

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6590601号  
(P6590601)

(45) 発行日 令和1年10月16日(2019.10.16)

(24) 登録日 令和1年9月27日(2019.9.27)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/13

請求項の数 18 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2015-175014 (P2015-175014)  
 (22) 出願日 平成27年9月4日 (2015.9.4)  
 (65) 公開番号 特開2017-47109 (P2017-47109A)  
 (43) 公開日 平成29年3月9日 (2017.3.9)  
 審査請求日 平成30年8月31日 (2018.8.31)

(73) 特許権者 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  
 (74) 代理人 100126240  
 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 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】トランスデューサユニット、トランスデューサユニットを備えた音響波用プローブ、音響波用プローブを備えた光音響装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

チップと、

前記チップの上に設けられた、光源からの光が被検体に照射されることにより発生する音響波を受信して電気信号を出力する静電容量型トランスデューサと、

前記静電容量型トランスデューサから出力される電流を電圧に変換する電流電圧変換回路を有する回路基板と、

前記静電容量型トランスデューサと前記電流電圧変換回路とを電気的に接続するフレキシブルプリント配線と、

静電シールドと、

円筒状のプローブ筐体と、

を有するトランスデューサユニットであって、

前記チップの有する面のうち、前記静電容量型トランスデューサが設けられている面とは逆の面側に、前記回路基板が設けられ、

前記チップ、前記静電容量型トランスデューサ、前記回路基板、及び前記静電シールドが、前記プローブ筐体内に設けられており、

前記回路基板は、前記チップの前記逆の面と前記プローブ筐体の内壁面で囲まれる領域内に設けられており、

前記静電シールドは、前記フレキシブルプリント配線に貼り付けられて一体となって設けられている、トランスデューサユニット。

10

20

**【請求項 2】**

前記チップが貫通配線を有しており、前記静電容量型トランスデューサの有する電極に接続された前記貫通配線が、前記チップのうち、前記静電容量型トランスデューサを配置した面と逆の面に引き出されている請求項 1 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 3】**

前記フレキシブルプリント配線とリジット基板とが一体化したリジットフレキシブル基板を有し、前記チップの有する面のうち、前記静電容量型トランスデューサを配置した面と逆の面は、前記リジットフレキシブル基板が有するリジット基板の上に設けられた電極と対向した位置に配置され、前記電極と前記静電容量型トランスデューサとが電気的に接続されている請求項 2 に記載のトランスデューサユニット。 10

**【請求項 4】**

前記チップの有する面のうち、前記静電容量型トランスデューサを配置した面と逆の面は、前記フレキシブルプリント配線と対向した位置に配置され、前記静電容量型トランスデューサと前記フレキシブルプリント配線とが、電気的に接続されている請求項 2 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 5】**

前記チップの面とフレキシブルプリント配線とが異方性導電樹脂を介して接続されている請求項 1 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 6】**

前記チップを支持する支持部を有し、前記支持部は前記チップの位置決めをするために前記チップの外形に対応した凹部を有している請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。 20

**【請求項 7】**

前記チップを支持する支持部を有し、前記支持部は、前記フレキシブルプリント配線を、前記支持部の有する面のうち、前記静電容量型トランスデューサが設けられた面とは逆の面側に引き出すための貫通孔を有している請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 8】**

前記フレキシブルプリント配線と、前記回路基板との間は、異方性導電樹脂で接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。 30

**【請求項 9】**

前記フレキシブルプリント配線と、前記回路基板との間は、ハンダで接続していることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 10】**

前記回路基板の上に検出回路が設けられ、前記検出回路は、シールドカバーにより覆われており、前記検出回路と前記シールドカバーとの間はハンダで電気的に接続され、かつ固定されている請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 11】**

前記検出回路と前記シールドカバーとの間は、放熱シートが設けられている請求項 10 に記載のトランスデューサユニット。 40

**【請求項 12】**

前記トランスデューサユニットが筐体を有し、前記シールドカバーは、前記筐体に固定されている請求項 10 または 11 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 13】**

前記回路基板と、外部の装置と接続するためのケーブルとがハンダを用いて接続され、前記ハンダが封止材で囲まれている請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

**【請求項 14】**

前記回路基板に、カードエッジコネクタが接続され、前記回路基板は、前記カードエッ 50

ジコネクタに接続されたケーブルにより、外部の装置と接続されている請求項 1 乃至 1 2 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

【請求項 1 5】

前記トランスデューサユニットが筐体を有し、前記筐体の一部が、前記回路基板を挟むように 2 つの部品から構成されている請求項 1 乃至 1 4 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

【請求項 1 6】

前記トランスデューサユニットが、円筒状の筐体を有する請求項 1 乃至 1 5 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

【請求項 1 7】

前記静電容量型トランスデューサの上に、シリコーンゴム層を介して、絶縁フィルムを備えている請求項 1 乃至 1 6 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニット。

【請求項 1 8】

前記請求項 1 乃至 1 7 の何れか 1 項 に記載のトランスデューサユニットの複数と、複数の貫通孔を有する半球状の表面を有する支持部材を有しており、前記複数のトランスデューサユニットが、前記貫通孔内に、前記半球の中央を向くように固定されている音響波用プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、トランスデューサユニット、及びそれを備えた光音響波用プローブ、及び光音響波用プローブを備えた光音響装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

被検体に光を照射して、光音響効果により被検体中の測定対象から音響波（典型的には超音波であるが、本明細書中では光音響波と記載する）を発生させ、発生した音響波を半球状の超音波プローブを用いて受信する測定システムがある（特許文献 1）。半球状の超音波プローブは、半球表面上に配置した複数の超音波トランスデューサ素子で構成されている。

【0 0 0 3】

図 2 3 を用いて、説明する。図 2 3において、1 0 は被検体、1 1 は光源、1 2 は超音波プローブ、1 3 は超音波トランスデューサ、2 1 は光線、2 2 は光音響波、3 0 は媒質（音響マッチング材）である。半球状の超音波プローブ 1 2 は、半球状の形状をしており、複数の超音波トランスデューサ 1 3 と、光源 1 1 を備えている。被検体 1 0 は、超音波プローブ 1 2 の半球に一部囲まれるように配置され、被検体 1 0 と超音波プローブ 1 2 との間には、媒質 3 0 が充填される。光源 1 1 から被検体 1 0 に光 2 1 を照射して、被検体で発生した光音響波 2 2 を、超音波プローブ 1 2 が有する複数の超音波トランスデューサ 1 3 で受信して、被検体の画像化を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】米国特許公開 2 0 1 1 - 0 3 0 6 8 6 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

ここで、支持部材の半球表面に配置する超音波トランスデューサの数を増やすことで、被検体の画像の画質向上が可能であるが、超音波トランスデューサの数を増やすためには、半球表面上に複数の超音波トランスデューサを近接して配置する必要がある。しかし、超音波トランスデューサを近接して配置するための最適な構成はこれまで知られていなかった。

10

20

30

40

50

**【0006】**

そこで本発明は、支持部材に近接して配置できる小型のトランスデューサユニット、及び近接して配置された複数のトランスデューサユニットを備える光音響波用プローブ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】****【0007】**

本発明に係るトランスデューサユニットは、チップと、前記チップ上に設けられた、光源からの光が被検体に照射されることにより発生する音響波を受信して電気信号を出力する静電容量型トランスデューサと、前記静電容量型トランスデューサから出力される電流を電圧に変換する電流電圧変換回路を有する回路基板と、前記静電容量型トランスデューサと前記電流電圧変換回路とを電気的に接続するフレキシブルプリント配線と、を有するトランスデューサユニットであって、前記チップの有する面のうち、前記静電容量型トランスデューサが設けられている面とは逆の面側に、前記回路基板が設けかれていることを特徴とする。

10

**【発明の効果】****【0008】**

本発明によれば小型のトランスデューサユニットを提供でき、複数のトランスデューサユニットが支持部材上に近接して配置された光音響波用プローブを提供できるため、被検体の画質を向上させることができる。

20

**【図面の簡単な説明】****【0009】**

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

30

【図2】本発明の第1の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図5】本発明の第4の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図6】本発明の第5の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図7】本発明の第6の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図8】本発明の第7の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図9】本発明の第8の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

30

【図10】本発明の第9の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図11】本発明の第10の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図12】本発明の第11の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図13】本発明の第12の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図14】本発明の第13の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図15】本発明の第14の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図16】本発明の第15の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図17】本発明の第16の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図18】本発明の第17の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図19】本発明の第18の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

40

【図20】本発明の第19の実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

【図21】本発明の第20の実施形態に係る光音響装置の模式図である。

【図22】本発明の第21の実施形態に係る光音響装置の模式図である。

【図23】従来の光音響装置を説明するための模式図である。

**【発明を実施するための形態】****【0010】**

以下、図面を用いて、本発明の実施形態について説明する。本実施形態に係るトランスデューサユニットは、チップと、前記チップ上に設けられた、光源からの光が被検体に照射されることにより発生する音響波を受信して電気信号を出力する静電容量型トランスデューサとを有する。そして、静電容量型トランスデューサから出力される電流を電圧に変

50

換する電流電圧変換回路を有する回路基板と、静電容量型トランステューサと電流電圧変換回路とを電気的に接続するフレキシブルプリント配線と、を有する。そして、チップの有する面のうち、静電容量型トランステューサが設けられている面とは逆の面側（裏面側）に、前記回路基板が設けられていることを特徴とする。以下、詳細に説明する。

#### 【0011】

##### （第1の実施形態）

まず、図1を用いて、本実施形態の光音響波用プローブ100を説明する。図1において、99はプローブ筐体、101は半球状の支持部材、102は貫通孔、103は超音波トランステューサユニット（以下、単にトランステューサユニットと略すことがある）、104はケーブル、105はコネクタ、106は光源である。そして、110は静電容量型トランステューサ（Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers、以下CMUTと略す）である。図1(a)は、本実施形態に係る光音響波用プローブ100の外観の模式図、図1(b)は、光音響波用プローブ100断面を説明するための模式図である。

#### 【0012】

半球状の支持部材101は、CMUT110を配置する位置に対応した位置に、複数の貫通孔102を有している。トランステューサユニット103は、貫通孔102の形状と対応した外形をしており、それぞれの貫通孔102に、挿入固定されている。トランステューサユニット103は、CMUT110を備えており、CMUT110が、半球の中央付近を向くように配置されている。本実施形態では、貫通孔102の形状は、真円状であり、CMUT110は、トランステューサユニット103の中央に配置されている構成で説明する。

#### 【0013】

光源106は、半球状の支持部材の中央に配置されている。光源106は、固体レーザや気体レーザ、半導体レーザ、LEDなど光を出射することができるものであれば、用いることができる。外部に配置した発光部から光ファイバーを用いて、光を導波させる構成も用いることができる。本明細書では、半球の中央に光源106を配置している構成で説明するが、本発明はこれに限らない。半球の支持部材101で、トランステューサユニット103が配置されていない領域であれば、任意の位置に単数または複数の光源106を配置することができる。

