

(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2017-42189

(P2017-42189A)

(43) 公開日 平成29年3月2日(2017.3.2)

(51) Int.Cl.

**A61B 8/13 (2006.01)**  
**HO4R 17/00 (2006.01)**

F 1

A 6 1 B 8/13  
H O 4 R 17/00  
H O 4 R 17/00

テーマコード(参考)

4 C 6 0 1  
5 D 0 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2015-164552 (P2015-164552)

(22) 出願日

平成27年8月24日 (2015.8.24)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

100086483

弁理士 加藤 一男

加藤 純子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内

笠貫 有二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内

(72) 発明者 正木 文太郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内

最終頁に続く

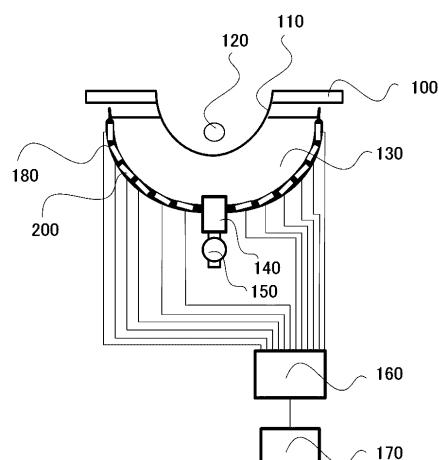
(54) 【発明の名称】超音波プローブ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】被検体からの超音波の検出性能(S/N)を向上させる事ができる超音波プローブを提供する。

【解決手段】被検体とセンサが配置されていない筐体の部分との間で生じる超音波の多重反射を低減するために、超音波プローブ180は、複数の超音波センサ200と、測定の際に測定位置に配置されるべき被検体120に向かって凹状となる凹部を有し、複数の超音波センサを支持する筐体と、を備える。超音波センサは、センサ面が被検体側に向くように配置され、筐体は、被検体側の面に超音波反射制御層を有する。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の超音波センサと、測定の際に測定位置に配されるべき被検体に向かって凹状となる凹部を有し、前記複数の超音波センサを支持する筐体と、を備える超音波プローブであつて、

前記超音波センサは、センサ面が被検体側に向くように配置され、前記筐体は、被検体側の面に超音波反射制御層を有することを特徴とする超音波プローブ。

**【請求項 2】**

前記筐体の凹部は略球面状であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 3】**

前記超音波反射制御層は、超音波吸收層、超音波散乱層、超音波干渉層うち少なくとも一つを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 4】**

前記超音波吸收層の音響インピーダンスが、1 M Ray 1 s 以上 5 M Ray 1 s 以下であることを特徴とする請求項 3 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 5】**

前記超音波反射制御層の前記被検体側に光反射制御層が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の超音波プローブ。

**【請求項 6】**

前記光反射制御層の音響インピーダンスが、1 M Ray 1 s 以上 5 M Ray 1 s 以下であることを特徴とする請求項 5 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 7】**

前記超音波センサのセンサ面に光反射層が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の超音波プローブ。

**【請求項 8】**

前記超音波センサと前記筐体との間に音響マッチング材が侵入することを防止するシール部材が設けられていることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の超音波プローブ。

**【請求項 9】**

前記超音波センサは、前記センサ面に、音響波の受信信号への変換と送信信号の音響波への変換のうち少なくとも一方を行う変換素子を有することを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか 1 項に記載の超音波プローブ。

**【請求項 10】**

前記変換素子は、静電容量型電気機械変換素子であることを特徴とする請求項 9 に記載の超音波プローブ。

**【請求項 11】**

前記超音波センサは、前記筐体の空洞の部分に、嵌合されていることを特徴とする請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の超音波プローブ。

**【請求項 12】**

前記筐体には、被検体に光を照射するための光照射部が取り付けられていることを特徴とする請求項 1 から 11 の何れか 1 項に記載の超音波プローブ。

**【請求項 13】**

請求項 1 から 12 の何れか 1 項に記載の超音波プローブを用いて、被検体からの音響波を受信して被検体の情報を取得することを特徴とする被検体情報取得装置。

**【請求項 14】**

被検体に音響波を送信し被検体から反射した音響波を検出する超音波プローブと、検出した信号を画像情報に変換するための信号処理部と、を備える超音波診断装置であつて、

前記超音波プローブは請求項 1 から 12 の何れか 1 項に記載の超音波プローブであり、前記超音波プローブで検出し、変換された信号を前記信号処理部で処理することで被検体像を構成することを特徴とする超音波診断装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 15】**

被検体に光を照射する光源と、光照射により励起された被検体からの音響波を検出する超音波プローブと、検出した信号を画像情報に変換するための信号処理部と、を備える超音波診断装置であって、

前記超音波プローブは請求項 1 から 12 の何れか 1 項に記載の超音波プローブであり、前記光源からの光が被検体に照射されることによって生じる光音響波を前記超音波プローブで検出し、変換された信号を前記信号処理部で処理することで被検体像を構成することを特徴とする光音響診断装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

10

**【0001】**

本発明は、超音波変換素子（トランステューサ）などとして用いられる超音波プローブ、およびそれを用いる装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、マイクロマシニング技術によって製造される微小機械部材はマイクロメータオーダーの加工が可能であり、これらを用いて様々な微小機能素子が実現されている。このような技術を用いた cMUT (Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducer) 等の静電容量型の電気機械変換素子は、圧電素子の代替品として研究されている。こうした静電容量型の電気機械変換素子によると、振動膜の振動を用いて超音波などの音響波ないし光音響波（本明細書では、超音波で代表することもある）を送信、受信することができ、特に液中において優れた広帯域特性を得ることができる。

20

**【0003】**

光音響診断装置は、被検体に光を照射し、被検体からの光音響信号を圧電素子または静電容量型のトランステューサなどのセンサで受信し、受信した信号に基づいて被検体の光音響画像を構成し、診断に用いる装置である。光源からのパルス光を被検体に照射し、被検体内で伝搬・拡散したパルス光のエネルギーを吸収した被検体で発生した光音響波（典型的には超音波）を受信し、その受信信号に基づき被検体をイメージング（画像化）する研究は医療分野で積極的に進められている。

30

**【0004】**

特許文献 1 には、半球面上に離散的に配置された圧電素子を用いて音響波を受信して、光音響画像を構成する光音響診断装置の提案がなされている。半球面上に圧電素子はらせん状に配置され、その半球面自体を走査する例が開示されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】****【特許文献 1】米国特許公開第 2013/0217995 号****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

40

**【0006】**

上述した様な光音響診断装置を使用する際、被検体から発生した光音響波である超音波が、センサが配置されていない部分で反射すると、反射した超音波は被検体に到達し、被検体から発生した超音波を歪める可能性がある。また、被検体で再び反射してセンサに戻ってくる為、所望の超音波を検出する際にノイズとなる。さらに、光音響診断装置だけでなく、センサから超音波を被検体に送信し、被検体で反射した超音波を受信する送受信プローブでも、同様の点が指摘される。つまり、被検体とセンサが配置されていない部分との間で超音波の多重反射が生じることで、所望の超音波の検出性能が低下する恐れがある。特に、センサがスペース状、即ちまばらに配置されていると、センサが配置されていない領域が多くなるため、超音波の多重反射による検出性能の低下が顕著になることがある

