに絶縁されている。前記第一銅箔層 22 は、前記反射層 17 に接着された状態において、前記掘削孔 21、21 よりも前記反射層 17 における両端部側に位置するように形成されている。また、前記第二銅箔層 23 は、前記第一ポリイミド膜層 24 及び前記第二ポリイミド膜層 25 の間に積層されるとともに、前記掘削孔 21、21 よりも前記反射層 17 における中央部側においては、スルーホール (through hole) H を介して、前記第一銅箔層 22 と同一面にも存在している。同一面に存在する前記第一銅箔層 22 及び前記第二銅箔層 23 は、分割溝 G により互いに絶縁されている。この分割溝 G は、前記フレキシブル基板 19 が前記反射層 17 に接着された状態において、前記掘削孔 21、21 の位置になるように形成されている。これにより、前記第一銅箔層 22 は、導電性を有する前記反射層 17 における前記掘削孔 21、21 よりも端部側と電氣的に接続され、一方で前記第二銅箔層 23 は、前記反射層 17 における前記掘削孔 21、21 の間の中間部と電氣的に接続される。従って、前記第一銅箔層 22 は、前記圧電振動子 15 における接地電極 29 の後述する第一の部分 29a、29a と前記反射層 17 を介して電氣的に接続され、また前記第二銅箔層 23 は、前記圧電振動子 15 の信号電極 28 と前記反射層 17 を介して電氣的に接続される。

#### 【0043】

ちなみに、前記接地電極 29 と接続される前記第一銅箔層 22 は、前記フレキシブル基板 19 の表面一面に形成されており、y 軸方向に配列された全ての前記圧電振動子 15 の接地電極 29 の導通が共通して図られている。一方、前記第二銅箔層 23 は、図示しない銅箔層分割溝によって y 軸方向に複数に分割され、前記フレキシブル基板 19 内に形成された図示しない銅箔パターンを複数有している。この銅箔パターンは、y 軸方向に複数配列された前記積層体 20 ごとに形成されている。

#### 【0044】

前記バックング材層 18 は、前記フレキシブル基板 19 と接着され、或いは前記フレキシブル基板 19 の背面に直接形成され、このフレキシブル基板 19 を保持する。前記バックング材層 18 は、本発明におけるバックング材層の実施の形態の一例である。

#### 【0045】

次に、前記圧電振動子 15 について、図 3 及び図 4 のほか、図 5 も参照して説明する。前記圧電振動子 15 は、圧電体 26 の表面にスパッタ (sputter) 等によって形成された導電層 27 を有し、この導電層 27 により信号電極 28 及び接地電極 29 が構成されている。前記圧電体 26、導電層 27、信号電極 28 及び接地電極 29 は、それぞれ本発明における圧電体、導電層、信号電極及び接地電極の実施の形態の一例である。

#### 【0046】

前記信号電極 28 は、前記圧電体 26 における前記掘削孔 21、21 の間の中間部 26a に形成されている。また、前記接地電極 29 は、前記圧電体 26 の端部 26b、26b において、前記信号電極 28 と前記掘削孔 21、21 を隔てて同一面に形成された第一の部分 29a、29a と、前記圧電体 26 において前記第一の部分 29a、29a が形成された面と反対側の面に形成された第二の部分 29b と、前記圧電体 26 において前記第一の部分 29a、29a と前記第二の部分 29b の間の側面に形成された第三の部分 29c、29c とからなっている。前記信号電極 28 は、前記接地電極 29 における第一の部分

29a, 29aに挟まれるようにして形成されており、前記両電極28, 29は、前記掘削孔21, 21によって電氣的に絶縁されている。そして、前記信号電極28及び前記接地電極29における第一の部分29a, 29aが、前記反射層17と圧着されている。前記第一の部分29a、前記第二の部分29b及び前記第三の部分29cは、本発明における前記第一の部分、前記第二の部分及び前記第三の部分の実施の形態の一例である。

