

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6478570号  
(P6478570)

(45) 発行日 平成31年3月6日 (2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日 (2019.2.15)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 8/13 (2006.01)	A 6 1 B 8/13
H O 4 R 3/00 (2006.01)	H O 4 R 3/00 3 3 O
H O 4 R 1/34 (2006.01)	H O 4 R 1/34 3 3 O A
H O 4 R 1/44 (2006.01)	H O 4 R 1/44 3 3 O K

請求項の数 21 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2014-229606 (P2014-229606)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成26年11月12日 (2014.11.12)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-93220 (P2016-93220A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年5月26日 (2016.5.26)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成29年11月7日 (2017.11.7)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	香取 篤史
			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
		審査官	奥田 雄介
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 プローブ及び被検体情報取得装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の方向に配置された第 1 の素子と第 2 の素子と、を含む素子グループを有するプローブであって、

前記被検体に音響波を送信することで前記被検体から発生する反射波を受信する場合に、

前記第 1 の素子のみを用いて前記音響波の送信及び受信を行い、

前記被検体に光を照射することで前記被検体から発生する光音響波を受信する場合に、前

記第 1 の素子、及び前記第 2 の素子を用いて前記光音響波の受信を行うように切り替える

切り替え部をさらに有し、

前記第 1 の素子上には、前記第 1 の方向に曲率を有した音響レンズが配置され、

前記複数の第 2 の素子上には、前記音響レンズが配置されていないことを特徴とするプロ

ーブ。

【請求項 2】

前記素子グループは、前記第 1 の方向に配置された、前記第 1 の素子と複数の前記第 2 の

素子と、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 3】

前記第 2 の方向に、複数の前記素子グループが配置されていることを特徴とする請求項 1

または 2 に記載のプローブ。

【請求項 4】

前記第 1 の素子と前記複数の第 2 の素子は、各素子毎に、該素子からの信号を検出する検

出回路に接続され、

同じ前記素子グループに属する、前記第 1 の素子が接続された検出回路からの出力信号と前記複数の第 2 の素子がそれぞれ接続された複数の検出回路からの出力信号とを整相加算する加算回路を有することを特徴とする請求項 3 に記載のプロープ。

【請求項 5】

前記反射波を受信する場合には、前記第 1 の素子が接続された検出回路からの出力信号を用い、

前記光音響波を受信する場合には、前記加算回路からの出力信号を用いることを特徴とする請求項 4 に記載のプロープ。

【請求項 6】

前記素子グループ毎に、前記第 1 の素子が接続された検出回路からの出力信号と前記加算回路からの出力信号とを出力する兼用端子を有することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のプロープ。

【請求項 7】

前記兼用端子から、前記第 1 の素子が接続された検出回路からの出力信号を出力するか、前記加算回路からの出力信号を出力するか、を選択するために用いられるスイッチ切替信号が入力される端子を有することを特徴とする請求項 6 に記載のプロープ。

【請求項 8】

前記音響波を送信する場合に、高電圧の送信信号が入力されたことを検出する回路を有し、その検出結果を基にして、前記兼用端子から、前記第 1 の素子が接続された検出回路からの出力信号を出力するか、前記加算回路からの出力信号を出力するか、を選択する回路を有することを特徴とする請求項 6 に記載のプロープ。

【請求項 9】

前記素子グループ毎に、前記検出回路からの出力信号を出力する端子と前記音響波を送信する場合に、高電圧の送信信号を入力する端子とを兼用する端子を有していることを特徴とする請求項 4 乃至 8 の何れか 1 項に記載のプロープ。

【請求項 10】

前記音響波を送信する場合に、高電圧の送信信号から、前記第 1 の素子が接続された検出回路を保護する保護回路を有していることを特徴としている請求項 4 乃至 9 の何れか 1 項に記載のプロープ。

【請求項 11】

前記第 1 の素子と前記第 2 の素子の少なくとも一方は、静電容量型トランスデューサであるセルを 1 以上有することを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載のプロープ。

【請求項 12】

前記第 1 の素子と前記複数の第 2 の素子は、それぞれ、静電容量型トランスデューサであるセルを 1 以上有し、

前記第 1 の素子と前記複数の第 2 の素子が設けられた基板に、該基板を貫通する複数のビアと、前記第 1 の素子を配置した領域の前記基板の裏面に配置され前記複数のビアにそれぞれ接続された複数の電極と、が設けられ、

前記第 1 の素子と前記複数の第 2 の素子の各々は、前記ビアに接続された前記電極とを介して、前記検出回路に接続されていることを特徴とする請求項 4 乃至 10 の何れか 1 項に記載のプロープ。

【請求項 13】

前記音響波を送信し、前記反射波を受信する場合の、前記第 1 の方向のスライス分解能と前記第 2 の方向の方位分解能がほぼ一致し、前記光音響波を受信する場合の前記スライス分解能と前記方位分解能がほぼ一致するように、

前記音響波を送信し、前記反射波を受信する場合と、前記光音響波を受信する場合の間で、前記第 1 の方向と交差する方向について、使用する前記素子グループを変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載のプロープ。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 4】

前記素子グループは、単一の前記第 1 の素子と、複数の前記第 2 の素子と、を 1 組として有していることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 の何れか 1 項に記載のプロープ。

## 【請求項 1 5】

前記素子グループは、前記第 1 の方向に、中央部に配置された前記第 1 の素子と、前記第 1 の素子の両側それぞれに配置された前記第 2 の素子と、を 1 組として有していることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 の何れか 1 項に記載のプロープ。

## 【請求項 1 6】

前記素子グループは、前記第 1 の方向に、中央部に配置された単一の前記第 1 の素子と、前記第 1 の素子の両側それぞれに配置された複数の前記第 2 の素子と、を 1 組として有していることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 の何れか 1 項に記載のプロープ。

10

## 【請求項 1 7】

前記第 2 の方向は、前記第 1 の方向と直交する方向であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 6 の何れか 1 項に記載のプロープ。

## 【請求項 1 8】

送受信面において、前記音響レンズが配置された領域の面積は、前記音響レンズが配置されていない領域の面積と略等しいことを特徴とする請求項 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載のプロープ。

## 【請求項 1 9】

請求項 1 乃至 1 8 の何れか 1 項に記載のプロープと、  
前記プロープからの信号を用いて前記被検体の情報を取得する取得部と、を有することを特徴とする情報取得装置。

20

## 【請求項 2 0】

前記プロープは、前記プロープから前記被検体に音響波を送信し、前記被検体から反射された音響波を受信し、さらに、前記被検体に光を照射することにより発生する音響波を受信することを特徴とする請求項 1 9 に記載の情報取得装置。

## 【請求項 2 1】

前記被検体に光を照射する光源を有することを特徴とする請求項 1 9 または 2 0 に記載の情報取得装置。

## 【発明の詳細な説明】

30

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明は、超音波などの音響波の送受信と光音響効果による光音響波の受信が可能なプロープ、それを用いた被検体情報取得装置などに関する。以下、音響波は音波、超音波、光音響波などを含む用語として用いるが、超音波で代表することもある。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 2】

被検体に超音波を印加（超音波の送信）し、被検体内の音響インピーダンスが異なる部位での超音波の反射波を検出（超音波の受信）することで、被検体の内部を観察できる。これは、パルスエコー法と呼ばれる。一方、被検体にパルス光を印加し、光音響効果により発生した超音波を受信することで、被検体内の血液中に含まれるグルコースやヘモグロビンの分布や濃度などを検出（受信）できる。これは、光音響イメージング法と呼ばれる（特許文献 1 参照）。パルスエコー法での超音波の送受信や光音響イメージング法での光音響波の受信を行うための手段として、電気信号と振動を相互変換できる探触子と呼ばれるトランスデューサを用いることができる。探触子を備え、これを装置本体と接続することで、超音波信号の送受信を行うものを、プロープと呼ぶ。

40

## 【0 0 0 3】

図 9 - 1 乃至図 9 - 3 に、プロープの一例の模式図を示す。これらの図において、9 0 0 はプロープ、9 0 1 は筐体、9 0 2 は探触子、9 0 3 は音響レンズ、9 0 4 はケーブル、9 0 5 はコネクタである。図 9 - 1 の外観模式図に示すように、超音波の入出力を行う

50

探触子 902 (図 9 - 3 参照) の表面には音響レンズ 903 が配置され、音響レンズ 903 と探触子 902 の周りは筐体 901 で囲まれている。探触子 902 は、ケーブル 904 とコネクタ 905 を介してプローブ外部の装置と電氣的に接続されて使用される。探触子 902 は、素子 (エレメント) 911 とそれを保持する部材 920 で構成されたチップである。尚、本明細書中では、図中の X 方向をエレベーション方向、Y 方向をアジマス方向と呼ぶ。

#### 【0004】

図 9 - 2 は、探触子 902 が有する素子 (エレメント) 911 の配置を音響レンズ 903 側から見た図である。複数の長方形の素子 911 が、アジマス方向 (Y 方向) に沿って並んだ配置になっている。図 9 - 2 の A - B 断面を示す図 9 - 3 に示すように、探触子 902 が有する素子 911 上に、接着層 910 を介して、音響レンズ 903 が配置されている。ケーブル 904 には、細線同軸ケーブルを複数束ねたものが用いられ、素子 911 毎に外部の装置と電氣的に接続できる。素子 911 にパルス状の電圧を印加することで、素子 911 から超音波を出力できる (超音波の送信)。また、超音波を受けた素子 911 から出力される信号を取り出すことで、超音波を検出できる (超音波の受信)。