50

。また、被検体とセンサとの距離が近くなるにつれ、所望の超音波と多重反射による超音波との分離が困難になり、検出性能の低下が顕著になり易い。

**【課題を解決するための手段】**

**【0007】**

上記課題に鑑み、本発明の超音波プローブは、複数の超音波センサと、測定の際に測定位置に配置されるべき被検体に向かって凹状となる凹部を有し、前記複数の超音波センサを支持する筐体と、を備える。前記超音波センサは、センサ面が被検体側に向くように配置され、前記筐体は、被検体側の面に超音波反射制御層を有する。

**【発明の効果】**

**【0008】**

本発明では、被検体とセンサが配置されていない筐体の部分との間で生じる超音波の多重反射を低減する事で、被検体からの超音波の検出性能（S/N）を向上させる事が可能となる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0009】**

**【図1】**本発明の光音響診断装置の一例の構成図。

**【図2】**本発明の光音響診断装置に用いられる超音波プローブの一例の斜視図。

**【図3】**超音波プローブの一部の被検体側拡大図。

**【図4】**超音波プローブの一例の外側拡大図。

**【図5】**図3のA-B断面図。

10

20

30

40

50

**【図6】**センサ配置前の超音波プローブの一例の被検体側拡大図。

**【図7】**図6のC-D断面を示す斜視図。

**【図8】**本発明の超音波センサの一例（実施例1）を示す図。

**【図9】**図8のX-Z軸スライス図（X軸とZ軸とを含む面でスライスした図）。

**【図10】**図8のセンサの受信面の一例を示す図。

**【図11】**図10のE-F断面図。

**【図12】**静電容量型の電気機械変換素子の製造方法の一例を示す断面図。

**【図13】**実施例2の超音波プローブの図3と同様な断面図。

**【図14】**実施例3の超音波プローブの図3と同様な断面図。

**【発明を実施するための形態】**

**【0010】**

以下の実施形態や実施例では、超音波センサは、センサ面が被検体側に向くように配置され、複数の超音波センサを支持する筐体は、測定の際に測定位置に配されるべき被検体に向かって凹状となる凹部を有し、被検体側の面に超音波反射制御層を有する。超音波反射制御層は、吸収、散乱、干渉なども含めて反射波の量を制御する機能を有している。前記筐体の凹部は、典型的には、略球面状であるが、例えば、筐体が多面体構造で形成され、筐体の凹部を、平面を繋ぎ合わせて形成されている形態などにすることも出来る。

**【0011】**

以下に、本発明の実施形態について説明する。本実施形態では光音響診断装置について説明しているが、光源を備えない超音波診断装置などでもよく、本発明は本実施形態に制限されない。

**【0012】**

<システム構成>

図1を参照しながら、本発明に係る超音波プローブないし光音響診断装置の構成例を説明する。図1は本実施形態の構成図である。本実施形態に係る光音響診断装置は、取り付け部100、被検体120を保持する形状保持部110、音響マッチング材130、光学系140、光源150、処理部160、画像表示部170、超音波プローブ180を含む。測定は形状保持部110に被検者120の乳房などを挿入して行う。光源150から発生したパルス光は、被検体に光を照射するための光照射部の一部をなす光学系140を介して超音波プローブ180の頂点近傍から形状保持部110の方向に導かれ、被検体12

0に照射される。被検体内部を伝播した光のエネルギーの一部が血液などの光吸収体に吸収されると、その被検体120の光吸収体の熱膨張により音響波が発生する。被検体120で発生した音響波はすべての方向に伝播し、音響マッチング材130を伝播して超音波プローブ180内に配置された超音波センサ200の各々で受信され、処理部160において解析される。解析結果は、被検体120の特性情報を表す画像として画像表示部170に出力される。

## 【0013】

&lt;光源150&gt;

光源150はパルス光を発生させる装置である。光源はレーザー光源であることが望ましいが、発光ダイオードやフラッシュランプ等を用いることもできる。照射のタイミング、波形、強度等は不図示の光源制御部により制御される。光音響波を効果的に発生させるためには、被検体120の熱特性に応じて、十分短い時間に光を照射しなければならない。被検体120が生体である場合、光源から発生するパルス光のパルス幅は10～50ナノ秒程度が好適である。また、パルス光の波長は、被検体内部まで光が伝播する波長であることが望ましい。具体的には、600nm以上1200nm以下程度であることが望ましい。この領域の光は比較的生体深部まで到達することができ、深部の情報を得ることができる。さらにパルス光の波長は、観測対象に対して吸収係数が高いことが望ましい。

10

## 【0014】

&lt;光学系140&gt;

光学系140は、光源150で発生したパルス光を被検体120へ導く手段である。具体的には、所望のビーム形状、光強度分布が得られるように光ファイバやレンズ、ミラー、拡散板などで構成された光学部材である。また、光を導く際に、これらの光学機器を用いて、所望の光分布となるように形状や光密度を変更することもある。光学機器はここに挙げたものだけに限定されず、このような機能を満たすものであれば、どの様なものであってもよい。

20

## 【0015】

&lt;形状保持部110&gt;

形状保持部110は、被検体120の形状を一定に保つための部材である。形状保持部110は、取り付け部100に取り付けられている。形状保持部110を介して被検体120に光を照射する場合、形状保持部110は照射光に対して透明であることが好ましい。例えば、形状保持部材110の材料としては、ポリメチルペンテンやポリエチレンテレフタラートなどを用いることができる。また、被検体120が乳房である場合、乳房形状の変形を少なくして形状を一定に保持するために、形状保持部110の形状は球を或る断面で切った形状であることが好ましい。なお、被検体120の体積や保持後の所望の形状に応じて、形状保持部110の形状を適宜設計することができる。形状保持部110が被検体120の外形にフィットし、被検体120の形状が形状保持部110の形状とほぼ同様になるように構成されていることが好ましい。なお、光音響診断装置は、形状保持部110を用いることなく、測定を行ってもよい。

30

## 【0016】

&lt;被検体120&gt;

被検体120は測定の対象となるものである。具体例としては、乳房等の生体や、当該装置の調整などにおいては生体の音響特性と光学特性を模擬したファントムが挙げられる。

40

## 【0017】

&lt;音響マッチング材130&gt;

音響マッチング材130は、被検体120と超音波プローブ180との間の空間を満たし、被検体120と超音波プローブ180との間を音響的に結合させるためのものである。本実施形態では、超音波プローブ180と形状保持部110との間に音響マッチング材130を配置することができる。また、形状保持部110と被検体120との間にも音響マッチング材130を配置している。超音波プローブ180と形状保持部110との間及

