

(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2017-12729

(P2017-12729A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/14

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-11759 (P2016-11759)
 (22) 出願日 平成28年1月25日 (2016.1.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-128979 (P2015-128979)
 (32) 優先日 平成27年6月26日 (2015.6.26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 594164542
 東芝メディカルシステムズ株式会社
 栃木県大田原市下石上1385番地
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
 (74) 代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司
 (74) 代理人 100153051
 弁理士 河野 直樹
 (74) 代理人 100179062
 弁理士 井上 正
 (74) 代理人 100189913
 弁理士 鵜飼 健

最終頁に続く

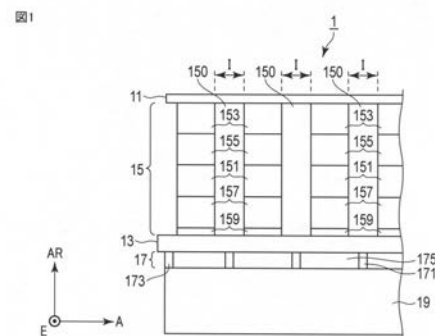
(54) 【発明の名称】 超音波プローブ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 振動子からの後方放射を効率よく抑制可能な構造を有する超音波プローブを提供する。

【解決手段】 超音波プローブ1は、超音波を送受信する複数の圧電体151と、複数の圧電体151の背面側に位置し、複数の圧電体151と電氣的に接続されたフレキシブルプリント基板13と、フレキシブルプリント基板13の背面側に位置し、空隙を有する空隙層17または空隙層17に樹脂が充填された樹脂層と、を具備する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を送受信する複数の圧電体と、
前記複数の圧電体の背面側に位置し、前記複数の圧電体と電氣的に接続されたフレキシブルプリント基板と、
前記フレキシブルプリント基板の背面側に位置し、空隙を有する空隙層、または前記空隙層に樹脂が充填された樹脂層と、
を具備する超音波プローブ。

【請求項 2】

前記空隙層または樹脂層は、前記フレキシブルプリント基板の背面に位置する請求項 1 に記載の超音波プローブ。

10

【請求項 3】

前記複数の圧電体各々と前記フレキシブルプリント基板との間に位置し、前記複数の圧電体より高い音響インピーダンスを有する高インピーダンス層をさらに具備する、請求項 1 または 2 に記載の超音波プローブ。

【請求項 4】

前記空隙層または樹脂層は、前記空隙層または樹脂層の前面の前面構造物と背面の背面構造物とを接続する複数の接続部材を有する、請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一つに記載の超音波プローブ。

【請求項 5】

20

前記複数の接続部材各々は、最も近い 2 つの圧電体の間の位置の背面側に位置する、請求項 4 に記載の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記複数の圧電体は、第 1 方向と前記第 1 方向に直交する第 2 方向とに沿って配列され、
前記複数の接続部材各々は、2 番目に近い 2 つの圧電体の間の位置の背面側に位置する、請求項 4 に記載の超音波プローブ。

【請求項 7】

前記複数の接続部材各々は、前記前面構造物と前記背面構造物とを電氣的に接続する、請求項 4 乃至 6 のうちいずれか一項に記載の超音波プローブ。

30

【請求項 8】

前記空隙層または樹脂層の背面側に設けられ、前記複数の圧電体の駆動と前記圧電体の振動で発生したエコー信号の処理とのうちの少なくとも一方の機能を有する集積回路を更に具備する請求項 1 乃至 7 のうちいずれか一項に記載の超音波プローブ。

【請求項 9】

前記空隙層または樹脂層と前記集積回路との間に設けられ、前記フレキシブルプリント基板と前記集積回路との間の電氣的接続を中継する中継基板をさらに具備する請求項 8 に記載の超音波プローブ。

【請求項 10】

前記複数の圧電体は、第 1 方向に沿って配列され、
前記空隙層または樹脂層の背面に設けられ、前記空隙層または樹脂層を支持する支持部材を更に具備する請求項 1 乃至 5 のうちいずれか一項に記載の超音波プローブ。

40

【請求項 11】

前記集積回路の背面に設けられ、前記集積回路で発生した熱を放熱する放熱部材を更に具備する請求項 8 に記載の超音波プローブ。

【請求項 12】

超音波を送受信する複数の圧電体と、
前記複数の圧電体の背面側に位置し、前記複数の圧電体と電氣的に接続されたフレキシブルプリント基板と、
前記フレキシブルプリント基板の背面側に位置する樹脂層と、

50

前記樹脂層の背面側に位置する背面構造物と、
を具備し、

前記樹脂層は、前記樹脂層の前面の前面構造物と前記背面構造物とを接続する複数の接続部材を有し、

前記接続部材は、前記圧電体の真後ろの位置とは異なる位置に配置される、超音波プローブ。

【請求項 1 3】

前記接続部材のうち隣接する接続部材の間の空間には、所定の樹脂が配置される、請求項 1 2 に記載の超音波プローブ。

【請求項 1 4】

前記複数の接続部材各々は、最も近い 2 つの圧電体の間の位置の背面側に位置する、請求項 1 2 または 1 3 に記載の超音波プローブ。

【請求項 1 5】

前記複数の圧電体は、第 1 方向と前記第 1 方向に直交する第 2 方向とに沿って配列され、

前記複数の接続部材各々は、2 番目に近い 2 つの圧電体の間の位置の背面側に位置する、請求項 1 2 または 1 3 に記載の超音波プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波診断装置等に使用される超音波プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波プローブにおいて、格子状に複数の振動子を配置する 2 次元アレイプローブでは、振動子の数が膨大になるため、全振動子を直接診断装置本体に接続することは困難となる。このため、超音波の送受信と遅延加算とを行う IC (Integrated Circuit: 集積回路チップ、専用の送受信回路用の集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: ASIC) 等) が、振動子各々の背面側に直接実装される場合がある。

【0003】

また、IC を実装するインターポザ (Inter Poser: IP) といわれる基板等の構造が、複数の振動子の背面側に付加される場合がある。ASIC を実装し、振動子と接続する基板 (IP) としては、アルミナ等を材料とするセラミック基板が用いられる。IP を使用する場合、ASIC を振動子の背面に直付けするのに比べて、配線の追加やパッド (PAD) の再配置等のメリットがある。

【0004】

振動子と IP、または振動子と IC は、振動子の下面に形成された半田バンプ、または金バンプ等により、振動子各々に対して独立して接続される。半田バンプの場合、板状振動子を IP または IC に仮実装した後、リフロー (reflow) により半田を溶融させる。次いで、溶融した半田を冷却することで、振動子と IP、または振動子と IC を固着させる。金バンプの場合、導電接着剤を塗布した板状振動子を IP または IC に仮実装した後、硬化炉で加熱することで、振動子と IP、または振動子と IC を固着させる。

【0005】

振動子と IP との固着、および振動子と IC との固着において、いずれの構造の場合も、IC の実装面、すなわち振動子と IP との間の空隙および振動子と IC との間の空隙には、例えば外力による IC の破断等を防ぐため、信頼性上、液状硬化性樹脂であるアンダーフィル材 (underfill: 以下、UF と呼ぶ) と称される接着剤が充填される。アンダーフィル材の硬化後、板状振動子の上面からアンダーフィル材の中途まで切断溝が形成される。これにより、振動子各々を分離する工程が実行される。

【0006】

また、振動子を A S I C 上で切断加工する場合は、切断加工による A S I C への機械的ダメージが起きるリスクがあることと、振動子の音響的な良否検査が困難になる問題がある。

【0007】

I C は、シリコン (s i l i c o n : ケイ素) 単結晶を材料とする。I P は例えばアルミナセラミックを材料とするセラミック基板である。すなわち、I C および I P は、いずれも非常に硬度の高い材料であって、音響インピーダンスが高く、音響的な減衰率もきわめて低い。このため、いずれの構造も、A S I C 又は I P への音響伝播を遮断することはできない。以上のことから、振動子背面側への超音波の放射が発生した場合、容易に I C および I P の背面構造に音波が伝播し、残響となって、超音波画像上に偽像が発生する問題がある。

10

【0008】

超音波振動子の背面側への音響エネルギーを低減する方法としては、例えば、以下の 2 つの方法がある。

(1) 振動子背面を空隙とする。

(2) 圧電振動子背面に、音響インピーダンスが極めて大きい材料 (例えばタンゲステンや、その炭化物) を密着させる。

【0009】

上記 (1) では、振動子下面は、自由端であり、 $1/2$ 波長で振動する。(2) では、振動子下面は、固定端であり、 $1/4$ 波長で振動する。いずれの方法においても、振動子の背面側との音響インピーダンス差は極めて大きいため、振動子の背面側への音響放射は低減される。これにより、振動子の前面側への放射比率が上がるため、送信感度は向上する。

20

【0010】

また、(2) の構造の場合、圧電体の厚みが通常 ($1/2$ 波長) の約半分となるため、素子の静電容量が増加して電気インピーダンスが下がるため、さらに送信感度が向上する。