#### 【0005】

音響レンズ 903 は曲率を有しているため、素子 911 を同位相で駆動させたとき、音響レンズ 903 表面から所定の距離において、送信した音圧が高くなる。同様に、所定の距離に配置された反射体で反射した超音波が音響レンズ 903 に入力したとき、素子 911 からの出力が最も大きくなる。音響レンズ 903 の存在により、Z 方向についてレンズから所定の距離範囲にある反射体のスライス分解能 (図 9 - 3 の X 方向についての分解能) が高くなり、物体を識別する分解能が高くなる。尚、以下の説明では、通常のパルスエコー法において送受信される音響波を代表して超音波と呼び、光音響イメージング法によって発生する音響波を光音響波と呼ぶことがある。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0006】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2007 / 0287912 号

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

パルスエコー法の送受信と光音響イメージング法の受信では、一般に、最適な探触子の仕様が異なる。そのため、同じ探触子でパルスエコー法の送受信と光音響イメージング法の受信を行った場合、それぞれに適した異なる探触子で信号を取得した場合に比べ、探触子が取得できる空間分解能 (スライス分解能) が劣化してしまう。他方、パルスエコー法の送受信の探触子と光音響イメージング法の受信の探触子を、それぞれ別の探触子で構成した場合、それぞれに最適な仕様の探触子を用いることができ、スライス分解能の低下は発生しにくい。しかし、別の探触子を合計した容積が非常に大きくなったり、別の探触子による画像の位置ずれが発生したりすることがある。

#### 【0008】

本発明は、パルスエコー法の送受信と光音響イメージング法の受信の両方に兼用して用いることができるプローブなどの装置を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

本発明のプローブは、次の特徴を有する。すなわち、第 1 の方向に配置された第 1 の素子と複数の第 2 の素子を 1 組とした素子グループを有し、前記第 1 の方向と交差する方向に、前記素子グループを複数配置したプローブである。前記第 1 の素子上には、前記第 1 の方向に曲率を有した音響レンズが配置され、音響波を被検体に向けて送信し、被検体からの反射波を受信する方法による送受信の際には、前記第 1 の素子のみを用いて送受信を行い、光音響波の受信の際には、前記第 1 の素子と前記複数の第 2 の素子を 1 組とした前

10

20

30

40

50

記素子グループ全体を用いて受信を行うように構成されている。

【発明の効果】

【0010】

本発明の構成によれば、パルスエコー法の送受信と光音響イメージング法の受信の両方を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1-1】第1の実施形態に係わるプローブを説明する模式図。

【図1-2】第1の実施形態に係わるプローブを説明する斜視図。

【図1-3】第1の実施形態に係わるプローブを説明する断面図。

【図2】第1の実施形態に係わるプローブの内部を説明する図。

【図3-1】第2の実施形態に係わるプローブの内部を説明する図。

【図3-2】第2の実施形態に係わるプローブの他の形態例の内部を説明する図。

【図4-1】第3の実施形態に係わるプローブの内部を説明する図。

【図4-2】第3の実施形態に係わるプローブの他の形態例の内部を説明する図。

【図5-1】第4の実施形態に係わるプローブの内部を説明する図。

【図5-2】第4の実施形態に係わるプローブの他の形態例の内部を説明する図。

【図6-1】第5の実施形態に係わるプローブのトランスデューサを説明する図。

【図6-2】第5の実施形態に係わるプローブの素子の配線を説明する正面図。

【図6-3】第5の実施形態に係わるプローブの素子の配線を説明する裏面図。

【図6-4】第5の実施形態に係わるプローブの素子の配線を説明する断面図。

【図7】第6の実施形態に係わる情報取得装置を説明する図。

【図8】第7の実施形態に係わるプローブの内部を説明する図。

【図9-1】従来の超音波プローブを説明する模式図。

【図9-2】従来の超音波プローブを説明する斜視図。

【図9-3】従来の超音波プローブを説明する断面図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明では、例えば、プローブの第1の方向（エレベーション方向）に複数の素子（素子グループ）が配置されており、中央部の第1の素子（典型的には単数）上のみ、第1の方向に曲率を有する音響レンズが配置される。ここでは、超音波の送受信において、音響レンズを介して、音響レンズの下部に配置された第1の素子により送受信を行うことができる。一方、光音響波の受信では、音響レンズがない領域に配置した複数の第2の素子からの受信信号を整相加算（複数の受信信号の位相を調整して加算すること）した信号に、音響レンズの下部に配置された素子からの出力を加算することを行う。素子グループは、前記第1の方向と交差する方向（典型的には直交する方向）に、複数配置される。複数の第2の素子上には、例えば、音響レンズと同じ材料の第1の方向に曲率を有さない部分が配置されている。こうした構成において、パルスエコー法による送受信時には、第1の素子のみを用い、光音響波の受信時には、第1の素子と複数の第2の素子からなる第1の方向の素子グループ全体を用いることができる。

【0013】

音響レンズは、例えば、上記の如きシリンドリカルレンズであるが、シリンドリカルレンズをフレネルレンズで構成したものや、シリンドリカルレンズであって長辺方向にも少し曲率を持ったレンズなど、その他の形態のレンズも使用することができる。音響レンズは典型的には中央部に配置されるが、端部に配置されることも、場合によっては、可能である。音響レンズが端部に配置される場合、該端部に対応する位置に配される素子は分割されておらず、中央部の素子が分割されている必要がある。プローブに対して傾いた音軸（XY平面に垂直な方向であるZ軸から傾いた音軸）を持たせる場合には、例えば、音響レンズがある領域と音響レンズがない領域という左右の2領域のみであったりする。また、音響レンズがある領域と音響レンズがない領域を含む複数の領域が、中心線を挟んで非

10

20

30

40

50

対称に配置されていたりする。各素子はセルないし振動子を１以上有するが、その構成において、セルの構造、セルの配置密度、数、配置パターンなどが、同じであってもよいし、互いに違っていてもよい。また、第２の素子上に、音響レンズと同じ材料の部分が配置されないこともあり得るが、その場合、安全性の観点から、何らかの保護膜をつけることが好ましい。この同じ材料の部分に、前記音響レンズと異なる曲率を持たせることも可能である。

#### 【００１４】

すなわち、上記変形ないし変更は、パルスエコー法と光音響イメージング法での音響波や光音響波の検出特性の劣化が少なく且つ両方のスライス分解能を近くすることができるような構成であれば良い。以下、本発明の実施形態について説明するが、本発明はこれら

10

#### 【００１５】

以下、図面を用いて、本発明のプロープ等の実施形態を詳細に説明する。

#### （第１の実施形態）

図１－１乃至図１－３は、本実施形態のプロープを示す図である。これらの図において、１００はエレベーション方向（Ｘ方向、第１の方向）に配置された複数の素子を含む素子グループ、１０１は音響レンズ、１０２は第１の素子、１０３は第２の素子、１０４は樹脂である。また、５００はプロープ、５０１は筐体、５０２は探触子、５０３は超音波や光音響波の送受信面、５０４はケーブル、５０５はコネクタ、５１０は接着層である。探触子５０２は、第１の素子１０２、第２の素子１０３とそれらを保持する部材５２０で

20

#### 【００１６】

本実施形態のプロープの外観模式図である図１－１において、プロープ５００の探触子５０２の表面は、Ｙ方向に伸びた３つの長方形の領域Ｐ、Ｓ、Ｑに分けられる。中央部の領域Ｓには、Ｘ方向に曲率を有した音響レンズ１０１が配置され、その両側の領域Ｐ、Ｑには音響レンズが配置されていない。ここでは、領域Ｐ、Ｑには、音響レンズ１０１と同じ材料で構成され表面が平らな樹脂１０４が保護層として配置されている。音響レンズ１０１と樹脂１０４からなる送受信面５０３の周りは筐体５０１で囲われている。断面図である図１－３に示すように、音響レンズ１０１と樹脂１０４の下には、接着層５１０を介して、探触子５０２が配置されている。

30

#### 【００１７】

前述した様に、特別な場合を除いて、ＸＹ平面に垂直な方向にあるＺ軸を音軸と呼ぶ。また、Ｘ方向に配置された複数の反射体について検出できる最小の間隔をスライス分解能と呼び、Ｙ方向に配置された複数の反射体について検出できる最小の間隔を方位分解能と呼ぶ。方向Ｘがエレベーション方向、方向Ｙがアジマス方向である。本実施形態では、エレベーション方向とアジマス方向は直交する。

#### 【００１８】

図１－２は、プロープ５００が有する素子１０２、１０３の配置を送受信面５０３側から見た図である。図１－３は、図１－２のＡ－Ｂ断面図である。探触子５０２では、単一の第１の素子１０２と複数の第２の素子１０３が、Ｘ方向に並んでいる。エレベーション方向に並んでいる第１の素子１０２と複数の第２の素子１０３を合わせて、エレベーション方向の素子グループ１００と呼ぶ。ここでは、エレベーション方向の素子グループ１００が、アジマス方向に沿ってｍ個あるとして説明を行う。本実施形態を含む本発明は、パルスエコー法の送受信は第１の素子１０２を用いて行い、光音響イメージング法の受信は、エレベーション方向の素子グループ１００に含まれる第１の素子１０２と複数の第２の素子１０３すべてを用いて行うことが特徴である。

40

#### 【００１９】

図１－３において、領域Ｓに配置された音響レンズ１０１の下部には、接着層５１０を介して、第１の素子１０２が配置されている。この第１の素子１０２のＸ方向の幅は、Ｘ方向に曲率を有している音響レンズ１０１の領域とほぼ同じである。一方、領域Ｐ、Ｑに

50

は、曲率を持たない樹脂 1 0 4 が配置されており、その下部には接着層 5 1 0 を介して、第 2 の素子 1 0 3 が複数配置されている。ここでは、1 つの素子グループ 1 0 0 内にある第 2 の素子 1 0 3 が、n 個あるとして説明を行う。

