

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4755500号
(P4755500)

(45) 発行日 平成23年8月24日(2011.8.24)

(24) 登録日 平成23年6月3日(2011.6.3)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4R 19/00	(2006.01)	HO4R 19/00	330		
A61B 8/00	(2006.01)	A61B 8/00			
GO1N 29/24	(2006.01)	GO1N 29/24			
HO4R 1/34	(2006.01)	HO4R 1/34	330A		

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-17137 (P2006-17137)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成18年1月26日(2006.1.26)	(73) 特許権者	000153498 株式会社日立メディコ 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(65) 公開番号	特開2007-201753 (P2007-201753A)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(43) 公開日	平成19年8月9日(2007.8.9)	(72) 発明者	青野 宇紀 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内
審査請求日	平成20年4月4日(2008.4.4)	(72) 発明者	永田 達也 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコン基板及び超音波送受信素子を有する第1基板と、
前記第1基板の上面に設置された音響レンズと、
前記第1基板の下方に設置されたダンピング層とを備える超音波探触子において、
前記第1基板の下面と前記ダンピング層の上面との間に第2基板を設置し、
前記第2基板を、前記第1基板のシリコン基板とほぼ同じ線膨張係数を有し且つ音響インピーダンスが近い材料である窒化アルミニウムまたは42アロイで形成したこと、
を特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

請求項1記載の超音波探触子において、前記第1基板は下部電極を兼ねる前記シリコン基板上に絶縁層、ギャップ及び上部電極を設けて前記超音波送受信素子を構成していること、を特徴とする超音波探触子。

【請求項3】

請求項2に記載の超音波探触子において、前記超音波送受信素子は、前記下部電極を兼ねる前記シリコン基板、前記シリコン基板の上面に形成された第1絶縁層、前記第1絶縁層の上面に形成された第2絶縁層、前記第1絶縁層と前記第2絶縁層との間に形成された複数の前記ギャップ、前記第2絶縁層内における前記複数のギャップのそれぞれに対応する位置に形成された複数の前記上部電極とから形成されていること、を特徴とする超音波探触子。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の超音波探触子において、前記第 1 基板は前記シリコン基板上に絶縁層、下部電極、ギャップ及び上部電極を設けて前記超音波送受信素子を構成していること、を特徴とする超音波探触子。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波探触子において、前記超音波送受信素子は、前記シリコン基板の上面に形成された第 1 絶縁層、前記第 1 絶縁層の上面に形成された第 2 絶縁層、前記第 1 絶縁層と前記第 2 絶縁層との間に形成された複数の前記ギャップ、前記第 2 絶縁層内における前記複数のギャップのそれぞれに対応する下方の位置に形成された前記下部電極、前記第 2 絶縁層内における前記複数のギャップのそれぞれに対応する上方の位置に形成された複数の前記上部電極とから形成されていること、を特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 の何れかに記載の超音波探触子において、前記第 1 基板と前記第 2 基板、前記第 2 基板と前記ダンピング層をそれぞれ接着層を介して固定したこと、を特徴とする超音波探触子。

【請求項 7】

請求項 2 または 4 に記載の超音波探触子において、前記シリコン基板上の絶縁層が酸化シリコン、窒化シリコンの少なくとも 1 種以上で形成されていること、を特徴とする超音波探触子。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を送受信するための超音波探触子に関する。

【背景技術】

【0002】

被検体を超音波で検査する分野で適用されている従来の超音波探触子として、シリコン基板上に作製したギャップ、絶縁層、電極で送受信素子を構成し、そのシリコン基板の反対面に音響インピーダンスが整合するダンピング層を設置した超音波探触子が案出されている。この超音波探触子は、電極とシリコン基板との間に DC 電圧（バイアス電圧）を印加して、ある所定の位置までギャップを縮めておき、更に電極とシリコン基板との間に AC 電圧（超音波送波用駆動電圧）を印加して、ギャップを伸縮することにより超音波を送信する機能を備えている。また、被検体に当たり反射してくる超音波により、電極とシリコン基板との間の容量変化を検出して超音波を受信する機能も兼ね備えている。ここで、ダンピング層は、送受信時の超音波の反射を低減する役割を有する。具体的なダンピング層としては、エポキシ樹脂にタングステン微粒子を混合することによりシリコン基板との音響インピーダンスを整合させた材料が用いられる。かかる従来技術に関するものとしては、例えば、米国特許第 6 7 1 4 4 8 4 B 2 号明細書（特許文献 1）が挙げられる。