【0047】

前記圧電体26は、間隙30に充填材が充填されて形成された充填部31と、PZT等の圧電材からなる圧電材部32とで構成されている。前記圧電体26は、前記信号電極28を有する中間部26aに、前記充填部31として、後述する第一充填部33を有しており、複合圧電体である。前記充填部31及び前記圧電材部32は、それぞれ本発明における充填部及び圧電材部の実施の形態の一例である。

10

【0048】

前記充填部31としては、前記圧電体26における中間部26aに設けられた第一充填部33と、前記圧電体26における両端部、すなわち端部26b, 26bに設けられた第二充填部34とを有している。これら第一充填部33及び第二充填部34は、それぞれ本発明における第一充填部及び第二充填部の実施の形態の一例である。前記第一充填部33及び前記第二充填部34は、それぞれ複数形成されており、本例では隣り合う前記第一充填部33同士の間隔T1と、隣り合う前記第二充填部34同士の間隔T2とが等しくなっている。

【0049】

20

前記第一充填部33及び前記第二充填部34についてさらに説明する。まず、前記第二充填部34について説明すると、この第二充填部34は、前記圧電体26の表面を研削した時に、前記圧電材部32よりも研削されずに前記圧電体26の表面において突出することになる材質の充填材によって形成されていて、前記圧電体26の表面から突出する突部34a, 34aを有している。この突部34a, 34aは、本発明における突部の実施の形態の一例である。

【0050】

前記第一充填部33は、前記圧電体26の表面を研削した時における被研削性が、前記第一充填部33を形成する充填材よりも優れている材質の充填材によって形成されている。前記第一充填部33は、前記第二充填部34とは異なり、前記圧電体26の表面から突出しておらず、従って前記圧電体26における中間部26aの表面は平滑になっている。

30

【0051】

ここで、前記各充填部33, 34を形成する充填材について具体的に説明する。前記各充填部33, 34を形成する充填材は、被研削性が異なる樹脂が用いられ、本例では被研削性が異なるエポキシ樹脂が用いられる。すなわち、前記第二充填部34を形成する充填材としては、前記圧電体26の表面を研削した時に、前記圧電材部32よりも研削されずに、前記圧電体26の表面から突出する突部34a, 34aが形成されるエポキシ樹脂が用いられる。一方、前記第一充填部33を形成する充填材としては、前記第二充填部34を形成する充填材よりも弾性率が低く、前記圧電体26の表面を研削した時における被研削性が、前記第二充填部34を形成するエポキシ樹脂よりも優れているエポキシ樹脂が用いられる。さらに、前記第一充填部33の充填材について云うと、この第一充填部33を形成するエポキシ樹脂は、前記圧電体26の表面を研削した時に、前記圧電体26の表面からの前記第一充填部33の突出を抑制することができる研削性を有する材質のエポキシ樹脂である。

40

【0052】

前記導電層27は、前記突部34a, 34aの上において突出しており、前記接地電極29における第一の部分29a及び第二の部分29bは、突起部35を有している。この突起部35は、本発明における突起部の実施の形態の一例である。ここで、前記圧電振動子15と前記反射層17の間には前記接着層16が介在しているが、前記突起部35と前記反射層17との間には前記接着層16は介在せず、これにより前記突起部35と前記反

50

射層 17 とが接触して互いに導通している。

【0053】

さて、上述のような構成の前記圧電振動子 15 の製造方法について図 6 ~ 図 11 に基づいて説明する。まず、図 6 に示すように、前記圧電体 26 の中間部 26a に、所定深さの第一の溝 40 を形成する（第一溝形成工程）。この第一の溝 40 は、前記圧電振動子 15 における前記間隙 30（図 4、図 5 参照）を構成する。次に、図 7 に示すように、前記第一の溝 40 にエポキシ樹脂からなる充填材を充填して前記第一充填部 33 を形成する（第一充填部形成工程）。