#### 【 0 0 2 0 】

図 2 は、本実施形態に係るプローブ 5 0 0 内部の素子、回路、端子などを説明する模式図である。図 2 は、1 つの素子グループ 1 0 0、回路 2 0 0、端子部 3 0 0 を示している。図 2 において、2 0 1 は保護回路、2 0 2 は第 1 の検出回路、2 1 1 は第 2 の検出回路、2 1 2 は遅延回路、2 1 3 は加算回路、3 0 1 は送信パルス入力端子、3 0 2 はパルスエコー信号の出力端子、3 0 3 は光音響波信号の出力端子である。また、4 0 1 は送信パルス、4 0 2 は第 1 の素子 1 0 2 からの信号、4 0 3 はパルスエコー信号、4 0 4 は光音響波の受信信号、4 0 5 は光音響波受信の遅延印加信号、4 0 6 はパルスエコー受信の遅延加算信号、4 0 7 は光音響波信号である。

10

#### 【 0 0 2 1 】

第 1 の素子 1 0 2 と複数の第 2 の素子 1 0 3 は、それぞれ電氣的に分離され、回路 2 0 0 に接続されている。回路 2 0 0 は、外部の装置と信号をやり取りする端子部 3 0 0 を備え、端子部 3 0 0 内のそれぞれの端子 3 0 1、3 0 2、3 0 3 は互いに電氣的に分離されてケーブル 5 0 4 に電氣的に接続されている。ケーブル 5 0 4 は、細線同軸ケーブルを複数束ねたものが用いられ、ケーブル 5 0 4 の先に接続されたコネクタ 5 0 5 を介して、外部の装置と接続できる。以下、図 2 を用いて、本実施形態のプローブ 5 0 0 内部の動作について説明する。

20

#### 【 0 0 2 2 】

まず、パルスエコー法での動作について説明する。第 1 の素子 1 0 2 は、送信パルス入力端子 3 0 1 に電氣的に接続されている。送信パルス入力端子 3 0 1 には、外部に接続した装置から、送信の駆動パルス 4 0 1 (数十ボルトから数百ボルトの高電圧の送信信号)が入力され、素子 1 0 2 に直接印加できる。合わせて、第 1 の素子 1 0 2 には、保護回路 2 0 1 が接続され、端子 3 0 1 に印加された高電圧の送信パルスが保護回路 2 0 1 の先に印加されないようになっている。そのため、保護回路 2 0 1 の先に接続された第 1 の検出回路 2 0 2 が高電圧の送信パルスにより破壊されることを防いでいる。

#### 【 0 0 2 3 】

保護回路 2 0 1 は、第 1 の素子 1 0 2 から出力される微小な信号は通過させることができ、第 1 の素子 1 0 2 が超音波や光音響波を受けたときに出力される第 1 の素子からの信号 4 0 2 は、保護回路 2 0 1 でブロックされることなく第 1 の検出回路 2 0 2 に伝わる。第 1 の検出回路 2 0 2 は、保護回路 2 0 1 を通過してきた第 1 の素子からの信号 4 0 2 を増幅し、パルスエコー信号 4 0 3 を時間波形としてパルスエコー信号の出力端子 3 0 2 に電圧出力する。このとき、送信パルス 4 0 1 の入力、何らかの手段で検知され、その検知結果に基づき、パルスエコー信号の出力が取り出されるようになっている。

30

#### 【 0 0 2 4 】

ここで、第 1 の素子 1 0 2 から超音波を送信したときの、一定強度以上となる音波の等高線を図 2 の曲線 U 1 で表す。この曲線 U 1 の幅は、もし音響レンズ 1 0 1 がない場合には非常に広くなり、全体的に音波の強度が小さくなる。一方、音響レンズ 1 0 1 があると、図 2 のように X 方向の幅は狭くなり、第 1 の素子 1 0 2 から送信した超音波の強度が音響レンズ 1 0 1 の正面の領域で高くなって音波が集束される。音響レンズ 1 0 1 を用いた場合、曲線 U 1 の外側では急激に音波の強さが弱くなり、X 方向に距離が離れると殆ど超音波が到達しなくなる。図 2 でのエレベーション方向 (X 方向) の曲線 U 1 間の幅が最も狭くなる領域の送受信面 5 0 3 からの距離を焦点距離、その位置を焦点位置 (フォーカス位置) と呼ぶ。

40

#### 【 0 0 2 5 】

超音波を送信した領域に超音波の反射体が存在すると、送信した超音波はそこで反射する。反射体の大きさが十分小さければ、反射体のエレベーション方向 (X 方向) における前記音軸からの距離により、反射体にあたる超音波の大きさが変化する。具体的には、反

50

射体が曲線U 1の内側にある時は、反射体に強い超音波が照射され、大きく反射波が戻ってくる。一方、反射体が曲線U 1の外側にあるときには、超音波は非常に弱くなるので、殆ど反射波は戻ってこない。また、反射した超音波は、音響レンズ1 0 1を通過して第1の素子1 0 2に戻ってくるため、送信時と同様に、曲線U 1の内側にある反射体からの反射信号は感度が高く検出され、曲線U 1の外側にある反射体からの反射信号は感度が弱くなる。

#### 【0 0 2 6】

以上の2つの理由で、音響レンズ1 0 1があることで、反射体が存在するX方向の位置により、検出される信号は変化し、音響レンズ1 0 1に正対する領域にある反射体の信号のみを選択して検出することができる。パルスエコー法では、送信と受信で合わせて計2回、音響レンズ1 0 1を通過するので、信号処理の方法にもよるが、一般的にはスライス分解能は曲線U 1の幅の半分程度になる。

10

#### 【0 0 2 7】

一方、光音響イメージング法では、被検体の広い領域に一樣に光を照射するため、音響波の発生する領域を十分小さくすることができない。発生した光音響波は、音響レンズ1 0 1を1度しか通過しないため、スライス分解能は曲線U 1の幅と同程度になる。このため、パルスエコー法でのスライス分解能に比べて、光音響イメージング法でのスライス分解能が広がってしまい、同じ被検体を測定した場合でも、異なる厚さの情報が得られることになる。

#### 【0 0 2 8】

20

本実施形態では、光音響イメージング法でのスライス分解能を、パルスエコー法でのスライス分解能に近くするために、第1の素子1 0 2からの検出信号に加えて、複数の第2の素子1 0 3からの検出信号を用いて、検出を行う。以下、具体的に説明する。

#### 【0 0 2 9】

第2の素子1 0 3には、素子毎に異なる第2の検出回路2 1 1が接続され、エレベーション方向の1つの素子グループ1 0 0に対して、n個の第2の検出回路2 1 1を備えている。第2の検出回路2 1 1は、第2の素子1 0 3が光音響波を受けたときに出力する信号を増幅し、光音響波の受信信号4 0 4を時間波形として電圧出力する。第2の検出回路2 1 1の出力端子には、それぞれ遅延回路2 1 2が接続されており、第2の検出回路2 1 1からのアナログの時間波形4 0 4を任意の時間だけ遅らせて、光音響波受信の遅延印加信号4 0 5として時間波形を出力する。接続されている第2の素子1 0 3のエレベーション方向(X方向)での中心の素子からの距離X 1と焦点距離Z 1により、各遅延回路2 0 5での遅延時間はそれぞれ異なるものに設定される。具体的には、各遅延時間は、音速Vを用いて、遅延時間 $D = ((Z 1^2 + X 1^2)^{0.5} - Z 1) / V$ にできるだけ近い値になるように設定される。

30

#### 【0 0 3 0】

このとき、第1の検出回路2 0 2からの検出信号4 0 3は、第1の検出回路2 0 2に接続された遅延回路2 1 2により、遅延加算信号4 0 6として出力され、加算回路2 1 3に入力される。そして、第2の検出回路2 1 1に接続された各遅延回路2 1 2からの複数の波形出力信号(遅延印加信号)4 0 5は、加算回路2 1 3内において、エレベーション方向の素子グループ毎に加算される。こうして、光音響検出信号の出力端子3 0 3に光音響波信号4 0 7として時間波形信号が出力される。このとき、光の照射、光音響イメージングの開始、送信パルスの未入力などが、何らかの手段で検知され、その検知結果に基づき、光音響波信号の出力が取り出されるようになっている。

40

#### 【0 0 3 1】

第2の検出回路2 1 1に接続された各遅延回路2 1 2での遅延時間は、音響レンズ1 0 1の焦点位置と同じ位置から信号が来た際に、位相差が無くなるように設定されていることが特徴である。そのため、第1の検出回路2 0 2からの波形出力の遅延加算信号4 0 6と、第2の検出回路2 1 1に接続された各遅延回路2 1 2からの複数の波形出力の遅延印加信号4 0 5を加算することで、次の効果が得られる。即ち、エレベーション方向の素子

50

グループの幅（PとSとQを足した幅）と同じ開口面積の音響レンズを配置したのと同じ効果（例えば、図2の曲線U2の音圧分布）を得ることができる。焦点距離の位置でのスライス分解能は、（深さ×波長）／開口面積（プローブ表面からの垂直方向の距離が深さである）となるため、Sの幅の音響レンズを用いた時の受信のみのスライス分解能（W1）に比べてスライス分解能をW2に向上させることができる。このスライス分解能は、音響レンズ101に正対する領域では一様に向上し、光音響イメージング法でのスライス分解能を、パルスエコー法の信号検出時と同じ値に近づけることができる。そのために、スライス分解能W2をW1の2倍程度に設定することが望ましい。