50

び形状保持部 110 と被検体 120 との間に、それぞれ異なる材料の音響マッチング材 130 を配置してもよい。

#### 【0018】

なお、音響マッチング材 130 は、その内部で光音響波が減衰し難い材料であることが好ましい。また、音響マッチング材 130 は、光源 150 で発生するパルス光を透過する材料であることが好ましい。また、音響マッチング材 130 は液体であることが好ましい。具体的には、音響マッチング材 130 として、水、ひまし油、ジェルなどを用いることができる。

#### 【0019】

<超音波プローブ 180 >

超音波プローブ 180 は、被検体 120 の内部で発生した音響波をアナログの電気信号に変換する手段である。超音波プローブ 180 の形状は、測定位置に置かれた被検体に向かって凹状である凹部を有しており、本実施形態では半球体のお椀形状をしている。凹部の被検体側の半径は、例えば数 mm から数十 cm であり、被検体の大きさに応じて変更すればよい。また凹部の厚さ、つまり凹部の被検体側の面（内面）の半径と凹部の被検体側ではない面（外面）の半径との差は、数 mm から数 cm である。装置全体の大きさに応じて変更すればよい。

#### 【0020】

超音波プローブ 180 には、複数の超音波センサ 200 が配置されている。超音波センサ 200 は、少なくとも超音波の受信が行えるものであれば良い。受信と送信の両方を行えるものであっても良い。例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電セラミック材料や、PVDF（ポリフッ化ビニリデン）に代表される高分子圧電膜材料などを用いることができる。また、圧電素子以外の素子を用いても良い。例えば、cMUTなどの静電容量型の素子、ファブリペロー干渉計を用いた音響波受信素子、などを用いることができる。超音波センサ 200 と後述の筐体 184との間には、この間に音響マッチング材が侵入することを防止するためのシール部材が設けられるのが好ましい。

#### 【0021】

図 2 乃至図 7 を参照しながら、超音波プローブ 180 の構成を説明する。図 2 は本実施形態の光音響診断装置の超音波プローブの一例の図であり、図 3 は、図 2 の破線で囲った部分 183 の内面拡大図である。図 4 は、図 3 の裏面を示した外面拡大図であり、図 6 は、超音波センサ 200 を配置する前の図 2 の破線で囲った部分 183 の拡大図である。

#### 【0022】

超音波センサ 200 は、超音波受信面（センサ面）が被検体 120 側に向くように配置されている。音響波プローブ 180 は、内側 182 と外側 181 から構成されており、外側 181 の超音波センサ 200 は、導線やケーブル等の配線 202 で処理部 160 に接続されている。内側 182 の、超音波センサ 200 が配置されていない筐体 184 の部分には、光反射制御層 220 と超音波反射制御層 230 が配置されている。また超音波センサ 200 の超音波受信面には、光反射層 201 が配置されている。超音波プローブ 180 の筐体 184 の材料は、金属やセラミック、樹脂など、半球面状などの凹状に加工して形成できる物であればよい。

#### 【0023】

光反射制御層 220 は、光の反射を制御できればよく、光反射層であればよい。光反射層は、光源 150 からパルス光を被検体 120 に照射して光音響波を発生させるために用いる光源 150 が発する波長の光を反射する機能を有する。光反射層は、光源 150 の有する波長に対する反射率が高い膜であればよい。反射率が高い膜としては、Al、Au、誘電体多層膜等が用いられる。光反射層の反射率は、使用する光において 80% 以上であることが好ましく、90% 以上であることがより好ましい。また光反射層は、被検体 120 から生じた音響波を透過させる機能を有することが好ましい。一般的に音響マッチング材の音響インピーダンスが 1 M Rayl ~ 5 M Rayl であるので、光反射層の音響インピーダンスは 1 M Rayl 以上 5 M Rayl 以下が好ましい。音響マッチング

10

20

30

40

50

材と音響インピーダンスの値を近くする事で、界面での超音波の反射を低減することができる。また、光音響波の周波数（波長）に対して十分薄い厚さとするのが好ましい。光反射層を有する事で、光源150から発生したパルス光の散乱や形状保持部110での反射によって筐体184にパルス光が照射されたときに生じる、筐体184からの光音響波信号の発生を低減することが出来る。

#### 【0024】

超音波反射制御層230は、超音波の反射を制御すればよく、超音波吸収層、超音波散乱層、もしくは両方の層を有するのが好ましい。超音波の干渉を利用して超音波の戻りを抑制する超音波干渉層を含む構成であってもよい。超音波反射制御層は、被検体から反射もしくは発生した超音波が筐体184に到達したときに、筐体で超音波が反射して被検体へ戻っていく多重反射を防ぐ構成であればよい。超音波吸収層は、光源150からパルス光を被検体120に照射して生じた光音響波を吸収する機能を有する。光音響波に対する吸収率が高い層であればよい。超音波吸収層としては、市販されているイーステック社のAptFlex-F28やAptFlex-F36を用いることが出来る。架橋型ブチルゴム、ガラスエポキシ、シリコーンゲルやシリコーンゴム、ウレタンゴムなどに、タンゲステンやアルミナ、銅もしくはその化合物、白金、鉄もしくはその化合物、フェライト粉末などの微粒子を含有させた溶媒を元に超音波吸収層を作製できる。超音波散乱層については、半球状超音波プローブ180の内側182の筐体184の表面を、円錐などの錐形突起形状に粗面加工することで、超音波を散乱することが出来る。散乱により多重反射を減少することができる。また、粗面加工をした筐体184の上に超音波吸収層を設けることで、超音波吸収層で吸収しきれなかった超音波が超音波散乱層で散乱され、散乱した超音波を超音波吸収層で吸収することもできる。超音波吸収層と超音波散乱層の両方を有することで、超音波反射制御層の厚さを薄くすることもできる。また、超音波吸収層を二層構成にして超音波吸収層内部に粗面加工を施してもよい。超音波吸収層内部を粗面加工することで、超音波吸収層内部で超音波の吸収および散乱した超音波の吸収を行ふことができる。超音波干渉層は、材料の屈折率を考慮した各界面からの反射超音波の位相差が $\pi/2$ （半波長）の略奇数倍となる様に層厚が適宜に設定された層構造で実現することができる。超音波吸収層の音響インピーダンスは、一般的に音響マッチング材の音響インピーダンスが1MRayls~5MRaylsであるので、同等の1MRayls以上5MRayls以下が好ましい。音響マッチング材と音響インピーダンスの値を近くする事で、界面での超音波の反射を低減することができる。

#### 【0025】

超音波反射制御層230を有する事で、光源150からのパルス光によって被検体120から発生した光音響波の、超音波プローブ180内部での多重反射を低減できる。光反射制御層220は、超音波プローブ180の内側182の面に設け、超音波反射制御層230は、光反射制御層220と筐体184の間に設けるのが好ましい。光反射制御層220が光反射層の場合、光源150からのパルス光の散乱や形状保持部110での反射によって筐体184にパルス光が照射される際にパルス光を反射して筐体184から光音響波信号が発生されることを、低減出来る。被検体120から発生した光音響波は、光反射層を透過して超音波反射制御層230に達したときに超音波吸収層で吸収され、超音波プローブ180内部での光音響波の多重反射を低減出来る。