【0054】

次に、図 8 に示すように、前記圧電体 26 の端部 26b, 26b に、所定深さの第二の溝 41 を形成する（第二溝形成工程）。この第二の溝 41 も、前記間隙 30 を構成する。そして、図 9 に示すように、前記第二の溝 41 に、充填材として、前記第一の溝 40 に充填したエポキシ樹脂とは異なるエポキシ樹脂を充填して前記第二充填部 34 を形成する（第二充填部形成工程）。ただし、この時には前記第二充填部 34 は、前記突部 34a, 34a を有さない。

【0055】

前記各充填部 33, 34 を構成するエポキシ樹脂が硬化した後、図 10 に示すように、前記圧電体 26 の両面を研削する（研削工程）。この時、前記第二充填部 34 は、前記圧電材部 32 及び前記第一充填部 33 よりも弾性率が低いため圧縮され、前記第二充填部 34 よりも前記圧電材部 32 及び前記第一充填部 33 に大きな応力がかかる。従って、前記第二充填部 34 よりも前記圧電材部 32 及び前記第一充填部 33 が研削され、かつ研削後は前記第二充填部 34 が膨張して前記圧電体 26 の表面において突出し、前記突部 34a, 34a が形成される。一方で、前記第一充填部 33 については、前記圧電材部 32 と同様に研削され、前記圧電体 26 において、前記第一充填部 33 を有する中間部 26a は、表面が平滑になる。

【0056】

前記研削工程の後、図 11 に示すように、前記圧電体 26 の表面に導電層 27 をスパッタ等によって形成する（導電層形成工程）。前記導電層 27 の形成は、前記突部 34a, 34a の上に、前記突起部 35 が形成されるように行う。

【0057】

ちなみに、前記各工程を経て得られた圧電振動子 15 を、前記反射層 17 と前記接着層 16 によって接着した後、前記反射層 17 側から切削加工を行って前記掘削孔 21, 21（図 11 では図示省略）を形成することにより、前記信号電極 28 及び前記接地電極 29 が形成される。また、前記各工程を経て得られた圧電振動子 15 は、縦方向及び横方向にほぼ同じ長さを有する板状体であり、この板状体からなる圧電振動子 15 を前記バッキング材層 18 及び前記フレキシブル基板 19 上に積層した後に、y 軸方向に分割することにより、y 軸方向に配列された短冊状の圧電振動子 15 を形成する。

【0058】

以上説明した本例によれば、前記接地電極 29 に形成された突起部 35 により、前記接地電極 29 と前記反射層 17 との導通を確実にすることができるので、前記信号電極 28 と同一の面に形成された前記接地電極 29 の前記第一の部分 29a, 29a の長さを、従来よりも短くすることができる。従って、感度を劣化させることなく、前記圧電振動子 15 を従来よりも短くすることができ、これによって超音波プローブ 101 の厚み方向（x 軸方向）の寸法を小さくすることができる。

【0059】

また、前記第一充填部 33 は、前記圧電体 26 の表面に突出せず、この圧電体 26 の中間部 26a の表面を平滑にすることができる。これにより、前記信号電極 28 の表面の凹凸をミクロンオーダー未満に抑えることができ、できるだけ平滑にすることができるので、前記接着層 16 をできるだけ薄くかつ均一にすることができる。これにより、前記圧電振動子 15 によって励起される共鳴振動における前記反射層 17 の固定端としての機能を

10

20

30

40

50

、前記接着層 16 が妨げることなく、被検体側へ放射される超音波のパワーを大きくすることができる。また、超音波の受信時においても、前記反射層 17 の固定端としての機能を前記接着層 16 が妨げることがないので、前記反射層 17 側へ透過しようとするエコー信号を前記圧電振動子 15 内にとどめ、この圧電振動子 15 で受信されるエコー信号を大きくすることができる。