なお、領域Sの面積（送受信面503における音響レンズ101が配置された領域の面積）が、領域Pの面積と領域Qの面積の和（送受信面503における音響レンズ101が配置されていない領域の面積）と略等しいことが好ましい。これにより、スライス分解能は、X方向の素子全体の幅（一般的に、開口幅と呼ぶ）により決まるので、送受信時のスライス分解能と、光音響波受信時のスライス分解能をほぼ一致させることができる。領域Sの面積が、領域Pの面積と領域Qの面積の和とほぼ等しいとは、領域Sの面積が、領域Pの面積と領域Qの面積の和の0.8倍以上1.2倍以下あることをいう。このように、領域Sの面積、領域Pの面積、領域Qの面積は、送受信時のスライス分解能と、光音響波受信時のスライス分解能とがほぼ一致するようにする関係を満たすことが好ましい。

#### 【0032】

ここで、スライス分解能を向上させる別の方法（比較例）について考える。この別の方法としては、音響レンズの開口を単純に広げる方法がある。一般に、探触子に用いられている音響レンズは、超音波や光音響波が通過する際に強度が減衰する。そのため、同じ曲率で音響レンズの開口を広げると、音響レンズの厚さを全体的に厚くすることになり、スライス分解能は向上するが信号強度自体が低下してしまう。一方、上記探触子の構成を用いると、音響レンズの厚さを厚くする必要がないので、音響レンズ内での減衰が増加せず、素子に到達する光音響波の強度劣化を殆ど発生させず、光音響イメージング法でのスライス分解能を向上させられる。

#### 【0033】

本実施形態の探触子のトランスデューサには、圧電素子（PZT）や高分子膜（PVD F）などの、超音波受信時に、受信した超音波に対応した電圧信号を出力するものを用いることができる。また、探触子から出力された微小な電圧信号の検出回路202、211には、電圧増幅型のプリアンプ（電圧増幅回路）を用いることができる。本実施形態の遅延回路212には、インダクタやコンデンサを用いたアナログ的なLC遅延回路、多段の電荷結合素子を用いたCCD遅延回路、ADコンバータとデジタル信号処理回路とDAコンバータを用いたデジタル遅延回路などを用いることができる。

#### 【0034】

本実施形態によると、音響レンズ内での減衰が増加せず、素子に到達する光音響波の強度劣化を殆ど発生させず、光音響イメージング法でのスライス分解能を向上させることができる。そのため、パルスエコー法と光音響イメージング法での超音波や光音響波の検出特性の劣化が少なく、且つ両方のスライス分解能に近い探触子ないしプローブを提供できる。また、本実施形態の探触子は、パルスエコー法では、一般的な探触子と同じように使用することができる。よって、光音響イメージング法では素子グループ100毎に処理された検出信号が出力されることと相俟って、汎用の被検体情報取得装置が大幅な変更の必要なく使用できる。加えて、パルスエコー法と光音響イメージング法において同じ素子を用いて信号を取得する。そのため、パルスエコー法と光音響イメージング法で同じ被検体の信号を取得した際、該被検体に対してそれぞれの信号情報の相対的な位置ずれの発生が抑えられるため、高い情報量を収集できる。

#### 【0035】

##### （第2の実施形態）

本実施形態では、超音波の検出で用いる出力端子302と光音響波の検出で用いる出力端子303を1つの端子304で兼ねていることが、第1の実施形態とは異なる。それ以

10

20

30

40

50

外は、第 1 の実施形態と同じである。

【 0 0 3 6 】

図 3 - 1 及び図 3 - 2 は、本実施形態に係るプローブ 5 0 0 内部の素子と回路、端子を説明する模式図である。本実施形態の第 1 の形態例を示す図 3 - 1 において、2 0 8 は第 1 のスイッチ、2 0 7 は第 2 のスイッチ、3 0 4 は信号出力兼用端子、3 1 0 はスイッチ切替信号端子、4 1 0 はスイッチ切替信号である。第 1 の形態例では、第 1 の実施形態でのパルスエコー信号の出力端子 3 0 2 と光音響波信号の出力端子 3 0 3 の代わりに、信号出力兼用端子 3 0 4 を備えている。

【 0 0 3 7 】

第 1 の形態例を示す図 3 - 1 では、第 1 の検出回路 2 0 2 に接続された遅延回路 2 1 2 と加算回路 2 1 3 の間に、第 1 のスイッチ 2 0 8 が配置されている。また、第 2 の検出回路 2 1 1 に接続された遅延回路 2 1 2 と加算回路 2 1 3 の間には、第 2 のスイッチ 2 0 7 が備えられている。第 1 のスイッチ 2 0 8 と第 2 のスイッチ 2 0 7 は、スイッチ切替信号端子 3 1 0 からのスイッチ切替信号 4 1 0 により、切替が行われる。パルスエコー動作を行うとき、スイッチ切替信号 4 1 0 により、第 1 のスイッチ 2 0 8 は、第 1 の検出回路 2 0 2 と加算回路 2 1 3 間が直接接続されるように切り替えられる。他方、第 2 のスイッチ 2 0 7 は、配線間が非接続となり、第 2 の検出回路 2 1 1 に接続された遅延回路 2 1 2 から加算回路 2 1 3 へは信号が入力されなくなる。そのため、加算回路 2 1 3 には、第 1 の検出回路 2 0 2 からのパルスエコー信号 4 0 3 のみが入力され、他の信号と加算されることなく、パルスエコー信号 4 0 3 がそのまま信号出力 4 0 8 として信号出力兼用端子 3 0 4 に出力される。兼用端子は素子グループ毎に設けられている。

【 0 0 3 8 】

一方、光音響動作を行うとき、スイッチ切替信号 4 1 0 により、第 1 のスイッチ 2 0 8 は、第 1 の検出回路 2 0 2 に接続された遅延回路 2 1 2 と加算回路 2 1 3 間が直接接続されるように切り替えられる。第 2 のスイッチ 2 0 7 は、配線間が接続となり、第 2 の検出回路 2 1 1 に接続された遅延回路 2 1 2 から加算回路 2 1 3 へ信号が入力される。そのため、加算回路 2 1 3 では、第 1 の検出回路 2 0 2 による検出信号の遅延加算信号 4 0 6 と光音響波受信の遅延印加信号 4 0 5 が加算され、図 2 の光音響波信号 4 0 7 と同じ信号が、信号出力 4 0 8 として、信号出力兼用端子 3 0 4 に出力される。

【 0 0 3 9 】

本形態例のスイッチ 2 0 7、2 0 8 は、エレベーション方向の素子グループ 1 0 0 につき第 2 の素子の数  $n$  と第 1 の素子の数 1 だけ備えており、エレベーション方向の素子グループを  $m$  個有したプローブ 5 0 0 内では  $(n + 1) \times m$  個を備えている。スイッチ 2 0 7、2 0 8 は、検出信号の通過を ON、OFF させる機能か、または 2 : 1 の配線を切り替えるマルチプレクサの機能があれば良いので、低電圧のアナログスイッチを用いて、容易に構成できる。

【 0 0 4 0 】

上記構成で、外部に接続した装置において、パルスエコー動作と光音響動作にそれぞれ合わせて信号を生成することで、スイッチ切替信号 4 1 0 を生成できる。また、超音波プローブ 5 0 0 内のエレベーション方向の素子グループ 1 0 0 すべてについて、同一のスイッチ切替信号を用いることができる。そのため、プローブ 5 0 0 に入力する信号を 1 本増やすだけなので、外部の装置構成を殆ど変更することなく上記機能を実現できる。

【 0 0 4 1 】

本形態例に係るプローブ 5 0 0 は、パルスエコー信号の出力端子 3 0 2 と光音響波信号の出力端子 3 0 3 を兼用にできるため、ケーブル 5 0 4 内の信号出力の配線数を  $(2 \times m)$  本から、 $(m + 1)$  本に減らすことができる。そのため、ケーブル 5 0 4 を細くできてケーブルの柔軟性が高くなる。こうして、パルスエコー法の送受信と光音響イメージング法の受信に兼用でき、操作性の良いプローブを提供できる。また、配線数が少なくなることにより、コネクタ 5 0 5 の大きさを小さくでき、プローブ 5 0 0 を小型化できる。加えて、接続する装置が備える必要のある端子数も減らせるため、接続する先の装置の構成も

簡略化できる。尚、本形態例では、スイッチ 207、208 を遅延回路 212 と加算回路 213 の間に配置したが、これに限らない。検出回路と遅延回路の間や、検出回路の前に配置する構成を取ることもできる。

#### 【0042】

本実施形態の別の形態例を、図 3 - 2 を用いて説明する。この別の形態例では、スイッチ 209 を備え、このスイッチが、信号出力兼用端子 304 に信号を入力する回路を、第 1 の検出回路 202 と加算回路 213 のどちらにするかを選択する。このスイッチ 209 は、エレベーション方向の素子グループ 100 の Y 方向に配置された数である  $m$  だけ備えればよい。

#### 【0043】

スイッチ 209 は、端子 310 を介して入力されるスイッチ切替信号により、第 1 の検出回路 202 からのパルスエコー信号 403 と加算回路 213 からの光音響波信号 407 のどちらを信号出力兼用端子 304 に接続するか、を切り替える。端子 310 からのスイッチ切替信号により、パルスエコー法での信号取得時には、第 1 の検出回路 202 の出力（パルスエコー信号 403）が信号出力兼用端子 304 に接続される。また、光音響イメージング法での信号取得時には、加算回路 213 の出力（光音響波信号 407）が信号出力兼用端子 304 に接続される。