#### 【0026】

超音波プローブ180と被検体120との距離が離れている場合には、光音響波の多重反射が生じても、被検体120から発生した最初の光音響波の信号と時間差があるため、超音波センサ200で検出されるこれらの信号を分離することが出来る。しかし、超音波プローブ180と被検体120との距離が近づくにつれて、目標の信号と前記多重反射などによる信号との分離が困難になり、検出性能が低下する。このため、超音波反射制御層230を超音波吸収層として、光音響波の多重反射を低減することが好ましい。

#### 【0027】

被検体120から発生した光音響波を検出する超音波センサ200の超音波受信面には

10

20

30

40

50

、光反射層 201 を設けるのが好ましい。光源 150 からのパルス光の散乱や形状保持部 110 での反射によって超音波センサ 200 にパルス光が入射すると、超音波センサ 200 から光音響波が発生する。これにより被検体 120 から発生した光音響波を歪め、検出性能が低下する。超音波センサ 200 の超音波受信面に光反射層 201 を設けることで、超音波センサ 200 からの光音響波の発生を低減することができる。

#### 【0028】

超音波プローブ 180 は、超音波センサ 200 を配置する前の状態では図 6 や図 7 に示すように超音波センサ 200 を配置する部分が空洞 185 となっている。図 7 に示すように超音波センサ 200 を配置する前の状態の超音波プローブ 180 は、筐体 184 の上に光反射制御層 220 と超音波反射制御層 230 を有している。この空洞 185 に超音波センサ 200 を挿入して固定することで超音波プローブ 180 が作製できる。超音波プローブ 180 の大きさは、被検体 120 の特性に応じて所望の大きさにすればよい。また配置する超音波センサ 200 の個数は、被検体 120 の特性と超音波プローブ 180 の大きさに応じて所望の個数を所望の箇所に設ければ良い。図 5 では、超音波プローブ 180 の外側 181 から空洞 185 にセンサ 200 を挿入して超音波センサ 200 の突起で挿入方向の位置出しを行っている。超音波センサ 200 の筐体 184 への固定は、接着材などで固定してもよいし、筐体 184 と超音波センサ 200 の接触面を樹脂やゴム製の O リングを介して密閉して、ねじ留めで固定してもよい。また超音波センサ 200 は、内側 182 から挿入して固定してもよいし、超音波センサ 200 に位置出し用の突起を設けずに治具などで位置出しを行って固定してもよい。

10

20

30

40

#### 【0029】

##### <処理部 160 >

図 1 に戻り、処理部 160 と画像表示部 170 について説明する。光音響波は超音波プローブ 180 に配置された超音波センサ 200 により検出される。被検体から発生した光音響波はほぼ 360 度 × 180 度の方向に対して検出される。画像再構成に関しては、例えば、トモグラフィー技術で通常に用いられるタイムドメインあるいはフーリエドメインでの逆投影などが用いられる。高解像度の 3 次元画像を取得するために、フーリエドメイン法がよく用いられるが、これに限られるわけではない。ここで、被検体 120 の部位から放射された光音響波の強度は、処理部 160 で算出される。画像形成処理を高速化するために、処理部 160 は、超音波センサ 200 の位置と被検体 120 の部位の位置と受信時刻とで定まる値を、超音波プローブ 180 の球の半径の関数として算出して、その係数をメモリーに記憶させている。各超音波センサ 200 の受信信号に前記係数を乗算し、この乗算結果を各部位について累積する事で画像データを形成する。このように球面上での画像データを算出し、この画像データをフーリエドメイン法により画像処理することにより、被検体の高い分解能の 3 次元画像を画像表示部 170 に表示することができる。

50

#### 【0030】

以下、より具体的な実施例を挙げて本発明を詳細に説明する。

##### (実施例 1)

上記実施形態で記載した超音波プローブないし光音響診断装置についての具体的な例について説明する。光源としては、近赤外ナノパルスレーザーを用いる。ここでは、チタンサファイアレーザーを用い、励起起源としては Nd : YAG レーザーを使用する。800 nm 付近の波長を照射し、光音響波信号を発生させる。被検体 120 としては乳房用ファンтом を用いる。形状保持部 110 はポリメチルペンテンのフィルムを使用する。音響マッチング材 130 は形状保持部 110 と超音波プローブ 180 との間に水を充填する。超音波プローブ 180 は、半球面の内側 182 の半径を約 120 mm とし、超音波センサ 200 の超音波受信面が半球面の内側を向くように 250 個配置する。超音波センサ 200 は静電容量型電気機械変換装置であり、超音波センサ 200 先端の外径は 10 mm である。超音波プローブの光反射制御層 220 は光反射層であり、超音波反射制御層 230 は超音波吸収層である。また超音波プローブ 180 の筐体 184 はアルミニウムである。

#### 【0031】

50

図 8、図 9 を用いて静電容量型電気機械変換装置（超音波センサ）を説明する。図 8 は超音波センサの一例であり、図 9 は図 8 の X - Z 軸スライス図である。超音波センサは、光反射層 201 と本体 204 と配線 202 から構成され、本体 204 の一部に突起を有している。本体 204 の中には、静電容量型電気機械変換素子（トランステューサ）205 と第一のフレキ配線 207 と第二のフレキ配線 209、受信プリアンプ 210 が配置されている。このように、超音波センサ 200 は、センサ面に、音響波の受信信号への変換と送信信号の音響波への変換のうち少なくとも一方を行う変換素子 205 を有している。

#### 【0032】

図 10、図 11 を用いて静電容量型電気機械変換素子を説明する。図 10 は、超音波センサの受信面側の拡大模式図である。また図 11 は、図 10 の E - F 断面図である。トランステューサ 205 は、シリコン基板 1、第一の絶縁膜 2、第一の電極 3、電極 3 上の第二の絶縁膜 4、空隙（キャビティ）5 を隔てて形成された第三の絶縁膜 6 と絶縁膜 6 上の第二の電極 7 と電極 7 上の第四の絶縁膜 8 とを含む振動膜 9、を備える。振動膜 9 上には、接着剤 10 を介して、光反射層 12 が成膜された支持部材 11 が接着され保護層 201 を形成している。これらで構成されるセル 203 が複数個集まって静電容量型電気機械変換素子 205 を構成している。図 10 では 36 個のセルで一つの静電容量型電気機械変換素子 205 を構成しているが、セルは一つでも多数でも構わない。また、セルの配列は格子状でも千鳥状でもハニカム状などでも構わないし、セルの形状は円形に限らず長方形や正方形や多角形でも構わない。また、セルの集合体のである静電容量型電気機械変換素子 205 の形状も問わない。第一の電極 3、は第一の電極パッド 206 で第一のフレキ配線 207 と繋がれて本体 204 内部の回路基板 212 に接続され、配線 202 で外部に引き出される。第二の電極 7 は、第二の電極パッド 208 で第二のフレキ配線 209 と繋がれて本体 204 内部を通って回路基板 212 上の受信プリアンプ 210 と接続している。図 10 では、第一の電極 3 と第二の電極 7 をフレキ配線で受信面側から引き出しているが、シリコン基板 1 に貫通孔を設けて、シリコン基板 1 の裏側に直接電極を形成して回路基板と接続してもよい。