30

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 6 7 1 4 4 8 4 B 2 号明細書

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

静電駆動によって超音波を送受信する超音波探触子では、高密度に超音波トランスデューサを形成する必要があるため、半導体製造技術、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術による微細加工で超音波探触子が製作される。これらの微細加工技術は、シリコンをベース基板として適用されるものである。超音波探触子では、送受信時の反射を低減するために、シリコン基板とダンピング層との間で音響インピーダンスを整合させる必要がある。そこで、特許文献 1 では、ベース基板とダンピング層との音響インピーダンスを整合させるため、ダンピング層の材料としてエポキシ樹脂にタングステン微粒子を適量だけ混合した材料を用いている。この場合、ベース基板とダンピング層との音響イン

50

ピーダンスの整合は可能であるが、ベース基板とダンピング層との線膨張係数が異なるため、温度変化によるベース基板の変形によりベース基板が壊れる可能性があり、構造信頼性が不十分であるという課題があった。

【0005】

本発明の目的は、温度変化によるシリコン基板の損傷を防止することができ、送受信性能及び構造信頼性に優れた超音波探触子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前述の目的を達成するために、本発明は、シリコン基板及び超音波送受信素子を有する第1基板と、前記第1基板の上面に設置された音響レンズと、前記第1基板の下方に設置されたダンピング層とを備える超音波探触子において、前記第1基板の下面と前記ダンピング層の上面との間に第2基板を設置し、前記第2基板を、前記第1基板のシリコン基板とほぼ同じ線膨張係数を有し且つ音響インピーダンスが近い材料である窒化アルミニウムまたは42アロイで形成したことにある。

【0007】

係る本発明のより好ましい具体的な構成例は次の通りである。

(1) 前記第1基板は下部電極を兼ねる前記シリコン基板上に絶縁層、ギャップ及び上部電極を設けて前記超音波送受信素子を構成していること。

(2) 前記(1)において、前記超音波送受信素子は、前記下部電極を兼ねる前記シリコン基板、前記シリコン基板の上面に形成された第1絶縁層、前記第1絶縁層の上面に形成された第2絶縁層、前記第1絶縁層と前記第2絶縁層との間に形成された複数の前記ギャップ、前記第2絶縁層内における前記複数のギャップのそれぞれに対応する位置に形成された複数の前記上部電極とから形成されていること。

(3) 前記第1基板は前記シリコン基板上に絶縁層、下部電極、ギャップ及び上部電極を設けて前記超音波送受信素子を構成していること。

(4) 前記(3)において、前記超音波送受信素子は、前記シリコン基板の上面に形成された第1絶縁層、前記第1絶縁層の上面に形成された第2絶縁層、前記第1絶縁層と前記第2絶縁層との間に形成された複数の前記ギャップ、前記第2絶縁層内における前記複数のギャップのそれぞれに対応する下方の位置に形成された前記下部電極、前記第2絶縁層内における前記複数のギャップのそれぞれに対応する上方の位置に形成された複数の前記上部電極とから形成されていること。

(5) 前記第1基板と前記第2基板、前記第2基板と前記ダンピング層をそれぞれ接着層を介して固定したこと。

(6) 前記シリコン基板上の絶縁層が酸化シリコン、窒化シリコンの少なくとも1種以上で形成されていること。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、温度変化によるシリコン基板の損傷を防止することができ、送受信性能及び構造信頼性に優れた超音波探触子を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の複数の実施形態について図を用いて説明する。各実施形態の図における同一符号は同一物または相当物を示す。