【0011】

しかしながら、上記 (1) のような空隙を持つ振動子の場合、空気の音響インピーダンスは圧電体に比べほぼ無視できるため、背面への放射を遮断する性能はきわめて高い。しかしながら、上述したように、2 次元アレイプロープにおける振動子で実現することは困難性が極めて高い。

30

【0012】

例えば、振動子間の分離溝に接着剤を充填し、振動子下面から突起形状を持たせて振動子面に空隙を確保する方法がある。しかしながら、素子切断後、接着剤充填、ベース材料の除去、電極の付与等、工程が煩雑であると同時に、素子間に充填された接着剤による隣接素子間クロストークが大きくなる問題がある。

【0013】

また、振動子背面の有効部に掘り込み構造を形成し、両端のみで振動子を支える構造がある。しかしながら、このような構造では、振動子前面からの圧力が加わった場合、素子が破損やすくなり、信頼性が低下することは容易に想像される。また、2 次元アレイプロープでは、振動子に無効部が存在しないため、そもそもこのような構造を採用することはできない。

40

【0014】

また、上記 (2) のような高音響インピーダンスの背面層を持つ振動子の場合、空隙構造に比べ振動子を平面層の音響インピーダンスの比が小さいために、一定比率での背面側への音響放射が生じる問題がある。さらに、2 次元アレイプロープにおいて、前述したようなバンプ構造による振動子接続を行う場合、バンプ自体が金属であって、振動子と基板 (I P) または I C との音響的な通路となると同時に、アンダーフィル材をも伝播して、振動子背面側への音響放射が生じてしまう。

50

【0015】

(2)のような構造をもつ2次元アレイ振動子の場合、振動子背面側の構造体を極めて薄くする必要がある。IPは、自身の機能上の制約、即ち多層の配線が必要であることから一定の厚みを必要とする。このため、IPなしで直接ICと振動子をバンプ接続する必要がある。IPの役割は、IC実装を容易にすると同時に、振動子とICのパッド位置との調整、電源の強化、および制御配線などであり、これらを全てIC内部で行う必要が生じる。ICは裏面を研磨処理することで100 μ m以下の厚みにまで加工することは可能であるが、IC実装の際のハンドリング(処理)で破損するリスクがある。

【0016】

加えて、(2)のような構造をもつ2次元アレイ振動子の場合、振動子の背面側への音響放射があることが前提であるから、ICのさらに背面には不要音響エネルギーを吸収するための背面負荷材が必要になる。しかも、背面負荷材は、シリコン単結晶と音響的に整合する高音響インピーダンスであると同時に高い音波吸収性能を要求されるので、きわめて特殊な材料を用いる必要があり、製造コストが上昇する問題がある。さらに、IC上に振動子を実装した状態でアレイ切断工程を実施する必要があるので、ICへの機械的、又は化学的ダメージがリスクとして存在する問題がある。

【0017】

また、超音波プローブにおける振動子の背面部材としては、超音波の減衰を得るために、超音波を吸収するゴム系素材が用いられる。しかしながら、ゴム系素材は、硬度とガラス転移点とが低いという特徴を有し、形状的に安定ではない。すなわち、ゴム系素材は変形しやすく、構造体の基礎として適切とはいえない。また、ゴム系素材は、一般に熱伝導率が低いため、振動子から発生する熱を放散するために、特別な素材、例えばカーボン繊維等を練りこむ等の処理を行う必要がある。また、背面部材としてゴム系素材を用いる場合、音響インピーダンスを設計値に近づけるため、金属やその化合物等の粉末を添加する必要がある。このため、背面部材としてゴム系素材を用いることは、コストアップの原因となる問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0018】

【特許文献1】特開平5-123317号公報

【特許文献2】特開平7-222743号公報

【特許文献3】特開平1-262848号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

目的は、振動子からの後方放射を効率よく抑制可能な構造を有する超音波プローブを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本実施形態に係る超音波プローブは、複数の圧電体と、フレキシブルプリント基板と、空隙層または樹脂層と、を具備する。複数の圧電体は、超音波を送受信する。フレキシブルプリント基板は、前記複数の圧電体の背面側に位置し、前記複数の圧電体と電氣的に接続される。空隙層は、前記フレキシブルプリント基板の背面側に位置し、空隙を有する。樹脂層は、前記フレキシブルプリント基板の背面側に位置し、前記空隙層に樹脂が充填された層である。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る超音波プローブにおいて、エレベーション方向に垂直な断面の一例を示す図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に係る超音波プローブにおいて、アジマス方向に垂直な

10

20

30

40

50

断面の一例を示す図である。

【図 3】図 3 は、第 1 の本実施形態に係る超音波プローブにおいて、アジマス方向とエレベーション方向とに直交する方向に垂直な断面における空隙層の一例を示す図である。

【図 4】図 4 は、第 1 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、支持部材に支持された空隙層と、空隙層における複数の接続部材と、フレキシブルプリント基板と、複数の振動子とを示す斜視図である。

【図 5】図 5 は、第 1 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、フレキシブルプリント基板を介した振動子の直下に接続部材が設けられた一例を示す図である。

【図 6】図 6 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、エレベーション方向に垂直な断面の一例を示す図である。

10

【図 7】図 7 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、アジマス方向とエレベーション方向とに直交する方向に垂直な断面における空隙層を、中継基板の前面からフレキシブルプリント基板の背面に向けて見た断面図である。

【図 8】図 8 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、空隙層と、空隙層における複数の接続部材と、フレキシブルプリント基板と、複数の振動子とを示す斜視図である。

【図 9】図 9 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、フレキシブルプリント基板に設けられた格子状の複数の振動子を、アジマス方向とエレベーション方向とに直交する方向から見た図である。

【図 10】図 10 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、フレキシブルプリント基板に設けられた格子状の複数の振動子を、アジマス方向とエレベーション方向とに直交する方向から見た図である。

20

【図 11】図 11 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、中継基板からの信号の引き出しのために、複数の振動子を支持するフレキシブルプリント基板が放熱部材に沿って延長されていることを示す図である。

【図 12】図 12 は、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいて、フレキシブルプリント基板を介した振動子の直下に接続部材が設けられた一例を示す図である。

【図 13】図 13 は、第 2 の本実施形態に係る超音波プローブにおいて、振動子直下に接続部材が配置された時におけるある時相の音圧分布の一例を示す図である。

【図 14】図 14 は、第 2 の本実施形態に係る超音波プローブにおいて、分割溝の直下に接続部材が配置された時において、図 13 における時相と同時相の音圧分布の一例を示す図である。

30

【図 15】図 15 は、第 2 の本実施形態に係り、図 13 に関する本実施形態の超音波プローブと、図 14 に関する本実施形態の超音波プローブとに関して、放熱部材の同位置における音圧の時間的变化を示すグラフである。

【図 16】図 16 は、第 1 の実施形態の変形例に係る超音波プローブにおいて、エレベーション方向に垂直な断面の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

(第 1 の実施形態)

40

以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる超音波プローブを説明する。なお、以下の説明において、略同一の構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合に行う。

【0023】

図 1 は、第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 において、エレベーション (elevation) 方向に垂直な断面の一例を示す図である。本実施形態に係る超音波プローブ 1 は、1 次元アレイプローブである。1 次元アレイプローブ 1 は、配列方向またはアジマス (azimuth) 方向に配列された複数の振動子を有する。

【0024】

図 1 において、エレベーション方向は紙面に垂直な方向 (E 方向) である。アジマス方

50

向は、複数の振動子が配列された方向（A方向）である。アジマス方向とエレベーション方向とに垂直な方向は、音響放射に係る方向（AR方向）である。図2は、本実施形態に係る超音波プローブ1において、アジマス方向に垂直な断面の一例を示す図である。

【0025】

図1、図2に示すように、本実施形態に係る1次元アレイプローブ1は、共通電極11と、フレキシブルプリント基板（Flexible Printed circuit：FPC）13と、複数の振動子15と、空隙層17と、支持部材19とを有する。複数の振動子15は、所定の間隔Iを有する分割溝150により隔てて、フレキシブルプリント基板13上に、アジマス方向に沿って配列される。すなわち、複数の振動子15は、短冊状にフレキシブルプリント基板13上に設けられる。エレベーション方向に沿った複数の分割溝150各々には、所定の気体（例えば空気）が封入される。

10

【0026】

共通電極11は、複数の振動子15の前面に設けられる。図1において、共通電極11は、複数の振動子15に亘って、第1の音響整合層153と接合されている。具体的には、共通電極11と複数の第1の音響整合層153とは、物理的かつ電氣的に接合する。共通電極11は、例えば、銅箔により形成される。共通電極11から引き出される配線は、任意の形態により、例えばフレキシブルプリント基板13における配線を介して、図示していないケーブルに接続される。共通電極11の前面には図示していない音響レンズが配置、接合される。また、音響レンズの前面には、音響レンズを覆う図示していないカバー（生体接触部材）が設けられる。

20

【0027】

フレキシブルプリント基板13は、非分割構造であって、複数の振動子15に接合される。すなわち、フレキシブルプリント基板13は、複数の振動子15を支持する。フレキシブルプリント基板13は、複数の振動子15にそれぞれ対応する複数の配線を有していてもよい。このとき、複数の振動子15と複数の配線とは、それぞれ電氣的に接続される。

