

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年8月11日(11.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/125702 A1

- (51) 国際特許分類:
H04R 17/00 (2006.01) G01S 7/521 (2006.01)
B06B 1/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052672
- (22) 国際出願日: 2016年1月29日(29.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-021746 2015年2月6日(06.02.2015) JP
特願 2015-021747 2015年2月6日(06.02.2015) JP
特願 2016-009688 2016年1月21日(21.01.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社ダイセル(DAICEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒5300011 大阪府大阪市北区大深町3番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 清水潔(SHIMIZU Kiyoshi); 〒1088230 東京都港区港南2-18-1 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP). 蒲原茂樹(KAMBARA Shigeki); 〒9448550 新潟県妙高市新工町1-1 株式会社ダイセル内 Niigata (JP). 奥山直人(OKUYAMA Naoto); 〒6711283 兵庫県姫路市網干区新在家1239 株式会社ダイセル内 Hyogo (JP). 金田宏(KANEDA Hiroshi); 〒6711283 兵庫県姫路市網干

区新在家1239 株式会社ダイセル内 Hyogo (JP). 多田平八郎(TADA Heihachiro); 〒6711283 兵庫県姫路市網干区新在家1239 株式会社ダイセル内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 古谷聡(FURUYA Satoshi); 〒1030007 東京都中央区日本橋浜町2-17-8、6F Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

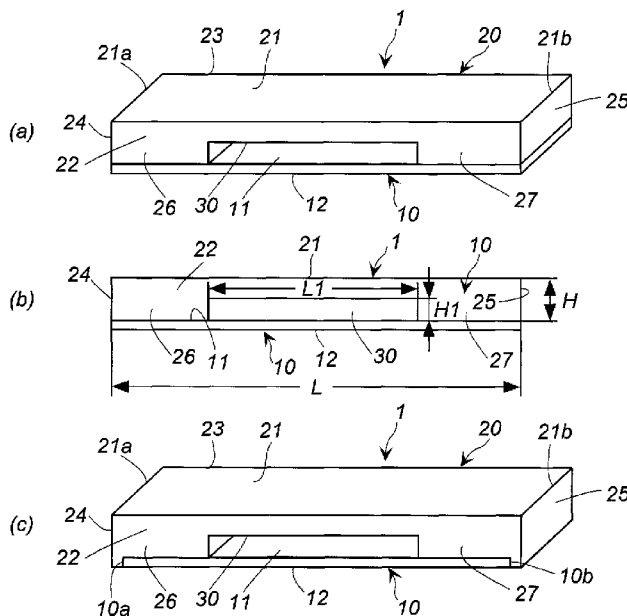
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: ULTRASONIC-WAVE TRANSMITTING-AND-RECEIVING DEVICE

(54) 発明の名称: 超音波の送受信素子

[図1]



(57) Abstract: An ultrasonic-wave transmitting-and-receiving device according to the present invention includes: a plate-like piezoelectric element having a planar shape selected from a polygonal shape, a circular shape, and an elliptical shape; and a vibration-amplifying means part that is fixed on a first surface side of the plate-like piezoelectric element and that is formed of a formed body having a planar shape selected from a polygonal shape, a circular shape, and an elliptical shape. The vibration-amplifying means part has one or more spaces formed so as to penetrate from one side surface to the other side surface facing the one side surface.

(57) 要約: 平面形状が多角形、円形および楕円形から選ばれる形状である板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の第1面側に固定された、平面形状が多角形、円形および楕円形から選ばれる形状の成形体からなる振動増幅手段部を有する超音波の送受信素子であって、前記振動増幅手段部が、一側面から対向する他の側面まで貫通して形成された1または複数の空間部を有しているものである、超音波の送受信素子。



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：超音波の送受信素子

技術分野

[0001] 本発明は、超音波の送受信素子とそれを使用した超音波の送受信装置に関する。

背景技術

[0002] 圧電セラミックスなどの圧電素子は、力を加えると電気エネルギーを発生させ、反対に電気エネルギーを加えると伸縮して力を発生させる。このため、このような性質を利用して、様々な分野で使用されている。

[0003] 特開２００４－１２８８１３号公報には、圧電振動子と筐体からなる超音波センサの発明が記載されている（請求項１）。圧電振動子は、円形の金属板と圧電セラミックスからなるものが使用されている（図１、段落番号０００９）。

[0004] 特開２０１３－８８２３４号公報には、超音波発生素子１を備えた超音波発生デバイス１００が図１、図２に示されている。超音波発生素子１は、枠体２、第１のバイモルフ型圧電振動子３、第２の第１のバイモルフ型圧電振動子４を備えている（段落番号００２５）。枠体２は、セラミックスからなり、第１のバイモルフ型圧電振動子３は、矩形で平板状の圧電セラミックス３ａからなり、第２の第１のバイモルフ型圧電振動子４は、矩形で平板状の圧電セラミックス４ａからなることが記載されている（段落番号００２６～００２８）。

発明の概要

[0005] 特開２００４－１２８８１３号公報に記載の超音波センサは、筐体が必要であることから大型化するため、使用が制限されるという問題があり、圧電振動子は金属板を使用していることから、高湿度雰囲気で使用すると錆が発生するおそれがあるという問題もある。また特開２０１３－８８２３４号公報に記載の超音波発生素子は、構造が複雑であることと、セラミックスを積層したものであることから割れやすく、耐久性が劣るという問題がある。

[0006] 本発明は、全体を小型化することができ、耐久性も高めることができる超音波の送受信素子と、それを使用した超音波の送受信装置を提供することを課題とする。また本発明は、全体を小型化することができ、耐久性も高めることができ、さらに錆の発生も防止できる超音波の送受信素子と、それを使用した超音波の送受信装置を提供することを課題とする。

[0007] 本発明の第1の側面によれば、平面形状が多角形、円形および楕円形から選ばれる形状である板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の第1面側に固定された、平面形状が多角形、円形および楕円形から選ばれる形状の成形体からなる振動増幅手段部を有する超音波の送受信素子であって、前記振動増幅手段部が、一側面から対向する他の側面まで貫通して形成された1または複数の空間部を有しているものである、超音波の送受信素子が提供される。

[0008] 本発明の第1の側面による送受信素子は、電圧を印加することで圧電素子を面方向（長さ方向）に伸縮させ、その伸縮による振動を振動増幅手段部で増幅することで超音波を発信する送信素子として機能する。また本発明の第1の側面による送受信素子は、超音波を受信したとき、振動増幅手段部で増幅して圧電素子に振動として伝達し、圧電素子を面方向（長さ方向）に伸縮させて電気エネルギーに変換することで超音波を検知する受信素子として機能する。

[0009] 本発明の第1の側面による送受信素子は、幅方向に貫通した空間部を有するものであることから、超音波を送信するときは増幅して送信し、超音波を受信するときは増幅して圧電素子に伝達する機能が高められている。本発明の第1の側面による超音波の送受信素子は、超音波の送受信装置に使用することができる。本発明の第1の側面による送受信素子は、小型化することができ、耐久性も高い。

[0010] 本発明の第1の側面による送受信素子において、圧電素子と振動増幅手段部の平面形状はいずれも長方形であることができ、圧電素子は長辺長さ／短辺長さ＝1．2～5．0のものであることができ、圧電素子の投影面積（ A_1 ）と振動増幅手段部の投影面積（ A_2 ）は $A_1 \leq A_2$ の関係を有している

ものであることができる。また前記貫通した空間部は、振動増幅手段部の一側面から対向する他の側面まで形成された凹部と、圧電素子の第1面で形成されたものであることができる。あるいは前記貫通した空間部は、前記振動増幅手段部のみを一側面から対向する他の側面まで貫通して形成され、前記振動増幅手段部の前記圧電素子側の第1面から厚さ方向反対側の第2面までの厚さ範囲のうち、中間位置または前記圧電素子に近い位置に形成されているものであることができる。

[0011] 本発明の第1の側面による送受信素子において、振動増幅手段部は、長さ方向両端側の第1平板部と第2平板部を有し、第1平板部と第2平板部の間に凸部を有しているものであることができる。第1平板部と第2平板部を圧電素子の第1面に固定して、凸部と圧電素子の第1面との間に、前記幅方向に貫通した空間部を形成することができる。

[0012] また本発明の第1の側面による送受信素子において、圧電素子と振動増幅手段部の平面形状はいずれも、長方形を除いた多角形、円形および楕円形から選ばれる形状であることができ、圧電素子の投影面積（ A_1 ）と振動増幅手段部の投影面積（ A_2 ）は $A_1 \leq A_2$ の関係を有しうる。前記貫通した空間部は、前記振動増幅手段の一側面から対向する他の側面まで形成された凹部と、前記圧電素子の第1面で形成されたものでありうる。あるいは前記貫通した空間部は、前記振動増幅手段部のみを一側面から対向する他の側面まで貫通して形成され、前記振動増幅手段部の前記圧電素子側の第1面から厚さ方向反対側の第2面までの厚さ範囲のうち、中間位置または前記圧電素子に近い位置に形成されているものであることができる。

[0013] 本発明の第1の側面による送受信素子において、板状の圧電素子は厚さ方向に貫通した穴を有しうる。

[0014] 本発明の第1の側面による送受信素子において、振動増幅手段部は、合成樹脂または金属からなるものであることができる。振動増幅手段部は、繊維状充填材を含有する合成樹脂からなるものでありうる。振動増幅手段部が熱可塑性樹脂からなるものでよく、熱可塑性樹脂はポリフェニレンスルフィド

(P P S) 樹脂またはポリエーテルエーテルケトン (P E E K) 樹脂から選ばれるものであってよい。

[0015] 本発明の第2の側面によれば、板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の少なくとも一面に固定された、振動増幅手段部となる樹脂部を有する超音波の送受信素子であって、前記樹脂部が、前記樹脂部と前記板状の圧電素子で囲まれた内部空間を形成できるように固定されたものであり、前記内部空間が密閉空間である、超音波の送受信素子が提供される。

[0016] また本発明の第3の側面によれば、板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の少なくとも一面に固定された、振動増幅手段部となる樹脂部を有する超音波の送受信素子であって、前記樹脂部が、前記樹脂部と前記板状の圧電素子で囲まれた内部空間を形成できるように固定されたものであり、前記樹脂部が開口部を有しており、前記内部空間が外部と連通されているものである、超音波の送受信素子が提供される。

[0017] 本発明の第2の側面および第3の側面による送受信素子は、交流電源から電圧を印加することで圧電素子を面方向（長さ方向）に伸縮させ、その伸縮による振動を振動増幅手段部となる樹脂部で増幅することで超音波を発信する送信素子として機能する。本発明の第2の側面および第3の側面による送受信素子は、超音波を受信したとき、振動増幅手段部となる樹脂部で増幅して圧電素子に伝達し、圧電素子を面方向（長さ方向）に伸縮させて電気エネルギーに変換することで超音波を検知する受信素子として機能する。

[0018] 振動増幅手段部となる樹脂部は、環状平面部と前記環状平面部の内側に形成されたドーム部を有するものであることから、超音波を送信するときは増幅して送信し、超音波を受信するときは増幅して圧電素子に伝達する機能が高められている。本発明の第2の側面および第3の側面による超音波の送受信素子は、超音波の送受信装置に使用することができる。本発明の第2の側面および第3の側面による送受信素子は、圧電素子と樹脂の組合せからなるものであることから、小型化および軽量化することができ、錆が発生するおそれもなく、耐久性も高い。

[0019] 本発明の第2の側面および第3の側面による実施形態において、前記樹脂部は、環状平面部とその内側に形成されたドーム部を有することができ、前記内部空間はドーム部の内側に形成されたものであることができる。環状平面部の外径（ d_1 ）とドーム部の外径（ d_2 ）の比（ d_2/d_1 ）は0.4～0.8であることができる。また環状平面部の外径（ d_1 ）と、ドーム部の頂点の圧電素子の第1面からの高さ（ h_1 ）との比（ h_1/d_1 ）は0.05～0.3であることができる。

[0020] 本発明の第2の側面および第3の側面による実施形態において、前記圧電素子と前記樹脂部の平面形状は、いずれも円形、楕円形または多角形であることができ、圧電素子の投影面積（ A_1 ）と樹脂部の投影面積（ A_2 ）は $A_1 \leq A_2$ であることができる。

[0021] 本発明の第2の側面および第3の側面による実施形態において、圧電素子は圧電セラミックス素子からなることができ、樹脂部はポリフェニレンスルフィド（PPS）樹脂またはポリエーテルエーテルケトン（PEEK）樹脂からなることができる。また樹脂部は繊維状充填材を含有しうる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1中、（a）は本発明の超音波の送受信素子の斜視図、（b）は（a）の正面図、（c）は（a）とは別実施形態の超音波の送受信素子の斜視図である。

[図2]図2は圧電素子と振動増幅手段部の平面形状を説明するための図である。

[図3]図3中、（a）は本発明の別実施形態である超音波の送受信素子の斜視図、（b）は（a）の正面図、（c）は（a）とは別形態の超音波の送受信素子の正面図、（d）は、さらに（a）とは別実施形態の超音波の送受信素子の斜視図である。

[図4]図4中、（a）は本発明のさらに別実施形態である超音波の送受信素子の斜視図、（b）は（a）とは別実施形態である超音波の送受信素子の斜視図である。

[図5]図5中、(a)は本発明のさらに別実施形態である超音波の送受信素子の斜視図、(b)は(a)の正面図である。

[図6]図6中、(a)～(e)はそれぞれ、本発明のさらに別実施形態である超音波の送受信素子の平面図である。

[図7]図7中、(a)～(f)はそれぞれ、本発明のさらに別実施形態である超音波の送受信素子で使用する圧電素子の平面図である。

[図8]図8中、(a)～(d)はそれぞれ、本発明のさらに別実施形態である平面形状が正方形の超音波の送受信素子の斜視図である。

[図9]図9は実施例と比較例の送受信素子の性能を試験するための試験装置を使用した測定方法の説明図であり、(a)は前記試験装置の側面図、(b)は前記試験装置の部分平面図、(c)は部分拡大図である。

[図10]図10は本発明の超音波の送受信素子の平面図である。但し、樹脂部の一部が切り取られて板状の圧電素子の一部が見えている状態を示している。

[図11]図11中、(a)は、図10のXI-XI線間の厚さ方向への断面図、(b)は、図10とは別実施形態の(a)と同様の厚さ方向への断面図である。

[図12]図12中、(a)は図10の超音波の送受信素子の正面図、(b)は図10とは別実施形態である超音波の送受信素子の正面図である。

[図13]図13中、(a)は、図10とは別実施形態の図10と同様のXI-XI線間の厚さ方向への断面図、(b)は、(a)とは別実施形態の同様の厚さ方向への断面図である。

[図14]図14中、(a)は、別実施形態である本発明の超音波の送受信素子の平面図、(b)は(a)の厚さ方向の断面図、(c)は(a)とは異なる実施形態の厚さ方向の断面図である。

[図15]図15は実施例6で使用了送受信素子の正面図と斜視図である。

[図16]図16は実施例6における受信感度の測定方法の説明図である。

[図17]図17は実施例7の測定結果を示した図である。

[図18]図18は実施例8、9で使用した送受信素子の正面図と斜視図である。

[図19]図19中、(a)は実施例10～14で使用した送受信素子の平面図、正面図および右側面図、(b)は前記送受信素子の斜視図である。発明を実施するための形態

[0023] (1) 図1に示す超音波の送受信素子(第1の側面)

