

(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
2011年9月1日(01.09.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/105269 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 8/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/053321
- (22) 国際出願日: 2011年2月17日(17.02.2011)
- (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 2010-041838 2010年2月26日(26.02.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 日立メディコ (HITACHI MEDICAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 雅洋 (SATO, Masahiro) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 株式会社日立メ

ディコ内 Tokyo (JP). 佐光 暁史 (SAKO, Akifumi) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 株式会社日立メディコ内 Tokyo (JP). 石田 一成 (ISHIDA, Kazunari) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 株式会社日立メディコ内 Tokyo (JP). 田中宏樹 (TANAKA, Hiroki) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).

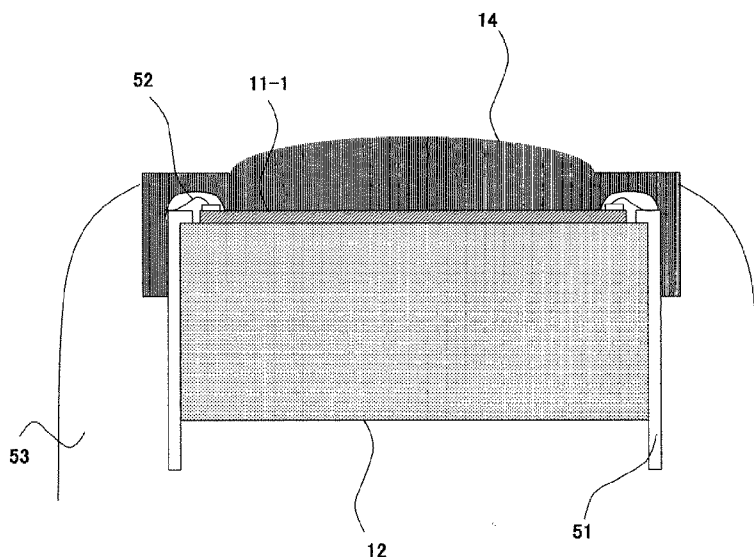
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

[続葉有]

(54) Title: ULTRASONIC PROBE AND ULTRASONIC IMAGE PICKUP DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 超音波探触子とそれを用いた超音波撮像装置

[図5]



(57) Abstract: Disclosed is an ultrasonic probe, which can suppress influences of multiple reflection that occurs on the boundary surface between an oscillator having a CMUT chip and a backing layer. The ultrasonic probe has a structure wherein an acoustic lens (14), the oscillators (11-1 to 11-m), and a backing layer (12) are laminated. Each of the oscillators (11-1 to 11-m) has a CMUT chip, and the backing layer (12) is formed of a material having an acoustic impedance substantially equal to that of the acoustic lens (14).

(57) 要約: CMUTチップを有する振動子とバック層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することが可能な超音波探触子を提供するために、本発明の超音波探触子は、音響レンズ14と振動子11-1~11-mとバック層12を積層する構造の超音波探触子であって、前記振動子11-1~11-mは、CMUTチップを有し、前記バック層12は、前記音響レンズ14の音響インピーダンスと実質的に同じ値の材料で形成される。



WO 2011/105269 A1



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：超音波探触子とそれを用いた超音波撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、振動子に静電容量型トランスデューサCMUTチップ(Capacitive Micromachined Ultrasound Transducer)チップを用いた超音波探触子に係り、特に多重反射の抑制技術に関する。

背景技術

[0002] 従来の超音波探触子の振動子の材料には圧電素子が用いられている。近年は超音波探触子の振動子を半導体素子で形成されるCMUTチップが採用されている。

[0003] CMUTチップは、圧電素子と比べて振動子の音響-電気変換効率が低いため、CMUTチップは圧電素子よりも多重反射を誘発しやすい技術課題を有している。

[0004] 多重反射とは、被検体中の組織の境界などを反射面として、反射面で超音波の反射が繰り返される現象で、超音波探触子の計測範囲で存在しない構造物のアーチファクトが出現してしまう現象をいう。

[0005] そこで、特許文献1には、CMUTチップを有する振動子の多重反射の問題の解決のため、次の第1の条件と第2の条件の両方を満たすことで振動子1チャンネル当たりの多重反射を低減することが記載されている。

[0006] まず、第1の条件は、音響レンズの吸収係数を α [dB/mm/MHz]、音響レンズの最大厚さを d [mm]、振動子の中心周波数を f_c [MHz]としたときに、 $6.5/f_c < \alpha d$ の条件を満たすことである。

[0007] 次に、第2の条件は、振動子の1チャンネル当たりのインダクタンス値を L [H]、振動子の1チャンネル当たりの静電容量を C [pF]、振動子の中心周波数を f_c [MHz]として、 $L < 1/((3\pi f_c)^2 \times C)$ の条件を満たすことである。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開W02009/069281号公報

特許文献2：米国特許第6831394号公報

特許文献3：米国特許第6714484号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 上記特許文献1は、音響レンズと振動子の境界面において音響レンズと振動子の音響インピーダンスの不整合によって生じる反射波によって被検体に再送信する作用で起こる多重反射の対策技術である。

[0010] よって、特許文献1では、振動子とバッキング層の境界面において振動子とバッキング層の音響インピーダンスの不整合によって生じる反射波が被検体に至ることで起こる多重反射について言及されていない。

[0011] そこで、本発明の目的は、CMUTチップを有する振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することが可能な超音波探触子とそれを用いた超音波診断装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成するため、本発明の超音波探触子は、音響レンズと振動子とバッキング層を積層する構造の超音波探触子であって、前記振動子は、CMUTチップを有し、前記バッキング層は、前記音響レンズの音響インピーダンスと実質的に同じ値の材料で形成されることを特徴とする。

[0013] まず、振動子から音響レンズ層側(被検体が存在する側)への方向を第1の方向、振動子からバッキング層側(被検体が存在する側の反対側)への方向を第2の方向と定義する。

[0014] バッキング層が、音響レンズと実質的に同じ音響インピーダンスの材料で形成されることは、音響インピーダンスの変化量が第1の方向と第2の方向で同じになるため、反射波の音響エネルギーは第1の方向と第2の方向で同じ比率に分配されることになる。

[0015] したがって、反射波は振動子とバッキング層の境界面において、分配された一部の反射波の音響エネルギーのみが第2の方向に伝播する構造となるため

、振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の発生を抑制することができる。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、CMUTチップを有する振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することが可能な超音波探触子とそれを用いた超音波診断装置を提供するという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]発明を採用する超音波診断装置の概略構成を示す図。

[図2]超音波探触子の振動子に複数のCMUTチップを用いたリニア型の超音波探触子の構造例を示す図。

[図3]振動子11-1～11-mの上面図。

[図4]図2の振動子11-1等を構成するCMUTチップ18の断面図。

[図5]1チャンネルの超音波探触子の断面図。

[図6]図5のモデルを用いて多重反射の原理を説明する図。

[図7]振動子11-1とバッキング層12の境界からの周波数—超音波反射率の特性曲線を示す図。

[図8]振動子11-1の厚さを $50\mu\text{m}$ としたときの周波数反射率特性曲線を示す図

。

[図9]振動子11-1の厚さを $25\mu\text{m}$ としたときの周波数反射率特性曲線を示す図

。

[図10]振動子11-1の厚さを $10\mu\text{m}$ としたときの周波数反射率特性曲線を示す図

。

[図11]バッキング層12の音響インピーダンスを 1.4MRayl にした場合に周波数に対する反射率を連続して計算した結果の一例を示す図。

[図12]振動子11-1の厚さを $5\mu\text{m}$ としたとき、横軸を周波数に対してバッキング層12の音響インピーダンス値を変化させたときの超音波反射率の計算結果を示す図。

[図13]接着層131を設けた1チャンネルの超音波探触子の断面図。

[図14] 振動子11-1とバックング層12間の接着層131の厚さと振動子11-1からの超音波の中心周波数を変化させた場合、振動子11-1での超音波反射率 m_r を示す図。

[図15] 接着層131に厚さ $5\mu\text{m}$ にした場合周波数に対する反射率を連続して計算した例を示す図。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明の超音波探触子を採用する超音波診断装置について図面を用いて詳細に説明する。

[0019] まず、超音波診断装置の概略構成について図1を用いて説明する。

図1は本発明を採用する超音波診断装置の概略構成を示す図である。

超音波診断装置は、超音波探触子1、信号送信部2、信号受信部3、整相加算部4、画像処理部5、画像表示部6、入力部7及び制御部8を有している。

[0020] 超音波探触子1は、検者が、被検体の撮像部位が存在する表面に当接させ、超音波を撮像部位に送信し、送信した撮像部位からの反射波を受信し、反射エコー信号と呼ばれる電気信号に変換する。

[0021] 信号送信部2は、電気接続される超音波探触子1に対し、超音波送信のタイミングにおいて撮像部位の存在する深度に焦点を合わせるような超音波を被検体に向けて送信する。

[0022] 信号受信部3は、超音波受信のタイミングにおいて反射エコー信号を超音波探触子1から受信し、信号増幅、アナログデジタル変換を含む信号処理を行う。

[0023] 整相加算部4は、信号受信部3によって信号処理された反射エコー信号を整相加算する。

画像処理部5は、整相加算部4に整相加算された反射エコー信号から超音波画像へ変換する。

画像表示部6は、画像処理部5に変換された超音波画像を表示する。

入力部7は、検者が超音波画像を変換するために必要な撮像部位や使用している超音波探触子の情報を入力する。

- [0024] 制御部8は、入力部7に入力された情報に基づき次の制御を行う。
- (1) 超音波の送信と受信のタイミングを所定間隔で繰り返させる制御。
 - (2) 信号送信部2に送信タイミングで超音波が被検体に向けて送信させる制御。
 - (3) 信号受信部3に受信タイミングで反射エコー信号に信号処理を行わせる制御。
 - (4) 整相加算部4に反射エコー信号を整相加算させる制御。
 - (5) 画像処理部5に整相加算された反射エコー信号から超音波画像へ変換させる制御。
 - (6) 画像表示部6に超音波画像を表示させる制御。
- [0025] 次に、超音波探触子1の構成の一例について図2乃至図4を用いて説明する。
- [0026] 図2は超音波探触子の振動子に複数のCMUTチップを用いたリニア型の超音波探触子の構造例を示す図、図3は振動子11-1~11-mの上面図、図4は図2の振動子11-1等を構成するCMUTチップ18の断面図である。
- [0027] 超音波探触子1は、短冊状のm個の振動子11-1から11-m(m:例えば64や192等の自然数)が配列された一次元アレイの構造を有し、振動子11-1~11-mの背面にはバッキング層12が配置されている。また、振動子11-1~11-mの超音波送出側(図2の上方)には音響レンズ14が配置されている。振動子11-1~11-mは、送波電気信号を超音波に変換して生体内に超音波を送出するとともに、生体内で反射された超音波を受信して電気信号に変換し、反射信号を形成する。
- [0028] バッキング層12は、振動子11-1~11-mの背面側に送出される不要な超音波を吸収するとともに、振動子11-1~11-mの不要な振動を抑制するために配置されている。
- [0029] 音響レンズ14は、振動子11-1~11-mの配列方向と直交するいわゆる短軸方向に超音波ビームを収束するものである。
- [0030] ここで、振動子11-1~11-mは、図3に示すように、各々が複数個の、例えば六角形の微小なCMUTチップ18によって構成されている。(なお、図3においては、図示の都合上振動子11-3~11-5の3素子のみを記載している。)個々のCMU