【0028】

複数の振動子15各々は、圧電体151と、第1の音響整合層153と、第2の音響整合層155と、高インピーダンス層（背面音響整合層）157と、個別電極159とを有する。複数の振動子15各々は、アジマス方向に沿って、所定の間隔Iでフレキシブルプリント基板13上に配列される。

30

【0029】

すなわち、複数の振動子15各々は、アジマス方向に平行な所定の間隔Iを有し、エレベーション方向に沿った分割溝150により、それぞれ物理的に分離する。複数の振動子15各々は切断されていないフレキシブルプリント基板13上に接合されているため、複数の振動子15各々は構造的に安定である。

【0030】

圧電体151における音響放射方向の前面には、第2の音響整合層155が接合され、第2の音響整合層155の前面には、第1の音響整合層153が接合される。圧電体151の背面には、高インピーダンス層157が接合される。高インピーダンス層157の背面には、個別電極159が接合される。第1の音響整合層153と、第2の音響整合層155と、高インピーダンス層157とは、導電性を有する。

40

【0031】

圧電体151は、エレベーション方向に沿った長辺を有し、アジマス方向に沿った短辺を有する矩形状に整形され、超音波の送受信に関わる圧電変換素子である。圧電変換素子とは、例えば、圧電セラミックスなどである。圧電体151は、図示していない超音波診断装置または超音波探傷装置から図示していない電子回路を介して供給された駆動信号（電気信号）を受けて、超音波を発生する。圧電体151は、被検体もしくは超音波探傷に関する物質により反射された超音波を受けて、エコー信号（電気信号）を発生する。発生されたエコー信号は、超音波プローブに接続された図示していないケーブルを介して超音

50

波診断装置または超音波探傷装置に供給される。

【0032】

第1の音響整合層153および第2の音響整合層155は、圧電体151の超音波照射側（前面側）に設けられる。第1の音響整合層153および第2の音響整合層155は、導電性材料からなる金属粉入りエポキシ樹脂等の音響整合材により形成される。第1の音響整合層153及び第2の音響整合層155における音速、厚さ、音響インピーダンス等の物理的パラメータを調整することで、被検体と圧電体151との音響インピーダンスの整合を図ることができる。

【0033】

具体的には、第1の音響整合層153および第2の音響整合層155は、被検体もしくは超音波探傷に関する物質の音響インピーダンスと圧電体151の音響インピーダンスとの違いに起因する超音波の反射を抑える。なお、図1には、2層の音響整合層（第1の音響整合層153および第2の音響整合層155）が図示されているが、本実施形態はこれに限定されない。例えば、1層、3層、あるいは4層以上の音響整合層が、圧電体151の前面に配置され、それぞれ接合されてもよい。

【0034】

高インピーダンス層157は、複数の圧電体各々の背面に接合される。すなわち、高インピーダンス層157は、複数の圧電体151各々とフレキシブルプリント基板13との間に位置する。高インピーダンス層157は、圧電体151の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスを有する。高インピーダンス層157は、例えば、タングステンや、タングステンの炭化物などにより構成される。なお、高インピーダンス層157は、振動子15の構成において、省略されてもよい。

【0035】

個別電極159は、高インピーダンス層157の背面に接合される。個別電極159は、例えば、銀や金などによる金属メッキやスパッタリングなどにより形成される。

【0036】

図3は、本実施形態に係る超音波プローブ1において、エレベーション方向とアジマス方向とに直交するAR方向に垂直な断面における空隙層17の一例を示す図である。図4は、本実施形態に係る超音波プローブ1において、支持部材19に支持された空隙層17と、空隙層17における複数の接続部材171、173と、フレキシブルプリント基板13と、複数の振動子15とを示す斜視図である。

【0037】

空隙層17は、フレキシブルプリント基板13の背面側に設けられる。例えば、空隙層17は、フレキシブルプリント基板13と支持部材19との間に設けられる。空隙層17は、複数の接続部材171、173と、空隙部分175とを有する。図1、図2に示すように複数の接続部材171、173各々は、空隙層17の前面の前面構造物と空隙層17の背面の背面構造物とを接続する。

【0038】

前面構造物とは、図1乃至図4に示すように、例えば、共通電極11、フレキシブルプリント基板13、短冊状の複数の振動子15、図示していない音響レンズなどである。背面構造物とは、例えば、図1、図2に示すように、支持部材19である。

【0039】

接続部材171は、図1乃至図4に示すように、柱状構造を有する。接続部材171、173は、支持部材19の前面側に、振動子15に対して多数配置される。図1乃至図4に示すように、複数の接続部材171は、振動子15を分割する分割溝150の直下（真後ろ）であって、フレキシブルプリント基板13の背面側に設けられる。

【0040】

すなわち、接続部材171、173は、最も近い2つの圧電体151の間の位置であって、フレキシブルプリント基板13の背面側に位置する。また、空隙層17における端部に位置する複数の接続部材173は、図1乃至図4に示すように、アジマス方向およびエ

10

20

30

40

50

レーション方向に関して、振動子 15 の外側に配置される。これにより、空隙部分 175 は、封止密閉される。なお、接続部材 171 は、図 5 に示すように、フレキシブルプリント基板 13 を介した振動子 15 の直下（真後ろ）に設けられてもよい。

【0041】

具体的には、接続部材 171、173 の一端（先端）は、分割溝 150 の直下のフレキシブルプリント基板 13 に、接着剤等により接着される。接続部材 171、173 の他端（先端）は、分割溝 150 直下の支持部材 19 に、接着剤等により接着される。接続部材 171、173 とフレキシブルプリント基板 13 との接着時、および接続部材 171、173 と支持部材 19 との接着時において、接着剤は、空隙部分 175 には、充填されない。

10

【0042】

すなわち、空隙部分 175 は、前面構造物における音響インピーダンスに比べて小さい音響インピーダンスを有する気体（例えば空気）が封入される領域である。以上のような構造により、本超音波プローブ 1 は、構造的に安定を保つことができる。

【0043】

フレキシブルプリント基板 13 により振動子に関する配線が引き出されるとき、接続部材 171、173 は導電体である必要はない。このとき、接続部材 171、173 は、例えば、フレキシブルプリント基板 13 上に塗布されたソルダレジスト（solder resist、例えば熱硬化性エポキシ樹脂皮膜）等であってもよい。また、接続部材 171、173 は、導電体であってもよい。このとき、接続部材 171、173 は、銅メッキを厚く柱状に形成した銅バンパ（bump）などである。

20

【0044】

支持部材 19 は、背面側への音響反射が無い場合、高硬度の金属（例えばアルミニウム等）により構成される。すなわち、本実施形態における超音波プローブ 1 の支持部材 19 は、前面構造物を支持する機械的安定性を有する支持体である。

【0045】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態に係る 1 次元アレイプローブ（超音波プローブ）1 によれば、振動子 15 の背面側に、切断および分離されないフレキシブルプリント基板 13 と、フレキシブルプリント基板 13 の背面側に設けられた空隙層 17 とを有する。空隙層 17 における空隙部分 175 により、本実施形態に係る超音波プローブ 1 は、振動子 15 の背面側への音響放射を極力抑えることができ、前面側への感度を高めることができる。さらに、本実施形態に係る 1 次元アレイプローブ 1 によれば、圧電体 151 の背面に高インピーダンス層 157 を有する。これにより、振動子 15 の背面側への音響放射を更に低減でき、前面側への感度をさらに高めることができる。

30

【0046】

また、本実施形態に係る 1 次元アレイプローブ 1 によれば、非分割のフレキシブルプリント基板 13 上に 1 次元アレイ振動子 15 を形成することができる。このため、製造工程が容易となり、製造コストを低減することができる。加えて、振動子の音響的な良否検査が簡単となる。加えて、分割溝 150 に気体を封入させることが可能であるため、隣接振動子間のクロストークは低減される。

40

【0047】

さらに、本実施形態に係る 1 次元アレイプローブ 1 によれば、複数の接続部材 171 が、振動子 15 を分割する分割溝 150 の直下であって、フレキシブルプリント基板 13 の背面側に設けることができる。これにより、各振動子 15 としてはフレキシブルプリント基板 13 を挟んで空隙構造となっており、背面方向への音響放射をさらに低く抑えることが可能である。すなわち、本実施形態によれば、振動子 15 からの後方放射を、効率よく遮断することができる。したがって、本実施形態に係る 1 次元アレイプローブ 1 によれば、送信時に投入した電力は、無駄なく前面側に超音波として放射される。

【0048】

50

加えて、本実施形態に係る１次元アレイプローブ１によれば、背面構造物として、高硬度の材料（例えば金属）で構成することができ、音響吸収材は不要となり、製造コストを低減させることができる。