#### 【0044】

上記別の形態例を用いると、図 3 - 1 の構成に比べて、スイッチの数を  $(n + 1) \times m$  から  $m$  個に大幅に減らすことができるため、プローブ 500 の構成を簡略化でき、小型にできる。

#### 【0045】

##### （第 3 の実施形態）

本実施形態では、エレベーション方向の素子グループ 100 が有する信号の入出力端子が 1 つであることが特徴である。それ以外は、図 3 - 1 と図 3 - 2 を用いて説明した第 2 の実施形態と同じである。

#### 【0046】

図 4 - 1 及び図 4 - 2 は、本実施形態に係るプローブ 500 内部の素子と回路、端子を説明する模式図である。第 1 の形態例を示す図 4 - 1 において、305 は入出力兼用端子、210 は送受信信号の選択手段である。本形態例では、入出力兼用端子 305 が、プローブ 500 への送信パルス 401 の入力と、プローブ 500 からのパルスエコー信号 403 の出力と、プローブ 500 からの光音響波信号 407 の出力のための 3 つの端子を兼用している。入出力兼用端子 305 には、送受信信号の選択手段 210 が接続されており、この選択手段 210 は、第 1 の素子 102 と保護回路 201 に繋がった配線と、加算回路 213 に繋がった配線に接続されている。

#### 【0047】

入出力兼用端子 305 に送信パルス 401 が印加されたときには、その検出結果に基づき選択手段 210 は、第 1 の素子 102 と保護回路 201 に繋がった配線に送信パルス 401 を伝達する。その際、送受信信号の選択手段 210 は、加算回路 213 に繋がった配線には、送信パルス 401 を伝達しない。そのため、高電圧の送信パルス 401 により、加算回路 213 が破損することを防ぐことができる。選択手段 210 に、加算回路 213 を送信パルス 401 から保護する遮蔽手段がない場合には、加算回路 213 の出力段を、高電圧に耐性のある大きな素子を複数用いた構成にする必要があるため、回路 200 全体が大きくなってしまふ。本形態例では、こうしたことを回避している。

#### 【0048】

一方、入出力兼用端子 305 に送信パルス 401 が印加されていないときには、送受信信号の選択手段 210 は、加算回路 213 に繋がった配線からの信号（検出信号出力 408）を入出力兼用端子 305 に伝達する。その際、選択手段 210 は、第 1 の素子 102 と保護回路 201 に繋がった配線には、検出信号出力 408 を伝達しない。これにより、出力信号が第 1 の検出回路 102 に再び印加されてしまい、信号が無限に増幅され、発振

10

20

30

40

50

や検出信号の歪みを発生させてしまうことを防ぐことができる。送受信信号の選択手段 210 は、高電圧の送信パルス 401 の有無に応じて配線切替を行う高電圧に耐性のあるアナログスイッチなどを用いることで、容易に、それほど回路面積を増やすことなく実現できる。

#### 【0049】

以下、パルスエコー動作時と光音響動作時の信号について、説明する。パルスエコー動作時には、まず外部の装置よりコネクタ 505、ケーブル 504 を介して、送信パルス 401 が入出力兼用端子 305 に印加される。送受信信号の選択手段 210 は、送信パルス 401 を第 1 の素子 102 に伝達するので、第 1 の素子 102 から超音波を送信することができる。その際、スイッチ切替信号 410 は、パルスエコー動作を表す信号となっているので、加算回路 213 からは、第 1 の素子 102 からの検出信号（パルスエコー信号 403）が入出力兼用端子 305 に伝達される。

10

#### 【0050】

一方、光音響動作時には、スイッチ切替信号 410 は、光音響動作を表す信号となっており、加算回路 213 からは、第 1 の素子 102 と第 2 の素子 103 からの検出信号をそれぞれ適宜に遅延させた信号（光音響波信号）が入出力兼用端子 305 に伝達される。

#### 【0051】

本実施形態では、送受信信号の選択手段 210 を備えることにより、送信パルス 401 を入力する端子と、パルスエコー信号 403 と光音響波信号 407 を出力する端子を兼用することができる。そのため、ケーブル 504 内で送受信信号の伝達に使用する配線数を m 本にでき、ケーブルをより柔軟にできる。よって、より操作性の良いプローブを提供することができる。

20

#### 【0052】

本実施形態では、送受信信号の選択手段 210 をエレベーション方向の素子グループ 100 毎に m 個追加するだけで良いので、回路全体の大きさを殆ど変えることがない。また、配線数がより少なくなることにより、コネクタ 505 の大きさをより小さくでき、プローブ 500 をより小型化できる。加えて、接続する装置が備える必要のある端子数もより減らせるため、接続する先の装置の構成もより簡略化できる。プローブに接続する装置は、送受信端子を兼用としている構成のものが一般的であるので、本実施形態のプローブ 500 を用いると、接続する装置側の送受信端子の構成を一般的な装置から変更する必要がない。そのため、汎用の装置にスイッチ切替信号 410 の生成手段を追加するだけで、使用することができる。

30

#### 【0053】

尚、図 4 - 1 で説明した形態例では、図 3 - 1 の回路構成を元に説明したが、これに限らない。図 3 - 2 の回路構成にも同様に適用することができる。つまり、図 2 において、2 つの端子 302、303 を入出力兼用端子 305 とし、送受信信号の選択手段 210 を付加することで、図 4 - 2 の構成も同様に取ることができる。

#### 【0054】

（第 4 の実施形態）

本実施形態は、パルスエコー法の際に印加される送信パルスを検出する手段を有することを特徴とする。それ以外は、第 3 の実施形態と同じである。

40

#### 【0055】

図 5 - 1 及び図 5 - 2 は、本実施形態に係るプローブ 500 内部の素子と回路、端子を説明する模式図である。図 5 - 1 において、231 は送信パルス検出手段である。図 5 - 1 は、図 3 - 1 で説明したプローブを本実施形態に適用した形態を示す。送信パルス検出手段 231 は、送信パルス 401 が通過する配線上の経路に配置されている。送信パルス検出手段 231 は、印加されている電圧が、ある所定の電圧  $V_P$  を越えると、パルスエコー動作を表す信号をスイッチ切替信号 410 として出力する。ここで、ある所定の電圧は、一般的に 1 V ~ 5 V 程度に設定される。送信パルス検出手段 231 を備えていることにより、プローブ 500 に送信パルス 401 が印加されたタイミングを検出することができ

50

る。すなわち、接続した装置からのスイッチ切替信号 4 1 0 が無くても、プローブ 5 0 0 によりパルスエコー法で画像形成するための信号取得を行っていることを検出できる。

【 0 0 5 6 】

送信パルス検出手段 2 3 1 は、送信パルス 4 0 1 を検出してから一定期間は、パルスエコー動作を表す信号を出力し続ける。この期間は、送信した超音波が反射体により反射して戻ってくるまでの時間より長く設定され、具体的にはパルスエコー法により検出する被検体側の深さと、超音波の音速により設定される。送信パルスの検出手段 2 3 1 から出力されたスイッチ切替信号 4 1 0 は、スイッチ 2 0 7、2 0 8 に入力され、図 3 - 1 で説明したパルスエコー動作を行う。

【 0 0 5 7 】

送信パルス検出手段 2 3 1 は、送信パルス 4 0 1 が検出されて一定期間が経過後は、送信パルス 4 0 1 が検出されない限り、光音響動作を表す信号をスイッチ切替信号 4 1 0 として出力し続ける。従って、このとき、本実施形態のプローブ 5 0 0 は、図 3 - 1 で説明した光音響動作を行う。

【 0 0 5 8 】

本実施形態の上記形態例を用いると、接続した装置からのスイッチ切替信号 4 1 0 が無くても、プローブ 5 0 0 が、パルスエコー法で画像形成のための信号取得を行っていることを検出できる。そのため、接続した装置がスイッチ切替信号 4 1 0 を生成する必要がなく、装置に特別な制御信号の出力機能を付加する必要がない。

【 0 0 5 9 】

次に、本実施形態の別の形態を説明する。図 5 - 2 に、図 4 - 1 で説明したプローブを本実施形態に適用した形態を示す。図 5 - 2 では、送信パルス検出手段 2 3 1 を入出力兼用端子 3 0 5 と送受信信号の選択手段 2 1 0 間に備えていることが特徴である。

【 0 0 6 0 】

送信パルス検出手段 2 3 1 は、入出力兼用端子 3 0 5 から送信パルス 4 0 1 が入力されていない時は、加算回路 2 1 3 から出力されスイッチ（選択手段）2 1 0 を経由して来た検出信号出力 4 0 8 を、そのまま入出力兼用端子 3 0 5 に伝達する。一方、入出力兼用端子 3 0 5 から送信パルス 4 0 1 が入力された際には、スイッチ切替信号 4 1 0 として、パルスエコー動作を表す信号を出力する。その他の動作は、図 5 - 1 を用いて説明したものと同一である。

【 0 0 6 1 】

本実施形態に係るプローブは、送信パルス検出手段 2 3 1 を備えているので、接続した装置からのスイッチ切替信号が要らない。更に、送受信信号の選択手段 2 1 0 を備えていることにより、送信パルス 4 0 1 を入力する端子とパルスエコー信号と光音響波信号を出力する端子を兼用して用いることができる。そのため、プローブと外部の装置を接続する信号線の数、エレベーション方向の素子グループ 1 0 0 の数である m 本のみで良いため、プローブケーブルの柔軟性を非常に高くできる。また、一般的なプローブと同様に素子毎に送受信配線を 1 本ずつ備えるだけで良いため、汎用的な超音波装置をそのまま用いることができる。