【0060】

さらに、前記信号電極 28 の表面の平滑度が高く、一方で前記接地電極 29 の表面には前記突起部 35 が形成されているので、前記圧電振動子 15 の平均の厚さが、前記信号電極 28 を有する中間部 26a よりも前記接地電極 29 を有する端部 26b、26bの方が厚くなる。これにより、前記信号電極 28 及び前記接地電極 29 の第一の部分 29a に、前記反射層 17 を圧着したときの応力を前記接地電極 29 の第一の部分 29a に集中させることができ、前記接地電極 29 と前記反射層 17 とを強固に圧着することができる。従って、このようなことから、前記接地電極 29 の長さを従来よりも短くすることが可能であるといえることができる。

10

【0061】

(第二実施形態)

次に、第二実施形態について説明する。図 12 は、第二実施形態の超音波プローブにおける機能素子部の断面図である。なお、第一実施形態と同一の構成については同一の符号を付して説明を省略する。

【0062】

図 12 に示す本例の圧電振動子 50 では、隣り合う前記第二充填部 34 同士の間隔 T2 が、隣り合う前記第一充填部 33 同士の間隔 T1 よりも狭くなっている。隣り合う前記第一充填部 33 同士の間隔 T1 は、第一実施形態と同様であることから、隣り合う前記第二充填部 34 同士の間隔 T2 は、第一実施形態よりも狭くなっている。

20

【0063】

本例の圧電振動子 50 も、第一実施形態の圧電振動子 15 の製造工程と基本的には同様の製造工程を経て製造される。ただし、第二溝形成工程においては、図 13 に示すように、隣り合う前記第二の溝 41 同士の間隔 T2 が、隣り合う前記第一の溝 40 同士の間隔 T1 よりも狭くなるように、前記第二の溝 41 を形成する。

【0064】

本例の圧電振動子 50 によれば、隣り合う前記第二充填部 34 同士の間隔 T2 は、隣り合う前記第一充填部 33 同士の間隔 T1 よりも狭く、第一実施形態よりも隣り合う前記第二充填部 34 同士の間隔 T2 が狭くなっているため、隣り合う前記突起部 35 同士の間隔が第一実施形態よりも狭くなる。これにより、前記圧電振動子 15 において前記接地電極 29 の第一の部分 29a、29a が形成された両端部の平均の厚さをより厚くすることができるので、前記接地電極 29 の第一の部分 29a と前記反射層 17 とをより強固に圧着することができる。

30

【0065】

以上、本発明を前記各実施形態によって説明したが、本発明はその主旨を変更しない範囲で種々変更実施可能なことはもちろんである。例えば、前記突起部 35 は、前記信号電極 28 と同一の面に形成された前記接地電極 29 の第一の部分 29a 側のみに設けられていてもよい。

40

【0066】

また、前記機能素子部 13 は、前記反射層 17 を有していなくてもよい。この場合、前記圧電振動子 15 における前記音響整合層 14 とは反対側の面には、前記フレキシブル基板 19 を接着剤を用いて圧着する。

【0067】

また、前記第一充填部 33 よりも前記第二充填部 34 を太くして、研削によって前記第二充填部 34 の先端が前記圧電体 26 の表面から突出しやすくしてもよい。この場合には、前記第一充填部 33 の太さが前記第二充填部 34 よりも細いので、研削によって前記圧

50

電体 2 6 における中間部 2 6 の表面を容易に平滑にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 8 】

【図 1】本発明に係る超音波診断装置の実施の形態の一例の概略構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示す超音波診断装置における超音波プローブの外観を示す一部切欠斜視図である。