【００４９】

以上のことから、本実施形態に係る１次元アレイプローブ１によれば、振動子１５の背面に空隙構造を確保しながら１次元アレイ化が可能である。エアーバック構造により振動子１５からの後方放射を効率よく抑制でき、すなわち音響分離性能を向上させることができる。加えて、本超音波プローブ１は、フレキシブルプリント基板１３により機械的に安定した構造となり、低製造コストおよびエネルギー変換を高効率に実現でき、かつ背面方向への音響放射による超音波画像への影響を低減することができる。

10

【００５０】

（変形例）

第１の実施形態に係る超音波プローブ１と本変形例に係る超音波プローブとの相違は、空隙層１７のかわりに、空隙部分１７５に所定のアンダーフィル材が充填または配置された樹脂層を有することにある。なお、以下の説明において、第１の実施形態にと略同一の構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合に行う。

【００５１】

図１６は、本変形例に係る超音波プローブ３において、エレベーション方向に垂直な断面の一例を示す図である。図１６に示すように、樹脂層１８は、第１の実施形態における空隙層１７の空隙部分１７５にアンダーフィル材が充填された構造または配置された構造を有する。

20

【００５２】

樹脂層１８は、フレキシブルプリント基板１３の背面側に設けられる。例えば、樹脂層１８は、フレキシブルプリント基板１３と支持部材１９との間に設けられる。樹脂層１８は、複数の接続部材１７１、１７３と、複数の樹脂部分１８１とを有する。図１６に示すように複数の接続部材１７１、１７３各々と複数の樹脂部分１８１とは、樹脂層１８の前面の前面構造物と樹脂層１８の背面の背面構造物とを接続する。

【００５３】

前面構造物とは、図１６に示すように、例えば、共通電極１１、フレキシブルプリント基板１３、短冊状の複数の振動子１５、図示していない音響レンズなどである。背面構造物とは、例えば、図１６に示すように、支持部材１９である。

30

【００５４】

接続部材１７１は、図１６に示すように、柱状構造を有する。接続部材１７１、１７３は、支持部材１９の前面側に、振動子１５に対して多数配置される。図１６に示すように、複数の接続部材１７１は、圧電体１５１の真後ろの位置とは異なる位置に配置される。換言すれば、複数の接続部材１７１は、振動子１５を分割する分割溝１５０の直下（真後ろ）であって、フレキシブルプリント基板１３の背面側に設けられる。

【００５５】

すなわち、接続部材１７１、１７３は、最も近い２つの圧電体１５１の間の位置であって、フレキシブルプリント基板１３の背面側に位置する。また、空隙層１７における端部に位置する複数の接続部材１７３は、図１６に示すように、アジマス方向およびエレベーション方向に関して、振動子１５の外側に配置される。

40

【００５６】

複数の接続部材のうち隣接する２つの接続部材の間の空間は、アンダーフィル材が配置される樹脂部分１８１である。アンダーフィル材は、前面構造物における音響インピーダンスに比べて小さい音響インピーダンスを有する。ここで、アンダーフィル材とは、例えば、エポキシ樹脂、シリコーン（silicone：ケイ素樹脂（有機ケイ素化合物の重合体））などの樹脂である。

【００５７】

具体的には、接続部材１７１、１７３の一端（先端）は、分割溝１５０の直下のフレキ

50

シブルプリント基板 13 に、接着剤等により接着される。また、樹脂層 18 における樹脂部分 181 は、前面構造物と背面構造物とを接着する。接続部材 171、173 とフレキシブルプリント基板 13 との接着時、および接続部材 171、173 と支持部材 19 との接着時において、アンダーフィル材は、隣接する 2 つの接続部材 171 の間の樹脂部分 181 に充填される。なお、樹脂層 18 は、接続部材 173 とアンダーフィル材とにより予め一体成形されてもよい。このとき、アンダーフィル材は、樹脂部分 181 に配置される。以上のような構造により、本超音波プローブ 3 は、構造的に安定を保つことができる。

【0058】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本変形例に係る 1 次元アレイプローブ（超音波プローブ）3 によれば、振動子 15 の背面側に、切断および分離されないフレキシブルプリント基板 13 と、フレキシブルプリント基板 13 の背面側に設けられた樹脂層 18 とを有する。樹脂層 18 は、樹脂層 18 の前面の前面構造物と背面構造物とを接続する複数の接続部材と、複数の接続部材のうち隣接する接続部材の間の空間に配置された所定の樹脂（樹脂部分 176）とを有する。接続部材 171、173 は、圧電体 151 の真後ろの位置すなわち振動子 15 真後ろの位置とは異なる位置に配置される。

【0059】

樹脂層 18 における樹脂部分 176 により、本変形例に係る超音波プローブ 3 は、振動子 15 の背面側への音響放射を極力抑えることができ、前面側への感度を高めることができる。樹脂部分 181 に充填または配置されたアンダーフィル材がシリコンであるとき、シリコンの密度はエポキシ樹脂よりも低く、シリコンの音響インピーダンスは、エポキシ樹脂より低いため、振動子 15 の背面側への音響放射の抑制効果は、樹脂部分 181 に充填または配置されたアンダーフィル材がエポキシ樹脂である場合よりも大きくなる。

【0060】

加えて、樹脂層 18 の樹脂部分 176 は、振動子 15 の振動において、長期間に亘る尾引き的な振動を抑制することができる。例えば、樹脂部分 181 に充填または配置されたアンダーフィル材がエポキシ樹脂であるとき、尾引き的な振動の抑制効果は、樹脂部分 181 に充填または配置されたアンダーフィル材がシリコンである場合よりも大きくなる。

【0061】

樹脂層 18 の樹脂部分 181 に充填される樹脂は、上記説明のように、超音波プローブ 3 の用途等に応じて適宜選択可能で有り、エポキシ樹脂またはシリコンに限定されない。

【0062】

さらに、本変形例に係る 1 次元アレイプローブ 3 によれば、圧電体 151 の背面に高インピーダンス層 157 を有する。これにより、振動子 15 の背面側への音響放射を更に低減でき、前面側への感度をさらに高めることができる。

【0063】

また、本変形例に係る 1 次元アレイプローブ 3 によれば、非分割のフレキシブルプリント基板 13 上に 1 次元アレイ振動子 15 を形成することができる。このため、製造工程が容易となり、製造コストを低減することができる。加えて、振動子の音響的な良否検査が簡単となる。加えて、分割溝 150 に気体を封入させることが可能であるため、隣接振動子間のクロストークは低減される。

【0064】

さらに、本実施形態に係る 1 次元アレイプローブ 3 によれば、複数の接続部材 171 が、振動子 15 を分割する分割溝 150 の直下であって、フレキシブルプリント基板 13 の背面側に設けることができる。これにより、各振動子 15 としてはフレキシブルプリント基板 13 を挟んで樹脂構造となっており、背面方向への音響放射をさらに低く抑えることが可能である。すなわち、本変形例によれば、振動子 15 からの後方放射を、効率よく低

減させることができる。したがって、本変形例に係る１次元アレイプローブ３によれば、送信時に投入した電力は、無駄なく前面側に超音波として放射される。

【００６５】

以上のことから、本変形例に係る１次元アレイプローブ３によれば、振動子１５の背面に樹脂構造を確保しながら１次元アレイ化が可能あり、音響分離性能を向上させることができる。加えて、本超音波プローブ３は、樹脂層１８により機械的に剛性が安定した構造となり、超音波プローブ３に対する剛性的な信頼性が向上し、低製造コストおよびエネルギー変換を高効率に実現でき、かつ背面方向への音響放射による超音波画像への影響を低減することができる。

【００６６】

（第２の実施形態）

以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる超音波プローブを説明する。なお、以下の説明において、第１の実施形態にと略同一の構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合に行う。本実施形態は、振動子の下面に、切断分離されないフレキシブルプリント基板と、フレキシブルプリント基板の背面側に空隙層を備え、フレキシブルプリント基板と背面側の構造体との間は、振動子の分割溝の直下（真後ろ）に柱状構造が存在し、アレイ状振動子を支える。特に２次元アレイの場合は、格子状の振動子の分割溝の交点に柱状構造を備える。これにより、アレイ振動子において、効率よく背面側への音響放射を抑制できる。

【００６７】

図６は、第２の実施形態に係る超音波プローブ２において、エレベーション方向に垂直な断面の一例を示す図である。本実施形態に係る超音波プローブ２は、２次元アレイプローブである。２次元アレイプローブ２は、アジマス方向（第１方向）と、アジマス方向に直交するエレベーション方向（第２方向）とに沿って配列された複数の振動子とを有する。

【００６８】

図６において、エレベーション方向は紙面に垂直な方向（Ｅ方向）であり、アジマス方向はエレベーション方向に垂直な方向（Ａ方向）であり、アジマス方向とエレベーション方向とに垂直な方向は音響放射に係る方向（ＡＲ方向）である。２次元アレイプローブである本超音波プローブ２において、アジマス方向に垂直な断面は、図６と同様な図となる。

【００６９】

図６に示すように、本実施形態に係る２次元アレイプローブ２は、共通電極１１と、フレキシブルプリント基板１３と、複数の振動子１５と、空隙層１７と、中継基板２１と、集積回路（Integrated Circuit：IC）２３と、放熱部材２７とを有する。