#### 【0014】

本実施形態によると、支持部材101の貫通孔102に、別体のトランステューサユニット103を取り付ける構成にしている。そのため、支持部材101の構成を、半球状の部材に穴をあけるだけの非常に単純な形状とすることができます。また、支持部材101と、トランステューサユニット103を別体とするため、動作が確認済みのトランステューサユニット103を選択して用いることができるので、超音波プローブ100の歩留まりを容易に向上させることもできる。更に、トランステューサユニット103が故障した際に、交換を容易に行うことができる。また、支持部材101での貫通孔102の配置を変えるだけで、異なるセンサ間隔の超音波プローブ100を容易に提供することができる。同様に、半球の半径が異なるプローブも、異なる半径を持つ支持部材101を用意するだけで、同じトランステューサユニット103で構成することができる。

#### 【0015】

本実施形態の超音波トランステューサ110にはCMUT110を用いていることが特徴である。

#### 【0016】

次に、図1(c)を用いて、本実施形態で用いるCMUT110を備えたトランステューサユニット103を説明する。図1(c)で、120はチップ、130は筐体、140は支持部材、180はケーブル、190はコネクタである。

#### 【0017】

トランステューサユニット103は、円筒状の筐体130を有しており、支持部材14

10

20

30

40

50

0を介して支持されたチップ120を備えている。チップ120上には、CMUT110が形成されている。このCMUT110は、トランステューサユニット103を、貫通孔を有する半球状の支持部材101に取り付けた時、半球の中央側に向くように、チップ120が配置されている。また、複数のトランステューサユニット103を半球において、スパイラル状に配置できる。これにより、被検体に対して様々な角度から見て、トランステューサの間隔が均一に配置されるため、被検体情報を画像化した際に、トランステューサ間隔が均一で無いために発生するアーチファクト(虚像)が発生し難くなる。そのため、より詳細な被検体情報を取得することができる。このCMUT110の表面は、筐体130により覆われておらず、トランステューサユニット103の外部からの音響波が到達する構成となっている。また、もう一方の底面からは、外部と接続するためのケーブル180が引き出されている。  
10

#### 【0018】

また、各トランステューサユニット103から出ているケーブル180は、各ケーブル180の接続先(基板など)までの長さに応じて互いに異なる長さとしてもよい。これにより、ケーブルの長さを配置が必要な長さに最適化することができ、不要なケーブル(長さが余るケーブル)の発生を極力低減して、外部に信号を引き出すことができる。そのため、プローブ全体を小型化、軽量化することができる。また、それぞれのケーブルの色を変えることで、半球状の支持部材への組付け時の作業性向上や、誤認識による接続間違いを減らすことができる。特に、また、長さの異なるケーブルは、互いに異なる色として、ケーブルの長さの誤認を減らせる。また、各トランステューサユニットの長さを、支持部材101の位置によって異なるようにしてもよい。これにより、周辺の部材と干渉することを避けることができる。また、交互に長さを変えることで、組立時に短いトランステューサユニットを組付けて、その後長いトランステューサユニットを組付けることで、配置密度が高い領域でも、作業性をそれほど悪化させることなく、組付けることができる。さらに、長さが互いに異なるケーブル180に接続するコネクタの色は互いに異なるようにしてもよい。これにより、半球状の支持部材への組付け時の作業性向上や、誤認識による接続間違いを減らすことができる。  
20

#### 【0019】

また、1本のケーブルから分岐したそれぞれのケーブルを、複数のトランステューサユニット103に接続し、その1本に束ねたケーブルを外部の装置に接続してもよい。それにより、外部の装置に接続するケーブルの太さを細くしたり、本数を少なくすることができます。また、各トランステューサユニット103が1本のケーブルにシリアルに接続されてもよい。これにより、トランステューサユニットに共通で印加数ル検出回路の電源や、直流電圧の線を共通化出来、外部の装置に接続するケーブルの太さをより細くしたり、本数をより少なくすることができる。また、ピンの数や種類を互いに異なるようにしても良いし、各貫通孔の孔の径や形を互いに異なるようにしてもよい。配置する位置に対応して変えることで、半球状の支持部材への組付け時の作業性向上や、誤認識による接続間違いを減らすことができる。  
30

#### 【0020】

また、支持部材101の半球状に沿ったPCB(リジットフレキシブル配線基板)を設け、各トランステューサユニット103から出るケーブルをPCBの中でまとめ、外部と接続するケーブルが引き出された構成とすることができる。このような構成で、外部に引き出されるケーブルの数を少なくできる。また、支持部材101の近接した領域までケーブルを引き回すだけでよいため、ケーブル自体の長さを大幅に身近することができ、プローブの小型化、軽量化することができる。なお、ケーブルを束ねる結束構造が設けられていても良い。  
40

#### 【0021】

また、支持部材101に差し込まれたトランステューサユニット103がL字型に曲がった構成とすることができます。このような構成とすることで、被検体側から見たときに、トランステューサユニット103の、支持部材101からの放射状の広がりを小さくでき  
50

、音響用プローブの占める領域を小さくできる。なお、ここでいうL字型とは、垂直に限られない。

#### 【0022】

また、各ケーブルを用いず、CMUTの検出信号をトランスデューサユニット内でデジタル信号に変換し、無線で外部の信号処理装置に送り、その信号を信号処理装置で処理し被検体の画像を得ても良い。これにより、外部の装置に信号を取り出す配線が不要になるため、プローブの小型化、軽量化することができる。

#### 【0023】

また、支持部材101が、被検体をモニタするカメラ(不図示)を備える場合、被検体に光を照射するようにLED(Light Emitting Diode)を設けることができる。LEDは1つでも、複数でも良くトランスデューサユニット103ごとに設ける構成であってもよい。これにより、被検体全体に均一に光を照射することができ、被検体の状態をより正確にカメラでモニタすることができる。10

#### 【0024】

また、図1では、トランスデューサユニット103が離間して設けた例を示しているが、複数のトランスデューサユニット103同士を束ねて、凹部を有する形状になるように設けてもよい。そのような場合、トランスデューサユニット103を高密度に配置できる利点を有する。

#### 【0025】

図1(b)(c)では、トランスデューサユニット103は、筒型として説明したが、本実施形態はこれに限らない。図1(d)(e)で示すように、ケーブル取り付け側の太さが、貫通孔102の径より大きくなっている形状のものを用いることができる。これにより、支持部材101に対して、トランスデューサユニット103の位置を簡易な構成で、精度よく決めることができる。そのため、容易な構成で、半球状に複数の超音波トランスデューサ110を精度よく配置することができ、被検体からの情報を正確に取得することが可能になる。20

#### 【0026】

CMUTは、半導体プロセスを応用したMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)プロセスを用いて、シリコンのチップ上に作製される。図2を用いて説明する。30

#### 【0027】

まず、CMUT103について、説明する。図2(a)は、CMUT103の模式図である。図2において、120はチップ(基板)、201は振動膜、202は第1の電極、203は第2の電極、204は支持部、205は空隙、301は第1の配線、302は第2の配線、401は直流電圧発生手段、402は検出回路である。

#### 【0028】

振動膜201は、支持部204によりチップ120上に支持されており、超音波を受けて振動する構成となっている。振動膜201上には第1の電極202が配置されており、チップ120上の第1の電極202に対向する位置には第2の電極203が配置されている。振動膜201と空隙205を挟んで対抗した第1の電極202と第2の電極203を1組として、セル200と呼ぶ。40

#### 【0029】

第1の電極202は、第1の配線301を介してチップ120外部に引き出され、直流電圧発生手段401に接続され、第2の電極203には、第2の配線302を介してチップ120外部に引き出され、検出回路402に接続されている。直流電圧発生手段401を用いることにより、第1の電極202と第2の電極203間には、数十ボルトから数百ボルトの電位差が発生している。印加される電位差の値は、直流電圧発生手段401によって調節可能に構成されている。振動膜201と第1の電極201が振動することにより、第1の電極201と第2の電極203間の距離が変化して、電極間の静電容量が変化する。電極間には電位差があるため、容量変化に対応して、微小な電流が発生する。微小電50

流は、第2の電極203に接続された検出回路402で、電流から電圧に変換されて出力される。

#### 【0030】

本実施形態で用いるCMUT110は、現在広く用いられているピエゾ型の超音波トランステューサに比べて、超音波受信時の応答性が良く、周波数の帯域が広いという特徴がある。

#### 【0031】

##### (トランステューサユニット)

本実施形態では、CMUT110を備えたチップ120に対して、検出回路302を備えた回路基板160が垂直に配置されていることが大きな特徴である。図2(b)(c)を用いて、具体的な構成を説明する。10

#### 【0032】

図2(c)に、トランステューサユニット103においてのチップ120と回路基板160の位置関係を説明する模式図を示す。

#### 【0033】

CMUT110の素子が配置されたチップ120は、リジット基板150により保持されている。また、リジット基板150は、支持部材140上に接着剤141で固定されている。チップ120上の配線301、302に接続された電極207と、リジット基板150上の配線間は、ワイヤー121により電気的に接続されている。ワイヤー121は、封止材122により保護されている。チップ120を保持しているリジット基板150の表面には、パターニングを有した薄膜の電極層123を備えており、基板内に備えたビア(不図示)により内部の導電層(不図示)に接続されている。リジット基板150は、フレキシブルプリント配線151と一体化して形成され、リジット基板150内部の配線を、フレキシブルプリント配線151を介して、フレキシブルプリント配線用コネクタ161で接続した回路基板160に引き出せる。リジット基板150、フレキシブル配線基板151は、リジットフレキシブル基板の作製技術を用いることで容易に一体化したものを見実現することができる。なお、チップ120の有する面のうち、CMUT110を配置した面と逆の面は、リジットフレキシブル基板が有するリジット基板150上に設けられた電極と対向した位置に配置され、その電極とCMUT110とが電気的に接続された構成をとることができる。また、チップの有する面のうち、CMUT110を配置した面と逆の面が、フレキシブルプリント配線151と対向した位置に配置され、CMUT110とフレキシブルプリント配線151とが、電気的に接続された構成をとることができる。これらの構成を取ることで、ワイヤー121で接続するための領域が不要になるため、電気接続部による必要領域を最小限にすることができる。また、ワイヤー121や封止材121が不要になるため、基板120表面にCMUTより突出した部分が無くなるため、光音響波(超音波)の受信時に音響特性への影響を受けることがなくなる。2030

#### 【0034】

本実施形態では、チップ120から検出回路402までの配線に、フレキシブルプリント配線151を用いているので、チップ120の面方向に対して垂直方向に配線を引き出すことが可能になる。そのため、チップ120と検出回路402の接続部を極小化して、小型なトランステューサユニットを提供することが可能になる。40

#### 【0035】

CMUT110を駆動するためには、数十ボルトから百数十ボルトもの高電圧の直流電圧を印加する必要がある。また、CMUT110は、光音響波(超音波)による電圧変化量を、電流変化量として読みだすために電流電圧変換回路を含む回路基板160を必要とする。そこで、CMUT110と回路基板160とを電気的に接続するためにフレキシブルプリント配線151が用いられる。

#### 【0036】

ここで、フレキシブルプリント配線151の絶縁耐圧を超えないようにするために、フレキシブルプリント配線151において、CMUT110に電圧印加するための配線の間50

隔は広くする必要がある。そして、フレキシブルプリント配線 151 を回路基板 160 に接続するための電極間隔も広くする必要があるため、電極間隔を広くできるように、回路基板 160 の面積は広くする必要がある。もし、回路基板 160 を CMUT 110 が設けられるチップ（基板）120 の面方向に設けると、CMUT 110 の占める面積に加えて、回路基板 160 の占める面積が加わり、トランステューサユニット 103 の径は大きくなってしまう。その結果、支持部材 101 に多くのトランステューサユニット 103 を設けることが困難になる。