[0024] 図1に示す超音波の送受信素子1は、板状の圧電素子10と振動増幅手段部20を有するものであり、板状の圧電素子10の第1面11側に振動増幅手段部20が固定されている。

[0025] 図1に示す板状の圧電素子10は、交流電圧を印加することで面方向(長さ方向)に収縮する性質を有しているものである。板状の圧電素子10は、平面形状が長方形のものである。板状の圧電素子10は、長辺長さ/短辺長さ=1.2～5.0が好ましく、1.5～4.0がより好ましい。短辺の長さは、2～15mmが好ましく、2～10mmがより好ましく、3～8mmがさらに好ましい。

[0026] 板状の圧電素子10における長方形は、例えば、図2(a)に示すとおり、長方形の四隅の角が丸みを帯びているもの(但し、丸みを帯びていない角があってもよい)、図2(b)に示すとおり、長方形の四隅の角が直線で切断されたもの(但し、直線で切断されていない角があってもよい)、図2(c)に示すとおり、丸みを帯びているものと直線で切断されたものが混在しているものも含まれる。さらに長方形の四隅の角のうちの1～4箇所が丸みを帯びているものの場合、図2(a)に示すとおり、凸形状に丸みを帯びているものと、図2(d)に示すとおり、凹形状に丸みを帯びているものが含まれる。

[0027] 圧電素子10は、公知のチタン酸ジルコン酸亜鉛(PZT)、チタン酸ジルコン酸ランタン鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウムなどの圧電セラミックス素子からなるものが好ましく、PZTがより好ましい。圧電素子10は、使用時には図示していないリードワイヤやフレキシブルケーブルを介して電

源と電氣的に接続される。

[0028] 図1に示す振動増幅手段部20は、平面形状は長方形である。振動増幅手段部20における長方形は、板状の圧電素子10と同様に図2(a)～(d)に示す形状のものを含む。

[0029] 振動増幅手段部20は、底面21、第1側面22、第1側面22と幅方向反対側の第2側面23、第1端面24、第1端面24と長さ方向反対側の第2端面25を有している。振動増幅手段部20は、さらに底面21の長さ方向の両端部21a、21b(第1端面24、第2端面25)側において、同一方向側に垂設された第1脚部26と第2脚部27を有している。

[0030] 超音波の送受信素子1は、振動増幅手段部20における振動増幅機能を向上させるため、第1側面22から第2側面23まで貫通した空間部30を有している。空間部30は、振動増幅手段部20の底面21側の部分、第1脚部26および第2脚部27からなる凹部と、圧電素子の第1面11により囲まれて形成されている。ここで、超音波の送受信素子1は、さらに空間部30に加えて、第1端面24から第2端面25まで貫通した空間部を有してもよい。これらの2つの空間部を形成したときは、2つの空間部は内部で繋がっている。

[0031] 振動増幅手段部20の高さ(厚さ)Hと空間部30の高さH1の比は、 $H1/H$ が0.3～0.9が好ましく、0.4～0.8がより好ましい。振動増幅手段部20の長さLと空間部30の長さL1の比は、 $L1/L$ が0.3～0.9が好ましく、0.4～0.8がより好ましい。

[0032] 圧電素子10と振動増幅手段部20は、圧電素子10の投影面積(A1)と振動増幅手段部20の投影面積(A2)が $A1 \leq A2$ であることが好ましく、 $A2/A1 = 1.0 \sim 2.0$ がより好ましく、 $A2/A1 = 1.0 \sim 1.8$ がさらに好ましく、 $A2/A1 = 1.0 \sim 1.6$ が特に好ましい。

[0033] 図1(a)、(b)は、圧電素子10の投影面積(A1)と振動増幅手段部20の投影面積(A2)が $A1 = A2$ の実施形態である。振動増幅手段部20は、第1脚部26と第2脚部27が圧電素子10の第1面11に対して

固定されている。図1では、第1面11の反対面である第2面12には振動増幅手段部は固定されていないが、第2面12側にも別の振動増幅手段部が固定されていてもよい。圧電素子10と振動増幅手段部20は、接着剤で固定一体化する方法、インサート成形法を適用して固定一体化する方法により一体化し、超音波の送受信素子を製造することができる。

[0034] 図1(c)は、圧電素子10の投影面積(A1)と振動増幅手段部20の投影面積(A2)が $A1 < A2$ の実施形態である。圧電素子10は、第1面11に加えて長さ方向両側の側面10a、10bも、振動増幅手段部20と接触した状態で接着剤などにより固定されており、第2面12と空間部30に面した部分を除いて振動増幅手段部20に埋設された状態になっている。

[0035] 図1(c)の送受信素子1において、底面21の反対側の面は、圧電素子10の第2面12と振動増幅手段部20が面一となっているため平坦面である。 $A1 < A2$ であるとき、図1(c)の実施形態にすることで、超音波素子1の全ての面が平坦面になるため、取り扱い性が良く、超音波の送受信装置に使用するときにも、他の部品と組み合わせが容易である。

[0036] 振動増幅手段部20は、合成樹脂(熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂)または金属からなるものが好ましい。合成樹脂または金属であれば、セラミックスと比べると耐久性は優れている。さらに軽量化と防錆性の観点からは合成樹脂が好ましい。振動増幅手段部20を形成する材質を変えることで、同形状および同寸法であっても、共振周波数を変えることができる。

[0037] 振動増幅手段部20が熱可塑性樹脂からなるものであるときは、例えば射出成形などの方法により成形することができ、熱硬化性樹脂からなるものであるときは、プレポリマーの状態で成形した後で硬化させる方法により成形することができる。振動増幅手段部20が金属からなるものであるときは、切削加工、複数の部材の張り合わせ、プレス加工などの方法により成形することができる。

[0038] 熱可塑性樹脂としては、環状オレフィン系樹脂(エチレン-ノルボルネン共重合体など)、スチレン系樹脂(シンジオタクチックポリスチレン樹脂な

ど)、ポリアセタール系樹脂(ポリオキシメチレンなど)、ポリエステル系樹脂(ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートなどのポリアルキレンアリレート、ポリアリレート樹脂、ポリグリコール酸系樹脂、液晶ポリエステルなど)、ポリカーボネート系樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリアミド系樹脂(脂肪族ポリアミド樹脂、芳香族ポリアミド樹脂など)、ポリイミド系樹脂、ポリエーテルイミド系樹脂、ポリアリールケトン樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレンスルフィド樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリオキシベンゾイルエステル系樹脂、ポリベンズイミダゾール系樹脂、液晶ポリマー(液晶ポリエステルは除く)、フッ素樹脂(ポリテトラフルオロエチレンなど)、ポリエーテルエーテルケトン樹脂を挙げることができる。熱可塑性樹脂としては、ポリフェニレンスルフィド(P P S)樹脂またはポリエーテルエーテルケトン(P E E K)樹脂が好ましい。

[0039] 熱硬化性樹脂は、尿素樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、レソルシノール樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン、ビニルウレタンなどを挙げることができる。

[0040] 振動増幅手段部20を構成する合成樹脂は、公知の繊維状充填材、公知の粒子状充填剤を含有することができる。

[0041] 前記合成樹脂からなる振動増幅手段部20が繊維状充填材を含有するときは、前記繊維状充填材が一方向に配向されていてもよいし、配向されていなくてもよい(ランダムでもよい)。公知の繊維状充填材としては、無機系の繊維状充填材、金属系の繊維状充填材、有機系の繊維状充填材を使用することができる。これらの繊維状充填材は、必要に応じて、エポキシ系化合物、イソシアネート系化合物、シラン系化合物、チタネート系化合物などで表面処理することもできる。

[0042] 無機系の繊維状充填材としては、炭素繊維、ガラス繊維、セラミックス繊維(シリカ繊維、シリカ・アルミナ繊維、ジルコニア繊維、窒化硼素繊維、窒化珪素繊維、チタン酸カリウム繊維など)を挙げることができる。金属系

の繊維状充填材としては、ステンレス繊維、アルミニウム繊維、チタン繊維、銅繊維、真鍮繊維などを挙げることができる。有機系の繊維状充填材としては、アラミド繊維、フッ素樹脂繊維、アクリル繊維などを挙げることができる。

[0043] 粒子状充填材は、繊維よりも短い粒状ないし粉状のものであり、ガラスビーズ、タルク、カオリン、ワラストナイト、マイカ、シリカ、アルミナ、ケイソウ土、クレー、セッコウ、ベンガラ、グラファイト、炭酸カルシウム、二酸化チタン、酸化亜鉛、銅、ステンレスなどの粉状物、水酸化アルミニウム、ドロマイト、雲母粉、炭化ケイ素、ガラス粉、カーボン、グラファイト、硫酸バリウム、ボロンナイトライド、窒化ケイ素などを挙げることができる。

[0044] 合成樹脂に対する繊維状充填材の配合量は、合成樹脂と繊維状充填材の合計量中、繊維状充填材の含有割合は5～60質量%が好ましく、10～50質量%がより好ましい。合成樹脂に繊維状充填材を含有させることで、同形状、同寸法および同材質の振動増幅手段部20を使用した送受信素子であっても、共振周波数を高くすることができる。例えば、ガラスおよびカーボンからなる充填材を配合すると共振周波数を高くすることができ、有機材料からなる充填材を配合すると共振周波数を低くできることが考えられる。

[0045] さらに前記繊維状充填材や粒子状充填材の含有量を増加または減少させることで、同形状、同寸法および同材質の振動増幅手段部20を使用した送受信素子であっても、共振周波数を高くしたり、低くしたりすることができる。送受信素子を含む装置（超音波の送受信装置）は、種類（用途）に応じて最適な周波数（共振周波数）を有しているものであるが、前記繊維状充填材や粒子状充填材の含有量を調整することで共振周波数を制御できるため好ましい。また送受信素子を含む装置（超音波の送受信装置）は、同形状、同寸法および同材質からなり、繊維状充填材や粒子状充填材の含有量を段階的に変化させた複数の振動増幅手段部20と圧電素子10の組み合わせからなる送受信素子を複数組み合わせて使用することで、一つの装置で複数の共振周

波数を発信したり、受信したりすることができる。

[0046] 振動増幅手段部20を構成する合成樹脂が繊維状充填材を含有するときは、繊維状充填材が一方向に配向された状態で熱可塑性樹脂により一体成形された複合体からなるテープを使用することができる。このようなテープとしては、特許第5592775号公報に記載の炭素繊維と芳香族ポリアミド樹脂又は脂肪族ポリアミド樹脂を含む複合体からなる炭素繊維テープ、特開2012-86548号公報に記載の無機繊維（炭素繊維は含まない）とオレフィン系樹脂を含む複合体からなる無機繊維テープ、特開2012-107189号公報に記載の炭素繊維とオレフィン系樹脂を含む複合体からなる炭素繊維テープ、特開2012-107190号公報に記載の有機繊維とオレフィン系樹脂を含む複合体からなる有機繊維テープを使用することができる。

[0047] また、サンワトレーディング（株）から販売されているテンカテ社のUDテープ（繊維：カーボン、アラミド、ガラス、樹脂：PPS、PEEK、ナイロン6、PEI、HDPE）を使用することができる。上記テープを使用した場合には、繊維状充填材を所望方向に配向させることができる。

[0048] 振動増幅手段部20が合成樹脂からなるものであるときには、さらに必要に応じて、着色剤（染料および顔料）、滑剤、安定剤（酸化防止剤、紫外線吸収剤、熱安定剤、光安定剤など）、帯電防止剤、難燃剤、難燃助剤、アンチブロッキング剤などを配合することができる。

[0049] 金属としては、アルミニウム、マグネシウム、チタン、ステンレスおよびそれらの合金などを使用することができる。

[0050] （2）図3に示す超音波の送受信素子（第1の側面）

[0051] 図3（a）に示す超音波の送受信素子100は、板状の圧電素子110と振動増幅手段部120を有するものである。図3（a）に示す板状の圧電素子110は、平面形状が長方形のものであり、図1に示す板状の圧電素子10と同じものであり、図2（a）～（d）の形状のものも含む。

[0052] 図3（a）に示す振動増幅手段部120は、平面形状は長方形であり、かつ板

状の圧電素子110と同じ大きさの成形体である。振動増幅手段部120における長方形は、板状の圧電素子10と同様に図2(a)～(d)の形状のものも含む。

[0053] 振動増幅手段部120は、第1底面121、第1底面121と厚さ方向反対側の第2底面122、第1側面123、第1側面123と幅方向反対側の第2側面124、第1端面125、第1端面125と長さ方向反対側の第2端面126を有している。

[0054] 振動増幅手段部120は、図3(a)、(b)に示すとおり、全体が一つの成形体からなるものでもよい。また振動増幅手段部120は、図3(c)に示すとおり、図1に示す振動増幅手段部20と同形状の第1振動増幅手段部120aと平板形状の第2振動増幅手段部120bが接着剤などで一体にされたものでもよい。図3(c)では、一つの振動増幅手段部120が2つの部材の組み合わせから形成されているが、3つ以上の部材の組み合わせで形成されていてもよい。

[0055] 振動増幅手段部120は、第2底面122が圧電素子110の第1面111に対して固定されている。図3では、第1面111の反対面である第2面112には振動増幅手段部は固定されていないが、第2面112側にも別の振動増幅手段部120が固定されていてもよい。圧電素子110と振動増幅手段部120は、接着剤で固定一体化する方法、インサート成形法を適用して固定一体化する方法により一体化して、超音波の送受信素子を製造することができる。

[0056] 超音波の送受信素子100は、振動増幅手段部120における振動増幅機能を向上させるため、第1側面123から第2側面124まで貫通した空間部130を有している。空間部130は、振動増幅手段部120のみに形成されており、図1に示す送受信素子1のように圧電素子とは接していない。

[0057] 空間部130は、振動増幅手段部120の第1底面121と第2底面122の両方から等距離の位置（高さHの中間位置）に形成されている。ここで、超音波の送受信素子100は、さらに空間部130に加えて、第1端面125から第2端面126まで貫通した空間部を有していてもよい。これらの2つの空間部を形成したときは、2つの空間部は内部で繋がっている。

[0058] 振動増幅手段部120の高さ（厚さ）Hと空間部130の高さH2の比は、H2

／ H が0.2～0.8が好ましく、0.3～0.7がより好ましい。振動増幅手段部120の長さ L と空間部130の長さ L_2 の比は、 L_2/L が0.3～0.9が好ましく、0.4～0.8がより好ましい。

[0059] 圧電素子110と振動増幅手段部120は、圧電素子110の投影面積(A_1)と振動増幅手段部120の投影面積(A_2)が $A_1 \leq A_2$ であることが好ましく、 $A_2/A_1 = 1.0 \sim 2.0$ がより好ましく、 $A_2/A_1 = 1.0 \sim 1.8$ がさらに好ましく、 $A_2/A_1 = 1.0 \sim 1.6$ が特に好ましい。

[0060] 図3(a)は、圧電素子110の投影面積(A_1)と振動増幅手段部120の投影面積(A_2)が $A_1 = A_2$ の実施形態である。振動増幅手段部120は、圧電素子110の第1面111の全面に対して接着剤などにより固定されている。