【図 3】第一実施形態の超音波プローブにおける機能素子部の外観を示す斜視図である。

【図 4】図 3 に示す機能素子部の断面図である。

【図 5】機能素子部を構成する圧電振動子を示す斜視図である。

10

【図 6】圧電振動子の製造工程における第一溝形成工程を示す概略説明図である。

【図 7】圧電振動子の製造工程における第一充填部形成工程を示す概略説明図である。

【図 8】圧電振動子の製造工程における第二溝形成工程を示す概略説明図である。

【図 9】圧電振動子の製造工程における第二充填部形成工程を示す概略説明図である。

【図 10】圧電振動子の製造工程における研削工程を示す概略説明図である。

【図 11】圧電振動子の製造工程における導電層形成工程を示す概略説明図である。

【図 12】第二実施形態の超音波プローブにおける機能素子部の断面図である。

【図 13】第二実施形態における圧電振動子の製造工程の中の第二溝形成工程を示す概略説明図である。

【符号の説明】

20

【 0 0 6 9 】

1 4 音響整合層

1 5 , 5 0 圧電振動子

1 7 反射層

1 8 バッキング材層

1 9 フレキシブル基板

2 6 圧電体

2 6 a 中間部

2 6 b 端部

2 7 導電層

2 8 信号電極

2 8 a 第一の部分

2 8 b 第二の部分