#### 【0037】

そこで、本実施形態では、基板 120 の有する面のうち、CMUT 110 が設けられている面とは逆の面側に、回路基板 160 が設けられている。そのため、トランステューサユニット 160 の径を大きくすることなく、小型化を実現できる。その結果、支持部材 101 に多くのトランステューサユニット 103 を設けることができ、多くの CMUT で光音響信号を受信できるため、被検体の画像の高画質化を実現できる。10

#### 【0038】

支持部材 140 は、フレキシブルプリント配線 151 を通すことができる貫通孔 144 を有している。これにより、支持部材 140 がチップ 120 を配置している面と逆の面側の領域に配線を引き出し、回路基板 160 を配置することができる。また、図示していないが、貫通孔 144 内は封止材で密閉されていることが望ましい。これにより、トランステューサ側の超音波ゲルなどが、回路基板 160 側に流れ込むことを防ぐことができ、電気信頼性を高めることができる。20

#### 【0039】

回路基板 160 上には、検出回路 402 を備えており、チップ 120 と垂直になるように配置されている。本実施形態において回路基板 160 の外形は、直方体であるが本発明はこれに限られない。また、回路基板 160 は、一方の端部にフレキシブルプリント配線 151 との接続部（コネクタ 161）を配置しており、もう一方の端部にケーブル 180 との接続部（コネクタ 162）を備えている。

#### 【0040】

ここで、図 2 (b) に、トランステューサユニット 103 内でのフレキシブルプリント配線 151 と回路基板 160 、ケーブル 180 間の配線と回路の模式図を示す。

#### 【0041】

検出回路 402 は、オペアンプを用いたトランスインピーダンス回路で構成することができる。オペアンプ 411 を用いたトランスインピーダンス回路は、オペアンプの負帰還部に抵抗 412 とコンデンサ 413 がパラレルに配置されており、帰還部で入力された電流が電圧に変換される。オペアンプの帰還特性があるため、広帯域なオペアンプを用いることで、電流電圧変換効率が入力の配線にある寄生容量の影響を小さくすることができる。そのため、広い周波数幅を持つ受信特性を CMUT について、受信感度の低下が少ない優れた受信特性を得られる。30

#### 【0042】

本実施形態によると、検出回路 402 にオペアンプ 411 を用いたトランスインピーダンスの回路構成を用いているので、検出回路 402 の入力端子に寄生する容量の影響を受けにくい。そのため、寄生容量による、受信特性の劣化が少ない光音響波用プローブを提供できる。40

#### 【0043】

検出回路 402 の電源には、回路を駆動するための電流を安定に供給する必要がある。ケーブル 180 に配線抵抗があると、回路 402 に供給している電流が不安定になり、検出回路 402 での電流 - 電圧変換特性に影響を与えることがある。本実施形態では、検出回路の電源用の安定化回路 430 を有するので、検出回路 402 に必要な電流を安定して供給でき、検出回路 402 で所望の電流 - 電圧変換特性を得られる。本実施形態における安定化回路 430 は、図 2 (b) で示すように、コンデンサ 431 と、コイル 432 により容易に構成することができる。50

#### 【 0 0 4 4 】

検出回路 402 の出力端子と配線 310との間に、配線 310とのインピーダンス整合抵抗 441が接続されていることが特徴である。検出回路 402からの出力信号を装置側に出力する配線 310は、同軸ケーブル 181を用いていることが望ましい。同軸ケーブル 181を用いることで、外部からのノイズが信号に重畠することを防ぐことができるが、配線が長くなると配線内で反射などが発生して、信号の特性を劣化させことがある。図 2 ( b )では、同軸ケーブルである配線 181が持つ配線インピーダンスと、マッチングが取れたインピーダンス整合抵抗 441を備えている。そのため、回路基板 160と同軸ケーブル 181との間のインピーダンスの不整合により、出力信号の劣化の発生を低減することができる。そのため、複数の配線を束ねるケーブル 180で検出信号の劣化が少ないトランスデューサユニット 103を提供できる。

10

#### 【 0 0 4 5 】

また、検出回路 402 の出力端子と配線 310との間に、コンデンサ 442が接続されている。C M U T 110は、光音響波を受信するため、一定の周波数(数百キロヘルツから数メガヘルツ)以上の信号を検出できればいい。図 2 ( b )では、検出回路 402 の出力端子にコンデンサ 442を備えているので、出力電圧の直流成分をカットできる。出力電圧に直流成分があると、常時配線内に電流が流れるため消費電力が大きくなる、図 2 ( b )の回路構成では、直流電圧をカットしているので、常時流れる電流を無くすことができ、消費電力を下げることができる。そのため、消費電力の小さいトランスデューサユニット 103を提供することができる。

20

#### 【 0 0 4 6 】

更に、回路基板 160 上に、直流電圧用の安定化回路 420を備えている構成が望ましい。本実施形態のケーブル 180内には、同軸ケーブル 181と、電流 電圧変換回路用の電源供給線 182、183と、配線 310を 1組として備えている。

#### 【 0 0 4 7 】

半球状の支持部材 101に分散して配置されているトランスデューサユニット 103から、外部の装置(不図示)と接続するコネクタ 190までは、距離が離れているため、その間を繋ぐケーブル 180は、一定の長さを有する。そのため、ケーブル 180内の配線が有する配線抵抗により、回路基板 140側での直流電圧 Vb1が、装置側のコネクタでの直流電圧 Vb0と異なってしまう。C M U T 110は、第1の電極 202と第2の電極 203に印加される電位差により、受信特性が大きく影響を受ける。そのため、C M U T 110に印加される直流電圧 Vb1が、直流電圧発生手段 401で生成する直流電圧 Vb0と異なると、所望の受信特性が得られなくなってしまう。

30

#### 【 0 0 4 8 】

本実施形態では、直流電圧用の安定化回路 420を有しているので、C M U T 110に印加される直流電圧 Vb1を、直流電圧発生手段 401で生成する直流電圧 Vb0と一致させることができる。そのため、ケーブル 180の有する配線抵抗により、C M U T 110の受信特性が受ける影響を低減することができる。

#### 【 0 0 4 9 】

本実施形態の直流電圧用の安定化回路 420は、直流電圧用安定化回路 420での入力インピーダンスが、ケーブル 180が有する配線抵抗より十分小さいものであればよい。具体的には、図 2 ( b )で示すように、高耐圧コンデンサ 421と、抵抗 422により容易に構成できる。本実施形態は、図 2 ( b )に示す回路構成に限るものではなく、回路基板 160側での直流電圧 Vb1と、装置側のコネクタでの直流電圧 Vb0との値を近くできる回路であればよい。

40

#### 【 0 0 5 0 】

本実施形態の回路基板 160の外形は、直方体であり、回路基板 160は、一方の端部にフレキシブルプリント配線 151との接続部(コネクタ 161)を配置しており、もう一方の端部にケーブル 180との接続部(コネクタ 162)を備える。このような構成により、C M U T 110と検出回路 402との間の接続を、回路基板 160の一方の端部に

50

集中させることができる。また、外部の装置と接続するためのケーブル 180 と検出回路 402 との間の接続を、回路基板 160 のもう一方の端部に集中することができる。加えて、図 2 (c) で示した配線や回路を、回路基板 160 の X 方向に沿って配置することで、回路基板 160 内での配線を最も効率よく配置することができ、回路基板 160 の幅を狭くすることができる。

#### 【0051】

以上のように、本実施形態に係る光音響波用プローブによると、フレキシブルプリント配線 151 を用いて、細長い回路基板 160 をチップ 120 と垂直に配置している。そのため、チップ 120 側から見た検出回路 402 の配置に必要な投影面積を小さくすることができ、小型なトランスデューサユニット 103 を提供できる。

10

#### 【0052】

本実施形態の光音響波用プローブ 100 は、半球状の支持部材 101 の有する貫通孔 102 に、超音波トランスデューサ 103 を半球の中央付近から放射線状になるように挿入固定して構成する。そのため、トランスデューサユニット 103 の長さが長くなってしまっても、トランスデューサユニット 103 間の配置間隔には影響しない。そのため、トランスデューサユニット 103 間の配置間隔を狭くすることができ、超音波トランスデューサ 110 が高密度に配置された光音響波用プローブを提供することができる。

#### 【0053】

ここで、本実施形態の別の形態を、図 2 (d) を用いて説明する。チップ 120 は貫通配線 124 を有しており、CMUT 110 を配置した面から、逆の面に配線を引き出すことができる。裏面に引き出した配線は、ハンダバンプ 125 を介して、リジット基板 150 上の電極 125 と電気的に接続されている。チップ 120 とリジット基板 150 間は、アンダーフィル材 153 により充填されている。

20

#### 【0054】

本実施形態の別の形態によると、チップ 120 とリジット基板 150 間の電気的な接続部を小さくすることができるため、小型なトランスデューサユニット 103 を提供することができる。そのため、トランスデューサ 110 間の間隔がより狭い光音響波用プローブを提供することができる。

#### 【0055】

尚、図 2 (d) では、ハンダバンプを用いて説明したが、別の実施形態はこれに限らない。ハンダバンプ 211 の代わりに、金バンプを用いて接続する構成も取ることができる。これにより、ハンダバンプを用いることなく、複数の超音波トランスデューサの配置間隔を狭く配置することができる光音響用プローブを提供することができる。

30

#### 【0056】

##### (第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態は、チップ 120 とフレキシブルプリント配線 151 の接続形態に関する。それ以外は、第 1 の実施形態と同じである。

#### 【0057】

図 3 は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

#### 【0058】

本実施形態では、チップ 120 の裏面に、フレキシブルプリント配線 151 を直接接続していることが特徴である。

40

#### 【0059】

静電容量型トランスデューサ 103 を形成しているチップは、貫通配線 124 を有している。そして、チップ表面（静電容量型トランスデューサの形成面）の電極 202、203 に接続した配線が、チップ裏面（静電容量型トランスデューサを形成していない面）の電極 125 に引き出されている。本実施形態では、チップ上に配置した静電容量トランスデューサ 103 は、絶縁膜で覆われており、内部の電極からの配線も、貫通配線 124 でチップ裏面に引き出されている。そのため、チップ表面では、静電容量トランスデューサ 103 が有する電極と、外部は完全に絶縁されている。そのため、高電圧が印加される電

50

極が、被検体と導通して高電圧が被検体に印加されることを防ぐことができ、安全な静電容量型トランスデューサ 103 を提供することができる。

#### 【0060】

次に、チップ 120 裏面とフレキシブルプリント配線 151 の電気接続部について説明する。フレキシブルプリント配線の導電層 232 は、チップ裏面の電極の位置に対応して露出しており、チップとフレキシブルプリント配線の電極間は、異方性導電樹脂 153 により電気的に接続されている。異方導電性樹脂 153 は、微細な金属粒子を含有している絶縁性の熱硬化性樹脂であり、異方性導電フィルム（ ACF ）や異方性導電ペーストなどを用いることができる。チップ 120 上の電極 125 と、フレキシブル部 151 上の電極 126 間の距離は、微細な金属粒子より狭くなった状態で加熱硬化しており、電極 125 、 126 間は異方導電性樹脂 153 で電気的に接続されている。一方、チップ 120 平面上や、フレキシブル部 151 上の電極間は、微細な金属粒子より広くなっていることにより、異方導電性樹脂 153 の絶縁性により電気的に絶縁されている。異方性導電樹脂 153 があることにより、湿気などにより、電気接続部への不良発生の影響を減らすことができ、電気接続信頼性を高めることができる。チップ 120 裏面で電気的に接続したフレキシブルプリント配線 151 は、支持部材 140 上に接着剤 141 を介して固定されている。