#### 【0033】

静電容量型電気機械変換素子 205 の表面には、光反射層を含む保護層 201 が形成されている。光反射層は、光源 150 からのパルス光の散乱や形状保持部 110 からの反射光が電気機械変換装置に照射される事で発生する光音響波を低減するためのものである。光反射層 12 は Au の蒸着膜であり、Au を蒸着する支持部材 11 は  $12 \mu\text{m}$  の厚さの PET フィルムを用いる。接着層 10 はシリコン系の接着剤を用いて保護層 201 を作製する。光反射層 12、支持部材 11、接着層 10 の種類や厚さは、これらに限らない。

#### 【0034】

超音波センサは、電圧印加手段で第一の電極 3 にバイアス電圧を印加することが出来る。第一の電極 3 にバイアス電圧が印加されると、第一の電極 3 と第二の電極 7 との間に電位差が生じる。この電位差により振動膜の復元力と静電引力が釣り合うところまで振動膜 9 は変位する。この状態で超音波が振動膜 9 に到達すると、振動膜 9 が振動する事で第一の電極 3 と第二の電極 7 との間の静電容量が変化して第二の電極 7 に電流が流れる。この電流を超音波の電気信号として取り出す事ができる。受信の際には、不図示のシステム制御部から指示された受信のバイアス電圧に従い、バイアス電圧制御部からバイアス電圧を印加する。被検体から発生した光音響波を超音波センサで受信した受信信号は受信プリアンプ 210 で増幅され、処理部 160 に送られる。

#### 【0035】

図 12 を用いて静電容量型電気機械変換素子の製造方法の一例を説明する。図 12-a に示すように、基板 1 上に第一の絶縁膜 2 を形成する。基板 1 はシリコン基板であり、第一の絶縁膜 2 は、第一の電極 3 との絶縁を形成するためのものである。次に第一の電極 3 を形成する。第一の電極 3 は、表面粗さが小さい導電材料が望ましく、例えば、チタン、タングステン、アルミ等である。第一の電極 3 の表面粗さが大きい場合、第一の電極 3 と第二の電極 7 の距離が、表面粗さにより素子間でばらついてしまうため、表面粗さが小さい導

10

20

30

40

50

電材料が望ましい。次に、第二の絶縁膜4を形成する。第二の絶縁膜4も、表面粗さが小さい絶縁材料が望ましく、これは、第一の電極と第二の電極との間に電圧が印加された場合の第一の電極と第二の電極間の電気的短絡あるいは絶縁破壊を防止するために形成する。また、本工程の後工程で実施する犠牲層除去のときに第一の電極3がエッティングされることを防止するために形成する。第二の絶縁膜4は、例えば、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜等である。

#### 【0036】

次に、図12-bに示すように、犠牲層55を形成する。犠牲層55は、後に空隙5となる。犠牲層55は表面粗さの小さい材料が望ましい。犠牲層の表面粗さが大きい場合、第一の電極と第二の電極間の距離が、表面粗さにより素子間でばらついてしまうため、表面粗さが小さい犠牲層が望ましい。また、犠牲層を除去するエッティングのエッティング時間を短くするために、エッティング速度の速い材料が望ましい。犠牲層材料としては、例えば、アモルファスシリコン、ポリイミド、クロム等が挙げられる。クロムのエッティング液は、窒化シリコン膜あるいは酸化シリコン膜をほぼエッティングしないので、絶縁膜、振動膜が窒化シリコン膜あるいは酸化シリコン膜の場合、望ましい。

10

#### 【0037】

次に、図12-cに示すように、第三の絶縁膜6を形成する。第三の絶縁膜6は、低い引張り応力のものが望ましい。例えば、500 MPa以下の引張り応力のものがよい。窒化シリコン膜は応力コントロールが可能であり、500 MPa以下の低い引張り応力にすることができる。振動膜が圧縮応力を有する場合、振動膜がスティッキングあるいは座屈を引き起こし、大きく変形する。他方、大きな引張り応力の場合、第三の絶縁膜6が破壊されることがある。従って、第三の絶縁膜6は、低い引張り応力のものが望ましい。例えば、応力コントロールが可能で、低い引張り応力にできる窒化シリコン膜である。次に、第二の電極7を形成する。第二の電極7は、残留応力が小さい材料が望ましく、アルミニウム、アルミ・シリコン合金やチタンなどの金属が挙げられるが、これに限らない。

20

#### 【0038】

次に、図12-dに示すように、第三の絶縁膜6にエッティングホール56を形成する。エッティングホール56は、犠牲層55をエッティングして除去するためにエッティング液あるいはエッティングガスを導入するための孔である。その後、犠牲層55を除去して空隙5を形成する。犠牲層除去方法は、ウェットエッティングやドライエッティングなどが好ましく、犠牲層材料としてクロムを用いた場合は、ウェットエッティングが好ましい。

30

次に図12-eに示すように、エッティングホール56を封止する為に、第四の絶縁膜8を形成する。第三の絶縁膜6と第二の電極7と第四の絶縁膜8で振動膜9が形成される。封止材料として、第三の絶縁膜6と同じ材料であれば密着性が高い為、好ましい。第三の絶縁膜6が窒化シリコンの場合、第四の絶縁膜8も窒化シリコンが好ましい。

30

#### 【0039】

図11や図12では、第二の電極7が第三の絶縁膜6と第四の絶縁膜8で挟まれた構成を一例として示した。しかしながら、第三の絶縁膜6を形成した後にエッティングホール56を形成して犠牲層エッティングを行い、その後、第四の絶縁膜8を形成した後に第二の電極を設けることもできる。ただし、第二の電極7が最表面に露出していると、異物などにより素子がショートする可能性が高くなるため、第二の電極7は絶縁膜の間に設けることが好ましい。本実施例では、超音波センサにするために、変換素子205の大きさにダイシングしている。以上の工程を経る事で図10や図11のような静電容量型電気機械変換素子を作製する事ができる。

40

#### 【0040】

このような静電容量型電気機械変換素子を、図9に示した支持部材211にエポキシなどの樹脂接着剤を用いて固定し、第一の電極206に第一のフレキ配線207を、第二の電極208に第二のフレキ配線209を接続する。フレキ配線は、受信アンプ210が配置されている配線基板212に接続される。静電容量型電気機械変換素子205、フレキ配線、配線基板212が一体となった物は、本体204に格納される。本体204は樹脂