(第1実施形態)

本発明の第1実施形態の超音波探触子を図1から図3を用いて説明する。図1は本発明の第1実施形態の超音波探触子2の断面図、図2は図1の超音波送受信素子3部分の拡大図、図3は図2の超音波送受信素子3の動作原理を説明する図である。

【0010】

超音波探触子2は、図1に示すように、シリコン基板21(図2参照)及び送受信素子部A(詳細は図2参照)を有する第1基板20と、第1基板20の上面に設置された音響

10

20

30

40

50

レンズ11と、第1基板20の下方に設置されたダンピング層41と、第1基板20の下面とダンピング層41の上面との間に設置された第2基板31と、を備えて構成されたりニア型超音波探触子である。

【0011】

ダンピング層41は、送受信時の超音波の反射を低減するかつ透過した超音波を減衰させる役割を有するものであり、図1及び図2に示すように、第1基板20や第2基板31よりも十分に厚く形成され、超音波探触子2の底部を構成するように配置されている。このダンピング層41の材料は、シリコン基板21と音響インピーダンスが近いものとなるように、エポキシ樹脂に多重反射により超音波を減衰させる目的でタングステンの微粒子を混合した材料、或いはフェライトゴムが用いられる。

10

【0012】

第2基板31は、温度変化によるシリコン基板21の損傷を防止する役割を有するものであり、図2に示すように、シリコン基板21の厚さとほぼ同じ厚さ、もしくは厚く形成され、ダンピング層41の上面と第1基板20のシリコン基板21の下面との間に配置されている。この第2基板31の材料は、シリコン基板21と線膨張係数がほぼ同じで音響インピーダンスが近い材料である窒化アルミニウムまたは42アロイが用いられる。

【0013】

図1の第1基板20は、超音波送受信の役割を有するものであり、図2に示すように、シリコン基板21上に第1絶縁層22を形成し、その上にギャップ24、上部電極25を内部に備えた第2絶縁層23により構成され、音響レンズ11と第2基板31との間に配置されている。この第1基板20には、複数の超音波送受信素子3が形成されている。

20

【0014】

なお、ダンピング層41、第2基板31、第1基板20及び音響レンズ11は、それぞれ間に接着層42、32、12を介して固定され、下から上へこの順に多層となるように形成されている。接着層42、32、12の材料は、エポキシ系樹脂が用いられる。

【0015】

超音波送受信素子3は、超音波送受信機能を有するように、シリコン基板21、第1絶縁層22、第2絶縁層23、ギャップ24、及び上部電極25を備えて構成されている。この超音波送受信素子3はシリコン基板21と上部電極25との間に電圧を印加して、ギャップ24上の膜(第2絶縁層23、上部電極25)を振動させて、超音波を送受信するものである。なお、シリコン基板21、第1絶縁層22、第2絶縁層23及び上部電極25は、下から上へこの順に多層となるように形成されている。

30

【0016】

シリコン基板21は、第2基板31の上面に接着層32を介して配置され、超音波送受信素子3の下部電極を兼ねている。第1絶縁層22は、下部電極を兼ねるシリコン基板21と上部電極25との電氣的絶縁性を確保するように、シリコン基板21の上面に配置されており、その厚さは、50~400nmで形成する。第2絶縁層23は、第1絶縁層22の上面に配置され、その下面に凹部を形成して第1絶縁層22との間に複数のギャップ24を形成すると共に、各ギャップ24に対応する上方位置に複数の上部電極25を埋設している。ギャップ24は、100~300nm、上部電極25の厚さは、400nmである。第2絶縁層23は、ギャップ24の形成及び上部電極25の埋設をするため、第1絶縁層22より厚く、その厚さは、2000nmで形成されている。特に、第2絶縁層23は、超音波送受信素子3の特性である音圧、中心周波数、比帯域に影響するため、用途により調整することで、幅広い被検体の検査に適用可能である。