10

#### 【0061】

本実施形態では、硬いチップ 120 に対して、柔らかいフレキシブルプリント基板 151 を加圧した状態で、加熱して異方導電性樹脂を硬化させている。そのため、柔らかいフレキシブルプリント基板 151 は、チップ 120 の裏面の形状に沿って変形するので、電極の間隔を確実に、微細な金属粒子の大きさ以下にすることができる。また、異方性導電樹脂を用いて、電極間を接続すると同時に、電極や配線と外部との電気的な絶縁を確保することができる。電気接続と絶縁を別に行う構成では、絶縁を確保するためのアンダーフィル材を別途注入して、硬化させる必要がある。チップの裏面に注入したアンダーフィル材が、チップ側面を這い上がり、チップ表面の CMUT 103 上に流れ込んでしまうと、CMUT 103 の受信特性を大幅に劣化させてしまう。これを防ぐためには、製造上に大きな制約を与えることとなり、製造工程の複雑化や歩留まりの低下を招く。本実施形態を用いることで、このような CMUT 103 の受信特性の劣化の発生を容易に防ぐことができる。

20

#### 【0062】

上記のように本実施形態を用いると、電極間の電気接続を確実に行い、且つ外部との絶縁を確実に行うことができ、受信特性の劣化がない CMUT 103 を提供することができる。

30

#### 【0063】

##### （第3の実施形態）

第3の実施形態は、チップとフレキシブルプリント配線の接続形態に関する。それ以外は、第2の実施形態と同じである。

#### 【0064】

図4は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

40

#### 【0065】

本実施形態では、図4(a)で示すように、貫通配線 124 を介して、チップ 124 裏面からフレキシブルプリント配線間をハンダバンプ 127 で接続していることが特徴である。

#### 【0066】

静電容量トランスデューサを形成しているチップ 120 は、貫通配線 124 を有している。そして、チップ表面（静電容量トランスデューサの形成面）の電極 202 、 203 に接続した配線が、チップ裏面（静電容量トランスデューサを形成していない面）の電極に引き出されている。フレキシブルプリント配線の導電層は、チップ裏面の電極の位置に対応して露出しており（不図示）、チップとフレキシブルプリント配線の電極間は、ハンダ

50

バンプ 127 により電気的に接続されている。チップとフレキシブルプリント配線の間には、アンダーフィル材 154 で充填されている。アンダーフィル材 154 があることにより、湿気などにより、電気接続部への不良発生の影響を減らすことができ、電気接続信頼性を高めることができる。

#### 【0067】

本実施形態によると、ハンダバンプ 127 でチップとフレキシブルプリント配線 151 間を電気的に接続するので、簡易な方法で、電気信頼性の高い電気的接続を行うことができる。

#### 【0068】

本実施形態のハンダバンプ 127 の代わりに、図 9 (e) で示すように、金バンプ 128 を用いて接続する構成も取ることができる。10

#### 【0069】

フレキシブルプリント配線 151 はチップ 120 の形状に沿って曲がることができるので、チップ 120 に若干の反りが発生した場合でも、フレキシブルプリント配線 151 が変形することによって、金バンプ 213 での電気接続部での接続不良が発生しにくい。そのため、ハンダバンプ 127 以外のフリップチップ実装技術に用いる金バンプ 128 や、金バンプ ハンダを用いることができ、使用するバンプの制約を減らすことができ、最適な電気接続方法を選択することができる。

#### 【0070】

本実施形態によると、ハンダバンプを用いることなく、複数の超音波トランステューサの配置間隔を狭く配置することができる光音響用プローブを提供することができる。20

#### 【0071】

##### (第4の実施形態)

第4の実施形態は、チップとフレキシブルプリント配線の接続形態に関する。それ以外は、第1の実施形態と同じである。

#### 【0072】

図5は、本実施形態に係る光音響用プローブの模式図である。

#### 【0073】

本実施形態では、チップ表面に配置したフレキシブルプリント配線により、検出回路との電気接続を行っていることを特徴とする。30

#### 【0074】

フレキシブルプリント配線 151 の端部には、片面が絶縁膜 211 に覆われていなく導電層 212 が露出した接続用電極 126 を備えている。チップ 120 上には、CMUT 103 の電極に接続された接続用電極 209 が配置されている。チップ 120 上の接続用電極 209 に対向するように、フレキシブル部 151 の接続用電極 126 が配置されている。接続用電極 209 と接続用電極 126 間は、異方性導電樹脂 153 により、電気的に接続されている。また、チップ 120 とフレキシブル部 151 は、異方性導電樹脂 153 により、機械的に固定されている。本実施形態は、チップ表面からフレキシブルプリント配線 151 を用いて配線を引き出しているので、被検体側への配線の高さを低くすることができる。そのため、配線部から CMUT 103 の受信特性へ与える影響を、極力少なくすることができる。40

#### 【0075】

本実施形態では、チップ 120 に接続したフレキシブルプリント配線 151 は、チップ 120 にほぼ垂直方向に折れ曲がっており、チップ 120 の垂直方向に配線 301、302 が引き出されている。そのため、被検体側から見て、チップ 120 の大きさに対して、ほとんど配置領域を広げることなく、CMUT 103 からの配線 302 を検出回路 402 に接続させることができる。

#### 【0076】

##### (第5の実施形態)

第5の実施形態は、チップを支持している部材に関する。それ以外は、第1から第4の50

何れかの実施形態と同じである。

**【0077】**

図6は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

**【0078】**

本実施形態では、図6(a)で示すように、チップ120を保持するベース(支持部)140に、凹部142を有していることが特徴である。ベース140の凹部142は、チップ120の外周(外形)に対応した形状となっている。ベース140上の凹部142には、CMUT110を備えたチップ120を接着により配置させる。ベース140が凹部142を有することで、チップ120を配置する位置を高い精度で配置させることができる。

10

**【0079】**

本実施形態によると、トランスデューサユニット103に対して、CMUT110の位置を高い精度で配置した光音響用プローブを提供することができる。

**【0080】**

本実施形態の別の形態を、図6(b)を用いて説明する。図6(b)では、ベース140と筐体130の先端部が一体になった部品である、ヘッド部品131となっていることが特徴である。ヘッド部品131は、凹部143と貫通孔144を有している。凹部143には、チップ120が配置され、チップ120の位置決めを行うために機能している。また、貫通孔144は、チップ120に接続されたフレキシブルプリント配線151を通すことができる。フレキシブルプリント配線151は、ヘッド部品131の裏側(チップ120を配置した逆の面側)に引き出され、回路基板160に接続されている。

20

**【0081】**

本実施形態の別の形態によると、トランスデューサユニット103の先端部を、1つの一体型部品で構成している。そのため、トランスデューサユニット103の先端部を、チップ120に対して最小限の大きさにすることができ、CMUT110をより近接して配置することができる。

**【0082】**

また、ユニット103の先端の筐体とチップを保持するベースを一体化しているので、ユニット103の外形に対して、チップ120をより高精度に配置することができる。

**【0083】**

30

(第6の実施形態)

第6の実施形態は、チップと回路基板を接続するフレキシブルプリント配線の構成に関する。それ以外は、第1から第5の何れかの実施形態と同じである。

**【0084】**

図7は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。本実施形態では、トランスデューサユニットは静電シールドを有する構成である。具体的には、フレキシブルプリント配線151が静電シールド170で覆われていることが特徴である。図7では省略しているが、静電シールド170は、検出回路が有するグランドなどの電位に接続されている。また、静電シールド170が、フレキシブルプリント配線151に貼り付けられて一体となっている構成をとることができる。

40

**【0085】**

本実施形態の支持部材101は、機械強度を確保する目的と、貫通孔102の加工精度を確保する目的で、金属により構成することが望ましい。しかし、CMUT110は、電位を有した部材が、電極202と検出回路402間の配線302に近接していると、部材の電位がノイズとして検出信号に重畠されてしまう。超音波トランスデューサ110を近接して配置して小径化した際には、フレキシブルプリント配線160は、支持部材101の貫通孔102の側面との距離が大幅に狭くなってしまう。金属で構成した支持部材101は表面積が大きいため、周囲の装置などの影響を受けて、ある電位を必ず有してしまう。そのため、超音波トランスデューサ110を近接して配置する際には、支持部材101が有する電位から、フレキシブルプリント配線151に重畠されるノイズが、トランステ

50

ユーザの受信特性に大きく影響を与える。

**【0086】**

本実施形態によると、フレキシブルプリント配線151は、支持部材101との間に静電シールド170で遮蔽されているので、超音波トランスデューサ110を近接して配置しても、受信特性の劣化が少ない光音響波用プローブを提供することができる。

**【0087】**

(第7の実施形態)

第7の実施形態は、チップと回路基板を接続するフレキシブルプリント配線の構成に関する。それ以外は、第1から第6の何れかの実施形態と同じである。

**【0088】**

図8は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

**【0089】**

図8(a)には、本実施形態のフレキシブルプリント配線151と回路基板160の接続部の拡大図を示している。本実施形態では、図8(a)で示すように、フレキシブルプリント配線151に、静電シールド171が一体化されていることを特徴とする。本実施形態のフレキシブルプリント配線151は、同じ形状をした静電シールド171が、固定部材172と接着剤により接着固定されている。静電シールド171は、フレキシブルプリント配線と同じ作成方法、断面形状で構成されており、フレキシブルプリント配線151と重なる形状となっている。そのため、本実施形態の静電シールド171は、フレキシブルプリント配線151に沿って、折れ曲がることができる。

**【0090】**

この静電シールド171は、内部の導電層がパターンを有しておらず、フレキシブルプリント配線151を導電層で覆う形態になっている。本実施形態の静電シールド171は、フレキシブルプリント配線151と接着されて一体化されているので、フレキシブルプリント配線151と静電シールド171を位置合わせする必要がない。

**【0091】**

また、本実施形態の回路基板170が備えたフレキブルプリント配線用コネクタ161により、フレキシブルプリント配線151と、静電シールド162の端部で、回路基板160内の配線に電気的に接続されている。静電シールド171の導電層の電位は、回路基板170内で検出回路の有する基準電位GNDに接続されている。

**【0092】**

本実施形態によると、静電シールドを別に設ける必要がないため、トランスデューサユニット103の先端部を大きくすることなく、支持部材101との間を静電シールド171で遮蔽することができる。そのため、超音波トランスデューサ110を近接して配置しても、受信特性の劣化が少ない、小型な光音響波用プローブを提供することができる。

**【0093】**

本実施形態の別の形態を、図8(b)を用いて説明する。別の形態では、フレキシブルプリント配線151と静電シールド部171が、同じフレキシブルプリント配線173により構成されていることが特徴である。具体的には、静電シールド部175を、折り返してフレキシブルプリント配線部174に接着された構成となっている。

**【0094】**

本実施形態の別の形態によると、フレキシブルプリント配線部174と静電シールド部175を同じフレキシブルプリント配線173から形成しているので、構成部品の数を減らすことができる。また、回路基板160との電気的に接続を確実に行うことができる。

**【0095】**

(第8の実施形態)