[0061] 図3(d)は、圧電素子110の投影面積(A_1)と振動増幅手段部120の投影面積(A_2)が $A_1 < A_2$ の実施形態である。圧電素子110は、第1面111の全面と長さ方向両側の側面110a、110bも振動増幅手段部120と接触した状態で接着剤などにより固定されており、第2面112を除いて振動増幅手段部120に埋設された状態になっている。

[0062] 図3(d)の送受信素子100において、底面121の反対面側は、圧電素子110の第2面112と振動増幅手段部120が面一となっているため平坦面である。 $A_1 < A_2$ であるとき、図3(d)の実施形態にすることで、超音波素子100の全ての面が平坦面になるため、取り扱い性が良く、超音波の送受信装置に使用するときにも、他の部品と組み合わせが容易である。

[0063] 振動増幅手段部120は、振動増幅手段部20と同様の合成樹脂または金属からなるものが好ましい。合成樹脂または金属であれば、セラミックスと比べると耐久性は優れている。さらに軽量化と防錆性の観点からは合成樹脂が好ましい。

[0064] (3) 図4に示す超音波の送受信素子(第1の側面)

[0065] 図4に示す超音波の送受信素子200は、板状の圧電素子210と振動増幅手段部220を有するものである。図4に示す板状の圧電素子210は、平面形状が長方形のものであり、図1に示す板状の圧電素子10と同じものであり、図2

(a) ~ (d) の形状のものも含む。

[0066] 図4に示す振動増幅手段部220は、平面形状は長方形であり、かつ板状の圧電素子210と同じ大きさの成形体である。振動増幅手段部220における長方形は、板状の圧電素子10と同様に図2(a) ~ (d)の形状のものも含む。

[0067] 振動増幅手段部220は、第1底面221、第1底面221と厚さ方向反対側の第2底面222、第1側面223、第1側面223と幅方向反対側の第2側面224、第1端面225、第1端面225と長さ方向反対側の第2端面226を有している。振動増幅手段部220は、全体が一つの成形体からなるものであるが、図3(c)で説明したとおり、複数の部材の組み合わせから形成されているものでもよい。

[0068] 振動増幅手段部220は、第2底面222が圧電素子210の第1面211に対して固定されている。図4では、第1面211の反対面である第2面212には振動増幅手段部は固定されていないが、第2面212側にも別の振動増幅手段部が固定されていてもよい。圧電素子210と振動増幅手段部220は、接着剤で固定一体化する方法、インサート成形法を適用して固定一体化する方法により一体化して、超音波の送受信素子を製造することができる。

[0069] 超音波の送受信素子200は、振動増幅手段部220における振動増幅機能を向上させるため、第1側面223から第2側面224まで貫通した空間部230を有している。空間部230は、振動増幅手段部220のみに形成されており、図1に示す送受信素子1のように圧電素子とは接していない。

[0070] 空間部230は、振動増幅手段部220の第1面221から第2面222までの厚さ範囲のうち、中間位置（第1底面221と第2底面222の両方から等距離の位置）よりも圧電素子210に近い位置に形成されている。ここで、超音波の送受信素子200は、さらに空間部230に加えて、第1端面225から第2端面226まで貫通した空間部を有していてもよい。これらの2つの空間部を形成したときは、2つの空間部は内部で繋がっている。

[0071] 振動増幅手段部220の高さ（厚さ） H と空間部230の高さ H_3 の比は、 H_3/H が0.1 ~ 0.5が好ましく、0.15 ~ 0.4がより好ましい。振動増幅手段部220の長さ L と空間部230の長さ L_3 の比は、 L_3/L が0.3 ~

0.9が好ましく、0.4～0.8がより好ましい。

[0072] 圧電素子210と振動増幅手段部220は、圧電素子210の投影面積（ A_1 ）と振動増幅手段部220の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ であることが好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 2.0$ がより好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 1.8$ がさらに好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 1.6$ が特に好ましい。

[0073] 図4（a）は、圧電素子110の投影面積（ A_1 ）と振動増幅手段部120の投影面積（ A_2 ）が $A_1 = A_2$ の実施形態である。振動増幅手段部220は、圧電素子210の第1面211の全面に対して接着剤などにより固定されており、第1面211の反対面である第2面212には振動増幅手段部は固定されていない。

[0074] 図4（b）は、圧電素子210の投影面積（ A_1 ）と振動増幅手段部220の投影面積（ A_2 ）が $A_1 < A_2$ の実施形態である。圧電素子210は、第1面211の全面と長さ方向両側の側面210a、210bも振動増幅手段部220と接触した状態で接着剤などにより固定されており、第2面212を除いて振動増幅手段部220に埋設された状態になっている。

[0075] 図4（b）の送受信素子200において、底面221の反対面側は、圧電素子210の第2面212と振動増幅手段部220が面一となっているため平坦面である。 $A_1 < A_2$ であるとき、図4（b）の実施形態にすることで、超音波素子200の全ての面が平坦面になるため、取り扱い性が良く、超音波の送受信装置に使用するときにも、他の部品と組み合わせが容易である。

[0076] 振動増幅手段部220は、振動増幅手段部20と同様の合成樹脂または金属からなるものが好ましい。合成樹脂または金属であれば、セラミックスと比べると耐久性は優れている。さらに軽量化と防錆性の観点からは合成樹脂が好ましい。

[0077] （4）図5に示す超音波の送受信素子（第1の側面）

図5に示す超音波の送受信素子300は、板状の圧電素子310と振動増幅手段部320を有するものである。図5に示す板状の圧電素子310は、平面形状が長方形のものであり、図1に示す板状の圧電素子10と同じものである。

[0078] 図5に示す振動増幅手段部320は、平面形状は長方形であり、板状の圧電素

子310と同じ幅であるが、板状の圧電素子310よりも長くなっている。圧電素子310と振動増幅手段部320は、圧電素子310の投影面積（ A_1 ）と振動増幅手段部320の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ であることが好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 5.0$ がより好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 4.5$ がさらに好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 4.0$ が特に好ましい。

[0079] 振動増幅手段部320は、長さ方向両端側の第1平板部321と第2平板部322を有しており、さらに第1平板部321と第2平板部322の間に凸部323を有している。凸部323は、平面部324と、平面部324の両端側から第1平板部321と第2平板部322に延ばされた第1傾斜面部325aと第2傾斜面部325bを有しているものである。第1傾斜面部325aが第1平板部321と一体になり、第2傾斜面部325bが第2平板部322と一体になっている。

[0080] 振動増幅手段部320は、凸部323側の第1平板部321の一部と、凸部323側の第2平板部322の一部が圧電素子310の第1面311に接着剤などで固定されている。第1面311の反対面である第2面312には振動増幅手段部320は固定されていない。

[0081] 超音波の送受信素子300は、振動増幅手段部320における振動増幅機能を向上させるため、幅方向（長方形の短辺方向）に貫通した空間部330を有している。幅方向に貫通した空間部330は、振動増幅手段部320の凸部323と圧電素子の第1面311により挟まれて形成されている。

[0082] 振動増幅手段部320の長さ L_{10} と空間部330を含む凸部323の高さ H_{10} の比は、 L_{10} / H_{10} が $1.0 \sim 2.0$ が好ましく、 $1.2 \sim 1.8$ が好ましい。

[0083] 振動増幅手段部320は、振動増幅手段部20と同様の合成樹脂または金属からなるものが好ましい。合成樹脂または金属であれば、セラミックスと比べると耐久性は優れている。さらに軽量化と防錆性の観点からは合成樹脂が好ましい。

[0084] 図1～図4に示す超音波の送受信素子1、100、200、300は、それぞれの板状の圧電素子と振動増幅手段部の平面形状が、長方形を除いた他の多角形、円形および楕円形から選ばれる形状であるものでもよい。例えば、図6（a

）～（e）に示すような、正方形、五角形（正五角形）、六角形（正六角形）、円形、楕円形にすることもできる。これらの多角形の場合にも、それぞれの角部は図2（a）～（d）に示す形状のものにすることができる。

[0085] 図1～図4に示す超音波の送受信素子1、100、200、300は、それぞれの板状の圧電素子が厚さ方向に貫通孔を有しているものでもよい。図7（a）は、平面形状が長方形の圧電素子80Aであり、外側の枠部81と内側の厚さ方向への貫通穴82を有している。図7（b）は、平面形状が正方形の圧電素子80Bであり、外側の枠部81と内側の厚さ方向への貫通穴82を有している。図7（c）は、平面形状が正五角形の圧電素子80Cであり、外側の枠部81と内側の厚さ方向への貫通穴82を有している。

図7（d）は、平面形状が正六角形の圧電素子80Dであり、外側の枠部81と内側の厚さ方向への貫通穴82を有している。図7（e）は、平面形状が円形の圧電素子80Eであり、外側の枠部81と内側の厚さ方向への貫通穴82を有している。図7（f）は、平面形状が楕円形の圧電素子80Fであり、外側の枠部81と内側の厚さ方向への貫通穴82を有している。

[0086] 図7（a）～（f）では貫通穴82は一つであるが、圧電素子80A～80Fの強度を高めるため、枠部81の内側に2または3以上の穴が分離されて形成されたものでもよい。貫通穴82の形状は、枠部81と同じ形状でなくてもよいが、圧電素子の強度を高める点からは、円形または楕円形が好ましい。

[0087] 枠部81の幅は、圧電素子80A～80Fの強度を維持でき、振動増幅手段部を固定できる程度の幅である。例えば、図1に示す形状の振動増幅手段部20を使用するときは、第1脚部26と第2脚部27を固定できる程度の幅である。なお、振動増幅手段部は圧電素子80A～80Fに固定するものであるから、圧電素子80A～80Fの投影面積（A1）は、圧電素子80A～80Fの貫通穴82がないものの投影面積（A1）となる。このため、圧電素子80A～80Fの投影面積（A1）とそれに固定する振動増幅手段部の投影面積（A2）は、上記と同様に $A1 \leq A2$ であることが好ましく、

$A_2 / A_1 = 1.0 \sim 2.0$ がより好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 1.8$ がさらに好ましく、 $A_2 / A_1 = 1.0 \sim 1.6$ が特に好ましい。

[0088] 圧電素子として、図7(a)～(f)のように貫通穴82を有するものを使用すると、送受信素子を軽量化することができるほか、製造コストも低下させることができるため好ましい。

[0089] 次に、超音波の送受信素子の板状の圧電素子と振動増幅手段部の平面形状を正方形にした実施形態を図8(a)～(d)により説明する。

[0090] 図8(a)は、超音波の送受信素子400Aが板状の圧電素子410と振動増幅手段部420からなり、空間部430Aを有しているものであり、図1の超音波の送受信素子1に対応するものである。図8(b)は、超音波の送受信素子400Bが板状の圧電素子410と振動増幅手段部420からなり、空間部430Bを有しているものであり、図3の超音波の送受信素子100と図4の超音波の送受信素子200に対応するものである。図8(c)は、図8(a)において、2つの空間部430C、431Cを形成したものであり、図1の超音波の送受信素子1において2つの空間部を形成したものに对应するものである。図8(d)は、図8(b)において、2つの空間部430D、431Dを形成したものであり、図3の超音波の送受信素子100と図4の超音波の送受信素子200において2つの空間部を形成したものに对应するものである。

[0091] 次に、図1に示す超音波の送受信素子1の動作を説明する。圧電素子10に交流電流を流して電圧を印加すると、それにより圧電素子10は面方向（長さ方向）に伸びたり縮んだりする伸縮を繰り返す。圧電素子10の面方向（長さ方向）の伸縮による振動を受けて、振動増幅手段部20は厚さ方向（図1の上下方向）に振動する。前記上下方向の振動は空間部30によって増幅されて、超音波として送信される。

[0092] 逆に超音波を受信するときは、超音波による振動を振動増幅手段部20が受けて上下方向に振動して増幅させ、その振動を受けた圧電素子10が長さ方向に伸縮する。その後、前記伸縮により圧電素子10が電気エネルギーを発生させるため、それにより超音波を検知することができる。

[0093] 本発明の第1の側面による超音波の送受信装置は、上記した超音波の送受信素子を備えたものである。また本発明の超音波の送受信装置は、上記した超音波の送受信素子を多数組み合わせたフェーズドアレイ型の超音波の送受信装置にすることもでき、特に平面形状が長方形のものがフェーズドアレイ型の超音波の送受信装置に適している。フェーズドアレイ型の超音波の送受信装置にするときは、多数の送受信素子1が並列に配置されたものにすることができる。

[0094] (1) 図10～図13に示す超音波の送受信素子

[0095] 本発明の第2の側面および第3の側面による超音波の送受信素子500の実施形態を図10～図13により説明する。超音波の送受信素子500は、板状の圧電素子510と振動増幅手段部となる樹脂部520を有している。

[0096] 板状の圧電素子510は、交流電圧を印加することで面方向（直径方向）に伸縮する性質を有しているものである。板状の圧電素子510は平面形状が円形であるが、円形に限定されるものではなく、使用形態に応じた形状を選択することができる。例えば、三角形、四角形、五角形、六角形などの多角形、楕円形などから選択することができる。

[0097] 圧電素子510は、公知のチタン酸ジルコン酸亜鉛（PZT）、チタン酸ジルコン酸ランタン鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウムなどの圧電セラミックス素子からなるものが好ましく、PZTがより好ましい。圧電素子510は、使用時には図示していないリードワイヤやフレキシブルケーブルなどを介して電源と電氣的に接続される。

[0098] 図11(a)、(b)に示す実施形態では、振動増幅手段部となる樹脂部520は、環状平面部521と環状平面部521の内側に形成されたドーム部522を有している。図11(a)、(b)に示す実施形態では、振動増幅手段部となる樹脂部520の環状平面部521のみが板状の圧電素子510の第1面511に対して固定されており、第1面511とドーム部522の間に内部空間515が形成されている。図11(a)は、ドーム部522が半球形状のものであり、図11(b)は、ドーム部522の頂点部分が平坦面522aになっているものである。

[0099] 図12(a)は、ドーム部522の内部空間515が密閉空間である実施形態（第2の側面による）を示している。図12(b)は、ドーム部522が開口部523を有しており、ドーム部522の内部空間515が密閉されておらず、外部と連通された実施形態（第3の側面）を示している。開口部523は、1または2以上が形成されていてもよい。

[0100] 図13(a)、(b)に示す送受信素子600の実施形態では、振動増幅手段部となる樹脂部620は、円形基板部621と円形基板部621の上に形成されたドーム部622を有している。図13(a)、(b)に示す実施形態では、振動増幅手段部となる樹脂部620の円形基板部621の全面が板状の圧電素子610の第1面611に対して固定されており、円形基板部621とドーム部622間に内部空間615が形成されている。図13(a)は、ドーム部622が半球形状のものであり、図13(b)は、ドーム部622の頂点部分が平坦面622aになっているものである。

[0101] 図13(a)、(b)に示す実施形態の送受信素子600は、図12(a)に示すように密閉された内部空間515を有しているもの（第2の側面による）でもよいし、図12(b)に示すように開口部523を有する内部空間515を有しているもの（第3の側面による）でもよい。