40

第1絶縁層22及び第2絶縁層23は、窒化シリコン、酸化シリコンの少なくとも1種類以上の材料で形成されることが好ましい。上部電極25は、各ギャップ24の直上に位置して、第2絶縁層23内に形成されている。この上部電極25は、アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化チタン、チタンで形成されることが好ましい。

【0017】

音響レンズ11は、被検体(図示せず)との間の音響インピーダンスを整合させ、かつ

50

超音波のフォーカスを行う役割を有するものであり、図2に示すように、第1基板20や第2基板31よりも十分に厚く形成され、超音波探触子2の上面部を構成するように配置されている。音響レンズ11は、第2絶縁層23の上面に接着層32を介して配置されている。音響レンズ11の上面は、被検体のフォーカスする深度すなわち検出する用途により、曲率は変わるが上方に突出する緩やかな円弧状に形成されている。

【0018】

係る構成の超音波探触子2における超音波送受信の動作原理を、図3を参照しながら説明する。

【0019】

超音波の送信をする場合には、まず、図3(a)の状態下部電極を兼ねるシリコン基板21と上部電極25との間にDCバイアス電圧を印加することにより、図3(b)に示すようにギャップ24をある所定位置まで縮める。この状態で、下部電極を兼ねるシリコン基板21と上部電極25との間に超音波送信用AC電圧を印加することにより、図3(c)及び図3(d)に示すようにギャップ24を伸縮させることで超音波を発生させる。なお、図1の超音波送受信素子3から発生した超音波は、音響レンズ11を介して、被検体へと送信される。

【0020】

一方、超音波を受信する場合には、下部電極を兼ねるシリコン基板21と上部電極25との間にDCバイアス電圧を印加してギャップ24をある所定位置まで縮めた状態としておくと、図3(e)及び図3(f)に示すように被検体より反射してきた超音波によりギャップ24が伸縮する。このギャップ24の伸縮により、シリコン基板21と上部電極25との間の静電容量が変化するので、この変化を検出することにより超音波を検出することができる。

【0021】

本実施形態において、シリコン基板21は線膨張係数が3.5、音響インピーダンスが21 kg/m²s、42アロイは線膨張係数が4~5、音響インピーダンスが47 kg/m²s、窒化アルミニウムは線膨張係数が3.7、音響インピーダンスが34 kg/m²s、ダンピング層41は線膨張係数が100~、音響インピーダンスが~10 kg/m²sである。

【0022】

2つの材料の境界での、音響インピーダンスの差による超音波の反射率 r は、 $r = (Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$ で表され、上述したシリコン基板21 - ダンピング層41の反射率 r は、0.35である。一方、その間に窒化アルミニウムまたは42アロイの第2基板31を搭載した場合、シリコン基板21 - 窒化アルミニウムの反射率 r ：0.24，シリコン基板21 - 42アロイの反射率 r ：0.38であり、シリコン基板21 - ダンピング層41の反射率と同等である。また、窒化アルミニウム - ダンピング層41の反射率 r ：0.54，42アロイ - ダンピング層41の反射率 r ：0.64であるが、シリコン基板21と第2基板32との間で透過する超音波を考慮すると、窒化アルミニウムを用いた場合の反射率 r ：0.41，42アロイを用いた場合の反射率 r ：0.39であり、ダンピング層41の反射率と同等である。例えば、シリコン基板から出た超音波を1とした場合、シリコン基板と第2基板との界面での反射は、0.24（窒化アルミ）、0.38（42アロイ）であるため、透過する超音波は、0.76（窒化アルミ）、0.62（42アロイ）となる。第2基板とダンピング層との界面の反射は、0.76 × 0.54 = 0.41（窒化アルミ）、0.62 × 0.64 = 0.39（42アロイ）となる。一方、シリコン基板21とダンピング層41との線膨張係数の差が大きいため、シリコン基板21とダンピング層41とを直接接着すると、温度上昇による構造信頼性が低下し、シリコン基板21に応力が集中して破壊する可能性がある。そこで、本実施形態では、シリコン基板21とダンピング層41との間に窒化アルミニウムまたは42アロイの第2基板31を介在させることで、シリコン基板21への応力集中を緩和して構造信頼性を格段に向上することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