第8の実施形態は、フレキシブルプリント配線の接続部に関する。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。

**【0096】**

図9は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

10

20

30

40

50

## 【0097】

本実施形態では、図9(a)で示すように、フレキシブルプリント配線151と回路基板160との間は、異方性導電樹脂により電気的に接続されていることが特徴である。静電容量型トランスデューサ110には、数十ボルトから百数十ボルトの高電圧の直流電圧を印加する必要があるため、フレキシブルプリント配線151には、高電圧を印加する必要がある。そのため、フレキシブルプリント配線用のコネクタ161は、耐圧を確保するために電極間隔が広くする必要があり、小型化することが難しい。そのため、回路基板160の幅を狭くすることが困難で、超音波トランスデューサ110を近接して配置する際の制約となる。

## 【0098】

本実施形態によると、フレキシブルプリント配線151と回路基板160間を、異方性導電樹脂164により電気的に接続している。同時に、隣接する電極間は、異方性導電樹脂164により電気的に絶縁が保たれている。そのため、絶縁樹脂の異方性導電樹脂があることで、露出した端子を用いるコネクタ161より、隣接する電極の間隔を大幅に狭くすることができます。そのため、本実施形態によると、回路基板160の幅が狭くすることができ、超音波トランスデューサ110を近接して配置することが可能な光音響波用プローブを提供することができる。また、フレキシブルプリント配線151と回路基板160の電気接続部の高さを、ほぼフレキシブルプリント配線151の厚さ程度までに低くすることができる。そのため、超音波トランスデューサ110の小径化を行うことが容易になる。

10

## 【0099】

本実施形態では、フレキシブルプリント配線151の回路基板160間は、異方性導電樹脂により電気的に接続した構成で説明したが、本発明はこれに限らない。樹脂の内部にハンダ粒子を分散させて、熱を印加することで、電極間にハンダを集結させてハンダ接続する構成を取ることもできる、また、フレキシブルプリント配線と回路基板との間はハンダで接続することができる。具体的には図9(b)、(c)で示すように、電極同士をずらして上向きに配置し、電極間をハンダ166でプリッジさせて接続して、封止材167で囲む構成なども、同様に用いることができる。これらを用いることで、高い信頼性の電気接続部を得ることができる。

20

## 【0100】

## (第9の実施形態)

第9の実施形態は、チップと回路基板を接続するフレキシブルプリント配線の構成に関する。それ以外は、第1から第8の何れかの実施形態と同じである。

30

## 【0101】

図10は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

## 【0102】

本実施形態では、回路基板160上の検出回路402は、シールドカバー176により覆われていることが特徴である。そして、検出回路402とシールドカバーとの間は半田で電気的に接続され、かつ固定されている。また、検出回路402とシールドカバー176との間には、放熱シート177が配置されている。

40

## 【0103】

本実施形態によると、検出回路402がシールド176で覆われているので、電流-電圧変換時に支持部材の電位からの影響を受けにくく、優れた受信特性を得ることができる。そのため、超音波トランスデューサ110を近接して配置しても、受信特性の劣化が少ない、小型な光音響波用プローブを提供することができる。

## 【0104】

また、検出回路402は、放熱シート177を介して、シールドカバー176に熱的に接続されているので、検出回路402で発生した熱を、シールドカバー176に伝達することができる。検出回路402が有する表面積に対して、シールドカバー176が有する表面積は大きいため、トランスデューサユニット103の放熱特性を向上させることができ

50

きる。そのため、トランステューサユニット 103 を小型化した場合でも、ユニット 103 の温度上昇を抑制することができるため、小型化した際の発熱による検出回路 402 の受信特性への影響を少なくすることができます。

#### 【0105】

(第 10 の実施形態)

第 10 の実施形態は、回路基板とシールドの構成に関する。それ以外は、第 1 から第 9 の何れかの実施形態と同じである。

#### 【0106】

図 11 は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。図 11 (a) に、トランステューサユニットの断面の模式図を、図 11 (b) に、回路基板 160 を裏側から見た模式図を示す。  
10

#### 【0107】

本実施形態では、回路基板 160 は、四隅に凹部 164 を有しており、シールド 178 も凹部に対応した突起 179 があり、突起 179 は折り曲げられている。回路基板 160 は、シールド 178 によりハンダで固定されている。また、シールド 178 は、筐体 130 にネジ 133 で固定されており、シールド 178 により回路基板 160 が筐体 130 に固定されている。

#### 【0108】

本実施形態によると、回路基板 160 は、トランステューサユニットが有する筐体 130 に対して位置を高い精度で決めることができるので、トランステューサユニット 103 を小型化することができる。  
20

#### 【0109】

また、回路基板 160 は、シールド 178 を介して、筐体 130 に固定されている。そのため、回路基板 160 が振動などにより動くことで、回路基板 160 に接続されているフレキシブルプリント配線 151 やケーブル 180 に負荷がかかるなどを無くすことができる。そのため、回路基板 160 と筐体 130 の間隔を狭くしても、電気接続信頼性が高い、小型なトランステューサユニットを提供することができる。

#### 【0110】

(第 11 の実施形態)

第 11 の実施形態は、回路基板とケーブルの電気接続部に関する。それ以外は、第 1 から第 10 の何れかの実施形態と同じである。  
30

#### 【0111】

図 12 は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

#### 【0112】

本実施形態では、回路基板 160 と、外部の装置（不図示）と接続するためのケーブル 180 との間は、回路基板 160 上の電極に、ケーブル 180 が直接ハンダ 167 で接続されている。ハンダの接続部は、封止材 168 により覆われており、外部と絶縁が保たれている。

#### 【0113】

C M U T 110 には、数十ボルトから百数十ボルトの高電圧の直流電圧を印加する必要があるため、回路基板 160 には、ケーブル 180 から高電圧を印加する必要がある。そのため、ケーブル 180 用のコネクタ 162 は、耐圧を確保するために電極間隔が広くする必要があり、小型化することが難しい。そのため、回路基板 160 の幅を狭くすることが困難で、超音波トランステューサ 110 を近接して配置する際の制約となる。  
40

#### 【0114】

本実施形態によると、回路基板 160 とケーブル 180 との接続に、コネクタ 162 を用いる必要がない。そのため露出した端子を用いるコネクタ 162 より、隣接する電極の間隔を大幅に狭くすることができる。そのため、本実施形態によると、回路基板 160 の幅が狭くすることができ、超音波トランステューサ 110 を近接して配置することができる光音響波用プローブを提供することができる。  
50

**【0115】**

(第12の実施形態)

第12の実施形態は、回路基板160とケーブル180との電気接続部に関する。それ以外は、第1から第10の何れかの実施形態と同じである。

**【0116】**

図13は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

**【0117】**

本実施形態では、回路基板160の一部は、筐体130外に露出していることが特徴である。具体的には、筐体130の外部に出ている回路基板160上には、電極181が形成されている。回路基板160上の電極181は、カードエッジコネクタ182が接続されている。それぞれの超音波プローブユニット103のカードエッジコネクタ182間は、配線180で接続されている。本実施形態では、回路基板160にカードエッジコネクタ182が接続され、回路基板160は、カードエッジコネクタ182に接続されたケーブル180により、外部の装置と接続された構成をとることができる。10

**【0118】**

本実施形態によると、超音波プローブユニット103と、ユニットへの配線を容易に脱着することができるので、メンテナンス性の高い光音響波用プローブを提供することができる。

**【0119】**

(第13の実施形態)

20

第13の実施形態は、筐体の形状に関する。それ以外は、第1から第12の何れかの実施形態と同じである。

**【0120】**

図14は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

**【0121】**

本実施形態では、筐体130が、前記回路基板を挟むように設けられた第1の筐体カバー134、及び第2の筐体カバー135の2つの部品に加えて、ユニット先端部品133の計3点の部品から構成されていることが特徴である。尚、図14では、フレキシブルプリント配線151や回路基板160、ケーブル180は省略している。

**【0122】**

30

本実施形態の構成によると、チップ120を備えるユニット先端部品133と、回路基板160やケーブル180を備える筐体カバー部が、別体で構成される。そのため、チップ120を実装したユニット先端部品133の良品のみを選別して、トランステューサユニットの組み立てに用いることができるので、不良率を低減することができる。

**【0123】**

また、ユニット先端部品133に第1の筐体カバー134を取り付けた後、回路基板160やケーブル180を第1の筐体カバーに接着などにより固定する作業が容易になる。また、接着を行う際に、接着部を広く取ることができるので、高い信頼性を有した接着を行うことができる。その後、第2の筐体カバー135を接着などにより、ユニット先端部品133と第1の筐体カバー134に固定することで、簡易な工程で、信頼性の高いトランステューサユニットを実現することができる。40

**【0124】**

更に、本実施形態のトランステューサによると、筐体カバーを分割して構成しているため、筐体カバーの内側の形状をフレキシブルプリント配線151や、回路基板160、ケーブル180の形状と対応させた構成にすることができる。そのため、筐体カバーの径を小さくすることができ、より小さな超音波トランステューサを提供することができる。

**【0125】**

(第14の実施形態)

第14の実施形態は、筐体の形状に関する。それ以外は、第1から第12の何れかの実施形態と同じである。

50

**【0126】**

図15は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

**【0127】**

本実施形態では、筐体130が、ユニット先端部品136、筐体力カバー137、キャップ138の3点の部品から構成されていることが特徴である。尚、図15では、フレキシブルプリント配線151や回路基板160、ケーブル180は省略している。

**【0128】**

本実施形態の構成によると、チップ120を備えるユニット先端部品136と、筐体力カバー部が、別体で構成される。そのため、チップ120を実装したユニット先端部品136の良品のみを選別して、トランスデューサユニットの組み立てに用いることができるの10で、不良率を低減することができる。

**【0129】**

本実施形態の構成では、チップ120を備えるユニット先端部品136に、回路基板160やケーブル180が接続された状態で、筐体力カバー137を差し込むだけで組み立てられるため、組立の工程数を減らすことができる。また、トランスデューサユニットの筐体内に、ポッティングを行う際には、チップ120面を下側に向けて、筒型の筐体力カバー137内に、ポッティング材を注入することで容易にポッティング材を注入することができる。また、キャップ138を備えていることにより、ケーブル180に外部から負荷がかかっても、回路基板160との電気接続部に影響を与えることなく、電気信頼性の高いトランスデューサユニットを提供することができる。  
20

**【0130】**

更に、本実施形態によると、筒型の筐体力カバー137を用いているので、筐体の機械強度が高い構成のため、トランスデューサユニットを小径化しても、強度が高く、信頼性の高いトランスデューサユニットを提供することができる。

**【0131】**

## (第15の実施形態)

本実施形態は、CMUT110の表面に配置する部材に関する。それ以外は、第1から第3の何れかと同じである。

**【0132】**

図16は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。図16において、260は絶縁フィルム、261はシリコーンゴム層である。  
30

**【0133】**

本実施形態では、CMUT上に、シリコーンゴム層261を介して絶縁フィルム260を配置していることが特徴である。

**【0134】**

絶縁フィルム260は、薄膜の絶縁フィルムにより構成することができ、材質はPET、PI、PE、TPXなど薄膜に形成出来るものであれば用いることができる。絶縁フィルム403の厚さは、使用する超音波の波長に対して十分薄い厚さであれば用いることができ、数マイクロメータから十数マイクロメータの厚さであることがより望ましい。