2 8 c 第三の部分

2 9 接地電極

3 0 間隙

3 1 充填部

3 2 圧電材部

3 3 第一充填部

3 4 第二充填部

3 4 a 突部

3 5 突起部

4 0 第一の溝

4 1 第二の溝

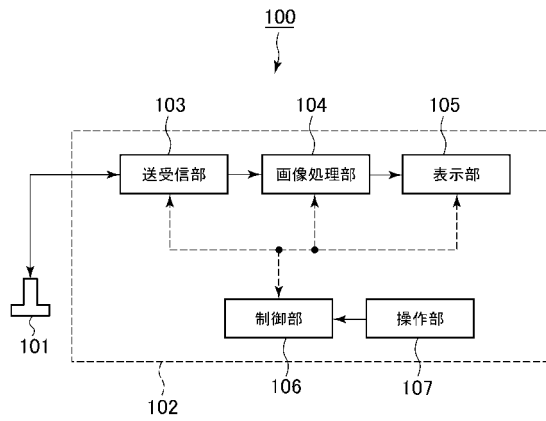
1 0 0 超音波診断装置

1 0 1 超音波プローブ

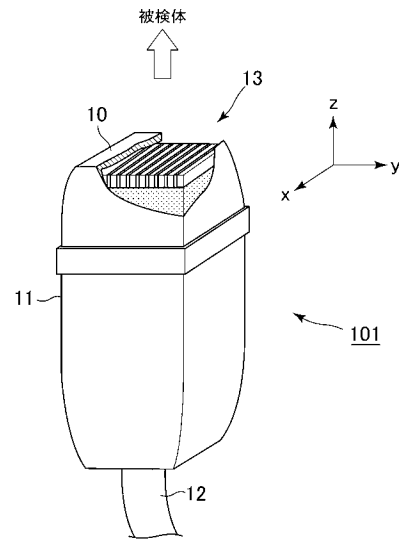
30

40

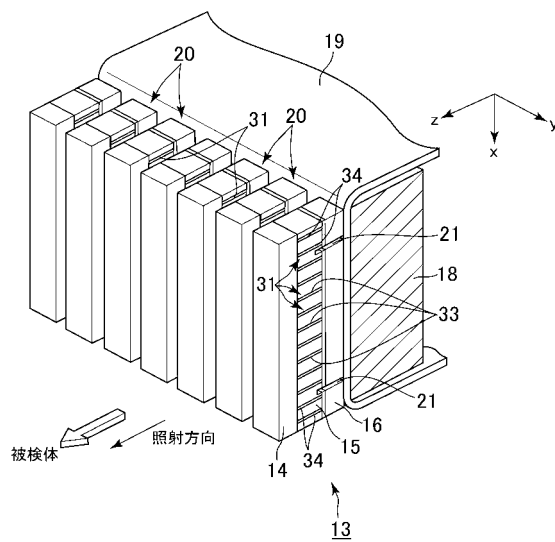
【図 1】



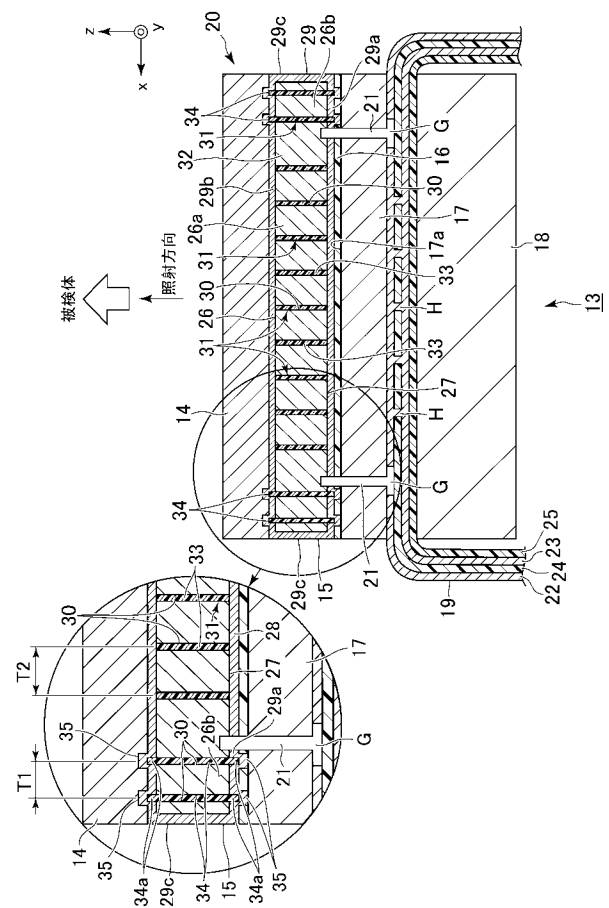
【図 2】



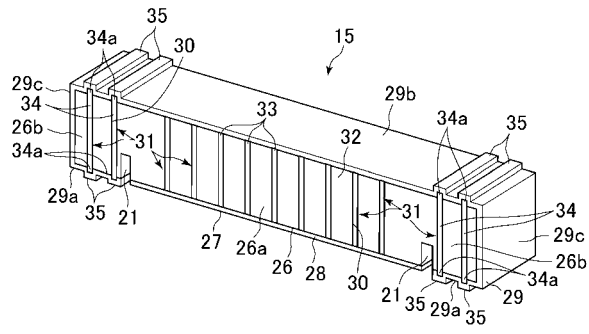
【図 3】



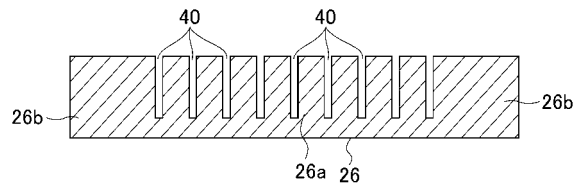
【図 4】



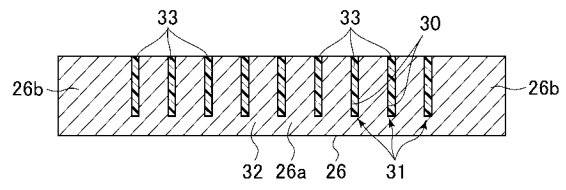
【図 5】



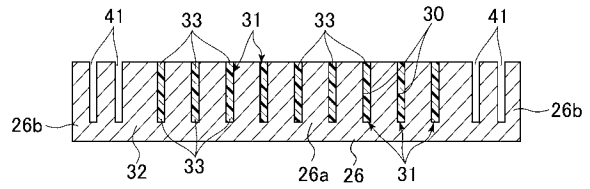
【図 6】



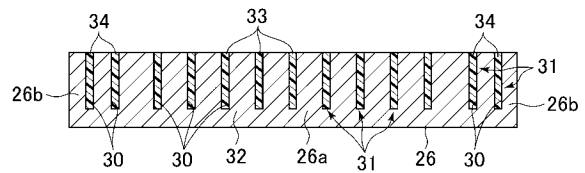
【図 7】



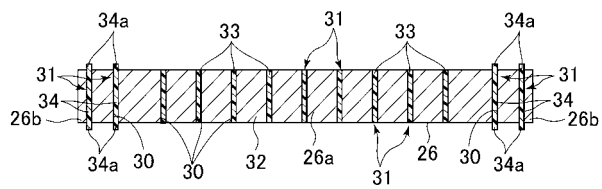