[0102] 図10～図13に示す振動増幅手段部となる樹脂部520、620は、平面形状が円形のほか、使用状態に応じた形状を選択することができる。例えば、三角形、四角形、五角形、六角形などの多角形、楕円形、不定形などから選択することができるが、板状の圧電素子510、610と同じ形状であることが好ましい。

[0103] 図10～図12に示す樹脂部520の環状平面部521の外径 d_{11} と、樹脂部520のドーム部522の外径 d_{12} の比(d_{12}/d_{11})は、超音波の送受信素子500の送受信性能を高める観点から、0.4～0.8が好ましく、0.5～0.7がより好ましい。図13に示す樹脂部620も同様である。

[0104] 図10～図12に示す樹脂部520の環状平面部521の外径 d_{11} と、樹脂部520のドーム部522の頂点の圧電素子の第1面511からの高さ h_{11} との比($h_{11}/$

d11) は、超音波の送受信素子500の送受信性能を高める観点から、0.05～0.3が好ましく、0.1～0.2がより好ましい。図13に示す樹脂部620も同様である。

[0105] 図10～図12に示す超音波の送受信素子500において、板状の圧電素子510の厚みは超音波の送受信素子500の大きさにより異なるが、超音波の送受信素子500の外径（板状の圧電素子510と樹脂部520の外径。但し、板状の圧電素子510の外径と樹脂部520の外径の大きな方の外径）d11が10mmのとき、0.5～3mmが好ましく、0.5～1.5mmがより好ましい。図10～図12に示す超音波の送受信素子500において、樹脂部520（環状平面部521）の厚みは超音波の送受信素子500の大きさにより異なるが、超音波の送受信素子500の外径（板状の圧電素子510と樹脂部520の外径）d11が10mmのとき、0.5～3mmが好ましく、0.5～1.5mmがより好ましい。図13に示す超音波の送受信素子600も同様である。

[0106] 図10～図12に示す超音波の送受信素子500において、板状の圧電素子510の厚みと樹脂部520（環状平面部521）の厚みは、同じであるか、近似した厚みであることが好ましい。図10～図12に示す超音波の送受信素子500において、超音波の送受信素子500の厚み（板状の圧電素子510と環状平面部521の合計厚み）t11と、超音波の送受信素子500の外径（板状の圧電素子510と樹脂部520の外径。但し、板状の圧電素子510の外径と樹脂部520の外径の大きな方の外径）d11の比（ $t11/d11$ ）は、0.05～0.3が好ましく、0.1～0.2がより好ましい。図13に示す超音波の送受信素子600も同様である。

[0107] 図10～図12に示す超音波の送受信素子500において、板状の圧電素子510と樹脂部520は同じ大きさまたは異なる大きさにすることができるが、圧電素子510の投影面積（垂直方向からの投影面積）（A11）と樹脂部520の投影面積（垂直方向からの投影面積）（A12）は $A12 \geq A11$ であることが好ましく、 $A12/A11 = 1.0 \sim 8.0$ がより好ましく、 $A12/A11 = 1.0 \sim 7.0$ がさらに好ましく、 $A12/A11 = 1.0 \sim 6.5$ が特に好ましい。図1

3に示す超音波の送受信素子600も同様である。

[0108] 樹脂部520、620を構成する樹脂（合成樹脂）としては、本発明の第1の側面に関して先に述べたと同じものを使用することができる。

[0109] 樹脂部520、620を構成する合成樹脂は、本発明の第1の側面に関して先に述べたと同じ公知の繊維状または粒状充填材を配合することができる。

[0110] 合成樹脂に対する繊維状または粒状充填材の配合量は、合成樹脂と充填材の合計量中、充填材の含有割合は5～60質量%が好ましく、10～50質量%がより好ましい。

[0111] 樹脂部520、620を構成する合成樹脂が繊維状充填材を含有するときは、繊維状充填材が一方向に配向された状態で熱可塑性樹脂により一体成形された複合体からなるテープを使用することができる。このようなテープとしては、本発明の第1の側面に関して先に述べたと同じものを使用して、同様に製造することができる。テープを使用する場合には、同じ方向に複数枚のテープを並べて張り合わせた後、厚さ方向に円形になるように切断して使用する。または角度を変えて複数枚のテープを重ねて張り合わせた後、厚さ方向に円形になるように切断して使用する。

[0112] 樹脂部520、620を構成する合成樹脂には、さらに必要に応じて、着色剤（染料および顔料）、滑剤、安定剤（酸化防止剤、紫外線吸収剤、熱安定剤、光安定剤など）、帯電防止剤、難燃剤、難燃助剤、アンチブロッキング剤などを配合することができる。

[0113] 図10～図12に示す超音波の送受信素子500は、公知の熱可塑性樹脂系の接着剤、熱硬化性樹脂系接着剤を使用して、圧電素子510の第1面511と、射出成形などの方法により得られた樹脂部520の環状平面部521を貼り合わせることで製造することができる。また、図10～図12に示す超音波の送受信素子500には、図10において、板状の圧電素子510の第1面511と反対側の第2面512のそれぞれに、樹脂部520の環状平面部521が固定されたものも含まれる。図13に示す超音波の送受信素子600も同様である。

[0114] 次に、図10～12に示す超音波の送受信素子500の動作を説明する。圧電

素子510に交流電流を流して電圧を印加すると、それにより圧電素子510は面方向（直径方向）に伸びたり縮んだりすることを繰り返す。圧電素子510の直径方向の伸縮による振動を受けて、樹脂部520は厚さ方向（上下方向）に振動する。前記上下方向の振動はドーム部522によって増幅されて、超音波として送信される。

[0115] 逆に超音波を受信するときは、超音波による振動を樹脂部520（ドーム部522）が受けて上下方向に振動して増幅させ、その振動を受けた圧電素子510が直径方向に伸縮する。その後、前記伸縮により圧電素子510が電気エネルギーを発生させるため、それにより超音波を検知することができる。

[0116] （2）図14に示す超音波の送受信素子

[0117] 図10～図13の超音波の送受信素子1とは異なる、本発明の第2の側面および第3の側面による超音波の送受信素子の実施形態を図14により説明する。図14に示す送受信素子700、800は、平面形状が異なるほかは、材質、 d_{22}/d_{21} 、 h_{21}/d_{21} 、 t_{21}/d_{21} 、 A_{22}/A_{21} は、図10～図12に示す送受信素子500と同じである。ここで、 t_{21} は、超音波の送受信素子700の厚み（板状の圧電素子710と環状平面部721の合計厚み）である。なお、平面形状が長方形の実施形態では d_{21} は長辺の長さ、平面形状が五角形以上の多角形の実施形態では d_{21} は最大径（最大対角線）の長さ、平面形状が楕円形の実施形態では d_{21} は長径の長さである。

[0118] 図14（a）、（b）に示す送受信素子700は、図10、図11に示す送受信素子500とは、平面形状が異なるほかは、同じものである。図14（a）、（b）に示す超音波の送受信素子700は、板状の圧電素子710と振動増幅手段部となる樹脂部720を有しており、板状の圧電素子710と樹脂部720は、いずれも平面形状が正方形のものである。

[0119] 樹脂部720は、矩形の環状平面部721と環状平面部721の内側に形成された矩形のドーム部722を有している。図14（a）、（b）に示す実施形態では、樹脂部720の環状平面部721のみが板状の圧電素子710の第1面711に対して固定されており、第1面711とドーム部722の間に内部空間715が形成されている。

。

[0120] 図14(a)、(b)は、ドーム部722の内部空間715が密閉空間である実施形態(第2の側面による)を示しているが、図12(b)のように、ドーム部722が開口部を有しており、ドーム部722の内部空間715が密閉されておらず、外部と連通された実施形態(第3の側面による)のものでもよい。

[0121] 図14(c)に示す送受信素子800の実施形態では、樹脂部820は、基板部(正方形の基板部)821と基板部821の上に形成されたドーム部822を有している。図14(c)に示す実施形態では、樹脂部820の基板部821の全面が板状の圧電素子810の第1面811に対して固定されており、基板部821とドーム部822の間に内部空間815が形成されている。図14(c)に示す実施形態の送受信素子800は、図12(a)に示すように密閉された内部空間を有しているものでもよいし、図12(b)に示すように開口部を有する内部空間を有しているものでもよい。

[0122] 図14(a)～(c)に示す送受信素子700、800は、図10～図12に示す送受信素子500と同様に動作する。

[0123] 本発明の第2の側面および第3の側面による送受信素子は、圧電素子と樹脂部の組み合わせからなるものであるため、特開2004-128813号公報のように金属を使用したものと比べると、小型化と軽量化ができるようになり、錆が発生するという問題が無く、電気絶縁性もある。さらに特開2013-88234号公報のセラミックスを使用したものと比べると、耐久性も高い。

[0124] 本発明の第2の側面および第3の側面による送受信素子は、高湿度雰囲気中における使用や、電気絶縁性が要求されるような状態での使用に適しており、その他、酸やアルカリを含む水中、活火山を含めて酸性ガスが噴出している場所のように金属を腐食させるような状況において超音波を発信するような用途に使用するときにも適している。

[0125] 本発明の第2の側面および第3の側面による超音波の送受信装置は、上記した超音波の送受信素子を備えたものである。また本発明の第2の側面およ

び第3の側面による超音波の送受信装置は、上記した超音波の送受信素子を多数組み合わせたフェーズドアレイ型の超音波の送受信装置にすることもできる。

- [0126] フェーズドアレイ型の超音波の送受信装置にするときは、例えば平面形状が円形、四角形、六角形などの超音波の送受信素子を使用するときは、全体がハニカム状になるように多数の送受信素子が配置されたもの、例えば平面形状が長方形の超音波の送受信素子を使用するときは、多数の送受信素子が並列に配置されたものにすることができる。また、平面形状が四角形（好ましくは長方形）の超音波の送受信素子を使用するときは、多数の送受信素子が並列に配置されたものにすることができる。

実施例

- [0127] 実施例1～5および比較例1

表1に示す材質および形状からなる送受信素子を製造した。各例とも圧電素子は、同じもの（PZT；（株）富士セラミックス C213）である。

- [0128] （圧電素子の寸法）

実施例1～3と比較例1：縦（長さ）17mm、横（幅）5mm、厚み0.5mm

実施例4：縦（長さ）17mm、横（幅）10mm、厚み0.5mm

- [0129] （振動増幅手段部の寸法）

実施例1（図1）：振動増幅手段部20の縦（長さ） $L = 17\text{ mm}$ 、横（幅）5mm、空間部30長さ $L_1 = 9\text{ mm}$ 、高さ $H = 2\text{ mm}$ 、空間部30高さ $H_1 = 1\text{ mm}$

実施例2（図3）：振動増幅手段部120の縦（長さ）長さ $L = 17\text{ mm}$ 、横（幅）5mm、空間部130長さ $L_2 = 9\text{ mm}$ 、高さ $H = 3\text{ mm}$ 、空間部130高さ $H_2 = 1\text{ mm}$

実施例3（図4）：振動増幅手段部220の縦（長さ） $L = 17\text{ mm}$ 、横（幅）5mm、空間部230の長さ $L_3 = 9\text{ mm}$ 、高さ $H = 4.75\text{ mm}$ 、空間部230の高さ $H_3 = 1\text{ mm}$

実施例 4、5（図 5）：振動増幅手段部 320 の縦（長さ） $L_{10} = 30 \text{ mm}$ 、横（幅） 10 mm 、空間部 330 の高さ $H_{10} = 2 \text{ mm}$ 、第 1 平板部 321 と第 2 平板部 322 長さ = それぞれ 10.5 mm 、平面部 324 長さ 7 mm

比較例 1：縦（長さ） 17 mm 、横（幅） 5 mm 、高さ 4.75 mm の直方体（空間部なし）

[0130] 実施例 5 を除いて、各例とも振動増幅手段部は射出成形して得た。実施例 5 の振動増幅手段部は、アルミニウム（A5052）板を切削加工で作製した。各例とも、圧電素子と振動増幅手段部は、いずれも同量のハンツマン・ジャパン（株）製の「Araldite スタンダード」で接着した。

[0131] 実施例と比較例の送受信素子を使用して、図 9（a）、（b）に示す装置により音圧を測定した。なお、圧電素子（PZT）にはリードワイヤが接続された電極をはんだ付けした。平坦な床面 40 上に第 1 固定台 50 と第 2 固定台 51 を置き、第 1 固定台 50 に送受信素子 1 を固定し、第 2 固定台 51 にマイク 60 を固定した。送受信素子 1 は、送受信素子 1 の長さ方向が図 9 の上下方向になるように置いた。

[0132] 送受信素子 1 とマイク 60 の距離は 1 m 、いずれも床面 40 からの高さ 1 m の位置に固定した。なお、床面 40 からの音響反射がないことを予め確認した。送受信素子 1 に通電したときに送信される超音波を音圧としてマイク 60 で測定した。

[0133] また、実施例 4 については、素子 1 の中心 O が固定された状態で、図 9（c）の軸 Y に沿う位置から軸 Z に沿う位置まで 10° ずつ変化させて、 $+60^\circ \sim -60^\circ$ まで合計 13 箇所の位置においても測定した。

[0134]

[表1]

	振動増幅手 段部の材質	形状	投影面積(A1) (cm ²)	投影面積(A2) (cm ²)	周波数 (kHz)	音圧 (Pa)	音圧／投影面積 (Pa／cm ²)
実施例 1	PPS/CF30%	図 1	0.85	0.85	29.6	5	5.5
実施例 2	PPS/CF30%	図 3	0.85	0.85	31.9	6	6.6
実施例 3	PPS/CF30%	図 4	0.85	0.85	39.9	20	23.5
実施例 4	PPS/CF30%	図 5	1.7	3.0	21.5	71	23.3
実施例 5	A5052	図 5	1.7	3.0	43.0	21	7.1
比較例 1	PPS/CF30%	直方体 (空間部なし)	0.85	0.85	39.9	3	3.5

[0135]

[表2]

角度(°)	音圧(Pa)
-60(Y)	5.2
-50	5.6
-40	7.5
-30	9.9
-20	14.6
-10	20.7
0	22.6
10	20.9
20	16.7
30	12.5
40	9.4
50	7.3
60(Z)	4.7

[0136] PPS/CF30%は、PPS70質量%とCF（炭素繊維）30質量%からなるものを示す。なお、振動増幅手段部中、CFは配向されておらず、ランダム状態で含有されている。以下の実施例において繊維状充填材を含むものも同様である。投影面積は、実施例1～3（図1、図3、図4）と比較例1は平面積であり、実施例4、5（図5）は、第1傾斜面部325aと第2傾斜面部325bも平面で見たときの面積であることを示している。周波数は、素子ごとの共振周波数を示す。共振周波数は素子の形状や大きさにより異なる。

[0137] 実施例と比較例との対比から、空間部の有無により音圧に違いが生じることが確認できた。

[0138] 実施例6（受信感度）、比較例2

実施例6は、図4と同じ貫通孔を有する構造の送受信素子1を受信側素子1A、送信側素子1Bとして使用した。

[0139] （送受信素子）

圧電素子：（株）富士セラミックスのC213（長さ17mm、幅5mm、

厚み 0.5 mm)