**【0135】**

シリコーンゴム層261は、音響波の透過特性が優れており、且つ絶縁フィルム260とチップ120間を強く接着することができる。ここで、絶縁フィルム260と接着するCMUT110側の振動膜201は薄く、振動膜201上に配置している部材の影響を大きくうける。そのため、一般的なエポキシ系などの硬化後の硬度が高い接着剤を用いると、振動膜201特性が影響を受けて、受信感度が大幅に劣化してしまう。シリコーンゴムは硬化後の硬度が低いので、シリコーンゴムをCMUT110の表面に配置することで、CMUT110の振動膜201の振動特性に影響を与えにくいという特性を得ることができる。また、シリコーンゴム層261の厚さは、数十マイクロメータ以下であれば、超音波の透過特性に与える影響が少ないため、より望ましい。また、チップ120と絶縁フィルム260の間隔は、あまり狭いと振動膜201の光音響波（超音波）の受信特性が影響  
40  
50

を受けるため、シリコーンゴム層 261 の厚さは二十マイクロメータ以上であることが望ましい。これらの理由から、光音響波用プローブで用いることを想定すると、本実施形態のシリコーンゴム層 261 の厚さは、二十マイクロメータから四十マイクロメータの間であることが特に望ましい。

#### 【0136】

本実施形態では、絶縁フィルム 260 を備えていることで、高電圧が電極に印加される CMUT 110 の表面と、外部を電気的に絶縁することができる。そのため、被検体に対する安全性が高い光音響波用プローブを提供することができる。

#### 【0137】

また、本実施形態の構成では、絶縁フィルム 260 とチップ 120 との間にシリコーンゴム層 261 を配置している。そのため、チップ 120 に対して絶縁フィルム 260 の接着力を確保したまま、光音響波（超音波）の受信特性をほとんど劣化させることがない光音響波用プローブを提供することができる。10

#### 【0138】

本実施形態では、容易に配線を取り出すことができ、CMUT 表面において、外部との高い絶縁性が確保された光音響用プローブを提供することができる。

#### 【0139】

（第 16 の実施形態）

第 16 の実施形態では、静電容量型超音波トランデューサの直流電圧発生手段に関する。それ以外は、第 1 から第 15 の何れかと同じである。20

#### 【0140】

図 17 (a) において、461 は印加電圧の調整手段である。本実施形態では、直流電圧発生手段 401 と第 2 の電極 203 の間に、印加電圧の調整手段 460 を備えていることが特徴である。印加電圧調整手段 460 は、直流電圧発生手段 401 から出力された Vb を、第 2 の電極 203 に印加する端子では、Vo に調整する機能を有している。

#### 【0141】

CMUT は、振動膜 201 の厚さばらつきや、空隙 205 のばらつきにより、素子（エレメント）毎に印加する直流電圧の最適値が異なる。本実施形態に係る超音波プローブでは、CMUT の素子（エレメント）毎に、最適な直流電圧 Vo を印加する機能を有している。図 17 (b) を用いて、印加電圧の調整手段 460 の回路構成を説明する。30

#### 【0142】

印加電圧の調整手段 460 は、3 つの抵抗により構成される。直流電圧発生手段 401 と第 2 の電極 203 の間には、第 1 の分圧抵抗 461 が挿入されている。第 2 の分圧抵抗 462 と、第 3 の分圧抵抗 463 が直列に接続され、第 2 の電極 203 側の配線 302 と、GND 端子間に配置されている。ここで、第 1 の分圧抵抗 461 の抵抗値を R1、第 2 の分圧抵抗 462 の抵抗値を R2、第 3 の分圧抵抗 463 の抵抗値を R3 とする。そのとき、第 2 の電極 203 側の配線 302 に印加される電圧値 Vo は、 $Vo = (R2 + R3) / (R1 + R2 + R3) \times Vb$  とでき、素子毎に異なる最適な電圧を CMUT に印加することができる。

#### 【0143】

本実施形態では、R2 の値を R3 の値より小さくしていることが特徴である。それにより、第 2 の分圧抵抗 462 での降下電圧は、第 3 の分圧抵抗 463 での電圧降下より小さくなる。そのため、第 1 の分圧抵抗 461 と、第 3 の分圧抵抗 463 は、高い耐圧（数十ボルトから数百ボルト）である必要があるが、第 2 の分圧抵抗 462 は、それに比べて低い耐圧を用いることができる。第 1 の分圧抵抗 461 と、第 3 の分圧抵抗 463 は、高い耐圧の抵抗であるため大きな部品となってしまうが、第 2 の分圧抵抗 462 は小型な部品を用いることができる。40

#### 【0144】

第 2 の分圧抵抗があることで、第 1 の分圧抵抗 461 と第 3 の分圧抵抗 463 の抵抗値を固定していても、第 2 の分圧抵抗 462 の抵抗値を変更するだけで、印加電圧を変更で50

きる。第2の分圧抵抗462は、素子毎に対応した印加電圧になるような抵抗値に設定すればよく、第2の分圧抵抗462は、小型な部品であるため交換が容易である。

#### 【0145】

また、第1の高圧コンデンサ464、第2の高耐圧コンデンサ465は、各端子の電圧の変動や、外部からのノイズの混入を抑える目的で、配置されている。

#### 【0146】

本実施形態に係る超音波プローブでは、素子毎に最適な直流電圧を印加することができる、C M U Tの特性を均一にすることができ、高精度なデータの取得を行うことができる。そのため、本実施形態に係る超音波プローブを用いると、高画質な画像を取得することができる。

10

#### 【0147】

本実施形態では、第1の分圧抵抗461と第3の分圧抵抗463は、装置本体999内に配置している。第2の分圧抵抗462は、回路基板160上に配置されており、素子毎に対応した印加電圧になるような抵抗値に設定されており、素子毎に異なる値が用いられている。そのため、支持部材に配置する超音波トランスデューサユニットを変更しても、装置本体999が有する抵抗の値を変えることなく、素子毎に最適な印加電圧に設定できる。また、第2の分圧抵抗462は、耐圧が小さく、小型の部品であるので、回路基板160上に、小さな実装面積で配置することができる。

#### 【0148】

支持部材とフレキシブル部とを接続する配線は、第1の電極202と接続する第1の配線301と、第2の電極203に接続する第2の配線303に加えて、第2の分圧抵抗462に接続された第3の配線303を有している。これにより、回路基板160上に配置した第2の分圧抵抗462により、C M U Tに印加する電圧V<sub>o</sub>を調整することができる。

20

#### 【0149】

本実施形態によると、曲面表面に複数の超音波トランスデューサを備えたプローブについて、それぞれの素子と外部と接続するための配線を簡易な構成で実現でき、受信周波数特性が均一で優れている、小型なプローブを提供することができる。

#### 【0150】

##### (第17の実施形態)

30

第17の実施形態は、検出回路402の配置に関する。それ以外は、第1から第16の何れかの実施形態と同じである。

#### 【0151】

図18は、本実施形態に係る光音響用プローブのトランスデューサユニットを説明する模式図である。本実施形態では、回路基板160の基板内部に検出回路が有するチップ部品が配置されていることが特徴である。C M U Tが超音波を受信した際の電流を検出する検出回路402は、図18(a)で示すように、オペアンプを用いたトランスインピーダンス回路で構成することができる。オペアンプを用いたトランスインピーダンス回路(トランスインピーダンスアンプ)は、オペアンプの負帰還部に抵抗とコンデンサがパラレルに配置されており、帰還部で入力された電流を電圧に変換される。オペアンプの帰還特性があるため、広帯域なオペアンプを用いることで、電流電圧変換効率が入力の配線にある寄生容量の影響を小さくすることができる。そのため、広い周波数幅を持つ受信特性をC M U Tについて、受信感度の低下が少ない優れた受信特性を得ることができる。本実施形態では、オペアンプを用いたトランスインピーダンス回路が有する部品の一部が、回路基板に内蔵された構成をとることができる。また、オペアンプを用いたトランスインピーダンス回路が有するオペアンプも、回路基板内に内蔵された構成をとることができる。すなわち、図18(b)で示すように、検出回路の抵抗や、容量などのチップ部品を、リジット部の内部に備えていることが特徴である。回路基板の内部に部品を配置する構成は、部品内蔵基板の作製技術を用いて、容易に実現することができる。また、検出回路のチップ部品以外のオペアンプは、回路基板の裏面に配置されている。図18(b)の構成では

40

50

、チップ抵抗を回路基板に内蔵しているので、検出回路 402 の実装面積を小さくすることができる。そのため、CMUT や、チップの大きさを小さくした際にも、検出回路の実装面積が律側になり、それぞれの間隔を狭くできないということを避けることができる。

#### 【0152】

本実施形態によると、容易に配線を取り出すことができ、受信周波数特性が優れている超音波トランスデューサの検出回路を高い密度で配置した光音響用プローブを提供することができる。

#### 【0153】

本実施形態の別の形態を、図 18(c) を用いて説明する。別の形態では、検出回路 402 全体が、回路基板の内部に配置されていることが特徴である。これにより、回路の全体がエポキシ樹脂である回路基板により覆われているので、湿気などによる電気接続部の不良や、オペアンプの不良の発生を低減することができる。10

#### 【0154】

本実施形態の別の形態によると、容易に配線を取り出すことができ、受信周波数特性が優れている超音波トランスデューサの検出回路が高い信頼性を有する光音響用プローブを提供することができる。

#### 【0155】

(第 18 の実施形態)

第 18 の実施形態では、CMUT 200 が超音波の送受信を行う機能も有していることが、異なる。すなわち、本実施形態に係るトランスデューサユニットは、チップ上に、光音響波の受信と、超音波の送受信をおこなうための駆動検出回路とが接続した CMUT が配置された構成である。20

#### 【0156】

その他は、第 1 から第 17 までの何れかの実施形態と同じである。図 19 を用いて説明する。

#### 【0157】

図 19において、421 は駆動検出回路、431 はオペアンプ、432 は帰還抵抗、433 は帰還容量、434、435 は高耐圧スイッチ、436、437 はダイオード、438 は高耐圧ダイオードである。図 19(a) は、1 つのチップ 100 上に配置された静電トランスデューサ 198 を模式図である。1 つのチップ上には、静電トランスデューサ 198 が 1 素子(エレメント)配置されており、静電トランスデューサ 198 の第 1 の電極 202 は、駆動検出回路 421 と接続されている。駆動検出回路 421 は、装置側から超音波の送信に用いる高電圧パルスを CMUT 198 に印加し、CMUT 198 からの微小電流を検出信号とし装置側に出力する機能を有している。30

#### 【0158】

図 19(b) は、駆動検出回路 421 を説明するための回路図である。オペアンプ 431 の負帰還部に、帰還抵抗 432 と帰還容量 433 が並列に配置されており、電流電圧変換を行う機能を有している。オペアンプの入力と出力端子には、高耐圧スイッチ 434、435 と、ダイオード 437、438 がそれぞれ接続されている。高耐圧ダイオード 439 は、端子間に所定の電圧(1 ボルト弱)以下の場合は、端子間の配線接続が切断される。また、高耐圧スイッチ 434、435 は、所定の電圧(数ボルト程度)より高い電圧が印加されると、スイッチの入出力端子間の配線が切断される。40