【図 8】



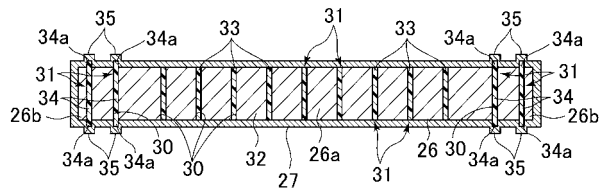
【図 9】



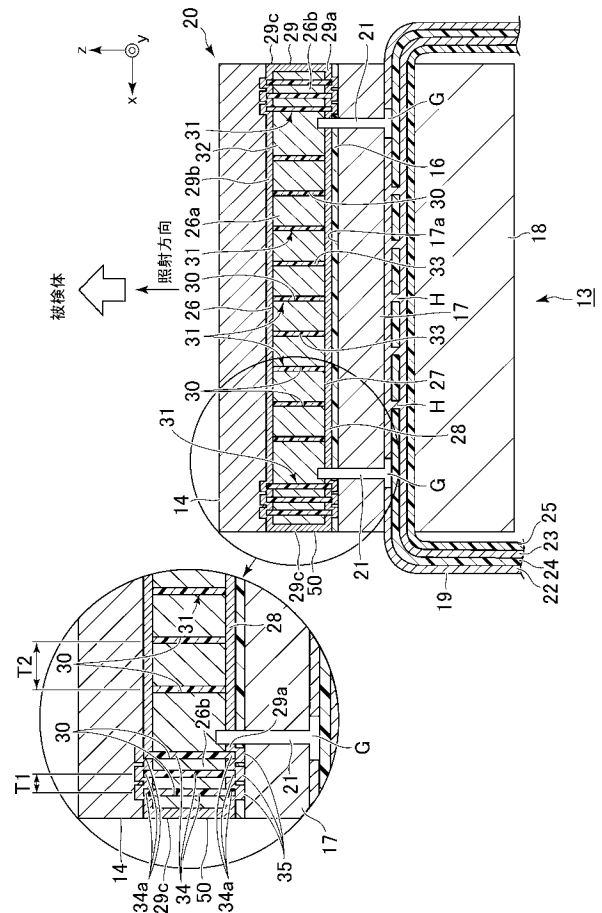
【図 10】



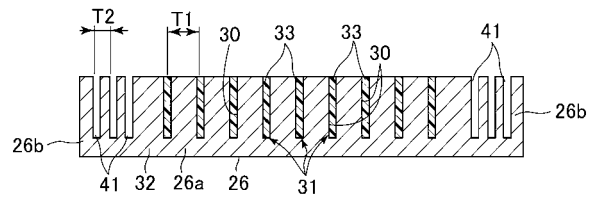
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

フロントページの続き

審査官 境 周一

- (56)参考文献 特開2009-061112(JP,A)  
特開2007-167445(JP,A)  
特開2002-084597(JP,A)  
特開平06-254091(JP,A)  
特開平11-164397(JP,A)  
特開2000-028595(JP,A)  
特開平09-084193(JP,A)  
特開2002-232995(JP,A)  
特開平01-179450(JP,A)  
特開2003-338577(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|      |              |
|------|--------------|
| H04R | 1/00 - 31/00 |
| A61B | 8/00 - 8/14  |