50

などにより構成することができる。本体 204 内に格納した後、本体 204 内部に音響マッチング材などが流入しないように本体 204 は接着剤で密閉される。本体 204 に格納された変換素子 205 の表面には、光反射層 12 を有する保護層 201 を形成する。光反射層 12 は Au を用いる。支持部材 11 としては 12 μm の厚さの PET フィルムを用いる。まず支持部材 11 に Au を蒸着し、Au を蒸着した支持部材 11 をシリコン系の接着剤を用いて静電容量型電気機械変換素子 205 の表面に接着する。接着後に余分な支持部材 11 をカットすることで、静電容量型電気機械変換素子 205 の保護層 201 が作製できる。以上の工程を経て図 8 や図 9 のような超音波センサ 200 を作製できる。ここにおいて、第一の電極パッド 206 は配線 202 を通ってバイアス電圧を印加する為の電源に接続され、第二の電極パッド 208 はフレキ配線 209 を介して受信アンプ 210 に接続され、配線 202 を介して処理部 160 に繋がれる。

10

#### 【0041】

次に、筐体 184 を作製する。筐体の材料はアルミニウムを用いて、半球面の内側の半径が 120 mm、肉厚 20 mm となるように切削加工する。次に、筐体 184 の内側に超音波反射制御層 230 として超音波吸収層を作製する。超音波吸収層は、イーステック社で販売されている AptFlex-F36 を、筐体 184 の内側に塗布して硬化させる事で作製できる。塗布厚さを 10 mm とする事で、2 MHz の超音波を約 45 dB 減衰することができて好ましい。超音波吸収層の音響インピーダンスは約 1.4 M Rayls であり、音響マッチング材 130 を水とする場合、これとの音響インピーダンスの差が 10 % 以下であり好ましい。また、ウレタンゴムにタングステンの微粒子を 10 wt % 程度混合したもの筐体 184 の内側に塗布して硬化させる事で、1 MHz の超音波を約 50 dB 減衰することもできる。このときの音響インピーダンスは約 1.8 M Rayls であり、音響マッチング材 130 を水とする場合、音響インピーダンスの差が 20 % 以下であり好ましい。

20

#### 【0042】

次に、超音波吸収層の上に光反射制御層として光反射層を作製する。超音波吸収層の上に Au を 100 nm メッキする事で光反射層を作製する。この光反射層は、光を 90 % 以上反射することができて好ましい。また光反射層の厚さが 100 nm と薄いため、音響マッチング材 130 が有する音響インピーダンスと光反射層が有する音響インピーダンスの差で生じる超音波の反射が殆ど生じない。そのため、伝播してきた超音波を殆ど反射せずに超音波吸収層に伝播させることができて好ましい。

30

#### 【0043】

次に、超音波センサを配置する為に筐体 184 に空洞 185 を設ける。超音波センサの外側の直径が 10 mm であるので、内側 182 から 11 mm の空洞を 250 力所に、空洞の間隔を 21.2 mm として作製する。空洞 185 の外側 181 には、後に嵌合キャップ 186 を嵌合させるために、嵌合キャップの外径 13 mm に 0.5 mm を加えた 13.5 mm の孔を空洞 185 と同じ個所に設けて孔の部分にねじ切り加工を施し、嵌合受け部 187 を形成する。半球面状の筐体 184 の内側 182 の底部には、後に光学系 140 を設置するため、光学系用の空洞を設ける（図 1 参照）。

#### 【0044】

次に、超音波センサを筐体 184 に配置する。超音波センサの外側の外周部分に接着剤を塗布し、筐体 184 の外側から超音波センサを挿入する。その後、嵌合キャップ 186 を嵌合受け部 187 に嵌合させることで超音波センサ 200 を筐体 184 に固定する。その際、外周部分に塗布した接着剤は、外周部分（10mm）と空洞（11mm）との隙間（1mm）、および嵌合受け部と嵌合キャップとの隙間（0.5mm）に逃げて固まる。このようにして超音波プローブ 180 が作製できる。

40

#### 【0045】

次に、図 1 のように、筐体 184 に固定された超音波センサ 200 の配線 202 を処理部 160 に繋ぎ、光学系用の空洞には、パルス光を透過させるためにサファイヤ 140 を設置し、超音波プローブ 180 の外側には光源 150 を設置する。光源はレーザー以外にレンズや拡散版などの光学部品で構成され、そこからのパルス光は、乳房 120 全体に光

50

照射されるような分布を有している。パルス光は数ナノ秒以下のパルス幅で照射される。これにより乳房全体が光励起され、光音響波を発生し、その光音響波を超音波プローブに配置された超音波センサ200により受信することができるため、乳房全体の画像情報を取得することができる。

#### 【0046】

超音波プローブ180に配置された各超音波センサ200から得られた受信信号は、処理部160に送られる。時系列の受信信号はデジタル信号に変換され、保存される。保存された受信信号に基づいて空間的な二次元、三次元の被検体情報が生成される。画像再構成のアルゴリズムは、タイムドメインあるいはフーリエドメインでの逆投影を用いる。また、形状保持部110や音響マッチング材130からの光音響波への影響に関しては、予めその情報を取得してメモリーに記憶させておき、被検体120からの情報を取得するときに、その記憶情報を読み出してその影響を排除することができる。

10

#### 【0047】

このようにして光音響波の受信信号に対して画像再構成アルゴリズムに基づく処理を施す事により、被検体情報を取得することができる。本工程で得られた被検体情報は、被検体から発生した音響波をほぼ360度×180度にわたる方向で受信して処理することにより得られるため、被検体情報の分解能および定量性（例えば血管の走行や酸素飽和度を定量できるという特性）を高くすることができる。

#### 【0048】

本実施例の超音波プローブ180は、被検体から発生した光音響波が超音波センサ以外の部分に入射したときに、光反射制御層を透過させて超音波反射制御層で吸収することができる。2MHzの超音波に対する光反射制御層の超音波反射率はほぼ0%であり、超音波反射制御層の超音波減衰率は45dBであるので、超音波センサ以外の部分に入射した超音波の99%以上を減衰させることができる。これにより、従来生じていた超音波センサ以外の部分に入射した超音波の超音波プローブ内での多重反射を99%以上低減することができ、被検体情報のS/Nを高くすることができる。

20

#### 【0049】

本実施例では、2MHzの超音波の多重反射を低減させたが、所望の周波数の超音波を低減する為に必要な光反射制御層や超音波反射制御層を、適宜設ければ良く、本実施例に制限されない。また、本実施例では光反射制御層を設けているが、超音波反射制御層のみの構成でも良い。光源を備えない超音波診断装置の場合には、光反射制御層を設けなくてよい。

30

#### 【0050】

##### (実施例2)

実施例2では、光反射制御層220を光反射層とし、超音波反射制御層230として超音波散乱層を用いた場合について説明する。その他の構成は実施例1と同様である。図13は、実施例2の超音波プローブの図3のA-B断面図と同様な断面図である。図13では、超音波受信面側の筐体184を粗面加工している。粗面加工をする事で超音波を粗面加工した表面で散乱することができる。その上に光反射層を設けており、これには、実施例1と同じように100nmのAuを用いる。