Tチップ18は、図4を用いてこの後説明するように、電気的にはコンデンサとして見做せるが、振動子11-1~11-mをそれぞれ構成するCMUTチップ18の群は、上部電極18aが配線18gによって相互に接続され、下部電極18bは共通電極になっているため、複数の並列コンデンサと電気的には同一の働きをする。

[0031] 1つのCMUTチップ18の構造について図4を用いて説明する。CMUTチップ18は、半導体プロセスの微細加工技術で形成されたものであり、シリコン等の半導体基板である基板18cと、その上に形成された下部電極18bと、支持部となる絶縁体膜18dと、絶縁体膜18dの上部に配置された半導体薄膜18fと、さらにその上に配置された上部電極18aとを備えている。半導体薄膜18fと下部電極18bとの間には、絶縁体膜18dをエッチングすることによって形成された真空(または所定のガス圧)の空孔18eが設けられている。

[0032] 化合物半導体などで構成される半導体薄膜18fは、絶縁体膜18dにより縁を支持され、ちょうど楽器のドラムのように空間に浮いて張られた形状となっている。上部・下部電極18a、18b間にDCバイアス電圧を印加するとクーロン力が生じ、半導体薄膜18fには適度な張力が発生する。超音波送信時には、DCバイアス電圧に重畳して上・下部電極18a、18b間に駆動交流信号が印加されると、楽器のドラムが連打されて音を発するのと同様、CMUTチップ18から超音波が発生する。また、超音波受信時には、このCMUTチップ18に超音波が入射すると、その大きさと波形に比例して電極18a、18b間の距離が変化するから、両電極18a、18bが構成するコンデンサの静電容量が、それに対応して変化する。静電容量の変化を両電極18a、18bの電気信号から検出することにより超音波が受信できる。図3に示すように、振動子11-1~11-mはそれぞれ、複数個のCMUTチップ18を並列に配置した構成であるので、複数個のCMUTチップ18から同時に超音波信号を発生して生体内に送信し、あるいは同時に複数個のCMUTチップ18で同時に受信して反射信号を形成することができる。

[0033] 図5はm個ある振動子11-1~11-mのうち振動子11-1の部分、即ち1チャンネルの超音波探触子の断面図である。

[0034] 振動子11-1は図面上方に音響レンズ14が形成され、図面下方にバックング

層12が形成される。フレキシブル基板51はバックリング層12の上面周縁から側面に亘って設けられ、CMUTチップ18を駆動するバイアス電圧と駆動電圧を印加する。金属ワイヤ52は振動子11-1の上部電極及び下部電極によってフレキシブル基板51に接続される。探触子カバー53は探触子の側面に設けられるもので、超音波探触子の検者の把持部となっている。

- [0035] 図6は図5のモデルを用いて多重反射の原理を説明する図である。
- [0036] 超音波探触子は被検体に音響レンズ14に当接して超音波画像を撮像する。図6では簡略化のため、被検体の図示を省略している。
- [0037] まず、超音波診断装置の制御部8は超音波探触子1に被検体に超音波を送信させる。超音波探触子1は被検体からの反射エコー信号60を受信する。
- [0038] つぎに、反射エコー信号60の一部は、振動子11による音響-電気変換により電気信号に変換されさらに電気信号が信号処理を経て超音波画像へ変換される。しかし、反射エコー60の一部は再送信波61として被検体へ再送信される。再送信波61は被検体から再び反射し多重反射エコー62として音響レンズ14の表面に到達する。
- [0039] 次に、多重反射エコー62について振動子11-1とバックリング層12で異なる音響インピーダンスの境界での現象を説明する。
- [0040] 反射エコー信号60の一部はバックリング層12側への透過波63となり、バックリング層12に吸収される。さらに、多重反射エコー62の一部は振動子11-1とバックリング層12の音響インピーダンスの不整合によって反射波64として反射される。反射波64は音響レンズ14と振動子11-1の音響インピーダンスの不整合によって生じる反射波65と合成され再送信波61が生じる。
- [0041] さらに、振動子11-1のCMUTチップ18は空孔18eを有しているため、CMUTチップ18の空孔18eはバックリング層12から音響レンズ14までの音響エネルギーの伝送路のように作用してしまう。
- [0042] したがって、CMUTチップ18を有する振動子11-1とバックリング層12の境界からの反射波64が、圧電素子を有する振動子と比較して大きく影響するということができるため、CMUTチップ18を用いた振動子11-1では振動子11-1とバック

キング層12の境界からの反射波についてより対策する必要がある。

[0043] 次に、図6の原理を数式で説明する。

[0044] 反射エコー60に対する多重反射エコー62の振幅比は、反射率Rと音響レンズの音響減衰率 α の自乗以下となることが式(1)で表される。反射率Rは、バッキング層12に吸収される信号63の成分と振動子11-1とバッキング層12の境界での反射波64の信号の成分の和で反射波64の信号の成分を除いたものである。

[0045] [数1]

$$\frac{\text{多重反射エコー振幅}}{\text{反射エコー振幅}} \leq R \alpha^2 \quad (1)$$

また、超音波診断装置での経験則によれば、一般に、超音波診断装置では、反射エコー60と多重反射エコー62の振幅比がデシベル値で-20dB以下になれば、超音波画像への影響が現れないとされる。よって、多重反射エコー62の軽減を考慮して式(1)を対数に変形すると式(2)のとおりとなる。

[0046] [数2]

$$20 \text{Log}_{10} (R \alpha^2) \leq -20 \quad (2)$$

さらに、式(2)の対数を展開すれば式(3)のようになる。

[0047] [数3]

$$20 \text{Log}_{10} R + 2 \cdot 20 \text{Log}_{10} \alpha \leq -20 \quad (3)$$

ここで、デシベル値に変換した音響レンズ14の減衰率を β [dB・MHz/mm]とし、音響レンズ14の厚みが d [mm]、探触子の中心周波数を f_c [MHz]とすると、音響減衰率 α のデシベル換算値 $20 \text{Log}_{10} \alpha$ は $-\beta d f_c$ と表せることを利用して式(3)を変形すれば式(4)のとおりとなる。

[0048] [数4]

$$20 \text{Log}_{10} R - 2 \beta d f_c \leq -20 \quad (4)$$

さらにまた、式(4)を指数関数に変換すると式(5)のようになる。

[0049] [数5]

$$R \leq 10^{\left(\frac{\beta d f_C - 10}{10}\right)} \quad (5)$$

よって、超音波探触子の音響レンズ14からの見かけ上の反射率Rは、式(5)を満たすように設定すれば多重反射アーチファクトの影響を軽減できることになる。

[0050] また、反射率Rの最大値をRmaxとすると、Rmaxは以下のように式(6)で表せる。

[0051] [数6]

$$R_{\max} = 10^{\left(\frac{\beta d f_C - 10}{10}\right)} \quad (6)$$

また、超音波探触子の中心周波数 f_C は、2~11MHzの範囲で設定される。音響レンズの厚さ d は通常約0.5~1.2mmである、また、周波数が高い用途で用いられる超音波探触子では、音響レンズ減衰の影響を抑制する必要があるため、音響レンズの厚さを通常より0.5~0.8mmに薄くする。音響レンズの材料には主にシリコンゴムなどが用いられ、音響減衰率 β は1dB・MHz/mmである。

[0052] 以上の数値範囲において式(6)を満たす反射率の最大値Rmaxを計算する。式(6)を満たすとは、多重反射アーチファクトに影響させないため、反射率の最大値Rmax以下に反射率を抑制することを意味する。

[0053] 例えば、反射率の最大値Rmaxは、中心周波数〔MHz〕及び音響レンズの厚さによって表1のように計算される。

[0054] [表1]

中心周波数〔MHz〕	音響レンズの厚さ〔mm〕	反射率の最大値Rmax=
11.0 (高周波用途)	0.8	0.76
7.5 (中周波用途)	1.2	0.79
2.0 (低周波用途)	1.2	0.17

[0055] また、音響レンズ側から入射する超音波の反射率 mr は、振動子11-1、音響レンズ14、バッキング層12の音響インピーダンスをそれぞれ Z_1 、 Z_2 、 Z_3 とし、振動子11の伝播定数を γ_1 、振動子11の厚さを d_1 として以下の式(7)で表される(電気学会大学講座 電気回路論(2版改訂298-303頁参照))

[0056] [数7]

$$mr = \frac{\left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) + \left(\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 + Z_1} \right) e^{-2\gamma_1 d_1}}{1 + \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) + \left(\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 + Z_1} \right) e^{-2\gamma_1 d_1}} \quad (7)$$

[0057] 次に振動子11-1とバッキング層12の典型モデルの周波数—超音波反射率の特性について説明する。

[0058] 図7は、振動子11-1とバッキング層12の境界からの周波数—超音波反射率の特性曲線を示す図である。周波数—超音波反射率の特性曲線は次の条件で計算している。

[0059] 振動子11-1はCMUTチップ18を含むシリコンで形成されている。振動子11-1の音響インピーダンス、厚さの代表値は19.7MRayl、200 μ mとする。振動子11-1の厚さが200 μ m又はそれ以下とする理由は、生体の超音波画像を得るためである。生体の超音波画像を得るのに必要な超音波の中心周波数は2~14MHzである。また、音響レンズ14はシリコンゴムで形成されている。音響レンズ14の音響インピーダンスの代表値は1.4MRaylである。さらに、バッキング層12は金属と樹脂の混練物で形成されている。バッキング層12の音響インピーダンスの代表値は振動子11-1との整合を考慮して、特許文献2、特許文献3で説明されるように、振動子11-1の音響インピーダンスと同じ19.7MRaylに調整している。

[0060] 図7で示すように、上記周波数—超音波反射率の特性曲線は、表1の中心周波数11MHz、中心周波数7.5MHz、で0.90、中心周波数2MHzで0.80に達している