振動増幅手段部：図 15 に示す寸法のもの（PPS/CF 30%）

[0140] 比較例 2 は、受信側素子 1 A に代えて、市販の受信素子（日本セラミック（株）の PR40-18N）を受信側素子として使用した。

[0141] 図 16 に示すとおり、受信側素子 1 A と送信側素子 1 B をそれぞれの振動増幅手段部が対向するように水平台上に配置した。図 16 に示す状態にて、送信側素子 1 B から発信した超音波を受信側素子 1 A で受信して計測した。

[0142] 送信側素子 1 B からの発信は、送信側素子 1 B の圧電素子側から 30 cm の位置においた超音波マイクによって、130 dB の発信強度を有する 40 kHz の周期電圧をかけて行った。受信側素子 1 A と送信側素子 1 B の距離を 10 cm ~ 100 cm の間で変化させたときの受信電圧をオシロスコープにより検出して、受信感度を評価した。結果を表 3 に示す。

[0143] [表 3]

	距離(cm)	10	20	30	100
実施例 6	受信感度 (mVpp)	248	130	84	26
比較例 2		134	62	40	11

[0144] 実施例 6 と比較例 2 では、距離に拘わらず実施例 6 の受信感度が高かった。また、実施例 6 は、距離 10 cm を基準としたときの感度の低下率も小さかった。

[0145] 実施例 7（指向性）

実施例 6 と同じ送受信素子を使用して、図 9（a）、（b）に示す装置により実施例 4 と同様にして音圧を測定した。但し、送受信素子は、送受信素子の長さ方向が図 9 の上下方向と直交する方向になるように置き、マイク 60 との距離は 30 cm とし、+90° ~ -90° まで 10° ずつ変化させた。結果を図 17 に示す。図 17 は、正面（角度 0°）の音圧を 0 dB としたときの音圧の変化を示している。

[0146] 実施例 8 ～ 11（共振周波数の制御）

実施例 6 と同じ送受信素子であり、振動増幅手段部が図 18 に示す寸法のものを使用した。図 9（a）に示す装置を使用して、送受信素子に対して 10 ～ 60 kHz の周波数の交流電圧を印加したときの最も音圧の高い周波数を共振周波数として測定した。但し、送受信素子は、送受信素子の長さ方向が図 9 の上下方向と直交する方向になるように置き、送受信素子とマイク 60 との距離は 30 cm とした。結果を表 4 に示す。

[0147] [表4]

	振動増幅手段部の材質	共振周波数 (kHz)
実施例 8	PPS	18
実施例 9	PPS/CF10%	22
実施例 10	PPS/CF20%	31
実施例 11	PPS/CF30%	36

[0148] 表 4 から明らかなとおり、同形状で同寸法の送受信素子であっても、材質を変化させることで共振周波数を変えることができた。この結果から、材質を変化させることで共振周波数を制御できることが確認できた。

[0149] 実施例 12 ～ 16

図 8（d）に示す送受信素子であり、図 19 に示す形状および寸法の送受信素子を使用した。

[0150] （送受信素子）

圧電素子：（株）富士セラミックスの C213（長さ 17 mm、幅 5 mm、厚み 0.5 mm）

振動増幅手段部：図 19 に示す寸法のもの。

[0151] 図 9（a）に示す装置を使用して、送受信素子に対して 10 ～ 100 kHz の周波数の交流電圧を印加したときの最も音圧の高い周波数を共振周波数

として測定した。但し、送受信素子とマイク60との距離は30cmとした。その後、共振周波数において高電圧を印加したときの音圧（dB）を測定した。結果を表5に示す。

[0152] [表5]

	振動増幅手段部の材質	共振周波数	最大音圧(電圧)	単位電圧当たりの最大音圧
		kHz	dB(V _{p-p})	dB/V _{p-p}
実施例12	PC	35	120(218)	0.55
実施例13	PPS	40	128(96)	1.33
実施例14	PPS/GF40%	47	132(128)	1.03
実施例15	PPS/CF30%	42	125(188)	0.73
実施例16	真鍮	20	139(300)	0.46

[0153] 表5から明らかなとおり、同形状で同寸法の送受信素子であっても、材質を変化させることで共振周波数を変えることができ、最大音圧を変えることができた。

[0154] 実施例17および比較例3

表6に示す材質からなる送受信素子（図11）を製造した。実施例17と比較例3は、材質が異なるほかは、同一形状および同一大きさのものである。実施例17の樹脂部は射出成形して得た。実施例17の圧電素子と樹脂部（PPS）、比較例3の圧電素子とアルミニウムは、いずれも同量のハンツマン・ジャパン（株）製の「Araldite スタンダード」で接着した。

[0155] (圧電素子510)

材質：PZT（（株）富士セラミックス C213）

外径：10mm

厚さ：1mm

[0156] (樹脂部520〔比較例3はアルミニウム〕)

外径（環状平面部の外径）d11：10mm

ドーム部外径d12：6mm

ドーム部高さ h_{11} : 2 mm

厚さ : 1 mm

PPS : ポリプラスチック製 ジュラファイド 2130A1

[0157] 実施例 17 と比較例 3 の送受信素子を使用して、図 9 (a)、(b) に示す装置により音圧を測定した。但し、図 9 (a) における「送受信素子 1」は「送受信素子 500」とする。

[0158] 平坦な床面 40 上に第 1 固定台 50 と第 2 固定台 51 を置き、第 1 固定台 50 に送受信素子 500 を固定し、第 2 固定台 51 にマイク 60 を固定した。送受信素子 500 とマイク 60 の距離は 1 m、いずれも床面 40 からの高さ 1 m の位置に固定した。なお、床面 40 からの音響反射がないことを予め確認した。送受信素子 500 に通電したときに送信される超音波を音圧としてマイク 60 で測定した。

[0159] [表 6]

	圧電素子	樹脂部	共振周波数 (kHz)	電流 (0-p) (mA)	電圧 (V)	音圧 (Pa)
実施例 17	PZT	PPS	39	51	11	1.08
			61	40	15	0.08
比較例 3	PZT	アルミニウム (A5052)	34	25	12	0.03
			98	128	15	0.11

[0160] 実施例 17 は、圧電素子 (PZT) にリードワイヤが接続された電極をはんだ付けした後、共振周波数の確認をしたところ、39kHz、61kHz に共振点を確認した。39kHz で徐々に電圧を印加したとき、音圧の最大点は 1.08Pa で、そのときの電流、電圧は 51mA、11V であった。61kHz で徐々に電圧を印加し、音圧の最大点は 0.08Pa で、そのときの電流、電圧は 40 mA、15V であった。

[0161] 比較例 3 は、圧電素子 (PZT) にリードワイヤが接続された電極をはんだ付けした後、共振周波数の確認をしたところ、34kHz、98kHz に共振点を確認した。34kHz で徐々に電圧を印加し、音圧の最大点は 0.03Pa で、そのときの電流、電圧は 25mA、12V であった。98kHz で徐々に電圧を印加し、音圧の最大

点は0.08Paで、そのときの電流、電圧は128 mA、15Vであった。

[0162] 比較例3では、実施例17と比べると、いずれの周波数でも高い音圧は得られなかった。なお、実施例17と比較例3の送受信素子の共振点の違いは、実施例17（PPS）と比較例3（アルミニウム）で構成材料が異なることによるものである。

産業上の利用可能性

[0163] 本発明の超音波の送受信素子とそれを使用した超音波の送受信装置は、被測定物までの正確な距離を測定するための手段として使用することができる。

[0164] そのほか、防犯用センサ、自動車用障害物検知センサ、自動走行台車（ロボット台車）、ドローンなどの障害物および距離検知センサ、自動手洗い機用センサ、自動ドアセンサなどの各種人検知センサ、自動車洗車機用などの各種物体移動検知センサ、踏切の自動車検知センサ、駐車場の管理システム用センサ、ゴルフカート衝突防止用センサ、モノレール用車両衝突防止センサ、ヘリコプター用障害物検知センサ、果樹などへの無人薬剤散布センサ、スポットクーラー用人追尾センサ、コンベア上の物体検出センサ、入浴者の安全監視センサ、介護および福祉施設などにおける人の見守りセンサ、冷凍庫、サウナ風呂などにおける人の安全監視センサ、容器内の内容物量の検知センサ、コピー機における紙の二枚送り検知センサおよび紙切れ検知センサなどに使用することができる。

[0165] さらにその他の用途として、屋内および屋外におけるねずみなどの小動物の忌避装置、屋外における鳥（カラスなど）、猪、鹿、猿、害虫などの忌避装置として使用することができる。

符号の説明

[0166] 1 超音波の送受信素子
10 圧電素子
20 振動増幅手段部
21 底面

2 2 第 1 側面

2 3 第 2 側面

2 4 第 1 端面

2 5 第 2 端面

2 6 第 1 脚部

2 7 第 2 脚部

3 0 空間部

5 0 0、6 0 0、7 0 0、8 0 0 送受信素子

5 1 0、6 1 0、7 1 0、8 1 0 圧電素子

5 1 5、6 1 5、7 1 5、8 1 5 内部空間

5 2 0、6 2 0、7 2 0、8 2 0 樹脂部

5 2 1、6 2 1、7 2 1、8 2 1 環状平板部

5 2 2、6 2 2、7 2 2、8 2 2 ドーム部

請求の範囲

- [請求項1] 平面形状が多角形、円形および楕円形から選ばれる形状である板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の第1面側に固定された、平面形状が多角形、円形および楕円形から選ばれる形状の成形体からなる振動増幅手段部を有する超音波の送受信素子であって、
- 前記振動増幅手段部が、一側面から対向する他の側面まで貫通して形成された1または複数の空間部を有しているものである、超音波の送受信素子。
- [請求項2] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形であり、
- 前記圧電素子が長辺長さ／短辺長さ＝1.2～5.0のものであり、
- 前記圧電素子の投影面積（ A_1 ）と前記振動増幅手段部の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ の関係を有しているものであり、
- 前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部の一側面から対向する他の側面まで形成された凹部と、前記圧電素子の第1面で形成されたものである、請求項1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項3] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形であり、
- 前記圧電素子が長辺長さ／短辺長さ＝1.2～5.0のものであり、
- 前記圧電素子の投影面積（ A_1 ）と前記振動増幅手段部の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ の関係を有しているものであり、
- 前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部のみを一側面から対向する他の側面まで貫通して形成されたものである、請求項1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項4] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形であり、

前記圧電素子が長辺長さ／短辺長さ＝1.2～5.0のものであり、

前記圧電素子の投影面積（A1）と前記振動増幅手段部の投影面積（A2）が $A1 \leq A2$ の関係の有しているものであり、

前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部のみを一側面から対向する他の側面まで貫通して形成されたものであり、かつ、前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部の前記圧電素子側の第1面から厚さ方向反対側の第2面までの厚さ範囲のうち、中間位置または前記圧電素子に近い位置に形成されているものである、請求項1記載の超音波の送受信素子。

[請求項5] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形であり、前記圧電素子が長辺長さ／短辺長さ＝1.2～5であり、および前記圧電素子の投影面積（A1）と前記振動増幅手段部の投影面積（A2）が $A1 \leq A2$ であり、

前記振動増幅手段部が、長さ方向両端側の第1平板部と第2平板部を有しており、さらに第1平板部と第2平板部の間に凸部を有しているものであり、

前記第1平板部と前記第2平板部が前記圧電素子の第1面に固定されており、

前記凸部と前記圧電素子の第1面との間に幅方向に貫通した空間部を有している、請求項1記載の超音波の送受信素子。

[請求項6] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形を除いた多角形、円形および楕円形から選ばれる形状であり、

前記圧電素子の投影面積（A1）と前記振動増幅手段部の投影面積（A2）が $A1 \leq A2$ の関係の有しているものであり、

前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段の一側面から対向する他の側面まで形成された凹部と、前記圧電素子の第1面で形成されたものである、請求項1記載の超音波の送受信素子。

- [請求項7] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形を除いた多角形、円形および楕円形から選ばれる形状であり、
前記圧電素子の投影面積（ A_1 ）と前記振動増幅手段部の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ の関係を有しているものであり、
前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部のみを一側面から対向する他の側面まで貫通して形成されたものである、請求項1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項8] 前記圧電素子と前記振動増幅手段部の平面形状がいずれも長方形を除いた多角形、円形および楕円形から選ばれる形状であり、
前記圧電素子の投影面積（ A_1 ）と前記振動増幅手段部の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ の関係を有しているものであり、
前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部のみを一側面から対向する他の側面まで貫通して形成されたものであり、かつ、前記貫通した空間部が、前記振動増幅手段部の前記圧電素子側の第1面から厚さ方向反対側の第2面までの厚さ範囲のうち、中間位置または前記圧電素子に近い位置に形成されているものである、請求項1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項9] 前記板状の圧電素子が、厚さ方向に貫通した穴を有しているものである、請求項1～8のいずれか1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項10] 前記振動増幅手段部が、合成樹脂または金属からなるものである、請求項1～8のいずれか1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項11] 前記振動増幅手段部が、繊維状充填材を含有する合成樹脂からなるものである、請求項1～8のいずれか1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項12] 前記振動増幅手段部が熱可塑性樹脂からなるものであり、前記熱可塑性樹脂が、ポリフェニレンスルフィド（PPS）樹脂またはポリエーテルエーテルケトン（PEEK）樹脂から選ばれるものである、請求項1～8のいずれか1記載の超音波の送受信素子。
- [請求項13] 請求項1～12のいずれか1項に記載の超音波の送受信素子を備え

た超音波の送受信装置。

[請求項14] 板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の少なくとも一面に固定された、振動増幅手段部となる樹脂部を有する超音波の送受信素子であって、

前記樹脂部が、前記樹脂部と前記板状の圧電素子で囲まれた内部空間を形成できるように固定されたものであり、

前記内部空間が密閉空間である、超音波の送受信素子。

[請求項15] 板状の圧電素子と、前記板状の圧電素子の少なくとも一面に固定された、振動増幅手段部となる樹脂部を有する超音波の送受信素子であって、

前記樹脂部が、前記樹脂部と前記板状の圧電素子で囲まれた内部空間を形成できるように固定されたものであり、

前記樹脂部が開口部を有しており、前記内部空間が外部と連通されているものである、超音波の送受信素子。

[請求項16] 前記樹脂部が、環状平面部と前記環状平面部の内側に形成されたドーム部を有しており、前記ドーム部の内側に空間が形成されているものである、請求項14または15記載の超音波の送受信素子。

[請求項17] 前記圧電素子と前記樹脂部の平面形状が、いずれも円形、楕円形または多角形であり、

前記圧電素子の投影面積（ A_1 ）と前記樹脂部の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ である、請求項14または15記載の超音波の送受信素子。