【００７０】

共通電極１１は、複数の振動子１５の前面に設けられる。共通電極１１の前面には図示していないカバー（生体接触部材）が設けられる。すなわち、本実施形態に係る超音波プローブ２は２次元アレイプローブであるため、音響レンズは不要となる。

【００７１】

複数の振動子１５各々は、圧電体１５１と、第１の音響整合層１５３と、第２の音響整合層１５５と、高インピーダンス層（背面音響整合層）１５７と、個別電極１５９と、図示していない独立パッドとを有する。複数の振動子１５各々は、アジマス方向およびエレベーション方向に沿って、所定の間隔Ｉでフレキシブルプリント基板１３上に配列される。

【００７２】

具体的には、複数の振動子１５は、所定の間隔Ｉを有する分割溝１５０により隔てられて、フレキシブルプリント基板１３上に、アジマス方向およびエレベーション方向に沿って、格子状に配列される。分割溝１５０は、アジマス方向に平行な所定の間隔Ｉを有し、

10

20

30

40

50

かつエレベーション方向に平行な所定の間隔 I を有する。複数の振動子 15 各々は、アジマス方向およびエレベーション方向に沿った分割溝 150 により、それぞれ物理的に分離する。

【0073】

なお、アジマス方向における所定の間隔 I と、エレベーション方向における所定の間隔 I とは、それぞれ異なる長さであってもよい。複数の振動子各々は切断されていないフレキシブルプリント基板 13 上に接合されているため、複数の振動子 15 各々は構造的に安定である。エレベーション方向およびアジマス方向に沿った複数の分割溝 150 各々には、所定の気体（例えば空気）が封入される。

【0074】

圧電体 151 は、エレベーション方向およびアジマス方向に対して略同一の幅を有するように整形された圧電変換素子である。圧電体 151 は、集積回路 23 を介して供給された駆動信号（電気信号）を受けて、超音波を発生する。圧電体 151 は、被検体もしくは超音波探傷に関する物質により反射された超音波を受けて、エコー信号（電気信号）を発生する。発生されたエコー信号は、集積回路 23 に供給される。

【0075】

図示していない独立パッドは、振動子 15 の下面の個別電極 159 と電気的および物理的に接合される。すなわち、独立パッドは、振動子 15 各々の個別電極 159 の直下に設けられる。独立パッドは、例えば、はんだ付け用銅箔である。独立パッドは導電性を有し、フレキシブルプリント基板 13 におけるスルーホール（through hole）131 に設けられたランド 133 に電気的および物理的に接合される。

【0076】

フレキシブルプリント基板 13 は、非分割構造であって、複数の振動子 15 に接合される。すなわち、フレキシブルプリント基板 13 は、複数の振動子 15 を支持する。フレキシブルプリント基板 13 は、表裏に銅箔の配線パターンを備える両面板である。フレキシブルプリント基板 13 は、各振動子 15 の直下に、フレキシブルプリント基板 13 の両面を接続するスルーホール（through hole）131 を有する。

【0077】

スルーホール 131 は、フレキシブルプリント基板 13 を AR 方向に貫通する貫通孔である。スルーホール 131 の数は、本 2 次元アレイプロープ 2 における複数の振動子 15 の数に対応する。

【0078】

スルーホール 131 には、貫通穴の壁面にメッキを施した貫通スルーホールと、フレキシブルプリント基板 13 の片面の導体を残し、フレキシブルプリント基板 13 の裏面からベース層を除去してメッキを施す非貫通スルーホールとの 2 種がある。本実施形態においては、上記 2 種のスルーホールのうちいずれのスルーホールが用いられてもよい。また、スルーホール 131 の内面には、導電性材料が充填されてもよい。なお、フレキシブルプリント基板 13 の裏面（背面）におけるスルーホール 131 の端部は、この端部を覆うようにソルダレジスト等で絶縁処理されてもよい。

【0079】

フレキシブルプリント基板 13 の前面におけるスルーホール 131 の端部には、ランド（以下、前面ランドと呼ぶ）133 が設けられる。前面ランド 133 は、振動子 15 各々の個別電極 159 の直下に設けられた独立パッドに接合される。フレキシブルプリント基板 13 の背面におけるスルーホール 131 の端部には、ランド（以下、背面ランドと呼ぶ）135 が設けられる。背面ランド 135 は、フレキシブルプリント基板 13 の背面の配線パターン 137 と電気的に接続される。

【0080】

フレキシブルプリント基板 13 の背面の配線パターン 137 は、背面ランド 135 とバンプ接続用パッド（以下、接続パッドと呼ぶ）139 とを電気的に接続する配線のパターンである。接続パッド 139 は、例えば、2 番目に近い 2 つの圧電体 151（または振動

10

20

30

40

50

子 1 5) の間の位置の直下 (背面側) であって、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面に設けられる。

【0081】

すなわち、配線パターン 1 3 7 は、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面において、振動子 1 5 の直下の位置から、エレベーション方向に沿った分割溝 1 5 0 とアジマス方向に沿った分割溝 1 5 0 との交点の直下の位置まで、電氣的に接続する導線である。換言すれば、配線パターン 1 3 7 は、背面ランド 1 3 5 と、この背面ランド 1 3 5 に最も近い接続パッド 1 3 9 とを電氣的に 1 対 1 で接続する配線である。

【0082】

接続パッド 1 3 9 の数は、スルーホール 1 3 1 の数に対応する。すなわち、複数の接続パッド 1 3 9 は、複数の振動子 1 5 に電氣的にそれぞれ接続されている。換言すると、接続パッドは、スルーホール 1 3 1 に接続された背面ランド 1 3 5 と接続パッド 1 3 9 とは、配線パターン 1 3 7 により、複数の振動子 1 5 各々独立に接続される。

【0083】

図 7 は、本実施形態に係る超音波プローブ 2 において、A R 方向に垂直な断面における空隙層 1 7 を、中継基板 2 1 の前面からフレキシブルプリント基板 1 3 の背面に向けて見た断面図である。図 8 は、本実施形態に係る超音波プローブ 2 において、空隙層 1 7 と、空隙層 1 7 における複数の接続部材 1 7 1、1 7 3 と、フレキシブルプリント基板 1 3 と、複数の振動子 1 5 とを示す斜視図である。

【0084】

空隙層 1 7 は、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面側に設けられる。例えば、空隙層 1 7 は、フレキシブルプリント基板 1 3 と、中継基板 2 1 との間に設けられる。なお、中継基板 2 1 が省略される場合、空隙層 1 7 は、フレキシブルプリント基板 1 3 と、集積回路 2 3 との間に設けられる。

【0085】

空隙層 1 7 は、複数の接続部材 1 7 1、1 7 3 と、空隙部分 1 7 5 とを有する。図 6 に示すように複数の接続部材 1 7 1、1 7 3 各々は、空隙層 1 7 の前面の前面構造物と空隙層 1 7 の背面の背面構造物とを接続する。前面構造物とは、図 6 に示すように、例えば、共通電極 1 1、フレキシブルプリント基板 1 3、格子状の複数の振動子 1 5 などである。背面構造物とは、例えば、図 6 に示すように、中継基板 2 1、集積回路 2 3、放熱部材 2 7 である。

【0086】

図 7 において、フレキシブルプリント基板 1 3 の図示は省略されている。図 7 に示すように、個別電極 1 5 9 は、図示していない独立パッドを介して前面ランド 1 3 3 と接合される。図 7 において、前面ランド 1 3 3 は、背面ランド 1 3 5 と重複しているため、不図示となっている。

【0087】

前面ランド 1 3 3 および背面ランド 1 3 5 の中心部分にはスルーホール 1 3 1 が位置している。背面ランド 1 3 5 は、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面に配置された配線パターン 1 3 7 の一端に接合される。配線パターン 1 3 7 の他端は、接続パッド 1 3 9 に接合される。接続パッド 1 3 9 の中心部分には、接続部材 1 7 1 が接合される。

【0088】

接続部材 1 7 1、1 7 3 は、図 6 乃至図 8 に示すように、柱状構造を有する。接続部材 1 7 1、1 7 3 は、背面構造物である中継基板 2 1 および集積回路 2 3 への電氣的接点として機能する。このため、接続部材 1 7 1、1 7 3 は、必ず導電性を有する。導電性の柱状構造を有する接続部材 1 7 1、1 7 3 は、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面側の導体 (接続パッド 1 3 9) 上に形成される銅バンプであるか、中継基板 2 1 または集積回路 2 3 上に形成される金バンプ又は半田バンプである。

【0089】

導電性であって柱状構造の接続部材 1 7 1、1 7 3 は、銅バンプまたは金バンプの場合

10

20

30

40

50

は導電ペースト等を用いた手法により、また半田バンプの場合はリフロー等を用いた手法により、中継基板 2 1 と接続、固着される。なお、中継基板 2 1 が省略される場合、接続部材 1 7 1、1 7 3 は、集積回路 2 3 と接続、固着される。フレキシブルプリント基板 1 3 における接続パッド 1 3 9 と接続部材 1 7 1、1 7 3 との接着時、および接続部材 1 7 1、1 7 3 と中継基板 2 1 との接着時において、接着剤は、空隙部分 1 7 5 には、充填されない。