。つまり、表1の中心周波数の全てにおいて反射率の最大値 R_{max} を超えているため、全ての中心周波数において多重反射の影響が大きいことを示している。

- [0061] そこで、本発明の主題は、振動子11-1とバックング層12の境界からの反射波の多重反射を抑制し得る構造とするため、バックング層12と音響レンズ14の音響インピーダンスが実質的に同じとするものである。
- [0062] また、本発明の主題は、次の各項に換言することができる。
- [0063] (1) 音響レンズと振動子とバックング層を積層する構造の超音波探触子であって、前記振動子は、CMUTチップを有し、前記バックング層は、前記音響レンズの音響インピーダンスと実質的に同じ値の材料で形成されることを特徴とする超音波探触子。
- [0064] (2) 上記(1)に記載の超音波探触子であって、前記バックング層の音響インピーダンスが、超音波の多重反射を抑制するための値域となる超音波探触子。
- [0065] (3) 上記(1)又は(2)に記載の超音波探触子であって、前記振動子の積層方向の厚さを $200\mu\text{m}$ より薄くした場合、前記バックング層は、前記音響レンズの音響インピーダンスと近似する値の材料で形成される超音波探触子。
- [0066] (4) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記バックング層の音響インピーダンスが前記音響レンズで当接する被検体の音響インピーダンスである超音波探触子。
- [0067] (5) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記音響レンズの音響インピーダンスの代表値が 1.4MRayl である超音波探触子。
- [0068] (6) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記バックング層の音響インピーダンスが $1.1\sim 9.4\text{MRayl}$ である超音波探触子。
- [0069] (7) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記振動子の厚さが $50\mu\text{m}$ 以下である超音波探触子。
- [0070] (8) (7)の超音波探触子であって、前記バックング層の音響インピーダンスが $3.7\text{MRayl}\sim 9.4\text{MRayl}$ である超音波探触子。

- [0071] (9) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記振動子の厚さは $25\mu\text{m}$ 以下であり、前記バック層の音響インピーダンスが 3.3MRayl ～ 7.9MRayl である超音波探触子。
- [0072] (10) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記振動子の厚さは $10\mu\text{m}$ 以下であり、前記バック層の音響インピーダンスが 1.1MRayl ～ 1.8MRayl である超音波探触子。
- [0073] (11) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記振動子の厚さは $5\mu\text{m}$ 以下であり、前記バック層の音響インピーダンスが 2.0MRayl ～ 9.4MRayl である超音波探触子。
- [0074] (12) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記振動子の材質はシリコン、前記音響レンズの材質はシリコンゴム、前記バック層の材質はブチルゴムである超音波探触子。
- [0075] (13) (1)乃至(3)の何れか一項に記載の超音波探触子であって、前記振動子の厚さは $5\mu\text{m}$ 以下で、前記振動子とバック層間の接着層厚みが $10\mu\text{m}$ 以下である超音波探触子。
- [0076] (14) (13)の超音波探触子であって、前記接着層がダイアタッチフィルムである超音波探触子。
- [0077] (15)被検体に超音波を送受波する超音波探触子と、前記超音波探触子によって得られた信号から画像を作成する画像作成部と、前記画像を表示する表示部と、被検体の測定部位の深さに応じて前記超音波探触子の焦点を制御する制御部とを備える超音波撮像装置であって、前記超音波探触子は、(1)乃至(14)の何れか一項に記載の超音波探触子であることを特徴とする超音波撮像装置。
- [0078] 以下に、複数の実施例を説明する。

実施例 1

- [0079] 実施例1では、振動子11-1の厚さが $50\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、である場合を説明する。振動子11-1の厚さは超音波反射率が理論上の反射率の最大値を下回る厚さとなったため、 $50\mu\text{m}$ を振動子の厚さの基準値とする。また、基準値に

対して50%の値として $25\mu\text{m}$ 、同様に基準値に対して20%の値として $10\mu\text{m}$ の振動子の厚さを設定している。

- [0080] 図8は振動子11-1の厚さを $50\mu\text{m}$ としたとき、横軸を周波数に対してバッキング層12の音響インピーダンス値を変化させたときの超音波反射率の計算結果を示すグラフである。図9は図8の振動子11-1の厚さを $25\mu\text{m}$ としたときのグラフ、図10は図8の振動子11-1の厚さを $10\mu\text{m}$ としたときのグラフである。
- [0081] 振動子11-1の材質は音響インピーダンスが 19.7MRayl のシリコン、音響レンズ14の材質は音響インピーダンスが 1.4MRayl のシリコンゴムとする。音響レンズ14は被検体に当接する部分であるので、被検体の音響インピーダンスと整合させるように、音響レンズ14の音響インピーダンスが設定されることになる。
- [0082] まず、バッキング層12の音響インピーダンスを 19.7MRayl とした場合、図8に示されるように、反射率は 0.84 を大きく超える、つまり、反射率の最大値 R_{max} を超えてしまうことが判る。また、図9、図10においても同様の傾向が示される。
- [0083] 次に、バッキング層12の音響インピーダンスを、音響レンズ14の音響インピーダンスと同じ 1.4MRayl とした場合、図8に示されるように反射率は低くなることが判る。また、図9、図10においても同様の傾向が示される。
- [0084] さらに、式(6)で条件を満たす、例えば、中心周波数 11MHz で反射率 0.76 以下となるのは、図9及び図10に示すように、振動子11-1の厚さ $25\mu\text{m}$ 又は $10\mu\text{m}$ の場合である。図9では、バッキング層12の音響インピーダンスが 3.3MRayl ～ 7.9MRayl の範囲である。また、図8に示すように振動子11-1の厚さ $50\mu\text{m}$ では、式(6)の条件を満たせない。
- [0085] また、中心周波数 7.5MHz で反射率 0.79 以下となるのは、振動子11-1の厚さ $50\mu\text{m}$ の場合でバッキング層12の音響インピーダンスが 3.7MRayl ～ 9.4MRayl の範囲である。
- [0086] また、中心周波数 2MHz で反射率 0.17 以下となるのは、振動子11-1の厚さ $10\mu\text{m}$ の場合でバッキング層12の音響インピーダンスが 1.1MRayl ～ 1.8MRayl の範

困である。

[0087] また、バッキング層12の音響インピーダンスを、音響レンズ14の音響インピーダンスと実質的に同じ1.4MRaylにした場合、周波数に対する反射率を連続して計算した結果を説明する。図11はバッキング層12の音響インピーダンスを1.4MRaylにした場合に周波数に対する反射率を連続して計算した結果の一例を示す図である。

[0088] 計算の条件は、振動子11-1をシリコン、振動子11-1の厚さを10 μ m、音響レンズ14とバッキング層12をシリコンゴムとする。また、シリコン及びシリコンゴムの音響インピーダンスは19.7及び1.4で、単位はMRaylである。

[0089] ここで、超音波探触子の音響レンズの厚さ0.7mmで中心周波数11MHzとした場合、反射率の最大値 $R_{max}=0.50$ である。計算では11MHzで反射率の最大値が0.48であり、多重反射軽減の条件である式(6)を満たすことが判る。

[0090] また、バッキング層12と音響レンズ14が実質的に同じ音響インピーダンスを式(8)のように定義することもできる。

[0091] [数8]

$$\frac{|(\text{音響レンズ14の音響インピーダンス}) - (\text{バッキング層12の音響インピーダンス})|}{\text{振動子11-1の音響インピーダンス}} \ll 1 \quad (8)$$

式(8)を換言すれば、音響レンズ14の音響インピーダンスとバッキング層12の音響インピーダンスの差の絶対値を振動子11-1の音響インピーダンスで除した値は1より非常に小さい。

[0092] 以上説明したように、実施例1では、超音波の多重反射を抑制するために、バッキング層を音響レンズと実質的に同じ音響インピーダンスの材料で形成されることで、CMUTチップを有する振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することができる。

[0093] また、バッキング層12と振動子11-1の境界の反射率を低くするためには、振動子11-1の厚さを50 μ mよりは25 μ m、さらに10 μ mのように、極力薄くすることが望ましい。

実施例 2

[0094] 実施例2では、振動子11-1の厚さが $5\mu\text{m}$ で、バッキング層12をブチルゴムとする場合を説明する。

図12は振動子11-1の厚さを $5\mu\text{m}$ としたとき、横軸を周波数に対してバッキング層12の音響インピーダンス値を変化させたときの超音波反射率の計算結果を示す図である。振動子11-1の材質はシリコン、音響レンズ14の材質はシリコンゴム、バッキング層12の材質はブチルゴムである。シリコン、シリコンゴム及びブチルゴムの音響インピーダンスは、それぞれ19.7、1.4、2.0で単位はMRaylである。

[0095] 音響レンズの厚さ1.2mmで探触子の中心周波数3MHzとした場合、反射率の最大値 R_{max} は0.23である。図12における計算では3MHzで反射率0.19であり、多重反射軽減の条件である式(6)を満たすことが判る。

[0096] 以上説明したように、実施例2では、実施例1と同様に、CMUTチップを有する振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することができる。

[0097] また、実施例2では、振動子11-1の厚さを実施例1と比較してさらに $5\mu\text{m}$ と薄くした。さらに、バッキング層12の音響インピーダンスを実施例1の1.4倍とした。しかし、振動子11-1の厚さを薄くすることで、バッキング層12の音響インピーダンスが増加してもCMUTチップを有する振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することができる。

[0098] よって、振動子11-1の厚さを薄くすれば、バッキング層12の音響インピーダンスの許容範囲を有した材質を選択することができる。換言すれば、振動子11-1の積層方向の厚さをより薄くした場合、バッキング層12は、音響レンズ14の音響インピーダンスと近似する値の材料で形成できる。

実施例 3

[0099] 実施例3では、振動子11-1とバッキング層12の間に接着層131を設けた場合を説明する。

[0100] 図13は接着層131を設けた1チャンネルの超音波探触子の断面図である。

[0101] 接着層131の材質はたとえばダイアタッチフィルムやシリコン接着剤、エポ

キシ樹脂等である。接着層131の音響インピーダンスを Z_{12} 、接着層131の伝播定数を γ_{12} 、接着層131の厚さを d_{12} とすると音響レンズ14側から入射する超音波の反射率 mr は以下の式(9)で表される。

[0102] [数9]

$$mr = \frac{\left(1 - \frac{Z_2}{Z_1}\right) + \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \left(\frac{Xa - Ya}{Xb + Yb}\right)}{\left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) + \left(1 - \frac{Z_2}{Z_1}\right) \left(\frac{Xa - Ya}{Xb + Yb}\right)}$$

$$\left(\begin{array}{l} X = \frac{Z_{12}}{Z_1} (c + d) \\ Y = c - d \\ a = c^{-r_1 d_1} \\ b = e^{+r_1 d_1} \\ c = e^{-r_{12} d_1} \\ d = \frac{Z_3 - Z_{12}}{Z_3 + Z_{12}} e^{-r_{12} (d_1 + 2d_{12})} \end{array} \right) \quad (9)$$