[請求項18] 前記圧電素子と前記樹脂部の平面形状がいずれも円形、楕円形または多角形であり、

前記圧電素子の投影面積（ A_1 ）と前記樹脂部の投影面積（ A_2 ）が $A_1 \leq A_2$ であり、

前記樹脂部の環状平面部の外径（ d_1 ）と前記樹脂部のドーム部の外径（ d_2 ）の比（ d_2/d_1 ）が0.4～0.8である、請求項1

4 または 1 5 記載の超音波の送受信素子。

[請求項19] 前記圧電素子と前記樹脂部の平面形状がいずれも円形、楕円形または多角形であり、

前記圧電素子の投影面積 (A_1) と前記樹脂部の投影面積 (A_2) が $A_1 \leq A_2$ であり、

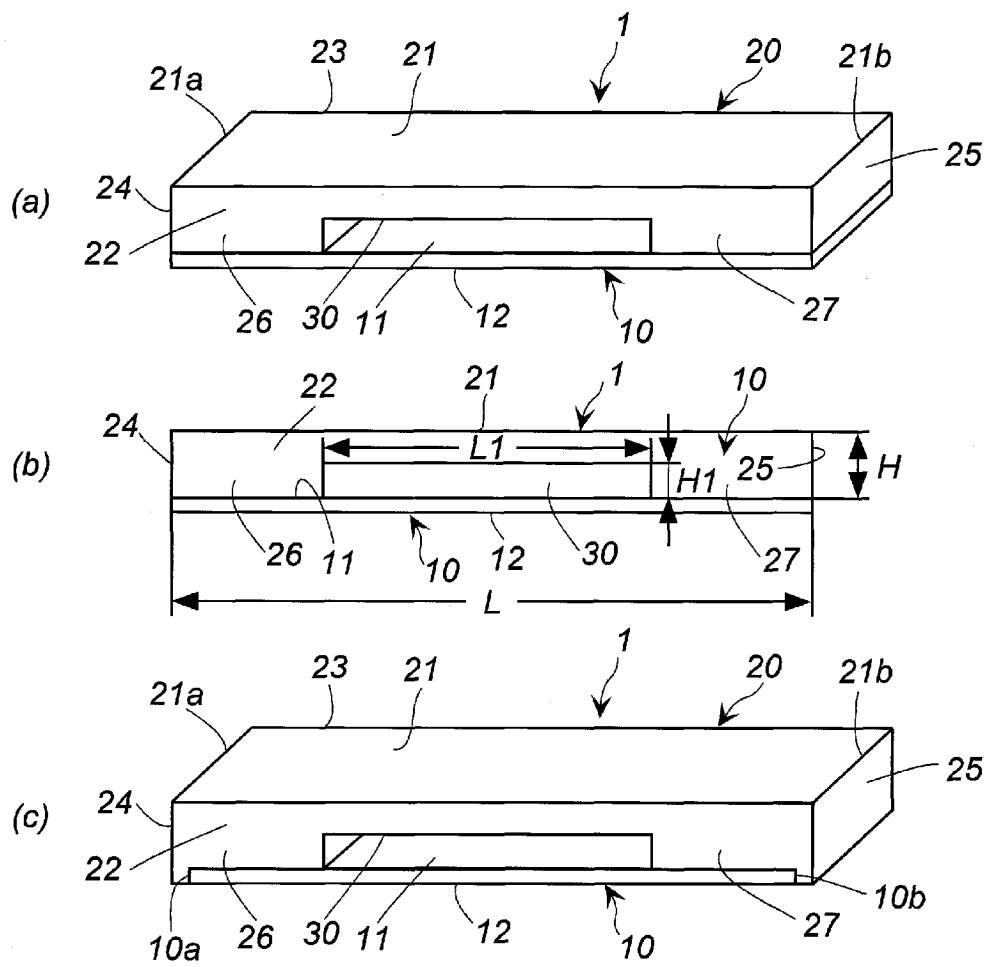
前記樹脂部の環状平面部の外径 (d_1) と前記樹脂部のドーム部の頂点の前記圧電素子の第 1 面からの高さ (h_1) との比 (h_1 / d_1) が 0.05 ~ 0.3 である、請求項 1 4 または 1 5 記載の超音波の送受信素子。

[請求項20] 前記圧電素子が圧電セラミックス素子からなるものであり、前記樹脂部が、ポリフェニレンスルフィド (PPS) 樹脂またはポリエーテルエーテルケトン (PEEK) 樹脂からなるものである、請求項 1 4 または 1 5 記載の超音波の送受信素子。

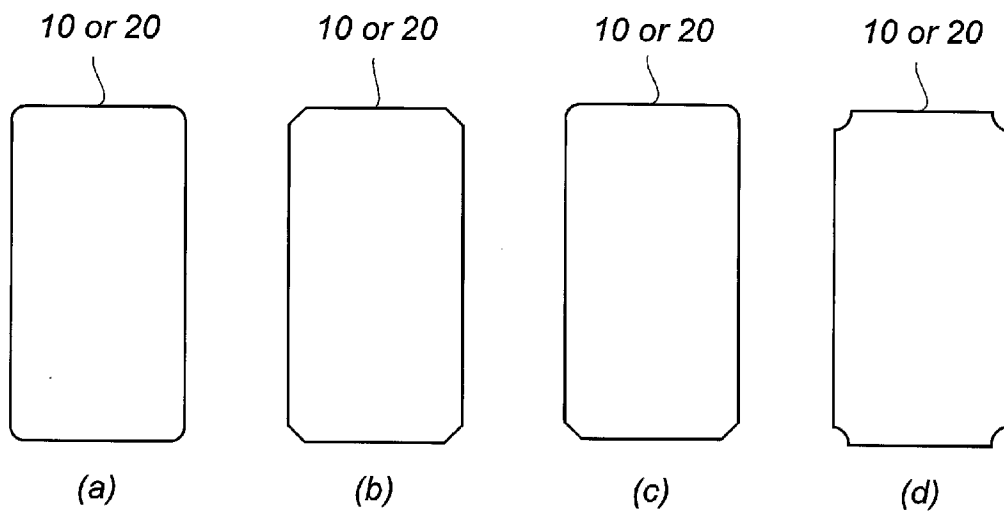
[請求項21] 前記樹脂部が繊維状充填材を含有している、請求項 1 4 または 1 5 記載の超音波の送受信素子。

[請求項22] 請求項 1 4 または 1 5 記載の超音波の送受信素子を備えた超音波の送受信装置。

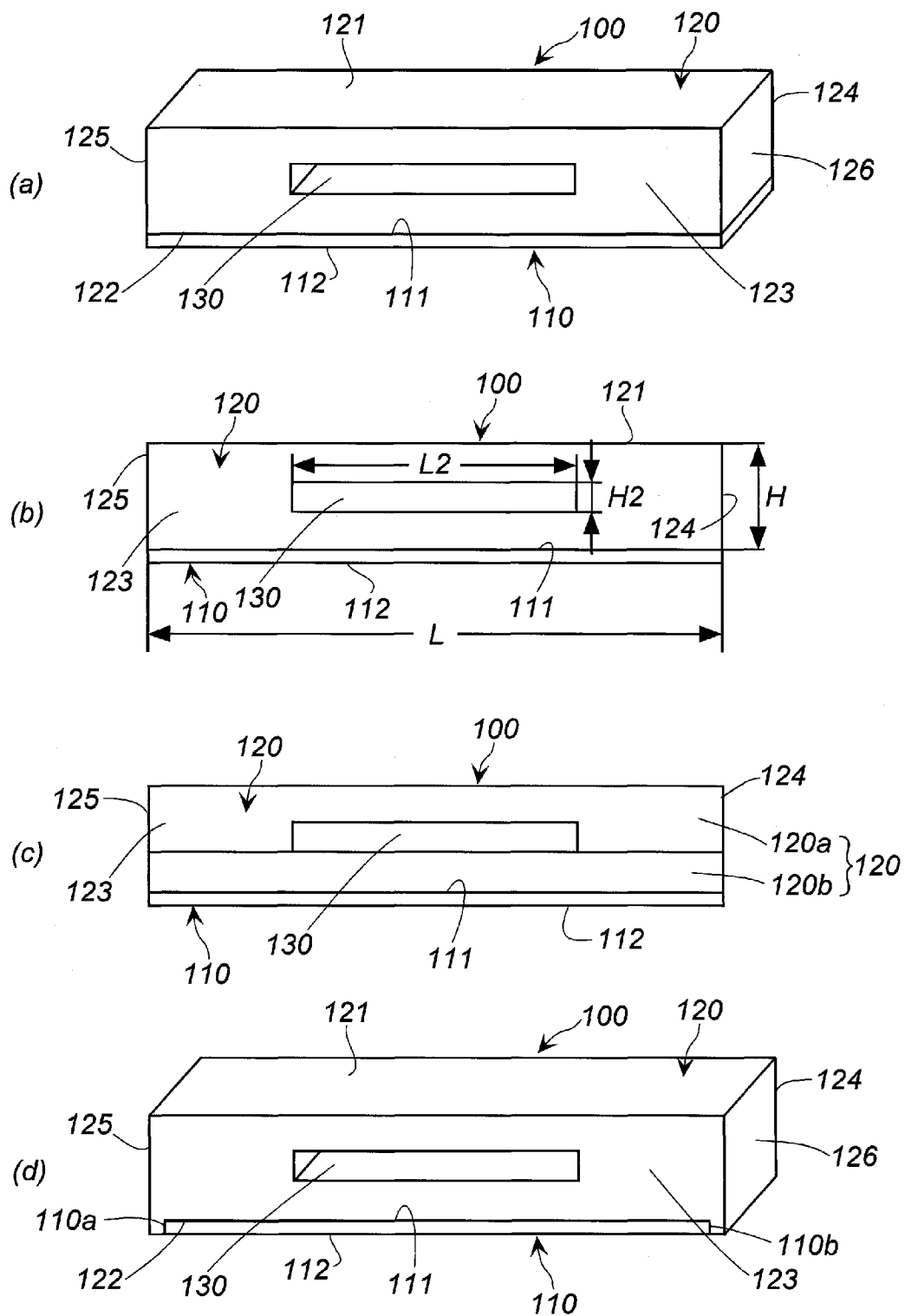
[図1]



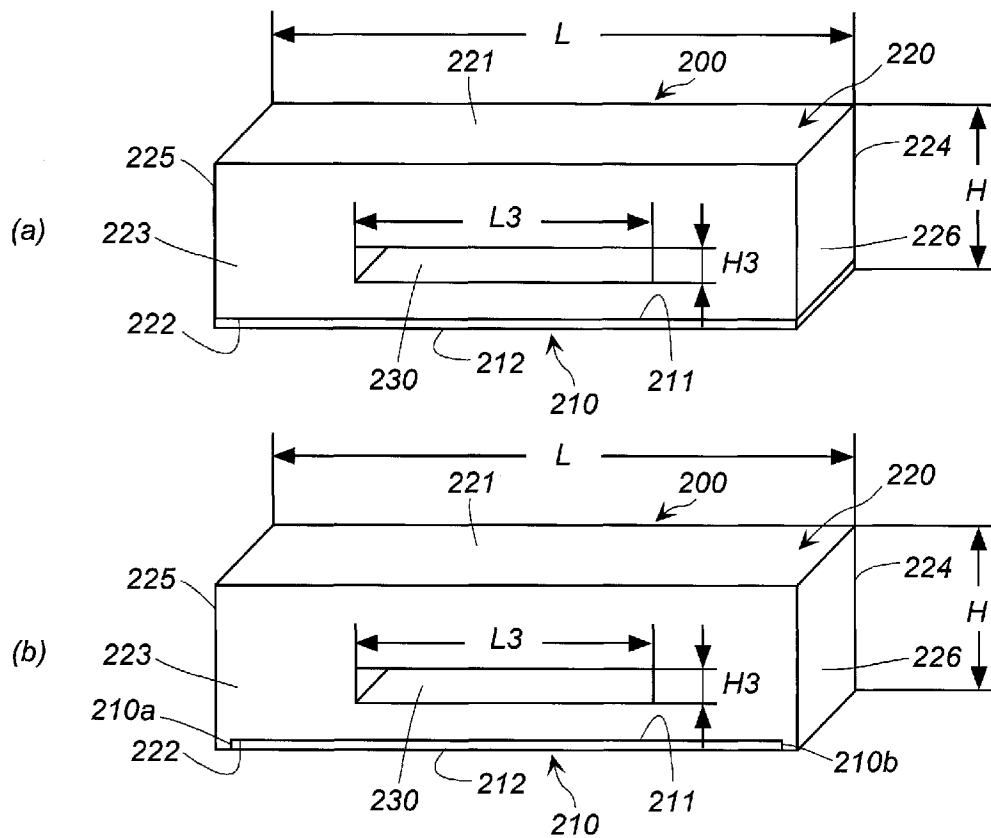
[図2]



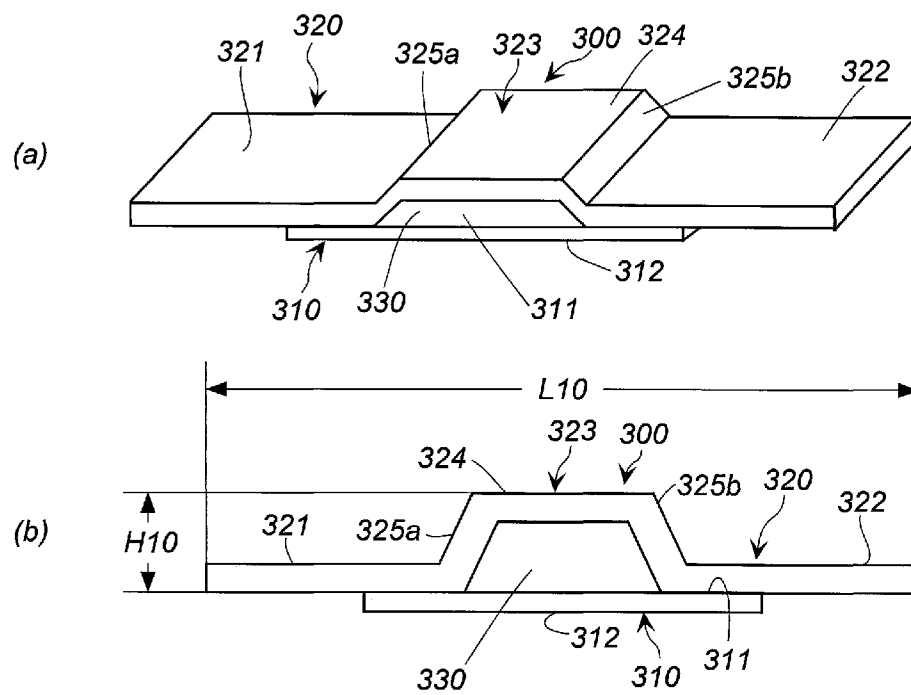
[図3]



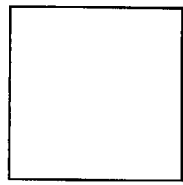
[図4]



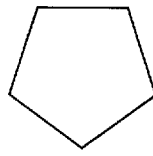
[図5]



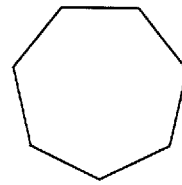
[図6]



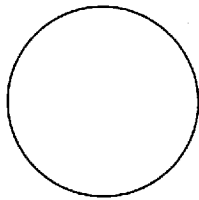
(a)



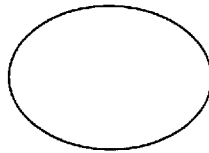
(b)



(c)

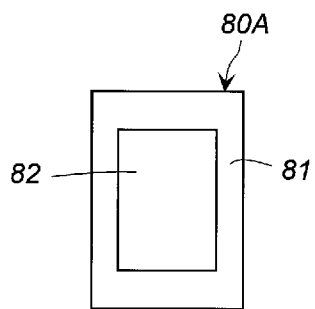


(d)