#### 【0159】

送信のための高電圧パルスが印加されていない時、高耐圧ダイオード 439 は、端子間にはほとんど電位差がないため、高耐圧ダイオード 439 では入出力端子での配線は切断されている状態になっている。一方、高耐圧スイッチ 434、435 は、外部から高い電圧が印加されていないので、スイッチ間の配線が接続されている。そのため、トランスデューサからの微小電流をオペアンプで電流電圧変換して、外部に接続した装置(不図示)に検出信号を出力することができる。

#### 【0160】

50

一方、送信のための高電圧パルスが装置(不図示)側から印加されると、高耐圧ダイオード439内部の配線は接続され、高耐圧スイッチ434、435には、所定の電圧(数ボルト程度)より高い電圧が印加される。そのため、高耐圧スイッチ434、435は、スイッチ内部の配線を切断する。そのため、オペアンプへ高電圧が印加されてオペアンプが破損することを防ぐことができる。オペアンプからの信号出力は、高耐圧スイッチ435でカットされるために、送信のために印加した高電圧パルスに影響を与えることがない。そのため、トランスデューサの第1の電極に、超音波を送信するための高電圧パルスを印加することができる。

#### 【0161】

本実施形態に係る超音波プローブによると、光音響波の受信と、超音波の送受信を1つのプローブで行うことができる。そのため、検出したデータを元に光音響イメージング像、超音波イメージング像を形成することができる。また、超音波の送信と、超音波や光音響波の受信に用いるCMUT198を1つで行うことができるため、チップ120のサイズを小さくすることができます。そのため、素子198間をより近接して配置することができ、素子の数を増やすことができ、あるいは同じ素子数であればより小さな径の半球を実現することができる。また、CMUT198を兼用しているので、光音響イメージング像、超音波イメージング像の位置ズレをより少ない画像を得ることができる。

#### 【0162】

##### (第19の実施形態)

第19の実施形態は、チップ120上のCMUT110と、接続される駆動検出回路402に関する。すなわち、トランスデューサユニットがCMUTを複数有し、それら複数のCMUTは少なくとも1つのCMUTを備える複数の領域に分割されている。そして、分割された領域における各々のCMUTが駆動検出回路を備えており、超音波の送受信時または光音響波の受信時には、1つのCMUTとして機能する構成である。それ以外は、第1から第18の何れかと同じである。

#### 【0163】

図20は、本実施形態に係る光音響波用プローブの模式図である。

#### 【0164】

本実施形態では、チップ120上に、複数の領域に分割されたCMUT115、116を備えていることが特徴である。具体的には、チップ120上には、CMUT110の第2の電極203同士が電気的に接続されているグループが複数配置されている。それぞれのグループの第2の電極203からの配線は、インターポーラ140上に配置された駆動検出回路480の異なる入力端子に接続されている。超音波の送信時には、外部装置からの高電圧駆動信号が、駆動検出回路403内の複数の送信ダイオードを介して、それぞれの端子からCMUT110の第1の電極202に印加される。

#### 【0165】

一方、受信時には、それぞれの第2の電極203からの信号をオペアンプ411で増幅して、各オペアンプからの電圧として出力される。それぞれの出力電圧は、加算器483で電圧信号を合算して、ケーブル160内の配線310から出力される。

#### 【0166】

ここで、それぞれのオペアンプの入力端子に接続できる容量の最大値は、帰還部の抵抗やコンデンサの大きさと、オペアンプのゲイン周波数特性により決まる。本実施形態では、CMUT110を分割して、それぞれにオペアンプを接続しているので、各オペアンプに接続されたCMUTの容量の大きさを小さくすることができる。これにより、オペアンプの帰還部のパラメータをより最適に設定することができ、受信の周波数帯域を広くすることができ、帯域が広いCMUT110の特徴をより生かすことができる。

#### 【0167】

また、オペアンプを用いたトランスインピーダンス回路では、オペアンプの入力端子に接続された容量によって、出力ノイズが変化する。本実施形態では、CMUT110を分割して、それぞれにオペアンプを接続しているので、1つの電流-電圧変換回路での出力

10

20

30

40

50

ノイズを低減することができる。それぞれのオペアンプからの出力を加算器 481 で加算した際には、出力ノイズは分割数  $X$  とすると  $1/X$  程度に減らすことができるので、全体として出力ノイズを低減して、高精度な受信信号の検出を行うことができる。

#### 【0168】

このように、本実施形態の回路構成を用いることで、外部からの制御信号なしで、CMUT から超音波の送信と受信を行うことができる。そのため、受信時の電流 - 電圧変換の周波数特性が優れており、出力信号のノイズが少ない受信動作が優れた超音波プローブを提供することができる。

#### 【0169】

また、本実施形態の別の形態として、図 20 (c) で示すように、検出回路 402 を複数備え、出力を加算器 454 で合算して出力する構成も取ることができる。図 20 (b) と同様に、出力ノイズを低減して、高精度な受信信号の検出を行う効果を得ることができる。10

#### 【0170】

(第 20 の実施形態)  
第 1 から第 19 の何れかの実施形態に記載の音響波用プローブは、光音響効果を利用した光音響波(超音波)の受信に用いることができ、それを備えた光音響装置に適用することができる。具体的には上記で説明した本発明の各実施形態に係るトランスデューサユニットの複数と、複数の貫通孔を有する半球状の表面を有する支持部材を有し、複数のトランスデューサユニットが半球の中央を向くように、各々の貫通孔内に固定された構成である。この音響波用プローブを用いて、光音響効果により発生した光音響波を受信するよう構成されている。なお、音響波用プローブは、超音波(光音響波)の受信に用いられる光音響波用プローブと、超音波の送受信が可能な超音波プローブの両方を含む概念である。20

#### 【0171】

図 21 を用いて、本実施形態の超音波測定装置の動作を具体的に説明する。まず、発光指示信号 701 に基づいて、光源 805 から光 702 (パルス光)を発生させることにより、測定対象物 800 に光 702 を照射する。測定対象物 800 では光 702 の照射により光音響波(超音波) 703 が発生し、この超音波 703 を超音波プローブが有する複数の CMUT 802 で受信する。受信信号の大きさや形状、時間の情報が光音響波受信信号 704 として画像情報生成装置 803 に送られる。一方、光源 103 で発生させた光 703 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 803 に記憶される。光音響信号の画像情報生成装置 803 では、光音響波受信信号 703 と発光情報を基に測定対象物 800 の画像信号を生成して、光音響信号による再現画像情報 705 として出力する。画像表示器 804 では、光音響信号による再現画像情報 705 を基に、測定対象物 800 を画像として表示する。30

#### 【0172】

本実施形態に係る音響波用プローブは、広い周波数範囲の光音響波を受信できる特性を有しているため、光音響波から多くの情報を取得できるため、高画質な画像を生成することができる。40

#### 【0173】

(第 21 の実施形態)  
本実施形態は、第 18 から第 19 の何れかの超音波の送信を行うことができる超音波プローブを、第 20 の実施形態の光音響装置に用いたものである。

#### 【0174】

図 22 に、本実施形態に係わる光音響装置の模式図を示す。図 22 において、706 は超音波の送受信信号、707 は送信した超音波、708 は反射した超音波、709 は超音波の送受信による再現画像情報である。

#### 【0175】

本実施形態では、音響波用プローブを用いて、光音響効果により発生した光音響波の受50

信と、超音波の送受信を、行うように構成されている。すなわち、本実施形態の光音響装置は、光音響波の受信に加えて、パルスエコー（超音波の送受信）を行い、画像を形成する。光音響波の受信については、第12の実施形態と同じであるため、ここではパルスエコー（超音波の送受信）について説明する。

#### 【0176】

超音波の送信号706を元にして、複数のCMUT802から、測定対象物800に向かって超音波706が出力（送信）される。測定対象物800の内部において、内在する物体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708は、複数のCMUT802で受信され、受信信号の大きさや形状、時間の情報が超音波受信信号706として画像情報生成装置803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情報として、画像情報生成装置803で記憶される。画像情報生成装置803では、超音波受信信号706と超音波送信情報を基に測定対象700の画像信号を生成して、超音波送受信の再現画像情報709として出力する。10

#### 【0177】

画像表示器804では、光音響信号による再現画像情報705と、超音波送受信による再現画像情報708の2つの情報を基に、測定対象物800を画像として表示する。

#### 【0178】

本実施形態によると、広い周波数範囲の光音響波を受信できる特性を超音波プローブ用いて、異なる測定方法の受信情報を取得して画像を形成するため、より情報量の多い画像を取得、表示することができる。20

#### 【0179】

本明細書中では、第1の電極202は振動膜201上に、第2の電極203は基板100上に配置されていたが、本発明はこの構成に限らず、振動膜201上に第2の電極203が、基板100上に第1の電極202が配置された構成でも良い。

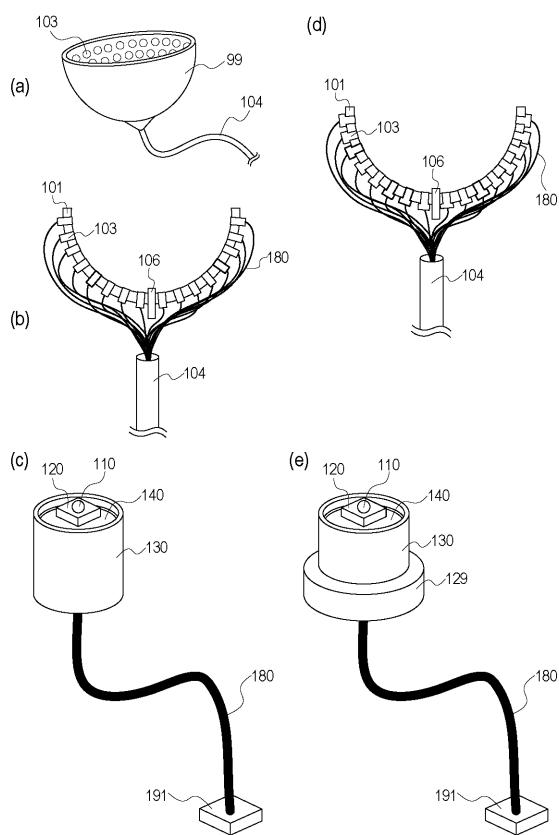
#### 【符号の説明】

##### 【0180】

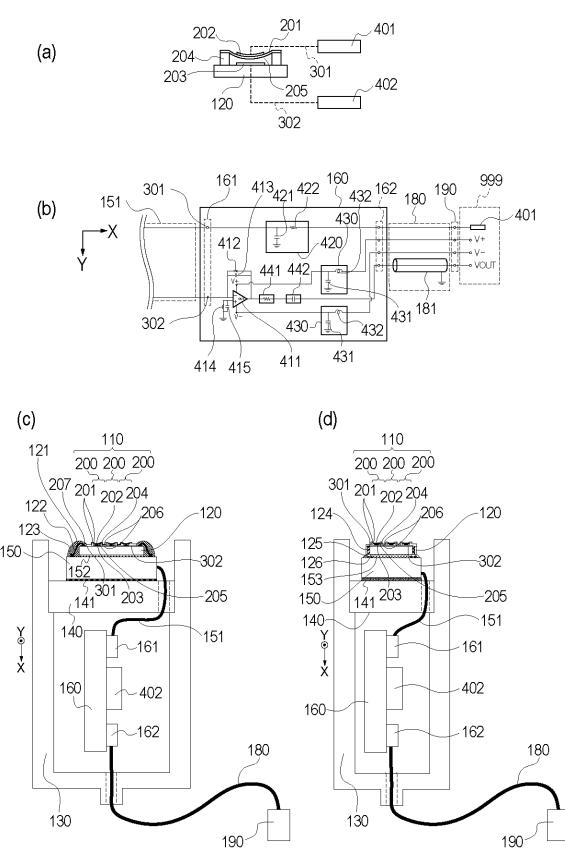
- 10 被検体
- 11 光源
- 12 超音波プローブ
- 13 超音波トランスデューサ30
- 21 光線
- 22 光音響波
- 30 媒質
- 99 筐体
- 100 超音波プローブ
- 101 半球状の支持部材
- 102 貫通孔
- 103 トランスデューサユニット
- 104 ケーブル
- 105 コネクタ40
- 106 光源
- 110 CMUT
- 120 チップ（基板）
- 121 ワイヤー
- 122 封止材
- 123 電極
- 124 貫通配線
- 125 電極
- 126 電極
- 127 ハンダバンプ50