なお、シリコン基板 2 1 とダンピング層 4 1 との間に前記第 2 基板 3 1 を介在させても、シリコン基板 2 1 とダンピング層 4 1 との間の反射率 r は小さいので、超音波送受信素子 3 の後方へ放射される超音波が効率よくダンピング層 4 1 へ伝播される。

【 0 0 2 4 】

以上説明したように、本実施形態によれば、第 1 基板 2 0 の下面とダンピング層 4 1 の上面との間に第 2 基板 3 1 を設置し、第 2 基板 3 1 を、第 1 基板 2 0 のシリコン基板 2 1 とほぼ同じ線膨張係数及び音響インピーダンスを有する材料で形成しているため、温度変化によるシリコン基板 2 1 の損傷を防止することができ、送受信性能及び構造信頼性に優れた超音波探触子 2 を実現できる。

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態の超音波探触子について図 4 を用いて説明する。図 4 は本発明の第 2 実施形態の超音波探触子の要部拡大図である。この第 2 実施形態は、次に述べる点で第 1 実施形態と相違するものであり、その他の点については第 1 実施形態と基本的には同一であるので、重複する説明を省略する。

【 0 0 2 5 】

この第 2 実施形態では、超音波送受信素子 3 は、シリコン基板 2 1 の上面に形成された第 1 絶縁層 2 2 と、第 1 絶縁層 2 2 の上面に形成された第 2 絶縁層 2 3 と、第 2 絶縁層 2 3 の内部に形成された複数のギャップ 2 4 と、第 1 絶縁層 2 2 の上面で且つ複数のギャップ 2 4 のそれぞれの下部に第 2 絶縁層 2 3 を介して形成された下部電極 2 7 と、第 2 絶縁層 2 3 内における複数のギャップ 2 4 のそれぞれに対応する位置に形成された複数の上部電極 2 5 と、から形成されている。この超音波送受信素子 3 は、上部電極 2 5 と下部電極 2 7 との間に前述のように電圧を印加することにより駆動される。なお、下部電極 2 7 は、上部電極 2 5 と同様に、アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化チタンで形成されることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

本実施形態では、下部電極 2 7 を、第 1 実施形態のように下部電極をシリコン基板とするのではなく、超音波送受信素子毎に個別に配置してあるので、超音波送受信素子 3 を個別に駆動することが可能である。

(第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態について図 5 を用いて説明する。図 5 は本発明の第 3 実施形態の超音波探触子の要部拡大図である。この第 3 実施形態は、次に述べる点で第 1 実施形態と相違するものであり、その他の点については第 1 実施形態と基本的には同一であるので、重複する説明を省略する。

【 0 0 2 7 】

この第 3 実施形態の超音波探触子 2 は、コンベックス型超音波探触子の構造である。コンベックス型超音波探触子 2 では、第 1 実施形態に示した超音波送受信素子 3 を備えたシリコン基板 2 1、第 2 基板 3 1 およびダンピング層 4 1 並びに音響レンズ 1 1 で構成され、シリコン基板 2 1 及び第 2 基板 3 1 は所定の曲率（例えば、40 mm）をもって曲げて設置されている。ここで、シリコン基板 2 1 は、曲げて設置するため、50 μ m 以下にすることが好ましい。また、第 2 基板 3 1 としては、セラミック材料である窒化アルミニウムは加工が困難であるため、加工が容易な 4 2 アロイを第 2 基板 3 1 を用いることが好ましい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態の超音波探触子の断面図である。