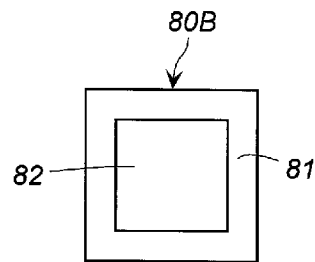


(e)

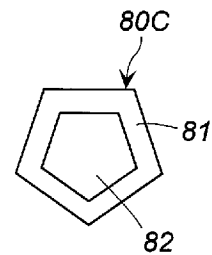
[図7]



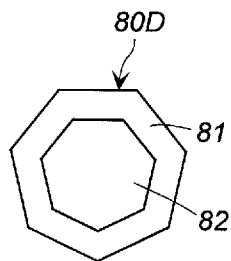
(a)



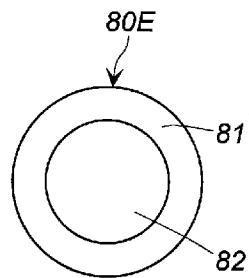
(b)



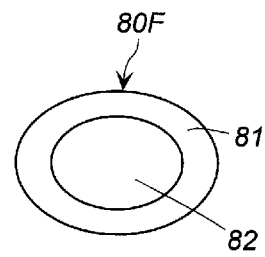
(c)



(d)

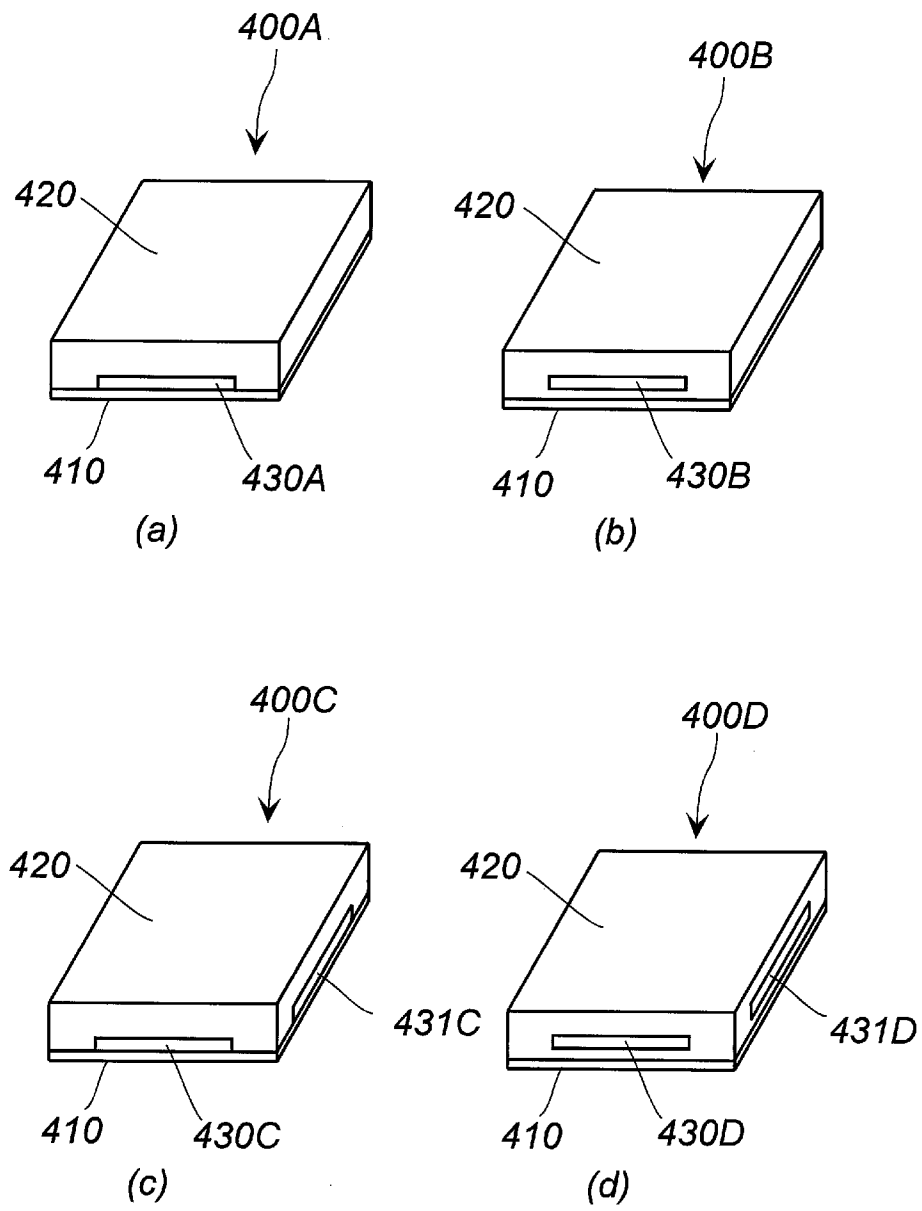


(e)

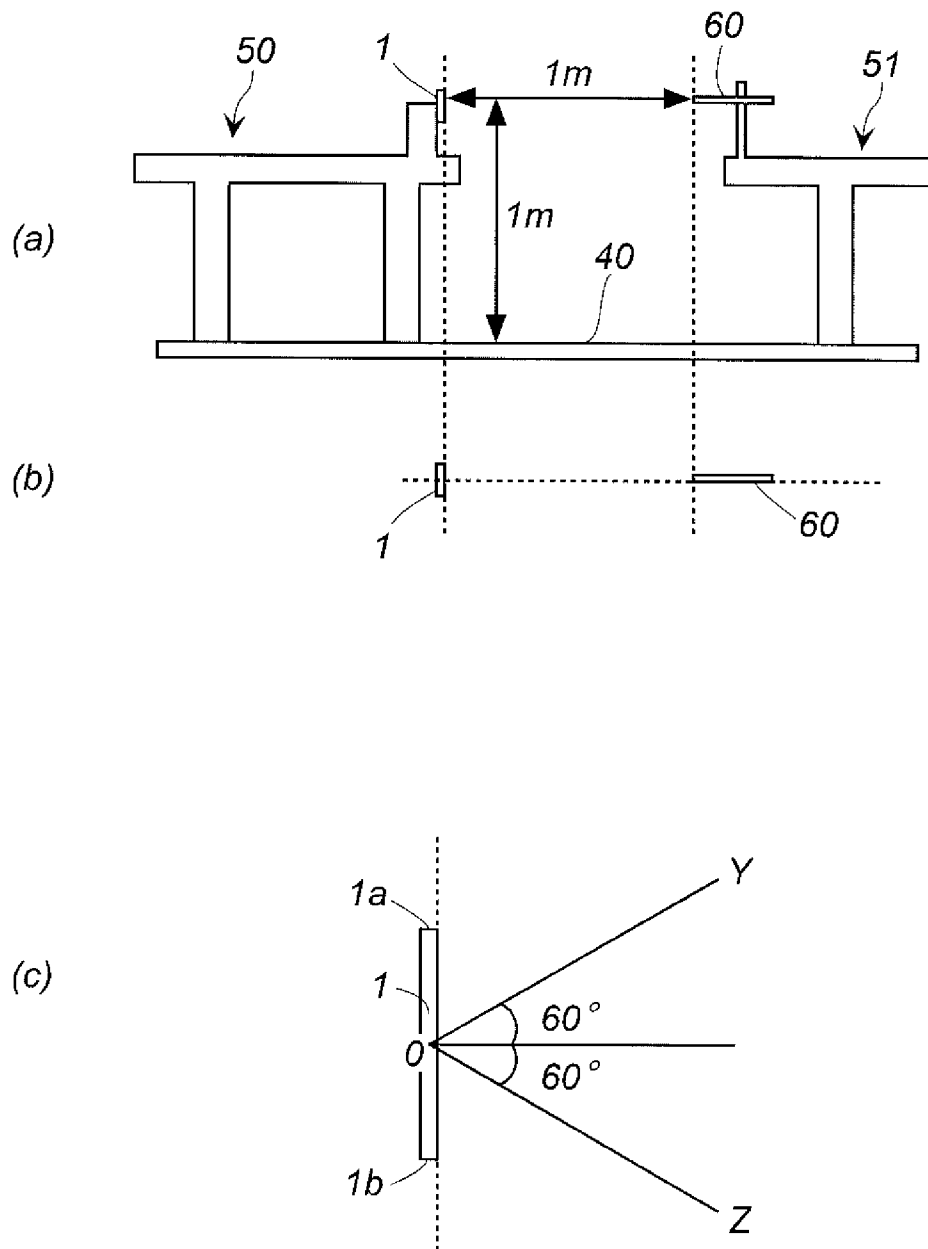


(f)

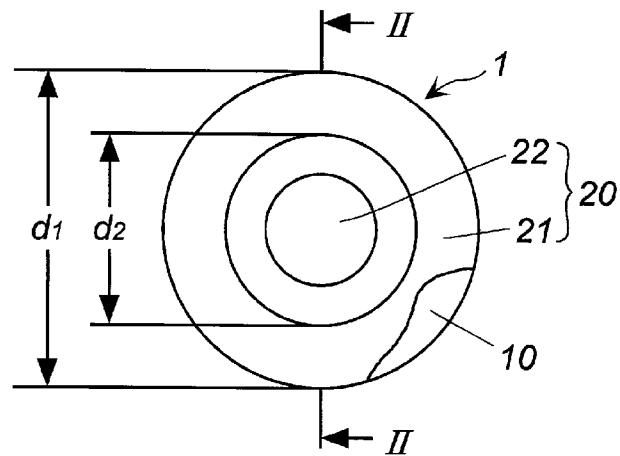
[図8]



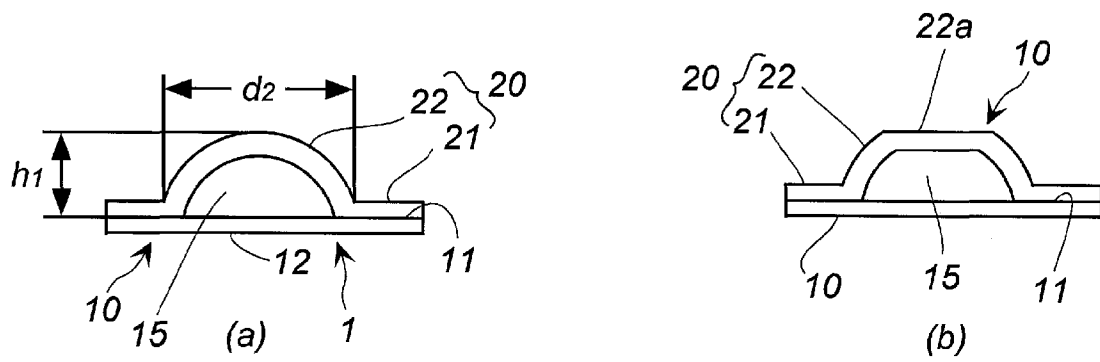
[図9]



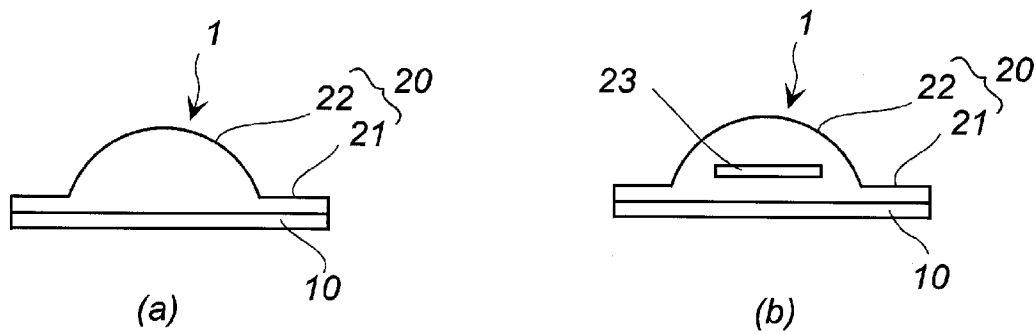
[図10]



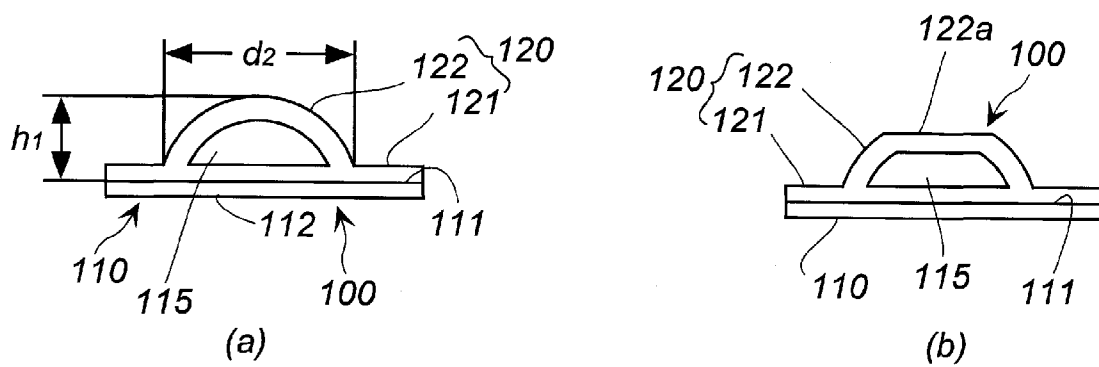
[図11]