[0103] 図14は振動子11-1とバッキング層12間の接着層131の厚さと振動子11-1からの超音波の中心周波数を変化させた場合、振動子11-1での超音波反射率 mr を示す図である。図14の例では接着層131の厚さを $10\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 及び $100\mu\text{m}$ に変化させている。また、振動子11-1の材質はシリコン、振動子11-1の厚さは $10\mu\text{m}$ 、音響レンズ14とバッキング層12の材質はシリコンゴム、振動子11-1とバッキング層12間の接着層131の材質はダイアタッチフィルムとする。シリコン、シリコンゴム及びダイアタッチフィルムの音響インピーダンスは、それぞれ19.7、1.4及び2.5で、単位は Mrayl である。接着層131の厚さが厚く変化するに従い、反射率が特定の周波数において局所的に低下するようにな

る。図14の例では、接着層131の厚さが $50\mu\text{m}$ で16Mz付近、接着層131の厚さが $100\mu\text{m}$ で9、18Mz付近で反射率が局所的に低下する。

[0104] また、接着層131の厚さが $10\mu\text{m}$ 及び $20\mu\text{m}$ では反射率の局所的低下は見られない。反射率の局所的低下の原因はダイアタッチフィルム上下界面での共振によるものと判明している。前記共振は超音波送受信時にリングングノイズを生じるため、パルス特性に影響を与える。よって、接着層131の厚さは $100\mu\text{m}$ より $50\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ さらに $10\mu\text{m}$ と薄くする方がノイズ低減から望ましい。

[0105] また、接着層131に厚さ $5\mu\text{m}$ にした場合、周波数に対する反射率を連続して計算した結果を説明する。図15は接着層131に厚さ $5\mu\text{m}$ にした場合周波数に対する反射率を連続して計算した例を示す図である。

[0106] 計算の条件は、次のとおりとする。

振動子11-1の材質はシリコン、振動子11-1の厚さは $10\mu\text{m}$ 、音響レンズ14の材質はシリコンゴム、バッキング層12の材質はポリエチレン、振動子11-1とバッキング層12間の接着層131の材質はダイアタッチフィルムである。シリコン、シリコンゴム及びポリエチレンの音響インピーダンスは、 19.7 、 1.4 及び 1.8 で、単位は Mrayl である。

[0107] 音響レンズの厚さ 1.0mm で探触子の中心周波数 7.5MHz とした場合、反射率の最大値 R_{max} は 0.56 である。図15に示す計算では 7.5MHz で反射率 0.37 であり、多重反射軽減の条件である式(6)を満たすことが判る。

[0108] 以上説明したように、実施例3では、実施例1と同様に、CMUTチップを有する振動子とバッキング層の境界面で起こる多重反射の影響を抑制することができる。

[0109] さらに、第3の実施例ではCMUTチップ21とバッキング層23間の接着層111の厚さを薄くすることで超音波送受信時の音響特性への影響を抑制し、パルス特性を向上させつつ反射率を軽減することができる。

符号の説明

[0110] 11-1~11-m 振動子、12 バッキング層、14 音響レンズ、18 CMUTチップ

請求の範囲

- [請求項1] 音響レンズと振動子とバックング層を積層する構造の超音波探触子であって、
前記振動子は、CMUTチップを有し、
前記バックング層は、前記音響レンズの音響インピーダンスと実質的に同じ値の材料で形成されることを特徴とする超音波探触子。
- [請求項2] 請求項1に記載の超音波探触子であって、
前記バックング層の音響インピーダンスが、超音波の多重反射を抑制するための値域となる超音波探触子。
- [請求項3] 請求項1に記載の超音波探触子であって、
前記振動子の積層方向の厚さを $200\mu\text{m}$ より薄くし、
前記バックング層は、前記音響レンズの音響インピーダンスと近似する値の材料で形成される超音波探触子。
- [請求項4] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記バックング層の音響インピーダンスが前記音響レンズで当接する被検体の音響インピーダンスである超音波探触子。
- [請求項5] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記音響レンズの音響インピーダンスの代表値が 1.4MRayl である超音波探触子。
- [請求項6] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記バックング層の音響インピーダンスが 1.1MRayl ～ 9.4MRayl である超音波探触子。
- [請求項7] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記振動子の厚さが $50\mu\text{m}$ 以下である超音波探触子。
- [請求項8] 請求項7の超音波探触子であって、
前記バックング層の音響インピーダンスが 3.7MRayl ～ 9.4MRayl である超音波探触子。
- [請求項9] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、

前記振動子の厚さは $25\mu\text{m}$ 以下であり、前記バックキング層の音響インピーダンスが 3.3MRayl ～ 7.9MRayl である超音波探触子。

[請求項10] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記振動子の厚さは $10\mu\text{m}$ 以下であり、前記バックキング層の音響インピーダンスが 1.1MRayl ～ 1.8MRayl である超音波探触子。

[請求項11] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記振動子の厚さは $5\mu\text{m}$ 以下であり、前記バックキング層の音響インピーダンスが 2.0MRayl ～ 9.4MRayl である超音波探触子。

[請求項12] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記振動子の材質はシリコン、前記音響レンズの材質はシリコンゴム、前記バックキング層の材質はブチルゴムである超音波探触子。

[請求項13] 請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であって、
前記振動子の厚さは $5\mu\text{m}$ 以下で、前記振動子とバックキング層間の接着層厚みが $10\mu\text{m}$ 以下である超音波探触子。

[請求項14] 請求項13に記載の超音波探触子であって、
前記接着層がダイアタッチフィルムである超音波探触子。

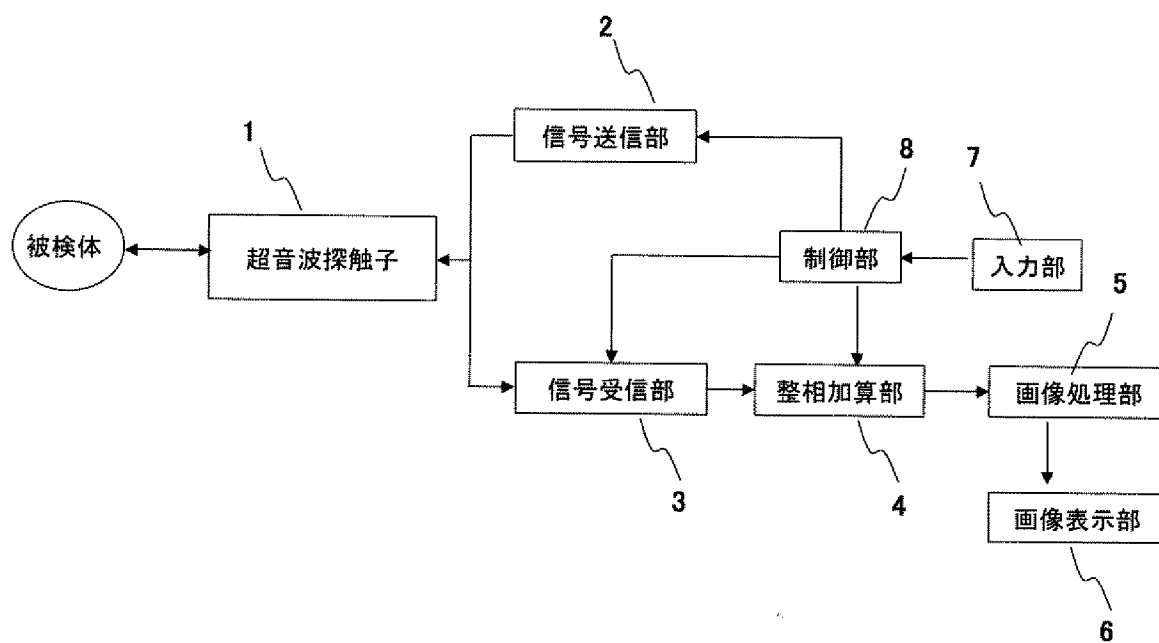
[請求項15] 被検体に超音波を送受波する超音波探触子と、
前記超音波探触子によって得られた信号から画像を作成する画像作成部と、

前記画像を表示する表示部と、

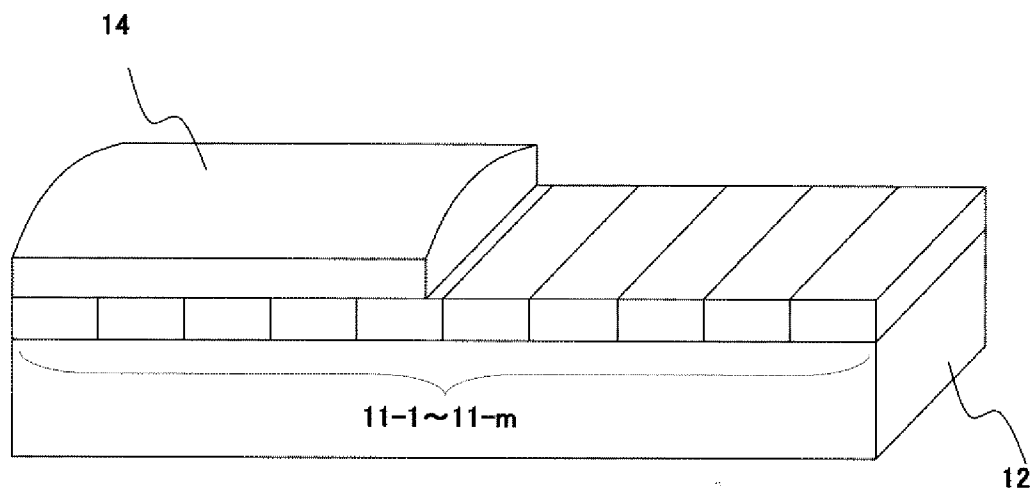
被検体の測定部位の深さに応じて前記超音波探触子の焦点を制御する制御部とを備える超音波撮像装置であって、