40

#### 【0051】

筐体184内側への超音波散乱層の形成について説明する。筐体184に図13に示したような凹凸を設ける。凹凸の大きさは、散乱させたい超音波の周波数に合わせれば良く、超音波の波長と同程度にするのが好ましい。例えば、2MHzの超音波の波長は、音響マッチング材である水における音速が1500m/sであるので、約750μmである。凹凸の形状は錐形突起形状とし、突起の凹凸の山の間隔と凹凸の深さを750μmとして、筐体184に粗面加工を施す。粗面加工の手法は、モールド加工やウエットエッティングやドライエッティングなどを適用する事ができる。

#### 【0052】

次に、粗面加工を施した筐体184の表面に光反射制御層として光反射層を形成する。

50

超音波散乱層の上にAuを100nmメッキする事で光反射層を作製する。この光反射層は、光を90%以上反射することができて好ましい。また光反射層の厚さが100nmと薄いため、音響マッチング材130が有する音響インピーダンスと光反射層が有する音響インピーダンスとの差で生じる超音波の反射が殆ど生じない。さらに、減衰も小さいため、伝播してきた超音波を反射も減衰も殆どさせずに粗面加工層に伝播させることができて好ましい。このようにして作製した筐体184を元に、実施例1と同じ工程を経て光音響診断装置を作製する。

#### 【0053】

本実施例の超音波プローブ180は、被検体から発生した光音響波が超音波センサ以外の部分に入射したときに、光反射制御層220でパルス光を反射し、光反射制御層を透過した光音響波を超音波反射制御層230で散乱することができる。光反射制御層は2MHzの光音響波をほぼ100%透過する。そして超音波反射制御層に到達した超音波は、あらゆる方向に散乱される。これにより、従来生じていた超音波センサ200以外の部分に入射したパルス光による光音響波の発生を低減することができ、超音波の超音波プローブ内での多重反射を低減することができて、被検体情報のS/Nを高くできる。

10

#### 【0054】

また、本実施例では、超音波反射制御層として粗面加工を施した超音波散乱層を用いたが、超音波散乱層と光反射制御層の間に超音波吸収層を配置した構成にしてもよい。粗面加工をした筐体184の上に超音波吸収層を設けることで、超音波吸収層で吸収しきれなかつた超音波が超音波散乱層で散乱し、散乱した超音波を超音波吸収層で吸収することができる。また、本実施例では光反射制御層を設けた構成としたが、光反射制御層を設げずに超音波散乱層のみを設けた構成としてもよい。超音波診断装置の場合には、光反射制御層を設けなくてよい。

20

#### 【0055】

本実施例では、2MHzの超音波の多重反射を低減させたが、場合に応じて、所望の周波数の超音波を低減する為に必要な光反射制御層や超音波反射制御層を適宜設ければ良く、実施の形態は本実施例に制限されることは無い。

20

#### 【0056】

##### (実施例3)

実施例3では、光反射制御層220を光反射層とし、超音波反射制御層230として超音波吸収層とし、超音波吸収層の内部に粗面加工を施して、超音波吸収層で、超音波の吸収と散乱を行う。その他の構成は実施例1と同様である。図14は、実施例3の図3のA-B断面図と同様な断面図である。図14では、超音波吸収層内部を粗面加工をする事で超音波の吸収を行い、粗面加工した表面で超音波を散乱させてさらに吸収することができる。その上に光反射層220を設けており、実施例1と同じように100nmのAuを用いる。

30

#### 【0057】

超音波吸収層内部への粗面加工は、実施例1と同様に、筐体184の内側面へ1層目の超音波吸収層を形成する。その後に、実施例2で筐体を粗面加工した方法と同様に、モールド加工やウエットエッティングやドライエッティングなどで1層目の超音波吸収層の粗面加工をすればよい。その上に2層目の超音波吸収層を実施例1と同様の方法で形成する事で、図14のような超音波吸収層を設けることができる。その上に、実施例1と同じ方法で光反射制御層220形成し、その後も実施例1と同様の工程を経ることで、光音響診断装置を作製することができる。

40

#### 【0058】

本実施例の超音波プローブ180は、被検体から発生した光音響波が超音波センサ以外の部分に入射したときに、光反射制御層220を透過して超音波反射制御層230で吸収することができる。2MHzの超音波の光反射制御層220の超音波反射率はほぼ0%であり、超音波反射制御層230の超音波減衰率は45dBであるので、超音波センサ200以外の部分に入射した超音波の99%以上を減衰させることができる。

50

## 【0059】

これにより、従来生じていた超音波センサ以外の部分に入射した超音波の超音波プローブ内での多重反射を99%以上低減することができ、被検体情報のS/Nを高くすることができます。本実施例でも、2MHzの超音波の多重反射を低減させたが、所望の周波数の超音波を低減する為に必要な光反射制御層や超音波反射制御層を、適宜設ければ良く、本実施例に制限されることは無い。また、本実施例でも光反射制御層を設けているが、超音波反射制御層のみの構成でも良い。超音波診断装置の場合には、光反射制御層を設けなくてよい。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0060】

本発明は、生体内の情報を得る光イメージング装置や、従来の超音波診断装置などに適用する事が出来る。すなわち、本発明の超音波プローブを用いて、被検体からの音響波を受信して被検体の情報を取得する被検体情報取得装置を実現することができる。情報取得装置の例として、被検体に音響波を送信し被検体から反射した超音波を検出する超音波プローブと、検出した信号を画像情報に変換するための信号処理部と、を備える超音波診断装置がある。また、被検体に光を照射する光源と、光照射により励起された被検体からの音響波を検出する超音波プローブと、検出した信号を画像情報に変換するための信号処理部と、を備える超音波診断装置がある。信号処理部は信号を処理することで被検体像を構成する。さらに、本発明は、静電容量型機械電気変換素子だけでなく、従来の圧電型超音波探触子にも適用する事が可能である。さらに超音波探傷機など、他の用途にも適用する事が出来る。

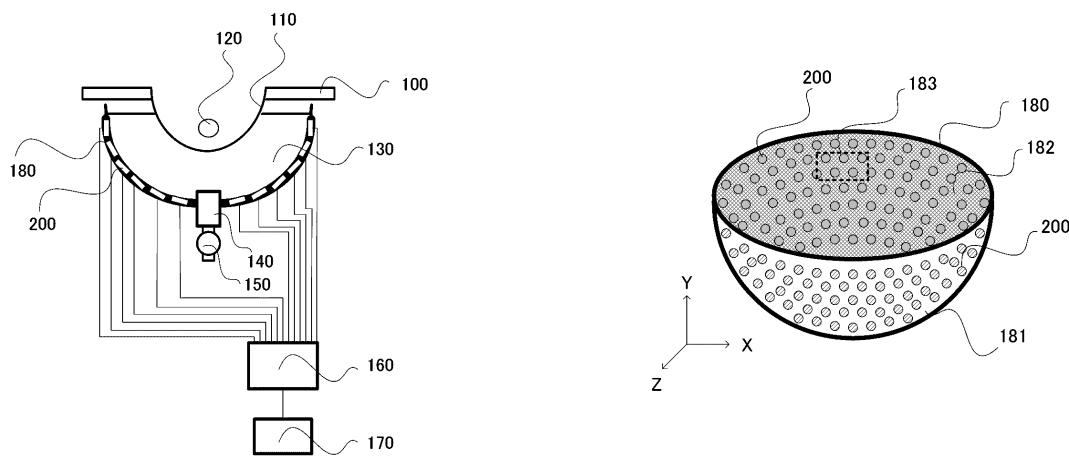
## 【符号の説明】

## 【0061】

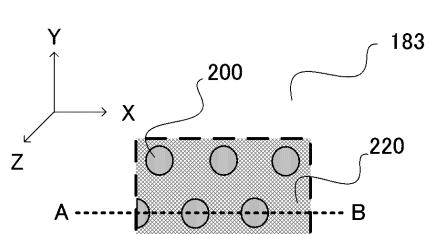
120 被検体、180 超音波プローブ、184 筐体、200 超音波センサ、  
230 超音波反射制御層