【0090】

接続部材 1 7 1、1 7 3 は、中継基板 2 1 の前面側に、接続パッド 1 3 9 に応じて振動子 1 5 に対して多数配置される。図 6 乃至図 8 に示すように、複数の接続部材 1 7 1、1 7 3 は、エレベーション方向に沿った分割溝 1 5 0 とアジマス方向に沿った分割溝 1 5 0 との交点の直下（真後ろ）等であって、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面側に設けられる。

10

【0091】

すなわち、接続部材 1 7 1、1 7 3 は、2 番目に近い 2 つの圧電体 1 5 1 の間の位置の直下（真後ろ）、または最も近い 2 つの圧電体 1 5 1 の間の位置の直下（真後ろ）であって、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面側に位置する。すなわち、接続部材 1 7 3 は、周囲の 4 つの圧電体の位置で規定される矩形（例えば正方形）における 2 つの対角線の交点の位置の背面側に配置される。また、空隙層 1 7 における端部に位置する複数の接続部材 1 7 3 は、図 6、図 8 に示すように、アジマス方向およびエレベーション方向に関して、振動子 1 5 の外側に配置される。これにより、空隙部分 1 7 5 は、封止されかつ密閉される。

20

【0092】

図 9 は、フレキシブルプリント基板 1 3 に設けられた格子状の複数の振動子 1 5 を、A R 方向から見た図である。図 9 に示すように、接続部材 1 7 1、1 7 3 は、エレベーション方向に沿った分割溝 1 5 0 とアジマス方向に沿った分割溝 1 5 0 との交点の直下に設けられる。また、空隙層 1 7 における端部に位置する複数の接続部材 1 7 3 は、図 9 に示すように、アジマス方向およびエレベーション方向に関して、振動子 1 5 の外側に配置される。

【0093】

なお、接続パッド 1 3 9 は、最も近い 2 つの圧電体 1 5 1（または振動子 1 5）の間の位置の直下（背面側）であって、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面に設けられてもよい。すなわち、接続パッド 1 3 9 は、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面において、エレベーション方向に沿った分割溝 1 5 0 とアジマス方向に沿った分割溝 1 5 0 とのうち少なくとも一方の直下の位置に設けられてもよい。このとき、接続部材 1 7 1、1 7 3 は、最も近い 2 つの圧電体 1 5 1 の間の位置の直下であって、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面に設けられる。

30

【0094】

図 10 は、フレキシブルプリント基板 1 3 に設けられた格子状の複数の振動子 1 5 を、A R 方向から見た図である。図 10 に示すように、接続部材 1 7 1、1 7 3 は、エレベーション方向に沿った分割溝 1 5 0 の直下と、アジマス方向に沿った分割溝 1 5 0 の直下に設けられる。また、空隙層 1 7 における端部に位置する複数の接続部材 1 7 3 は、図 10 に示すように、アジマス方向およびエレベーション方向に関して、振動子 1 5 の外側に配置される。

40

【0095】

図 6 乃至図 10 に示すように、本実施形態に係る 2 次元アレイプローブ 2 によれば、非切断のフレキシブルプリント基板 1 3 の存在と、複数の振動子 1 5 と略同密度で配置された接続部材（柱状構造）1 7 1、1 7 3 により、構造的な安定が確保される。

【0096】

なお、複数の振動子 1 5 を支持するフレキシブルプリント基板 1 3 は、中継基板 2 1 からの信号の引き出しのために、図 11 に示すように放熱部材 2 7 に沿って延長されてもよ

50

い。なお、接続部材 171、173 は、図 12 に示すように、フレキシブルプリント基板 13 を介した振動子 15 の直下に設けられてもよい。

【0097】

中継基板 21 は、空隙層 17 と、集積回路 23 との間に設けられる。中継基板 21 は、フレキシブルプリント基板 13 と集積回路 23 との電氣的接続を中継する基板である。中継基板 21 は、例えば、インターポーザ (Inter Poser: IP) である。インターポーザ 21 は、複数の接続部材 171、173 において隣接する 2 つの接続部材間のピッチと、集積回路 23 における入出力 (I/O) 端子間のピッチとを電氣的に中継する基板である。インターポーザ 21 は、例えば、所定の厚みを有するアルミナセラミック基板である。

10

【0098】

インターポーザ 21 の前面には、複数の振動子 15 各々に対応する電極パッドが設けられる。図示していない電極パッドは、具体的には、インターポーザ 21 の前面において、接続パッド 139 に対向する位置に設けられる。電極パッド上には、ワイヤボンダー装置等により、金バンプ (接続部材 171、173) が設置される。金バンプの場合、フレキシブルプリント基板 13 側の電極パッド (接続パッド 139) の表面には、導電接着剤が塗布される。

【0099】

インターポーザ 21 とフレキシブルプリント基板 13 とに対して位置合わせが実行される。この位置合わせの後、インターポーザ 21 上にフレキシブルプリント基板 13 が仮に (一時的に) マウントされる。仮にマウントされたインターポーザ 21 とフレキシブルプリント基板 13 との間における接着剤が、硬化炉により硬化される。これにより、接続部材 171、173 とインターポーザ 21 とは、電氣的な導通がとられると同時に機械的にも固着される。

20

【0100】

インターポーザ 21 における電極パッド上には、金バンプの代わりに、半田ボールバンプ (接続部材 171、173) が形成されてもよい。このとき、同じく仮マウント後リフロー等の手段により、半田を溶融、冷却により、接続部材 171、173 とインターポーザ 21 とは、導通され、固着される。なお、インターポーザ 21 からの信号の引き出しは、ワイヤボンディング (wire bonding)、ACF (Anisotropic conductive film: 異方性導電フィルム) ボンディング等により行われてもよい。

30

【0101】

集積回路 23 は、フリップチップボンディング等によりインターポーザ 21 に接続される電子回路である。このとき、集積回路 23 とインターポーザ 21 との間には、液状硬化性樹脂であるアンダーフィル材 (underfill) 213 と称される接着剤が充填される。

【0102】

なお、集積回路 23 は、特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: ASIC)、プログラマブル論理デバイス (例えば、単純プログラマブル論理デバイス (Simple Programmable Logic Device: SPLD)、複合プログラマブル論理デバイス (Complex Programmable Logic Device: CPLD)、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ (Field Programmable Gate Array: FPGA)) 等の回路を有していてもよい。

40

【0103】

具体的には、集積回路 23 は、インターポーザ 21 における振動子 15 毎の入出力 (I/O) 端子に対して設けられたバンプ 211 または ACF により、インターポーザ 21 に接合される。例えば、集積回路 23 は、振動子 15 ごとにインターポーザ 21 に実装される。複数の振動子 15 にそれぞれ対応する複数の集積回路 23 各々は、超音波診断装置本

50

体による制御に応じて、インターポザ 2 1、接続部材 1 7 1、1 7 3、スルーホール 1 3 1 等を介して電氣的に接続された振動子 1 5 に、駆動信号（駆動電圧）を印可する。集積回路 2 3 は、インターポザ 2 1、接続部材 1 7 1、1 7 3、スルーホール 1 3 1 等を介して、振動子 1 5 で発生されたエコー信号を処理する。

【0104】

放熱部材 2 7 は、熱伝導グリス 2 5 を介して、集積回路 2 3 の背面に接合される。熱伝導グリス 2 5 は、放熱グリスとも称される。放熱部材 2 7 には、集積回路 2 3 により発生された熱が、熱伝導グリス 2 5 を介して伝導される。また、放熱部材 2 7 は、熱伝導グリス 2 5 を介して伝導された熱を、放熱する。本実施形態によれば背面側への超音波の反射がほとんど無いため、放熱部材 2 7 は、硬度が高く、高熱伝導性の素材、例えばアルミニウム等の金属を用いることができる。また、放熱部材 2 7 は、前面構造物および、空隙層 1 7、中継基板 2 1、集積回路 2 3 を安定的に支持可能な剛性を有する。これにより、放熱部材 2 7 は、本超音波プローブ 2 の機械的安定性および放熱性を高めることが可能になる。

10

【0105】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態に係る 2 次元アレイプローブ（超音波プローブ）2 によれば、振動子 1 5 の背面側に、切断および分離されないフレキシブルプリント基板 1 3 と、フレキシブルプリント基板 1 3 の背面側に設けられた空隙層 1 7 とを有する。これにより、本実施形態に係る超音波プローブ 2 は、空隙層 1 7 における空隙部分 1 7 5 により、振動子 1 5 の背面側への音響放射を極力抑えることができ、すなわち音響分離性能が向上し、前面側への感度を向上させることができる。

20

【0106】

さらに、本実施形態に係る 2 次元アレイプローブ 2 によれば、圧電体の背面に高インピーダンス層 1 5 7 を有する。これにより、振動子 1 5 の背面側への音響放射をさらに低減でき、前面側への感度をさらに高めることができる。加えて、分割溝 1 5 0 に気体（空気）を封入させることが可能であるため、2 次元アレイ振動子 2 における隣接振動子間のクロストークを低減することができる。