前記超音波探触子は、請求項1乃至3の何れか一項に記載の超音波探触子であることを特徴とする超音波撮像装置。

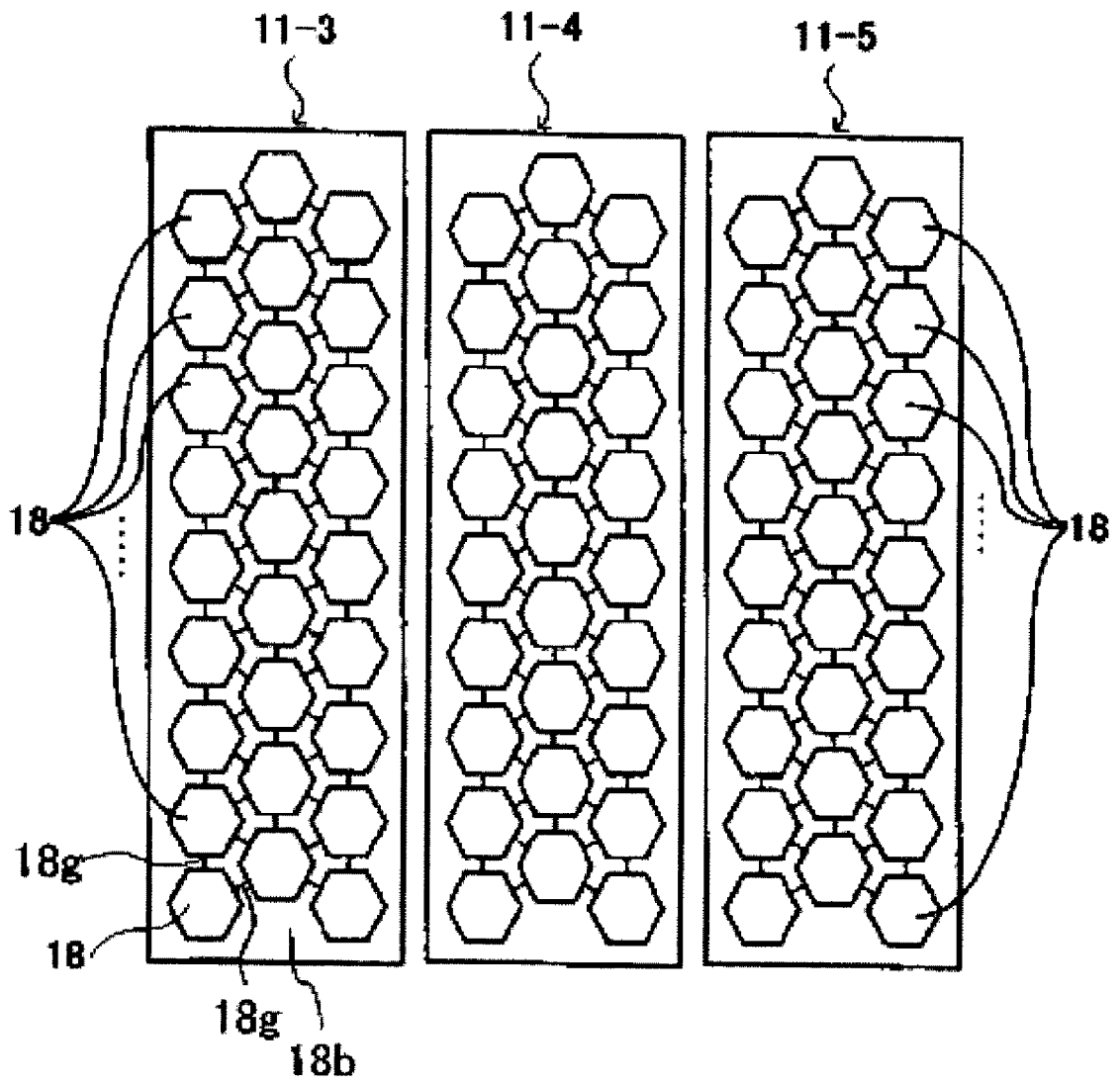
[図1]



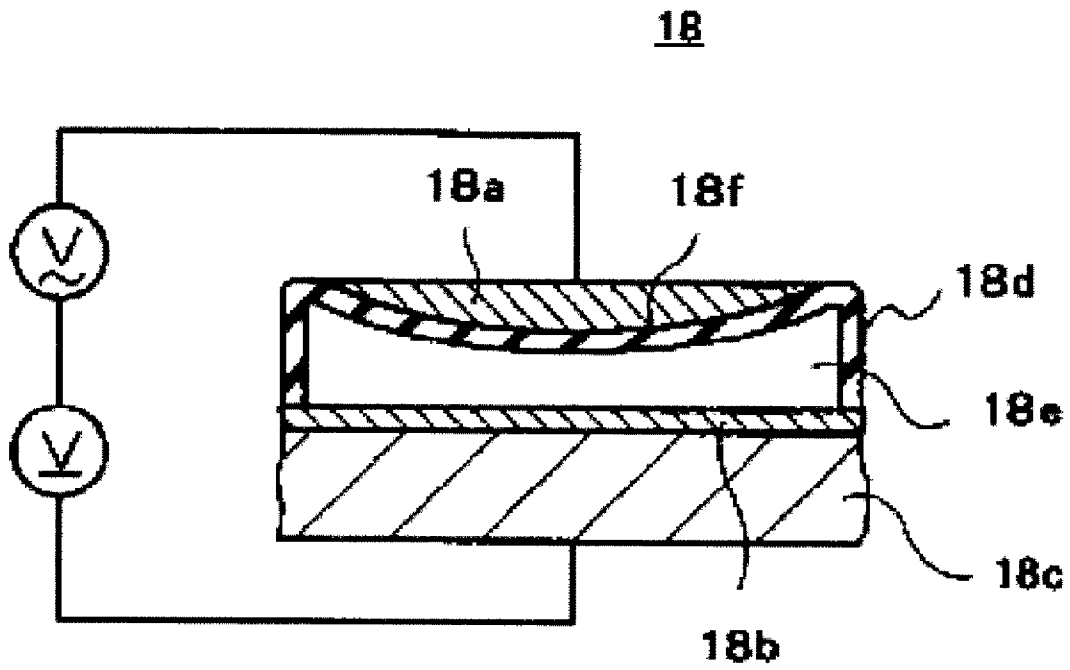
[図2]



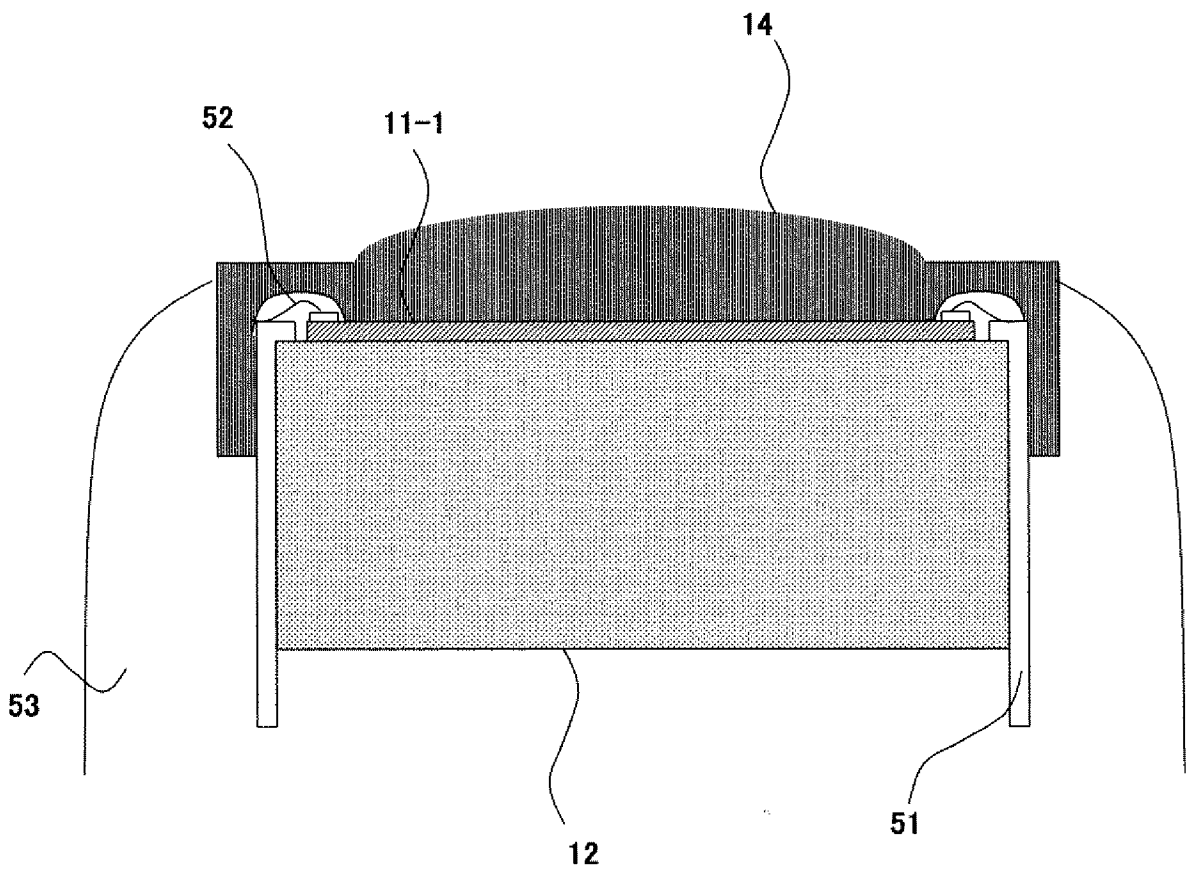
[図3]



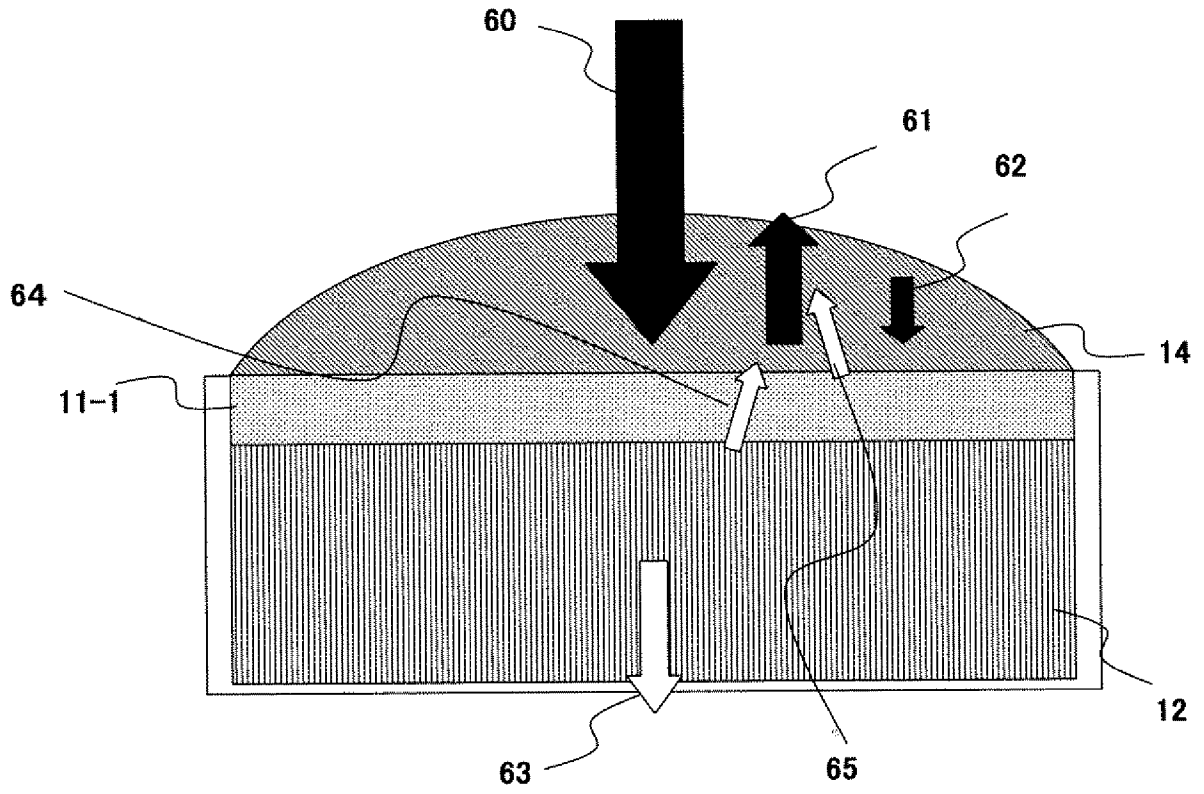
[図4]