【図1】

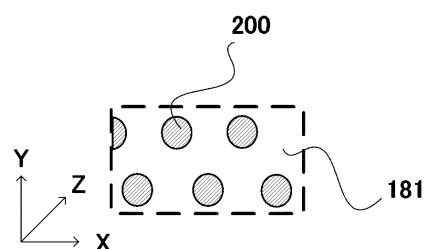
【図2】



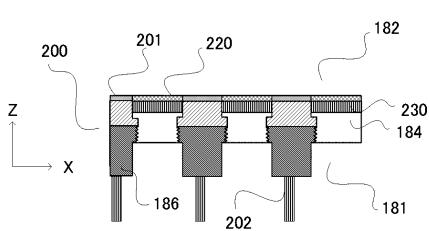
【図3】



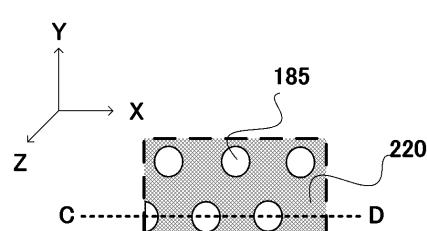
【図4】



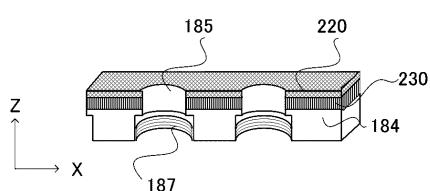
【図5】



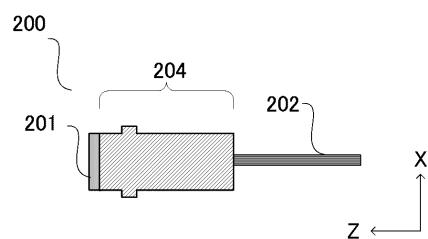
【図6】



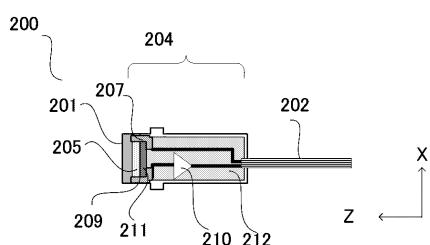
【図7】



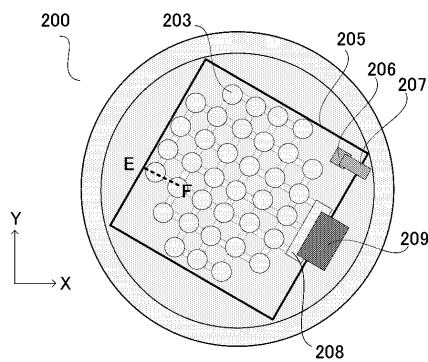
【図8】



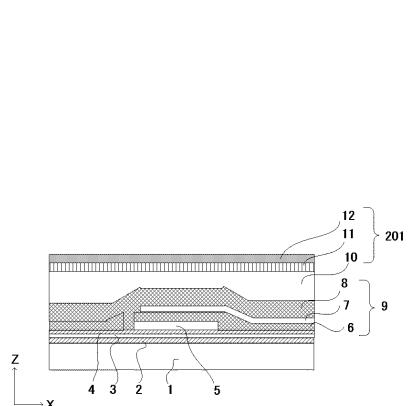
【図9】



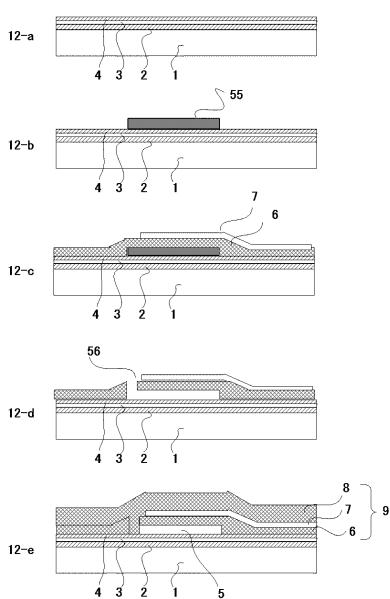
【図10】



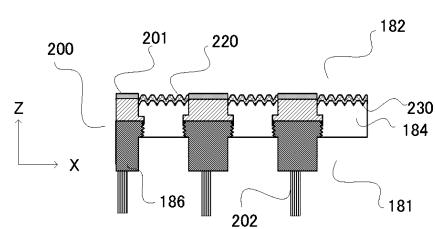
【図11】



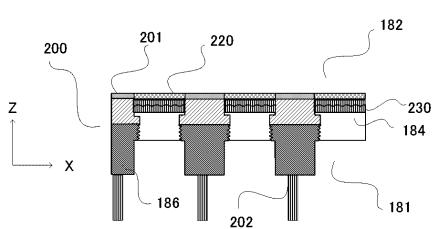
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大古場 稔

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 4C601 DE16 EE04 GB50 GC02

5D019 BB17 FF04 GG01

专利名称(译)	超声波探头		
公开(公告)号	<a href="#">JP2017042189A</a>	公开(公告)日	2017-03-02
申请号	JP2015164552	申请日	2015-08-24
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能公司		
[标]发明人	加藤綾子 笠貫有二 正木文太郎 大古場 稔		
发明人	加藤 綾子 笠貫 有二 正木 文太郎 大古場 稔		
IPC分类号	A61B8/13 H04R17/00		
F1分类号	A61B8/13 H04R17/00.332.B H04R17/00.330.J		
F-Term分类号	4C601/DE16 4C601/EE04 4C601/GB50 4C601/GC02 5D019/BB17 5D019/FF04 5D019/GG01		
代理人(译)	加藤一夫		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

要解决的问题：提供能够改善来自受试者的超声波的检测性能( S / N )的超声波探头。为了减少在对象和未布置传感器的壳体的一部分之间产生的超声波的多次反射，超声波探头180包括多个超声波传感器200，并且壳体具有朝向被检体120凹入的凹部，以放置在测量位置处并支撑多个超声波传感器。设置超声波传感器使得传感器表面面向对象侧，并且壳体在对象侧的表面上具有超声波反射控制层。点域1