【0107】

図 1 3 は、本実施形態に係り、振動子 1 5 直下に接続部材 1 7 1、1 7 3 が配置された時におけるある時相の音圧分布の一例を示す図である。図 1 3 に示すように、背面構造物に対する音圧は、接続部材 1 7 1、1 7 3 を通じてのみ伝搬している。図 1 3 から明らかのように、本実施形態における超音波プローブ 2 は、振動子 1 5 の背面側への音響放射を極力抑えることができ、隣接する振動子間において、クロストークを低減することができる。

30

【0108】

また、本実施形態に係る 2 次元アレイプローブ 2 によれば、非分割のフレキシブルプリント基板 1 3 上に 2 次元アレイ振動子を形成することができる。すなわち、本 2 次元アレイプローブ 2 によれば、共通電極 1 1、フレキシブルプリント基板 1 3、振動子 1 5、空隙層 1 7 等を有する音響部分 3 と、中継基板（インターポザ）2 1、パンプおよびアンダーフィルを有する接続層 2 2、集積回路 2 3、放熱部材 2 7 等を有する電子回路部分 4 とを、それぞれ独立して製造可能である。

40

【0109】

これにより、集積回路等の電子回路部分 4 を、音響部分 3 に接続する前に、音響部分 3 における音響的な良否検査を、簡単に実行することができる。これらのことから、本実施形態に係る 2 次元アレイプローブ 2 によれば、音響部分 3 の歩留まりによる集積回路の無駄を低減させることができる。加えて、本 2 次元アレイプローブ 2 によれば、インターポザ 2 1 を用いることができるため、電子回路部分 4 における設計自由度および製造自由度を向上させることができる。

【0110】

50

さらに、本実施形態に係る２次元アレイプロープ２によれば、複数の接続部材１７１、１７３が、振動子１５を分割する分割溝１５０の直下であって、フレキシブルプリント基板１３の背面側に設けることができる。これにより、各振動子１５としてはフレキシブルプリント基板１３を挟んで空隙構造となっており、背面方向への音響放射をさらに低く抑えることが可能である。すなわち、本実施形態によれば、振動子１５からの後方放射を、効率よく遮断することができる。したがって、本実施形態に係る２次元アレイプロープ２によれば、送信時に投入した電力は、無駄なく前面側に超音波として放射される。

【０１１１】

図１４は、本実施形態に係り、分割溝１５０の直下に接続部材１７１、１７３が配置された時において、図１３における時相と同時相の音圧分布の一例を示す図である。図１４に示すように、背面構造物に対する音圧は、図１３に比べてさらに低減され、効率よく背面放射が抑制されている。図１４から明らかなように、本実施形態における超音波プロープ２は、振動子１５の背面側への音響放射をさらに抑えることができ、隣接する振動子間において、クロストークを低減することができる。

10

【０１１２】

図１５は、図１３に関する本実施形態の超音波プロープと、図１４に関する本実施形態の超音波プロープとに関して、放熱部材２７の同位置における音圧の時間的変化を示すグラフである。図１５におけるＡは、図１４に関する本実施形態の超音波プロープにおいて、放熱部材２７の所定の位置における音圧の時間的変化を示すグラフである。図１５におけるＢは、図１３に関する本実施形態の超音波プロープにおいて、放熱部材２７の所定の位置における音圧の時間的変化を示すグラフである。図１５に示すように、図１４に関する本実施形態の超音波プロープは、図１３に関する本実施形態の超音波プロープに比べて、背面放射を効率よく抑制していることがわかる。

20

【０１１３】

加えて、本実施形態に係る２次元アレイプロープ２によれば、背面構造物を放熱部材２７として高硬度の材料（例えば金属）で構成することができ、音響吸収材は不要となり、製造コストを低減させることができる。

【０１１４】

以上のことから、本実施形態に係る２次元アレイプロープ２によれば、振動子１５の背面に空隙構造（空隙部分１７５）を確保しながら２次元アレイ化が可能である。特に、本実施形態における構造は、フレキシブルプリント基板１３と、インターポーザ２１または集積回路２３とをバンプ（接続部材１７１、１７３）で接続できるため、２次元アレイに適する。加えて、振動子１５の背面が空隙構造であるから、音響分離性能が高く、効率よく背面側への音響放射を抑制できる。

30

【０１１５】

また、本実施形態によれば、中継基板２１としてインターポーザ基板を用いることができるため、集積回路２３における入出力（Ｉ／Ｏ）パッドの再配置等、設計自由度が高い。さらに、音響部分３と電子回路部分４とを独立して製造、検査後、良品同士を組み合わせることで完成することができるので、歩留りによるコストへの影響を最小限にできる。

【０１１６】

なお、本実施形態の変形例として、第１の実施形態における変形例と同様に、空隙部分１７５にアンダーフィル材を充填または配置してもよい。このとき、本実施形態に係る２次元アレイプロープ２は、空隙層１７を樹脂層１８に置換した構造となる。このとき、樹脂層１８における複数の接続部材各々は、２番目に近い２つの圧電体の間の位置の背面側、すなわち周囲の４つの圧電体の位置を角（エッジ）とする矩形（例えば正方形）の２つの対角線の交点の位置の背面側に配置される。樹脂層１８に関する構造および樹脂層１８に起因する効果については、第１の実施形態における変形例と同様なため、説明は省略する。

40

【０１１７】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要

50

旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

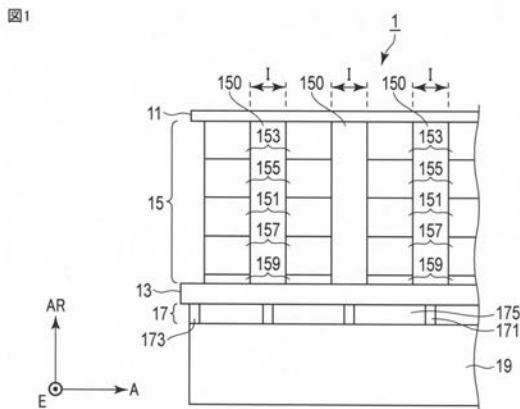
【符号の説明】

【0118】

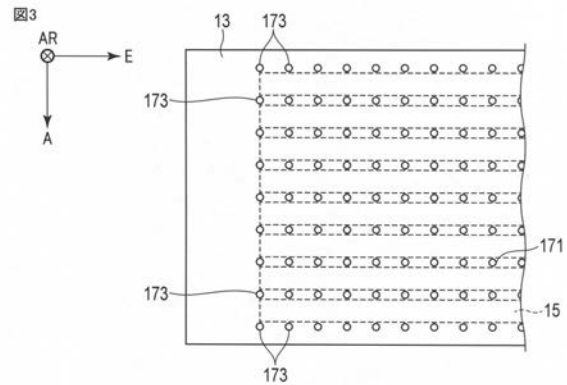
1、3…1次元アレイプローブ（超音波プローブ）、2…2次元アレイプローブ（超音波プローブ）、3…音響部分、4…電子回路部分、11…共通電極、13…フレキシブルプリント基板（FPC）、15…振動子、17…空隙層、18…樹脂層、19…支持部材、21…中継基板（インターポザ：IP）、23…集積回路（IC）、25…熱伝導グリス、27…放熱部材、131…スルーホール、133…前面ランド、135…背面ランド、137…配線パターン、139…接続パッド、150…分割溝、151…圧電体、153…第1の音響整合層、155…第2の音響整合層、157…高インピーダンス層（背面音響整合層）、159…個別電極、171、173…接続部材、175…空隙部分、181…樹脂部分、211…バンプ、213…アンダーフィル材。