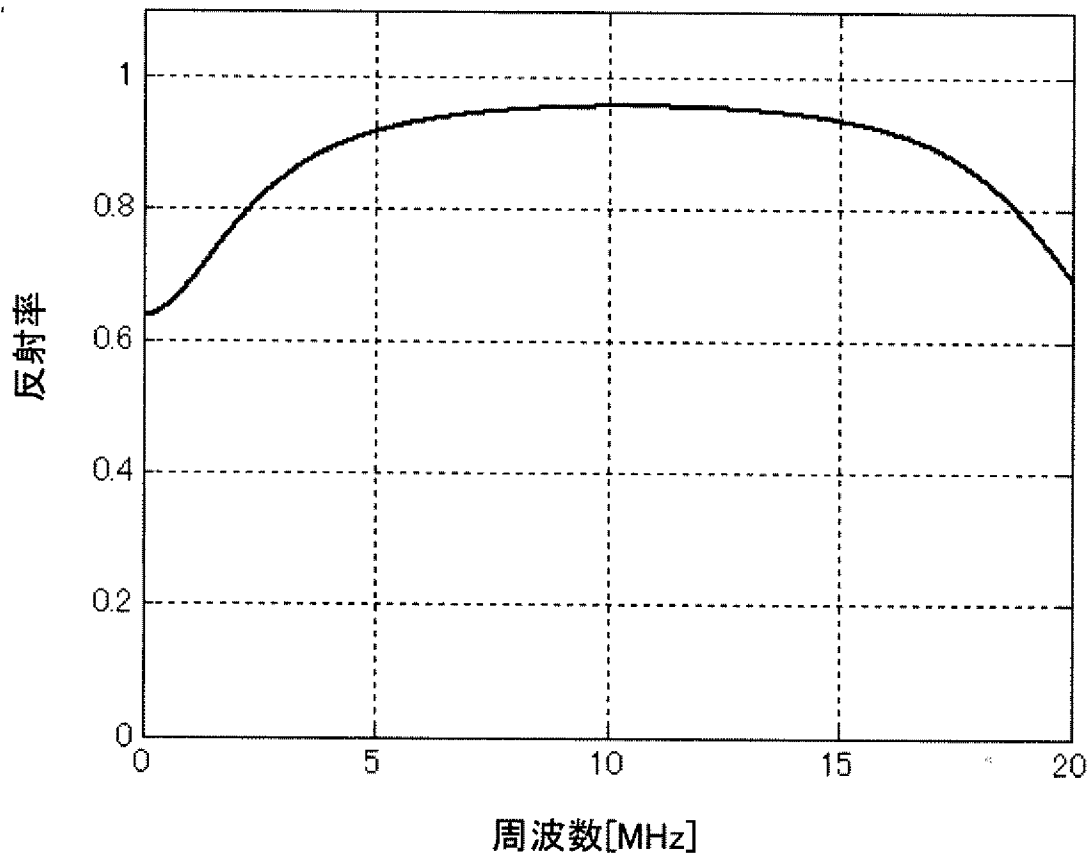
[図5]



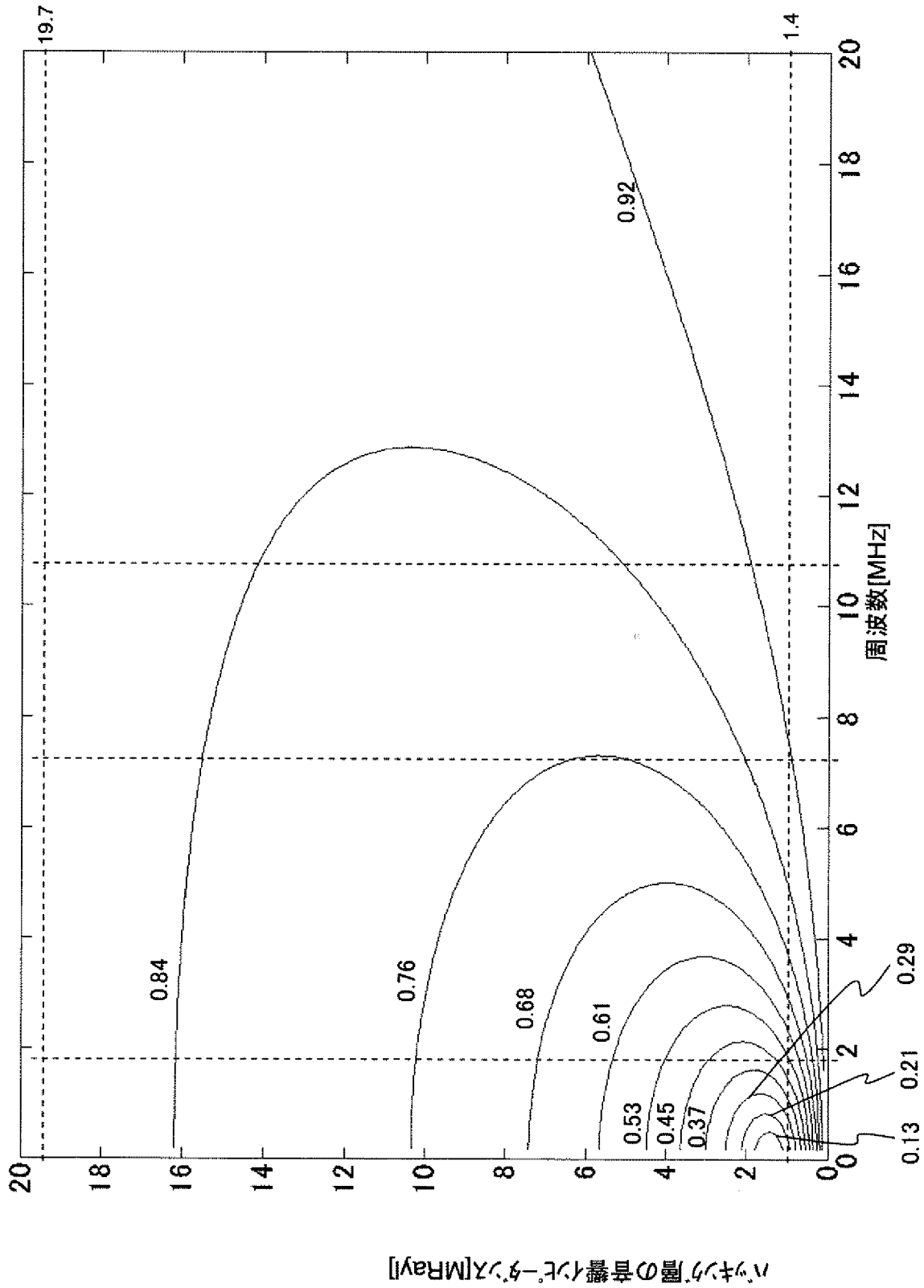
[図6]



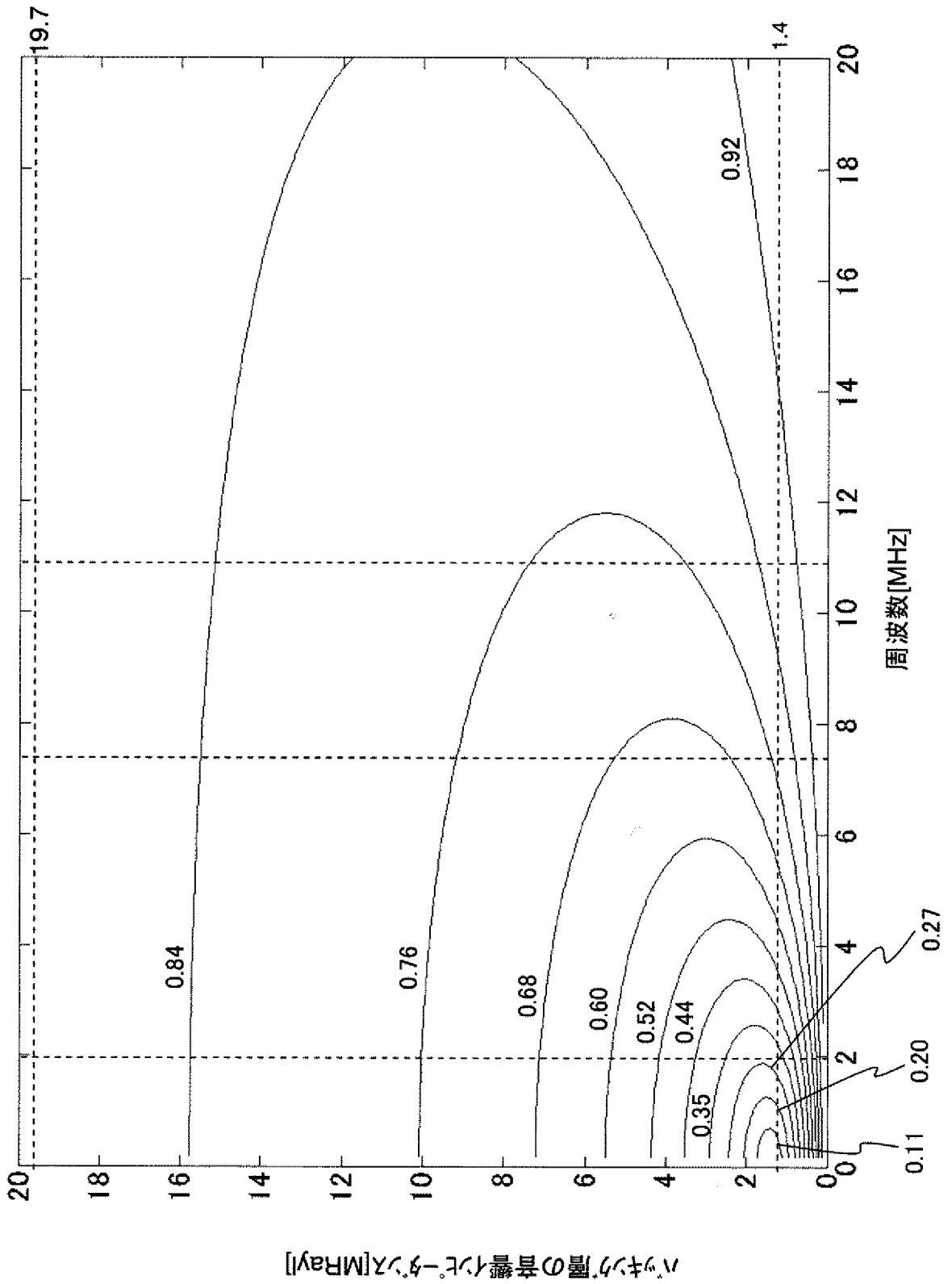
[図7]