【 図 2 】 図 1 の超音波送受信素子部分の拡大図である。

【 図 3 】 図 2 の超音波送受信素子の動作原理を説明する図である。

【 図 4 】 本発明の第 2 実施形態の超音波探触子の超音波送受信素子部分の拡大図である。

【 図 5 】 本発明の第 3 実施形態の超音波探触子の断面図である。

10

20

30

40

50

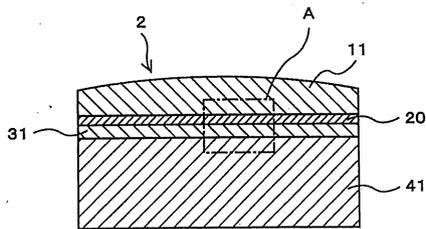
【符号の説明】

【0029】

2 ... 超音波探触子、3 ... 超音波送受信素子、11 ... 音響レンズ、12 ... 接着層、20 ... 第1基板、21 ... シリコン基板、22 ... 絶縁層、23 ... 絶縁層、24 ... ギャップ、25 ... 上部電極、27 ... 下部電極、31 ... 第2基板、32 ... 接着層、41 ... ダンピング層、42 ... 接着層。

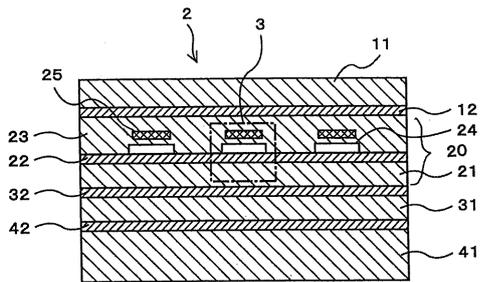
【図1】

図1



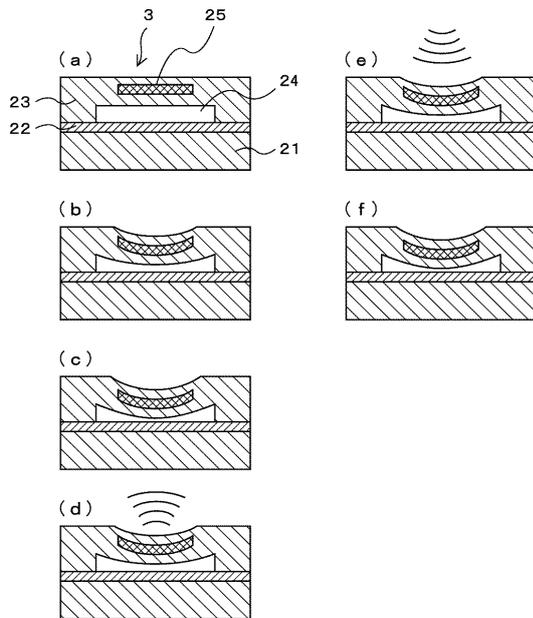
【図2】

図2



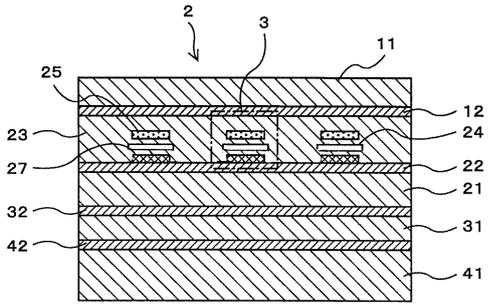
【図3】

図3



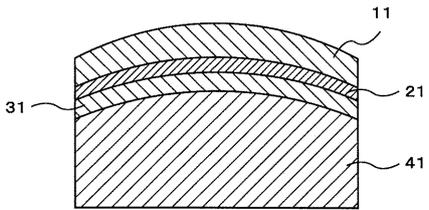
【 図 4 】

図 4



【 図 5 】

図 5



フロントページの続き

- (72)発明者 浅房 勝徳
東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内
- (72)発明者 小林 隆
東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内
- (72)発明者 諫田 尚哉
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内

審査官 大野 弘

- (56)参考文献 特開2005-295553(JP,A)
特開昭62-115197(JP,A)
特開平02-032284(JP,A)
特開2002-112393(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 17/00
A61B 8/00
G01N 29/24
H04R 1/34
H04R 19/00