10

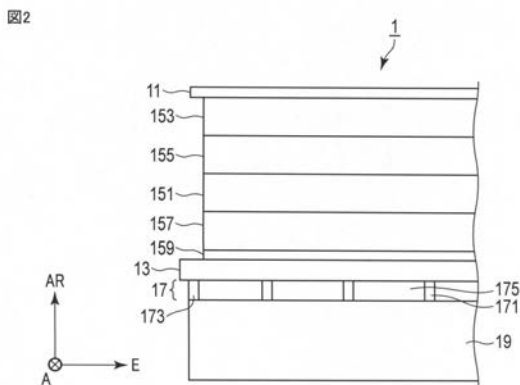
【図1】



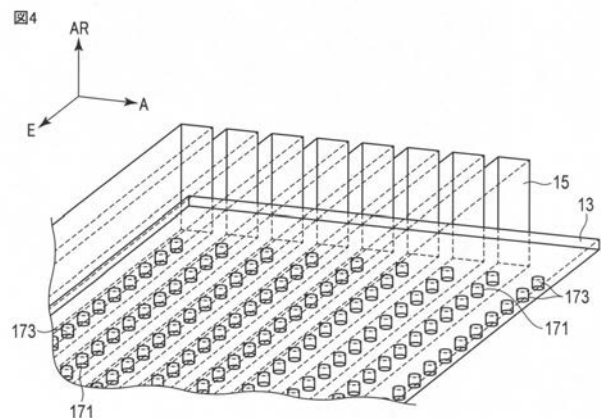
【図3】



【図2】

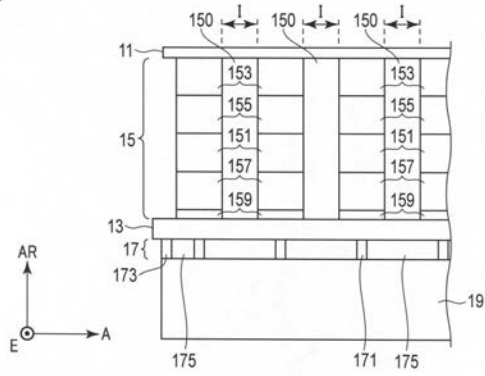


【図4】



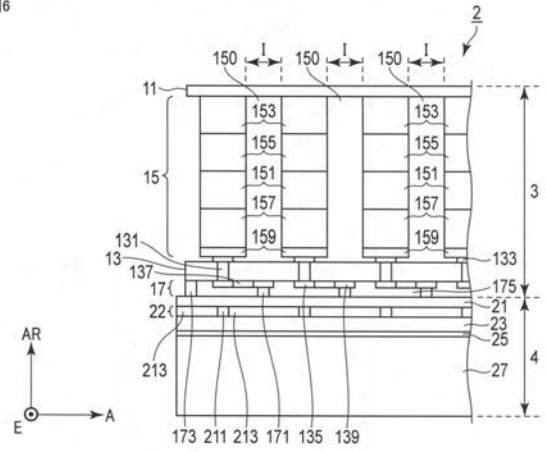
【図 5】

図5



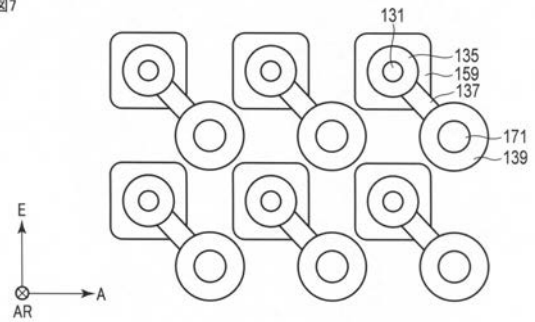
【図 6】

図6



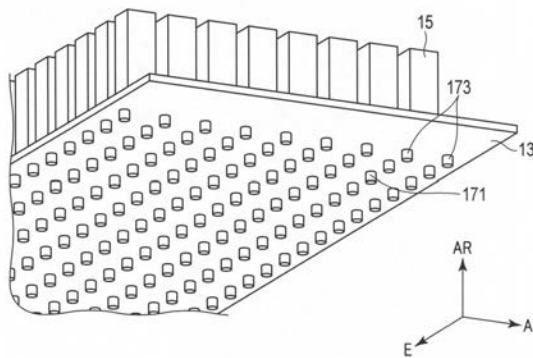
【図 7】

図7



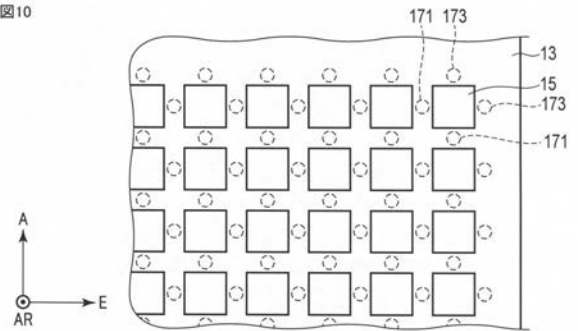
【図 8】

図8



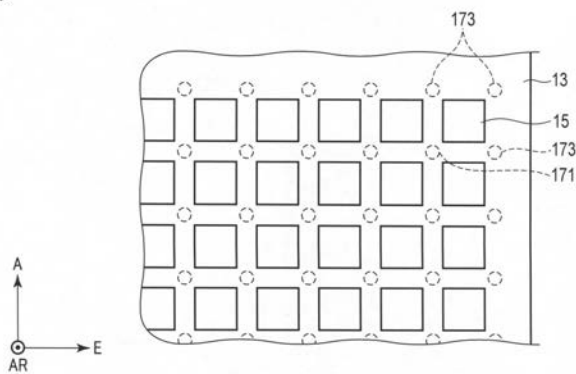
【図 10】

図10



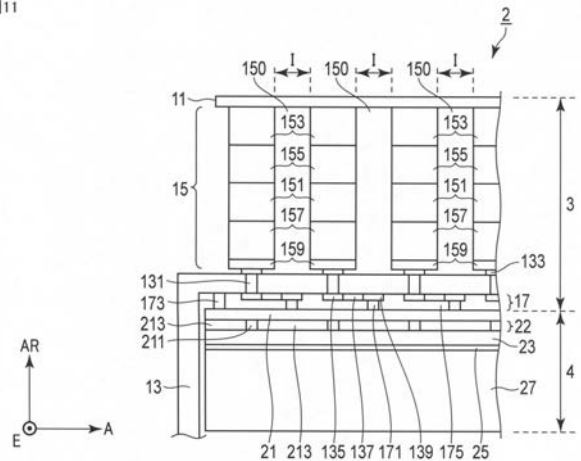
【図 9】

図9



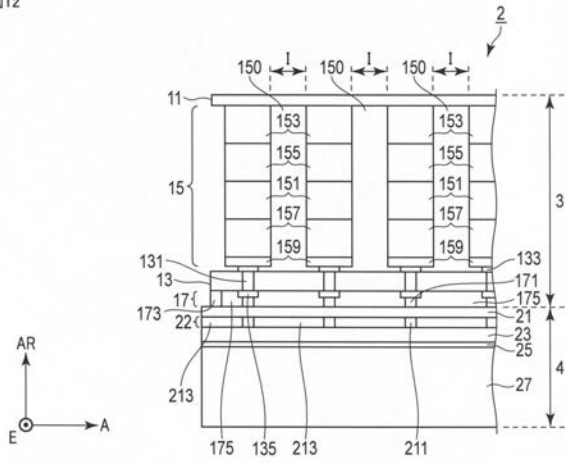
【図 11】

図11



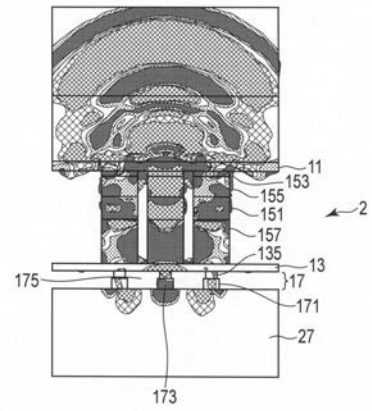
【図 1 2】

図12



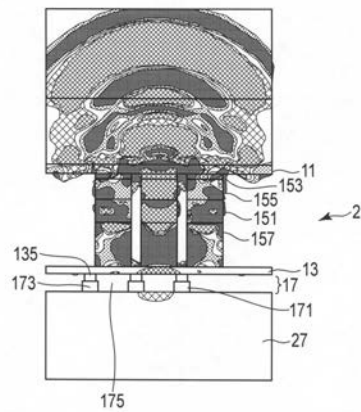
【図 1 3】

図13



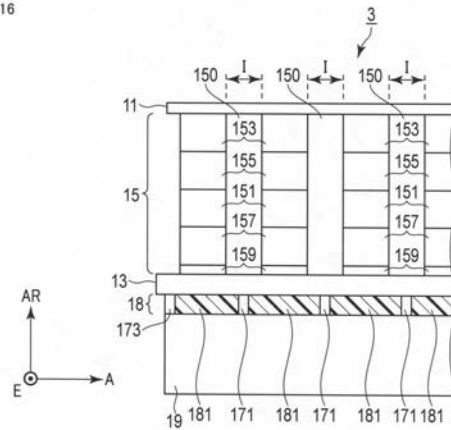
【図 1 4】

図14



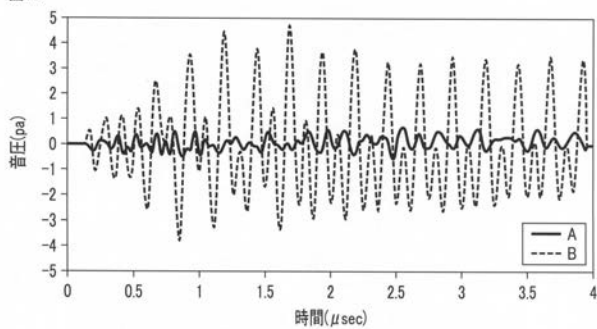
【図 1 6】

図16



【図 1 5】

図15



フロントページの続き

- (72)発明者 四方 浩之
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 宮城 武史
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 岡田 健吾
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 坂口 文康
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 手塚 智
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 武内 俊
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 尾名 康裕
栃木県大田原市下石上1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- Fターム(参考) 4C601 EE04 EE14 GB04 GB06 GB19 GB20 GB25 GB26 GB28 GB30