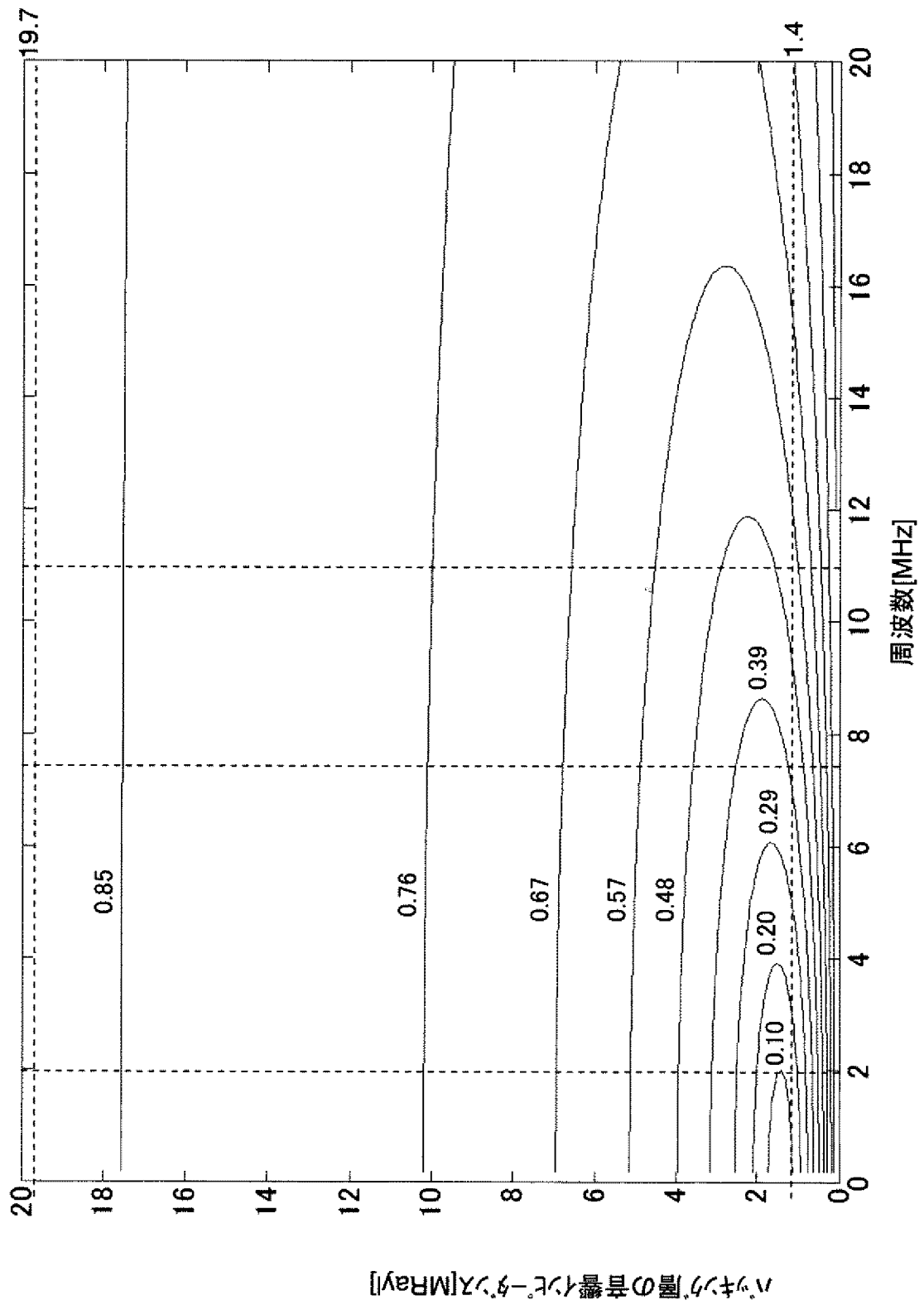
[図8]



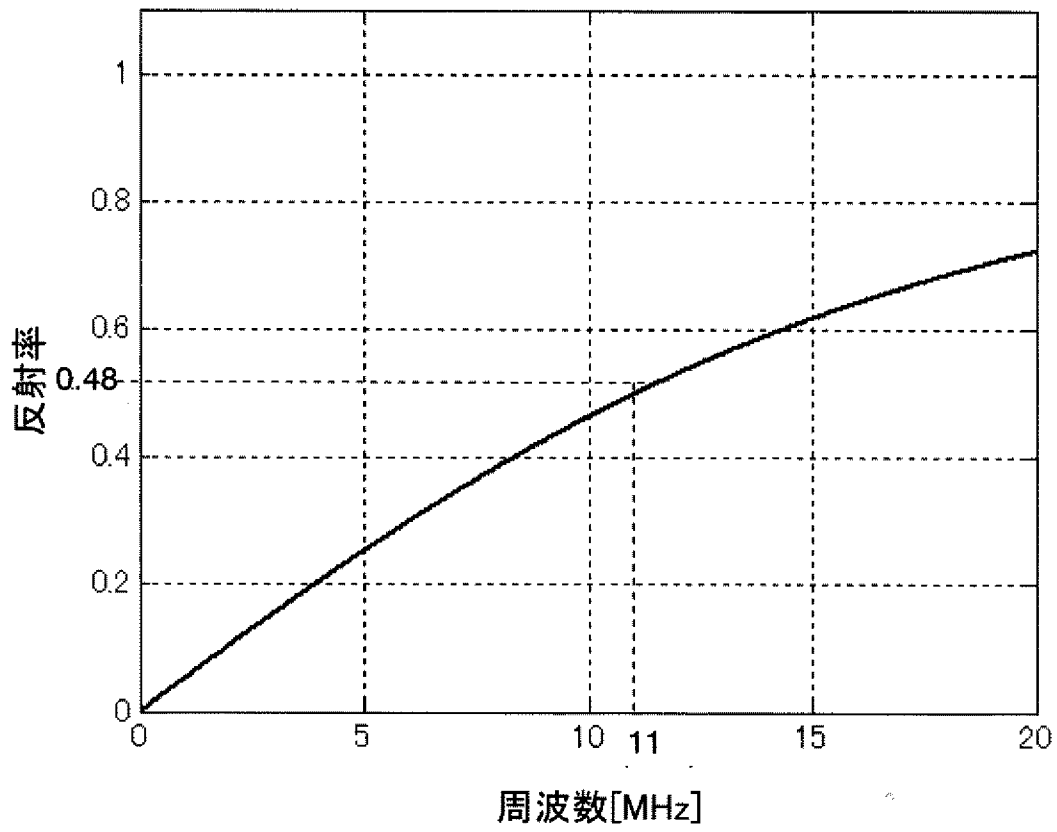
[図9]



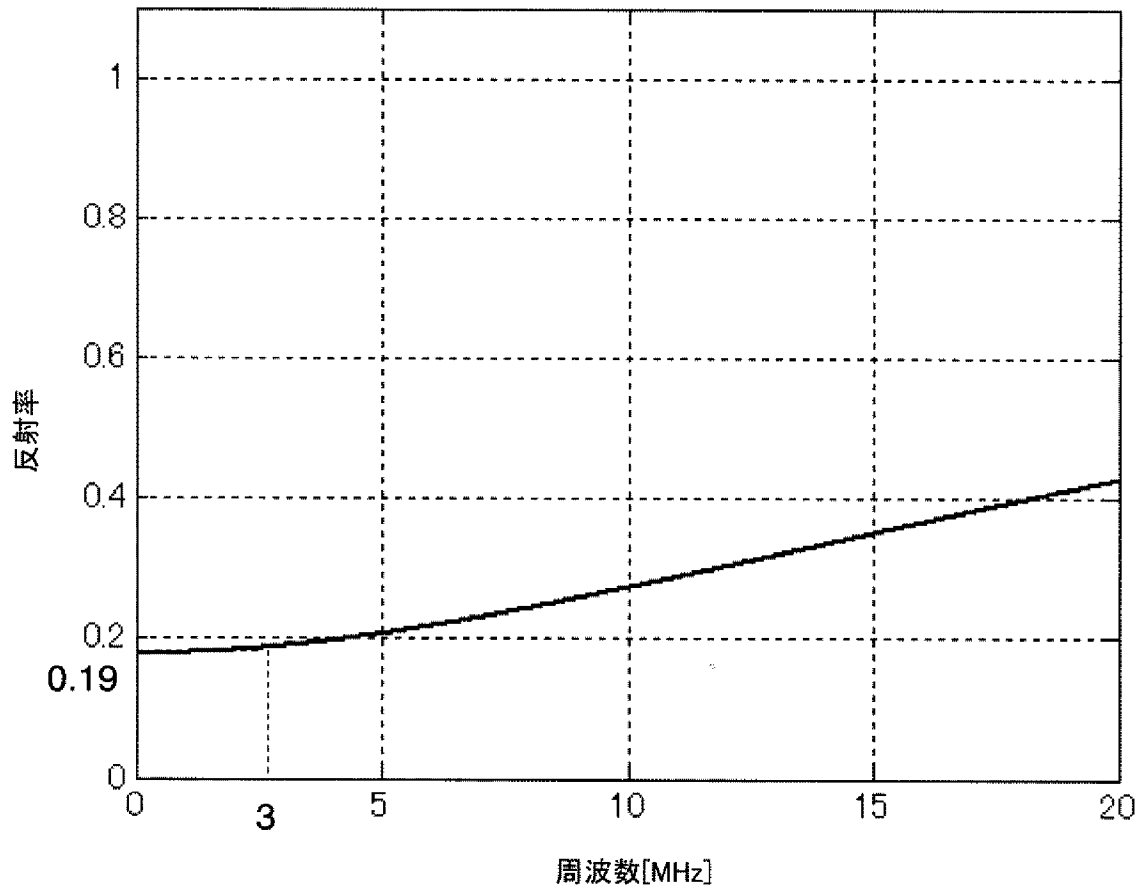
[図10]