【 0 0 6 2 】

尚、本実施形態では、図 3 - 1 の回路構成を元に説明したが、これに限らない。図 3 - 2 の回路構成にも同様に用いることができる。すなわち、送信パルス検出手段 2 3 1 を、図 3 - 2 の送信パルス 4 0 1 が通過する配線経路に備えて、送信パルス検出手段 2 3 1 がスイッチ切替信号 4 1 0 によりスイッチ 2 0 9 を制御する構成にもできる。

【 0 0 6 3 】

（第 5 の実施形態）

本実施形態では、探触子の種類が異なる。それ以外は、第 1 から第 4 までの何れかの実施形態と同じである。

【 0 0 6 4 】

本実施形態では、探触子に C M U T を用いていることが特徴である。図 6 - 1 乃至図 6

10

20

30

40

50

- 4 は、本実施形態の探触子 (C M U T) を説明するための模式図である。図 6 - 1 において、10 は基板、11 は振動膜、12 は第 1 の電極、13 は第 2 の電極、14 は支持部、15 は間隙 (キャビティ)、22 は直流電圧発生手段、21 は送受信回路である。また、図 6 - 2 乃至図 6 - 4 において、31 は第 3 の貫通ビア、32 は第 1 の貫通ビア、33 は第 2 の貫通ビア、40 は接続用電極、50 はフレキシブルプリント配線、60 は電気接続部である。

#### 【0065】

超音波の送受信を行う目的で、静電容量型トランスデューサである C M U T (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) が提案されている。C M U T は、半導体プロセスを応用した M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) プロセスを用いて作製されたものである。C M U T は、 piezo のトランスデューサに比べて、送受信時の周波数の帯域が広く、信号の再現性が良いという特徴がある。図 6 - 1 に示す C M U T (送受信素子) において、振動膜 11 と間隙 15 を挟んで対向した第 1 の電極 12 と第 2 の電極 13 を 1 組としてセルと呼ぶ。振動膜 11 は、チップ (基板) 10 上に形成された支持部 14 により振動可能に支持されている。第 2 の電極 13 には、直流電圧発生手段 22 が接続され、所定の直流電圧  $V_a$  が印加されている。第 1 の電極 12 は、送受信回路 21 に接続されている。

#### 【0066】

一方、C M U T の素子単位 (エレメント) が有する複数のセル毎に、第 1 の電極 12 同士は電氣的に接続されている。この第 1 の電極 12 は、エレメント毎にそれぞれ送受信回路 21 に接続されている。第 1 の電極 12 の電位は、送受信回路 21 により G N D 電位付近の固定電位となっている。これにより、第 1 の電極 12 と第 2 の電極 13 間との間に  $V_{bias} = V_a - 0V$  の電位差を発生させている。 $V_a$  の値を調整することで、 $V_{bias}$  の値が、C M U T のセルが持つ機械特性により決まる所望の電位差 (数十 V から数百 V 程度) と一致するようになっている。

#### 【0067】

送受信回路 21 により、第 1 の電極 12 に交流の駆動電圧を印加することで、第 1 と第 2 の電極間に交流の静電引力が発生し、振動膜 11 を或る周波数で振動させて超音波を送信できる。また、振動膜 11 が超音波を受け振動することにより、第 1 の電極 12 に静電誘導により微小電流が発生し、送受信回路 21 によりその電流値を測定することで、受信信号を取り出せる。

#### 【0068】

図 6 - 2 に、本実施形態の探触子 (C M U T) 502 を、送受信面 503 側からプローブ 500 内側の方向に見た模式図を示す。図 6 - 4 も参照することで分かる様に、第 1 の素子 102 は、第 2 の貫通ビア 32 と第 3 の貫通ビア 33 を 1 つずつ有している。第 2 の貫通ビア 32 と第 3 の貫通ビア 33 は、第 1 の素子 102 のエレベーション方向 (X 方向) の両端に配置されている。また、第 2 の素子 103 は、第 1 の貫通ビア 31 を 1 つずつ有している。第 1 の貫通ビア 31 は、第 2 の素子 103 の中心付近に配置されている。本実施形態では、第 1 の素子 102 の有する貫通ビア 32、33 を、素子 102 の両端に配置したことにより、接続用電極を配置する領域を確保することができる。

#### 【0069】

図 6 - 3 に、本実施形態の探触子 (C M U T) 502 を、図 6 - 2 の裏側から見た模式図を示す。第 1 の素子 102 の領域の基板裏面中央に、接続用電極 40 が配置されている。エレベーション方向の素子グループ 100 の 1 組あたりの接続用電極 40 は、第 1 の素子 102 に接続された電極が 2 つ、第 2 の素子 103 に接続された電極が  $(n/2)$  個、それぞれ配置されている。

#### 【0070】

第 2 の素子の貫通ビア 31 は、第 1 の素子 102 に近い順に両側左右 1 組で同じ電極 40 に接続されている。プローブ正面に対して対称になるような音圧の強度分布を実現する際には、第 1 の素子 102 に近い順に左右 1 組で、第 2 の素子の検出信号に対して同じ位

10

20

30

40

50

相差を付ければよい。また、CMUTは電流出力の素子であるため、検出回路に入力される前に、電極間を接続することにより電流が加算されるので、このような構成にすることが可能である。こうして、第2の検出回路211や、第2の検出回路211に接続された遅延回路212（例えば図2を参照）をn（素子グループ100の第2の素子の数）の半分の数にすることができ、回路面積を削減できる。

#### 【0071】

図6-4に、本実施形態の探触子（CMUT）502を図6-2のA-B断面で見た図を示す。第2の貫通ビア32は、第1の素子102の第1の電極12に接続されている。また、第1の素子102の有する第2の電極13は、第3の貫通ビア33に接続されており、直流電圧発生手段22に接続されている。複数の第2の素子103の有する第2の電極13は互いに電氣的に接続されている（図6-4では不図示）。第1の電極12は、第1の貫通ビア31に接続されており、送受信回路21に接続されている。

10

#### 【0072】

本実施形態では、探触子502と回路200との接続に、フレキシブルプリント配線50を用いている。フレキシブルプリント配線50は、探触子502裏面の接続用電極40と対応する電極パターンを有している。フレキシブルプリント配線50と接続用電極40間は、電気接続部60により接続されている。電気接続部60は、隣り合う接続用電極40間を電氣的に分離し、フレキシブルプリント配線50と接続用電極40間を電氣的に接続できるものであれば如何なるものでもよい。例えば、異方性導電樹脂（ACF、ACP）、ハンダ、バンプ接合を用いて簡単に実現できる。

20

#### 【0073】

本実施形態を用いると、探触子502の中央部に回路200との接続に必要な構成を配置できるので、回路200との接続のために探触子502の周辺部にスペースを設ける必要がなくなる。また、CMUTを用いているので、広い周波数範囲の信号を送受信することができ、被検体から多くの情報を取得することができる。こうして、送受信面503の周辺が小型で操作性が良く、情報取得量の多いプローブを提供することができる。

#### 【0074】

上記では、説明のために、第2の電極13に直流電圧発生手段22を、第1の電極12を送受信回路21に接続しているが、第1の電極12に直流電圧発生手段22を、第2の電極13を送受信回路21に接続した構成も同様に用い得る。その際、貫通ビア33には第2の電極13、貫通ビア31には第1の電極12を接続することが望ましい。

30

#### 【0075】

尚、第1から第6の実施形態に記載された検出回路、遅延回路、加算回路、スイッチは、集積回路により実現できる。集積回路により、各実施形態の回路を構成した場合は、回路面積を非常に小さくでき、小型で高機能なプローブを提供することができる。

#### 【0076】

##### （第7の実施形態）

本実施形態は、第1から第6の何れかの実施形態のプローブを被検体情報取得装置に用いたものである。図7に、本実施形態に係わる被検体情報取得装置の模式図を示す。図7において、600は情報取得装置、610は光源、602は被検体、603はプローブ、604は被検体の情報を取得する取得部である画像情報生成装置、605は画像表示器である。また、703は発光指示信号、701は光、702は光音響信号による超音波、704は光音響信号（超音波受信信号）、705は再現画像情報である。

40

#### 【0077】

本実施形態の情報取得装置の動作を説明する。まず、パルスエコー（超音波送受信）動作時について説明する。プローブ603から、被検体602に向かって超音波706が出力（送信）される。被検体602の表面において、その界面での固有音響インピーダンスの差により超音波が反射する。反射した超音波707は、プローブ603で受信され、受信信号の大きさや形状、時間の情報が受信信号704として画像情報生成装置604に送られる。一方、送信超音波の大きさや形状、時間の情報は超音波送信信号708の情報と

50

して、画像情報生成装置 6 0 4 で記憶される。画像情報生成装置 6 0 4 では、超音波受信信号 7 0 4 と超音波送信信号 7 0 8 の情報を基に被検体 6 0 2 の画像信号を生成して、再現画像情報 7 0 5 として出力する。

#### 【 0 0 7 8 】

光音響動作時には、まず、発光指示信号 7 0 3 に基づいて、光源 6 1 0 から光 7 0 1 (パルス光) を発生させることにより被検体 6 0 2 に光 7 0 1 を照射する。被検体 6 0 2 では光 7 0 1 の照射により光音響波(超音波) 7 0 2 が発生し、この超音波 7 0 2 をプローブ 6 0 3 で受信する。受信信号の大きさや形状、時間の情報が超音波受信信号 7 0 4 として画像情報生成装置 6 0 4 に送られる。一方、光源 6 1 0 で発生させた光 7 0 1 の大きさや形状、時間の情報(発光情報)が、光音響信号の画像情報生成装置 6 0 4 に記憶される。光音響信号の画像情報生成装置 6 0 4 では、超音波受信信号 7 0 4 と発光情報を基に被検体 6 0 2 の画像信号を生成して、光音響信号による再現画像情報 7 0 5 として出力する。