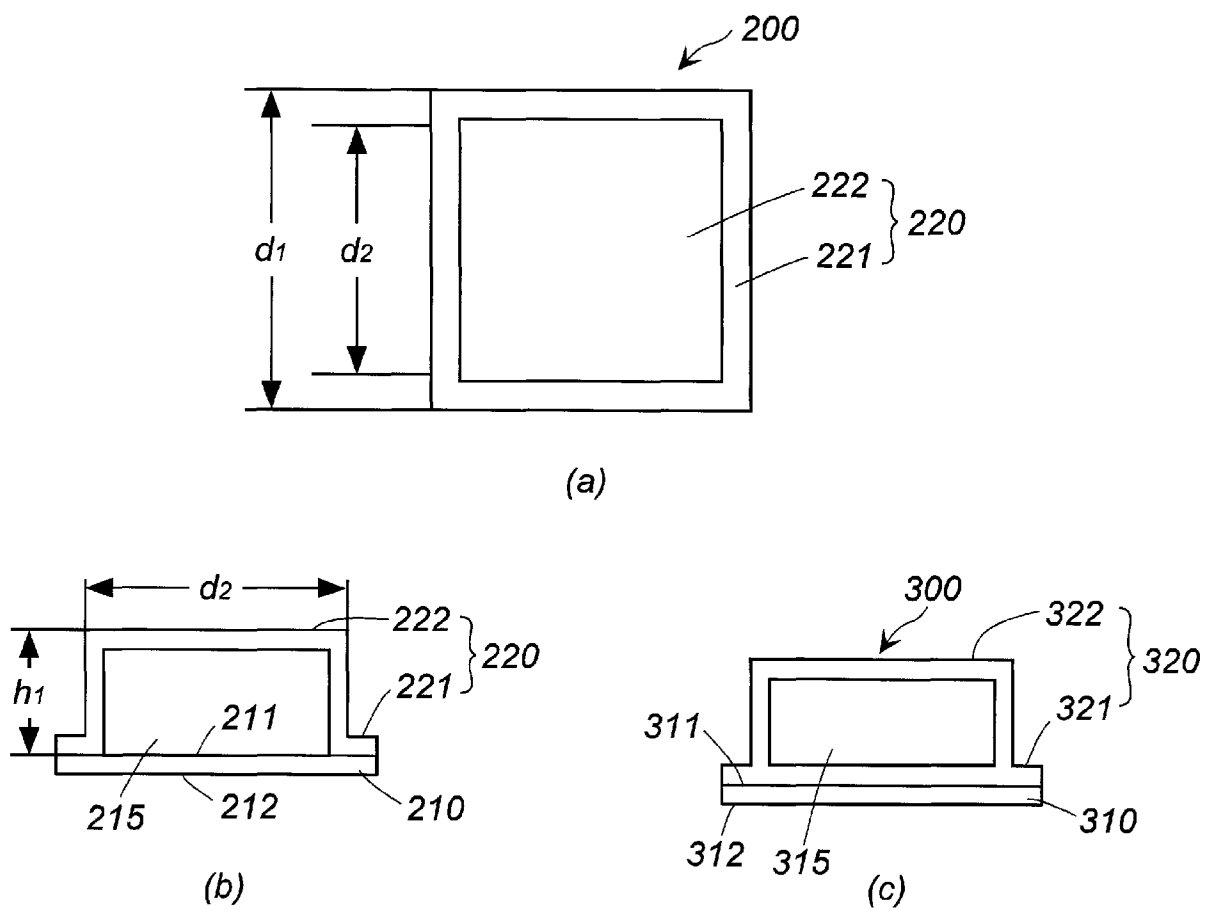
[図12]



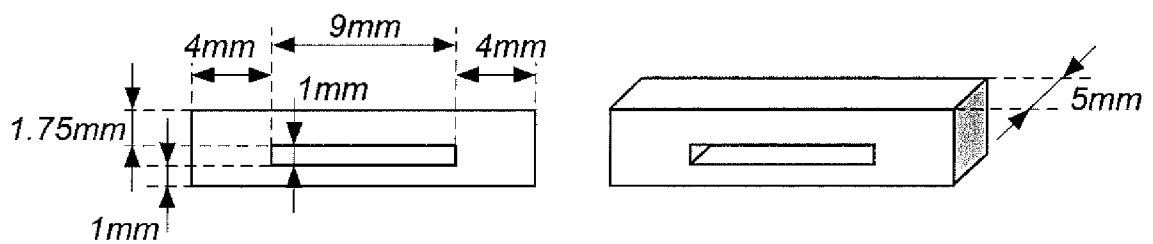
[図13]



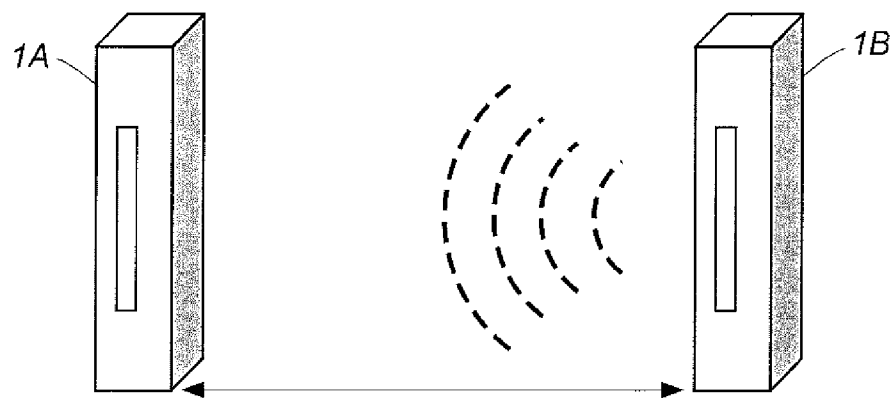
[図14]



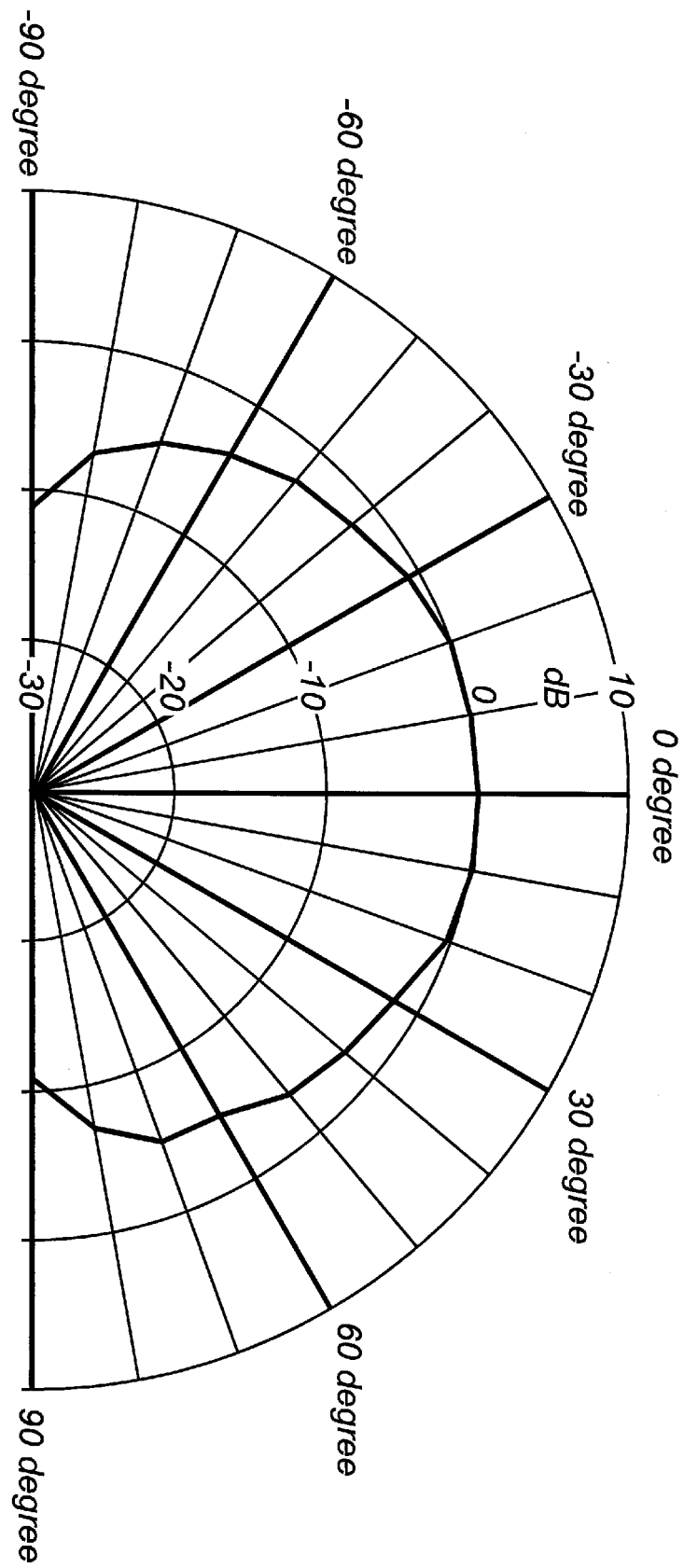
[図15]



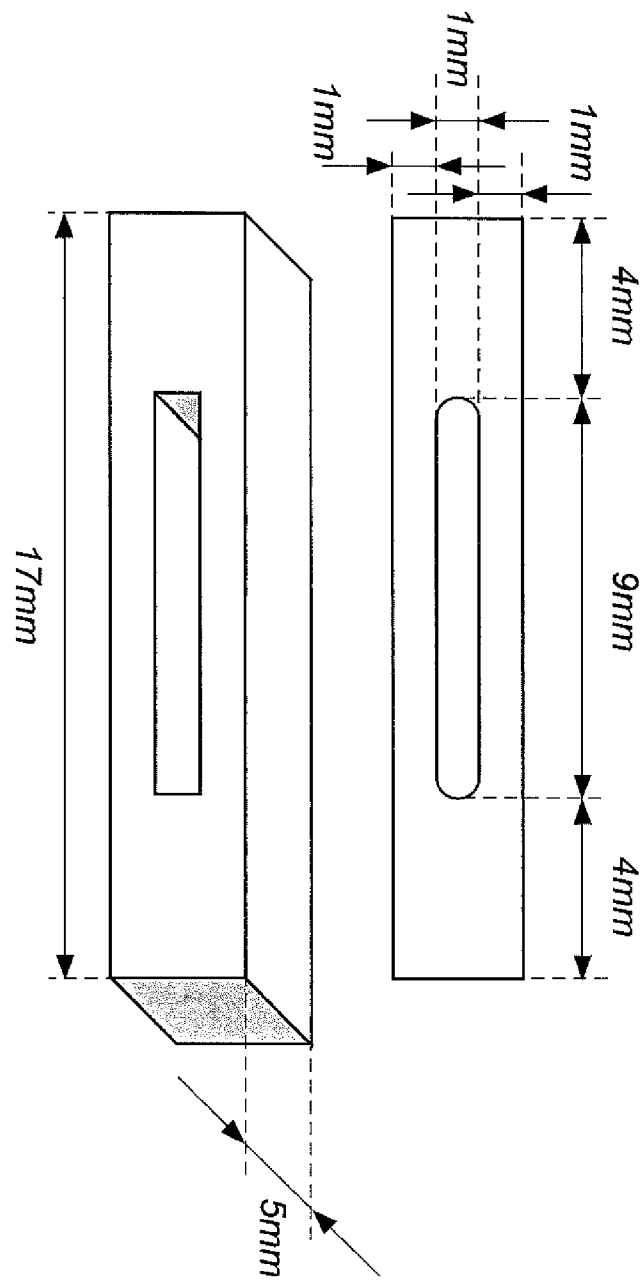
[図16]



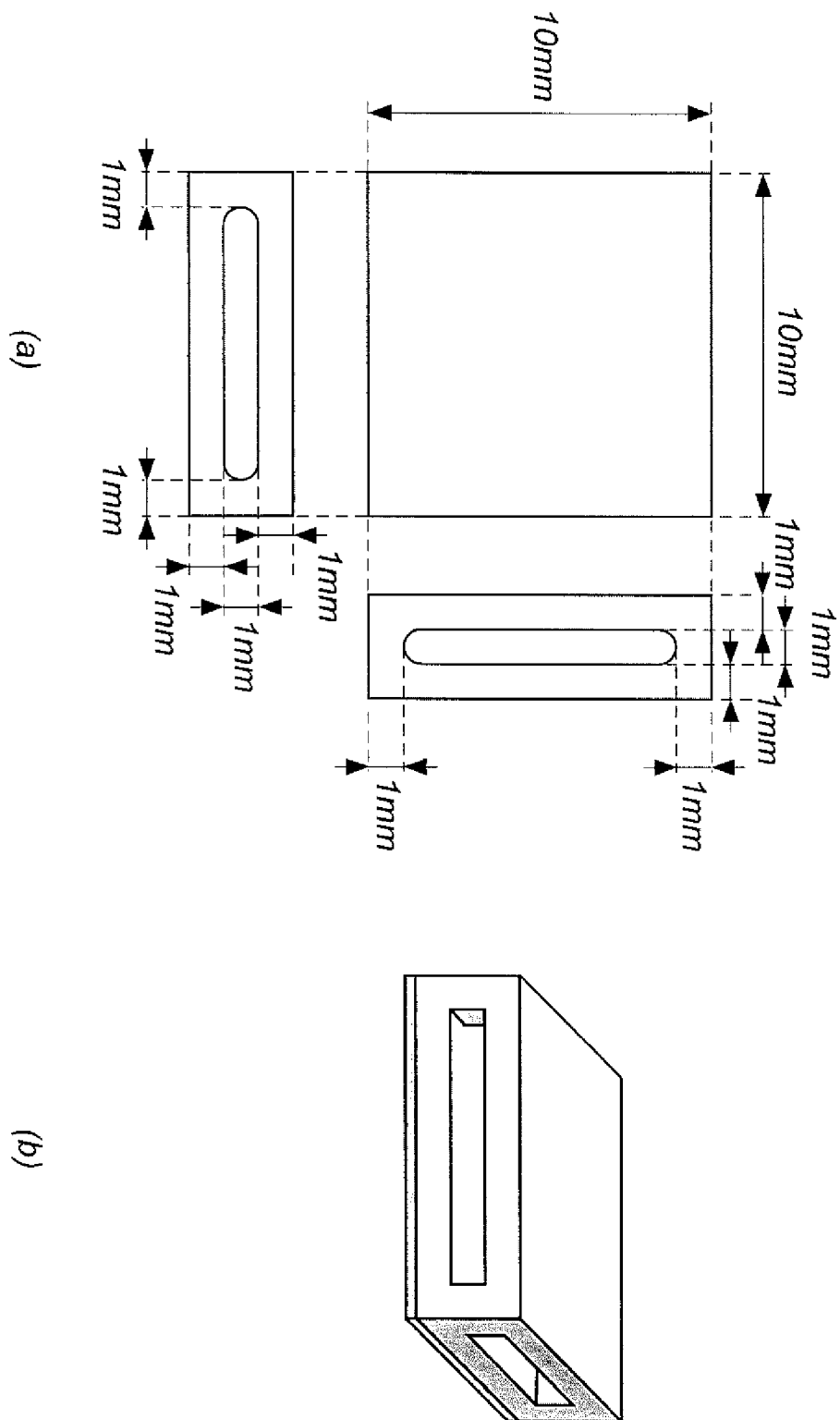
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R17/00(2006.01)i, B06B1/06(2006.01)i, G01S7/521(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04R17/00, B06B1/06, G01S7/521

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-124973 A (Seiko Epson Corp.), 23 June 2011 (23.06.2011), entire text; all drawings & US 2011/0115337 A1 entire text; all drawings	1-22
A	JP 2009-260723 A (Asahi Kasei EMD Corp.), 05 November 2009 (05.11.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 2012-119831 A (Kabushiki Kaisha Ingen MSL), 21 June 2012 (21.06.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-22

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 February 2016 (26.02.16)

Date of mailing of the international search report
08 March 2016 (08.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052672

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-85462 A (Denso Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), entire text; all drawings & US 2008/0073998 A1 entire text; all drawings & DE 102007046031 A	1-22

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04R17/00(2006.01)i, B06B1/06(2006.01)i, G01S7/521(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04R17/00, B06B1/06, G01S7/521

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-124973 A（セイコーエプソン株式会社）2011.06.23, 全文, 全図 & US 2011/0115337 A1: 全文, 全図	1-22
A	JP 2009-260723 A（旭化成エレクトロニクス株式会社）2009.11.05, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-22
A	JP 2012-119831 A（株式会社 Ingen MS L）2012.06.21, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-22

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

26.02.2016

国際調査報告の発送日

08.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

菊池 充

5 Z

4 5 4 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3589

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-85462 A (株式会社デンソー) 2008.04.10, 全文, 全図 & US 2008/0073998 A1: 全文, 全図 & DE 102007046031 A	1-22