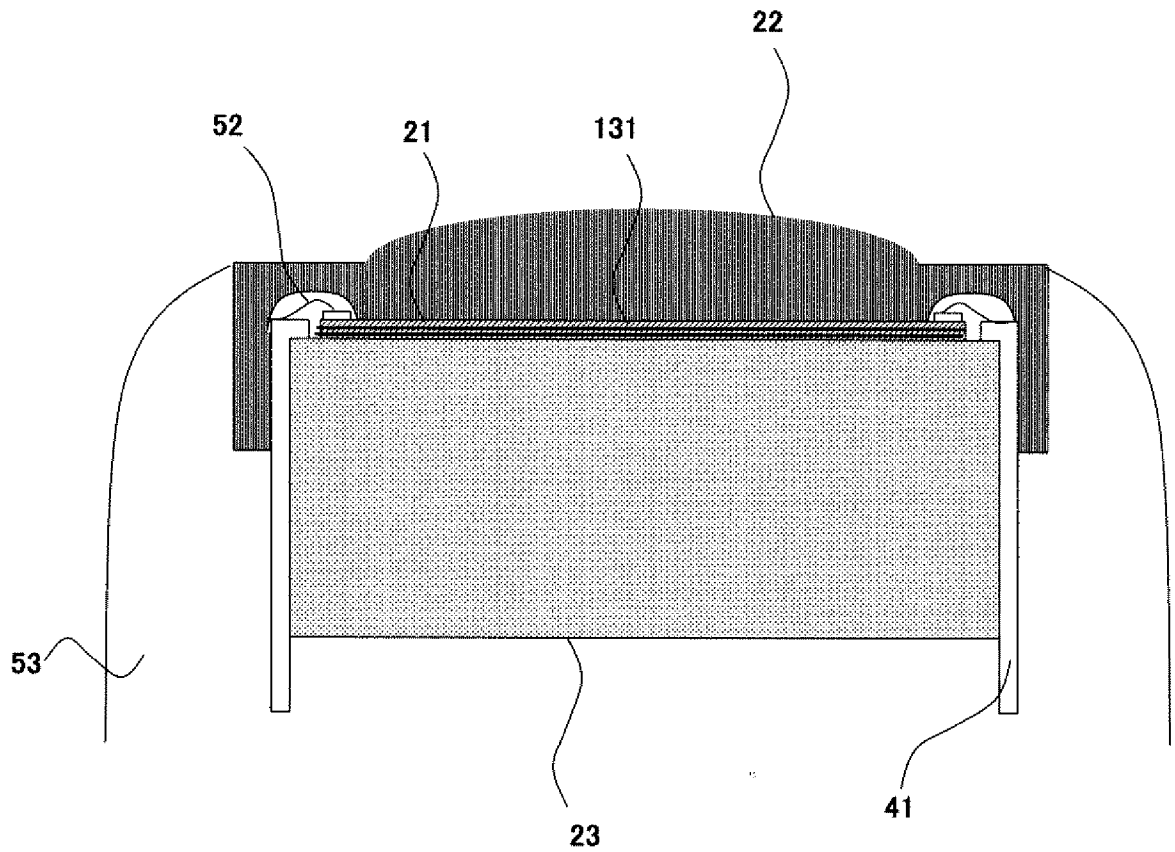
[図11]



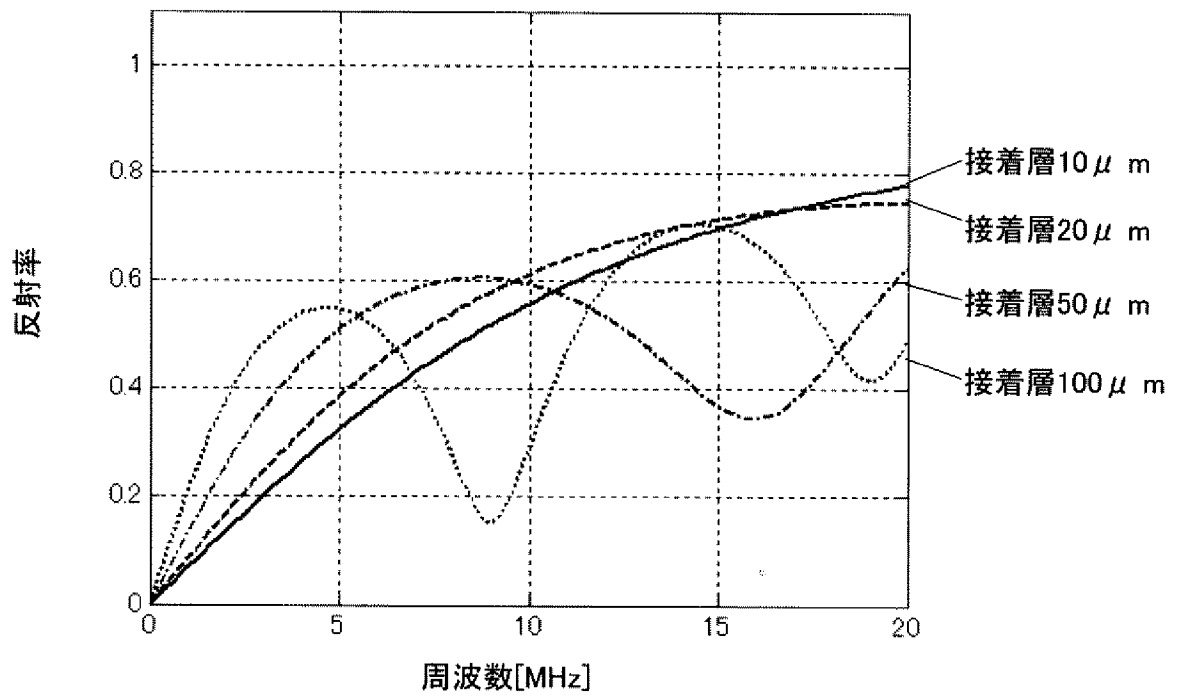
[图12]



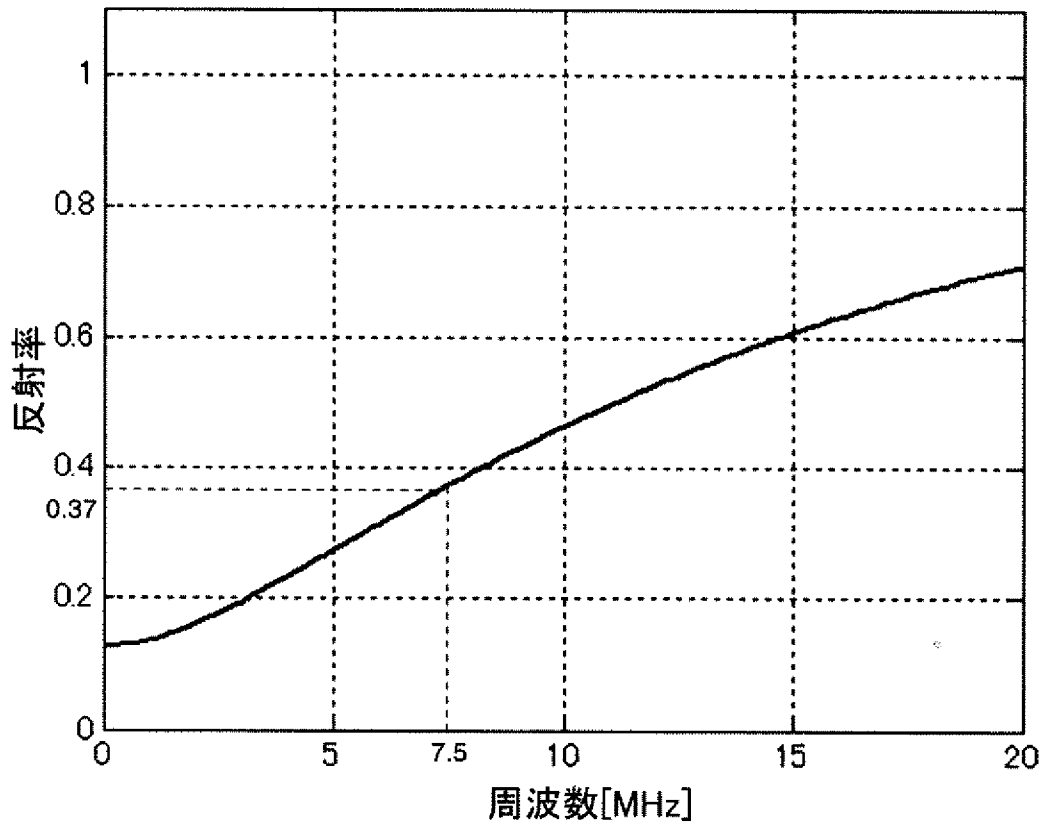
[图13]



[图14]



[图15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/053321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B8/00(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)

A61B8/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 2009-112379 A (Fujifilm Corp.), 28 May 2009 (28.05.2009), paragraphs [0033], [0043], [0044]; fig. 12 (Family: none)	1-15
A	JP 2008-119318 A (Hitachi Medical Corp.), 29 May 2008 (29.05.2008), paragraph [0033] (Family: none)	1-15
A	JP 2005-295553 A (General Electric Co.), 20 October 2005 (20.10.2005), paragraph [0045] & US 2004/0174773 A1 & WO 2007/086817 A1 & DE 102004011193 A & KR 10-2006-0044973 A & CN 1527414 A	1-15

 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
14 April, 2011 (14.04.11)Date of mailing of the international search report
26 April, 2011 (26.04.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B8/00(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. A61B8/00

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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011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 2009-112379 A (富士フイルム株式会社) 2009.05.28, 段落 33, 43, 44、図 12 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-119318 A (株式会社日立メディコ) 2008.05.29, 段落 33 (ファミリーなし)	1-15

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
 「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
 「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)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「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
 「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
 「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
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.04.2011

国際調査報告の発送日

26.04.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

富永 昌彦

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2Q

4461

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 2005-295553 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2005.10.20, 段落 45 & US 2004/0174773 A1 & WO 2007/086817 A1 & DE 102004011193 A & KR 10-2006-0044973 A & CN 1527414 A	1-15