10

#### 【 0 0 7 9 】

画像表示器 6 0 5 では、超音波送受信による再現画像情報と、光音響信号による再現画像情報の 2 つの情報を基に、被検体 6 0 2 を画像として表示する。

#### 【 0 0 8 0 】

本実施形態に係るプローブは、パルスエコー法と光音響イメージング法でのそれぞれのスライス分解能が高いため、パルスエコー像と光音響像のスライス分解能がどちらも優れた画質を得ることができる。また、パルスエコー法と光音響イメージング法でのプローブを兼用できるため、それぞれの画像について位置ずれを少なくすることができる。

20

#### 【 0 0 8 1 】

(第 8 の実施形態)

本実施形態は、アジマス方向(Y 軸)の電子フォーカスに特徴を有するプローブに関する。それ以外は、第 1 から第 7 の何れかの実施形態と同じである。

#### 【 0 0 8 2 】

図 8 は、探触子 5 0 2 を Y Z 平面で見た断面の模式図である。図 8 では、第 4 の実施形態の図 5 - 2 の構成を元に説明する。図 8 では、エレベーション方向(X 方向)の素子グループ 1 0 0 とそれに対応する回路 2 0 0 と入出力兼用端子 3 0 5 が、1 列ごとに紙面上側から下側に並んでいる。また、送受信面 5 0 3 の表面は、Y 方向については曲面を有していない。

30

#### 【 0 0 8 3 】

まず、電子フォーカスについて説明する。探触子 5 0 2 に接続した装置において、エレベーション方向の素子グループ 1 0 0 毎に印加する送信パルスに所定の遅延を付することで、アジマス方向(Y 方向)にも音波の強度分布を付けることができる。同様に、受信信号を装置に取り込んだ後、所定の遅延を付けて加算することで、音波の検出感度にも強度分布を付けることができる。

#### 【 0 0 8 4 】

本実施形態では、パルスエコー動作時の電子フォーカスの設定と光音響動作時の電子フォーカスの設定とを相対的に変えている。光音響動作時の電子フォーカスに用いる素子 1 0 0 の数を、パルスエコー動作時の電子フォーカスに用いる素子 1 0 0 の数より多くしていることが本実施形態の特徴である。パルスエコー動作時のエレベーション方向(X 方向)の音波等高線 U 1 の幅 W 1 (図 2 参照)と、アジマス方向の音波等高線 U 3 の幅 W 3 がほぼ等しくなるように設定している。また、光音響動作時のエレベーション方向(X 方向)の音波等高線 U 2 の幅 W 2 (図 2 参照)と、アジマス方向の音波等高線 U 4 の幅 W 4 がほぼ等しくなるように設定している。

40

#### 【 0 0 8 5 】

これにより、パルスエコー動作時のエレベーション方向とアジマス方向のスライス分解能をほぼ一致させられると共に、光音響動作時のエレベーション方向とアジマス方向のスライス分解能をほぼ一致させることができる。そのため、本実施形態に係わるプローブに

50

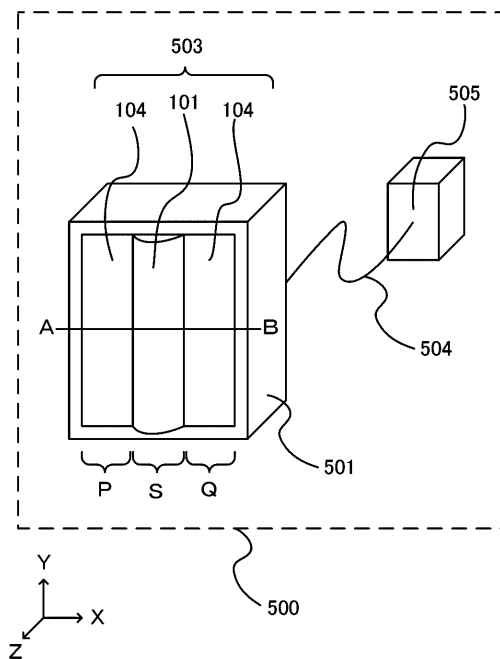
よると、パルスエコー動作と光音響動作の分解能を、エレベーション方向とアジマス方向でほぼ一致させることができるため、解像度が方向によらずほぼ均一な画像を提供できる。

【符号の説明】

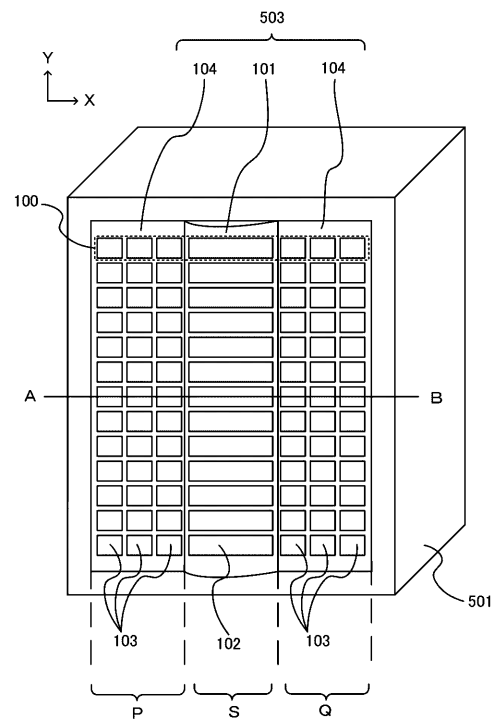
【 0 0 8 6 】

1 0 0・・・素子グループ、1 0 1・・・音響レンズ、1 0 2・・・第1の素子、1 0 3・・・第2の素子、5 0 0・・・プローブ

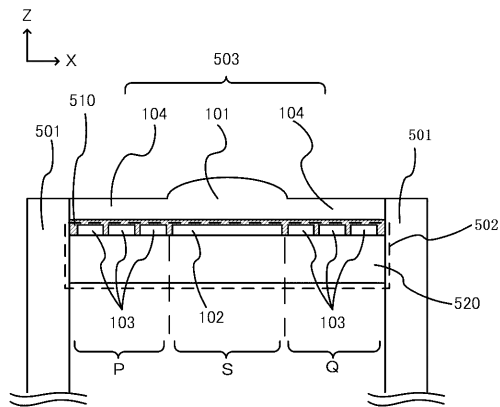
【図 1 - 1】



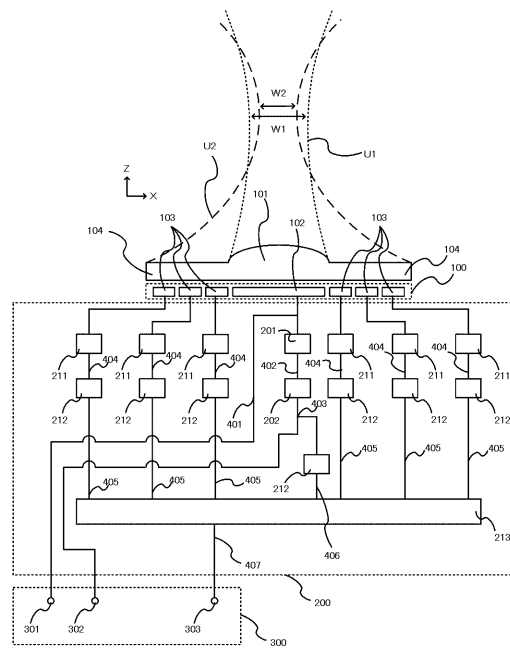
【図 1 - 2】



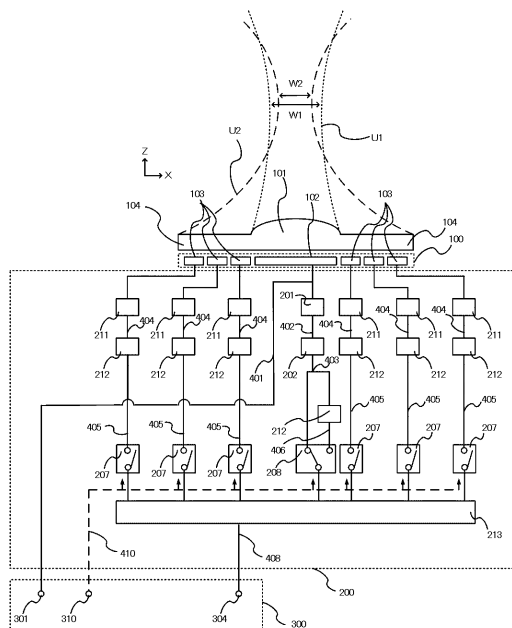
【図 1 - 3】



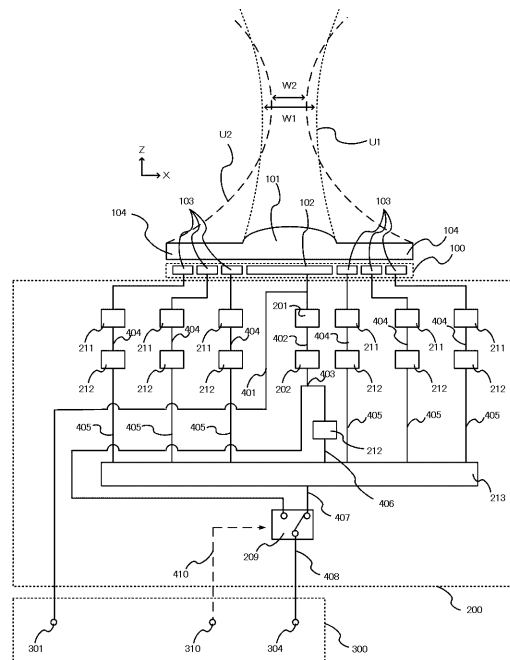
【図 2】



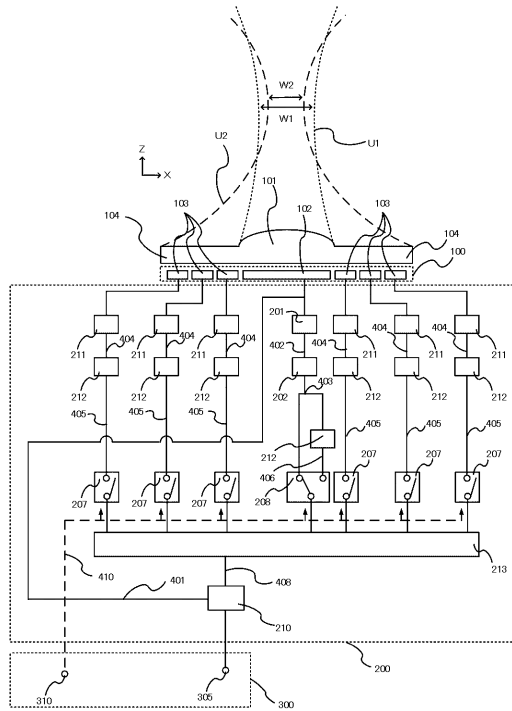
【図 3 - 1】



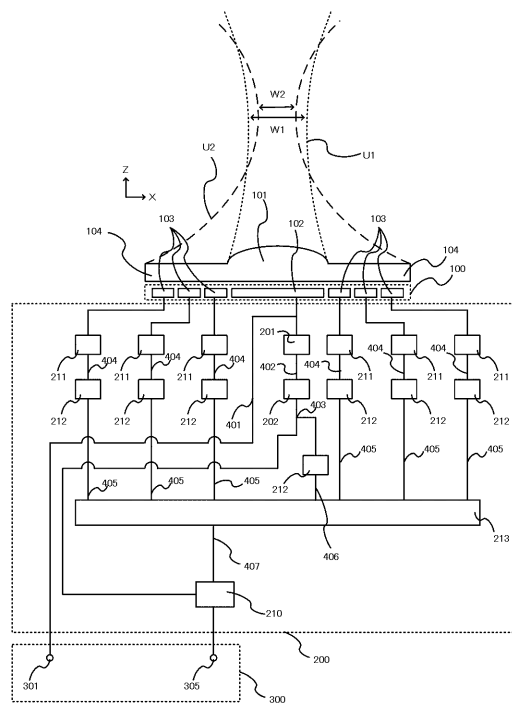
【図 3 - 2】



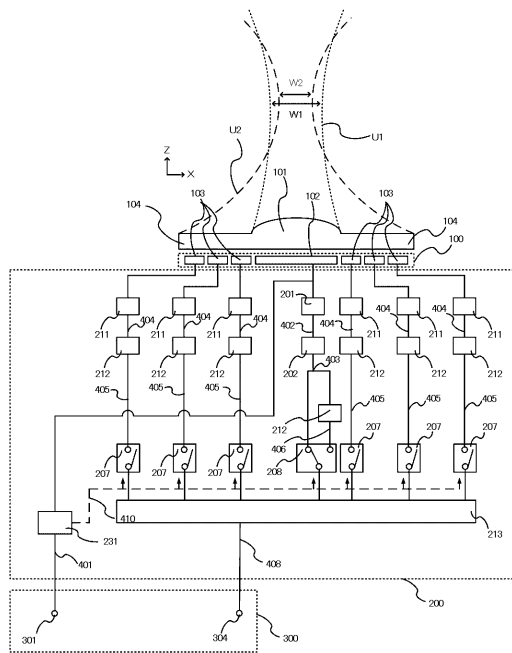
【図 4 - 1】



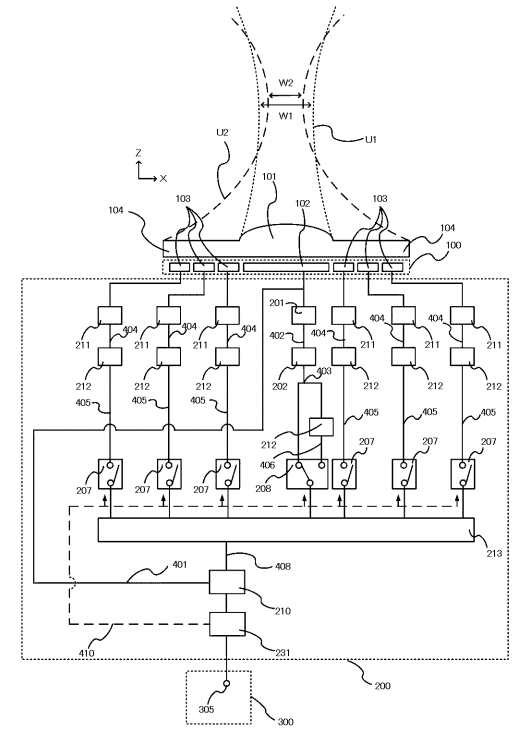
【図 4 - 2】



【図 5 - 1】

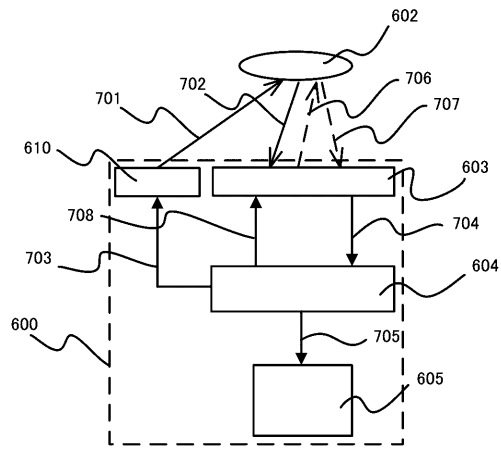


【図 5 - 2】

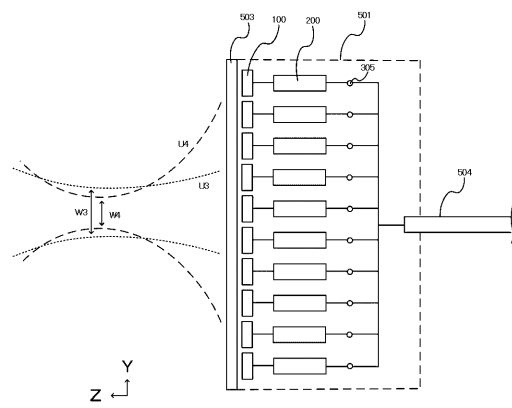




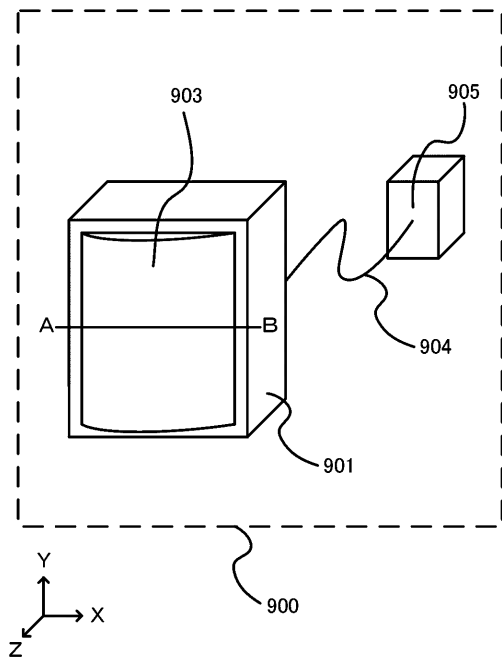
【図 7】



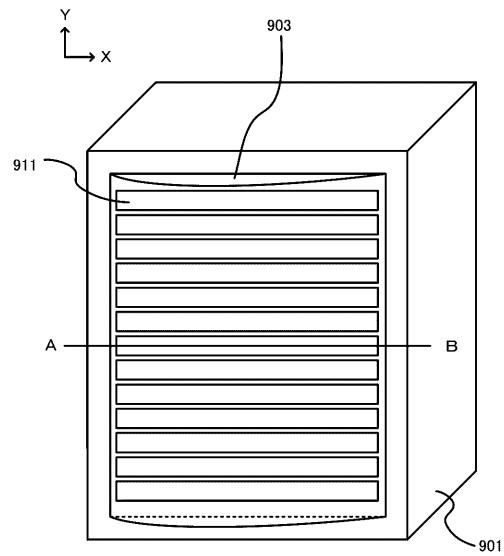
【図 8】



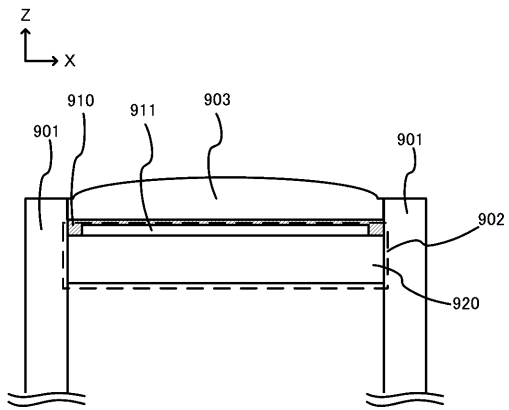
【図 9 - 1】



【図 9 - 2】



【図 9 - 3】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-005623(JP,A)  
特開2012-066051(JP,A)  
特開昭56-112234(JP,A)  
特開2008-200300(JP,A)  
特開2006-223736(JP,A)  
特開2008-188423(JP,A)  
特開2014-207970(JP,A)  
特開平3-165257(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 8/13