## 128 金バンブ

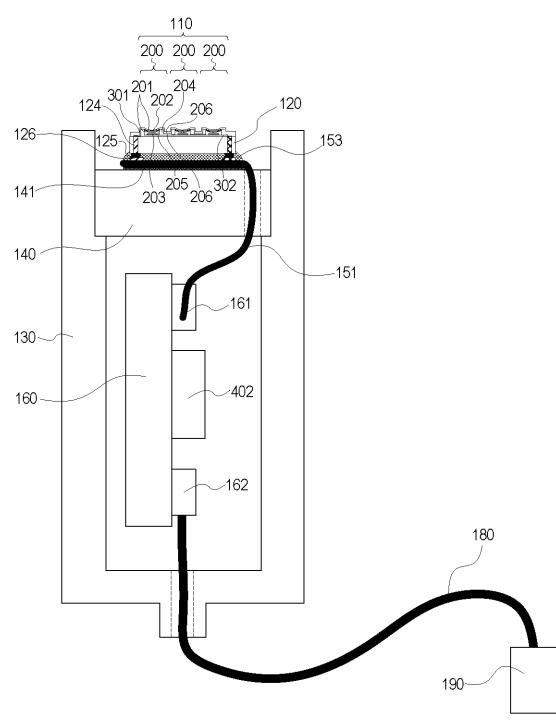
【図1】



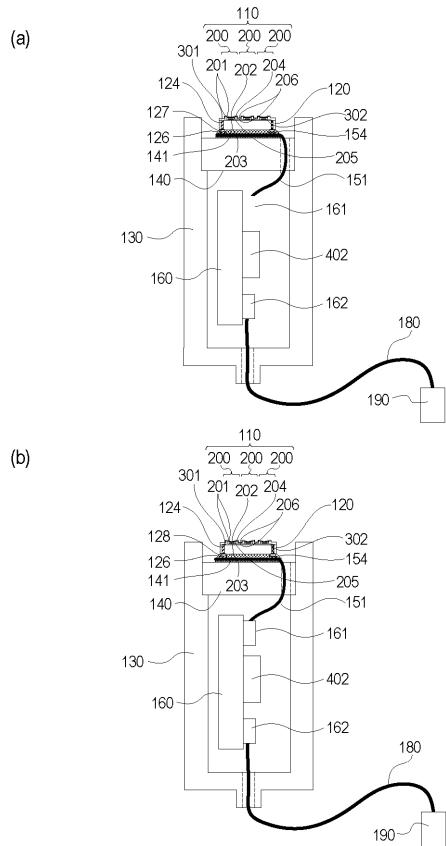
【図2】



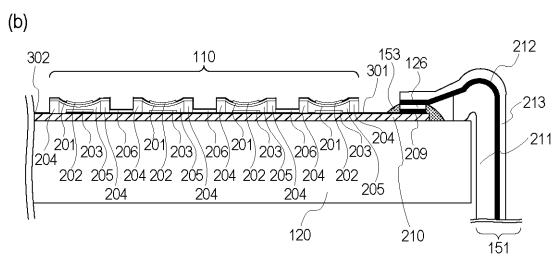
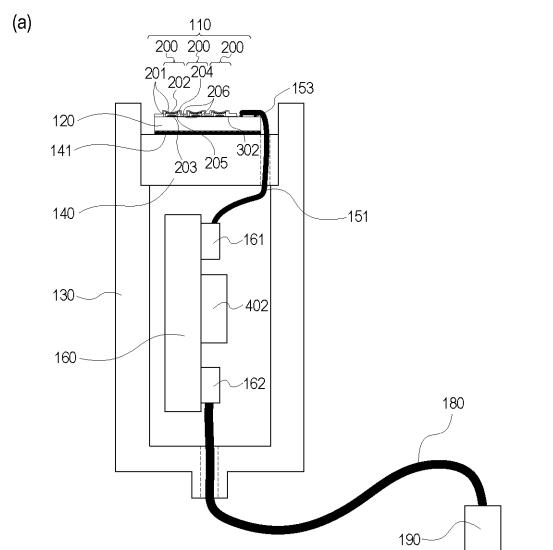
【図3】



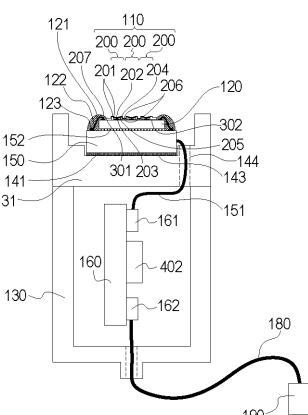
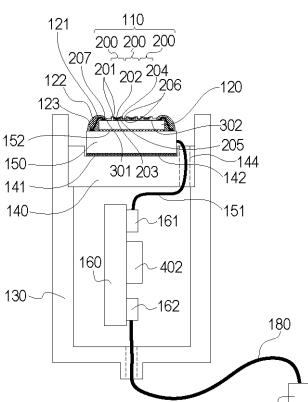
【図4】



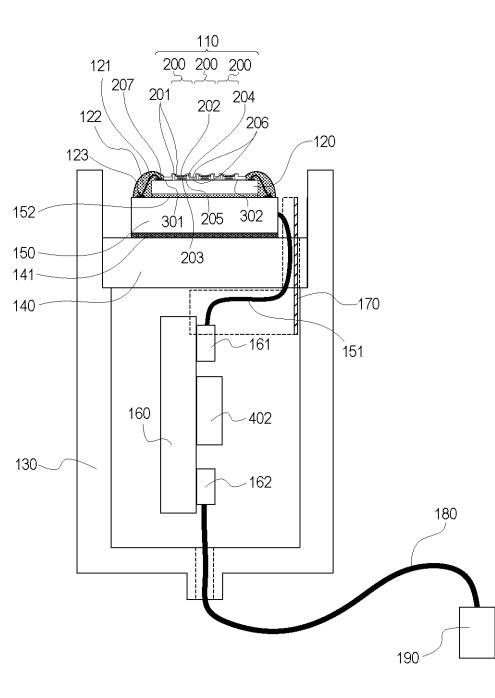
【図5】



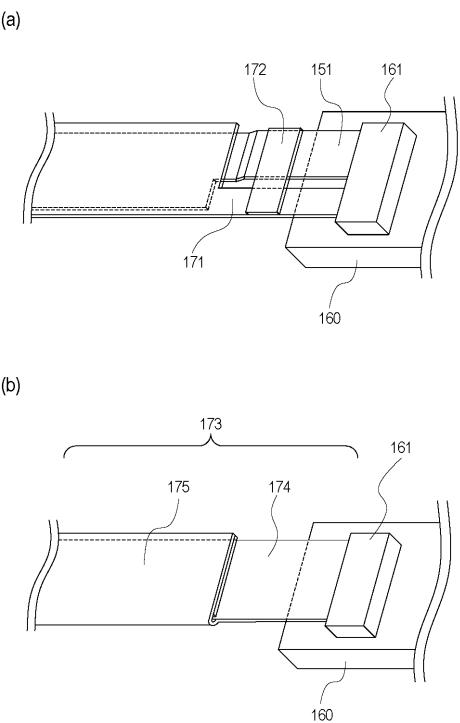
【図6】



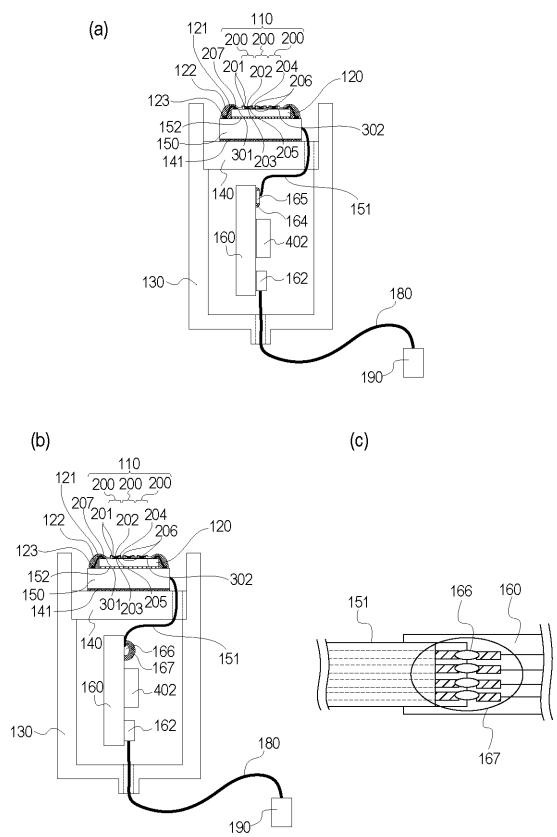
【図7】



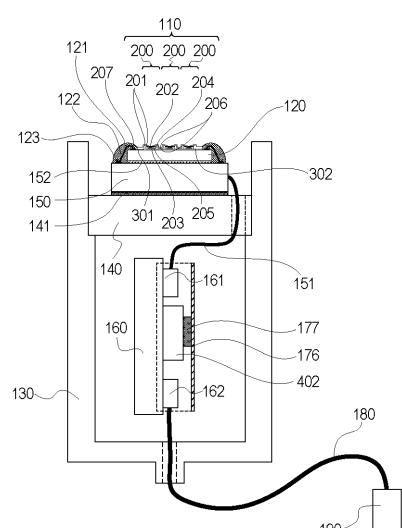
【図8】



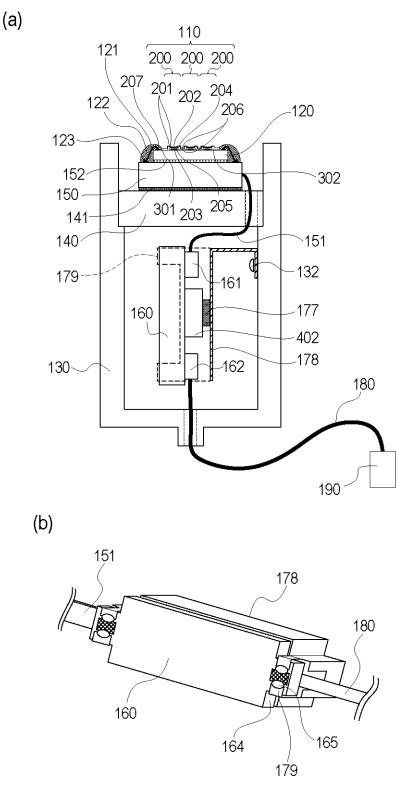
【図9】



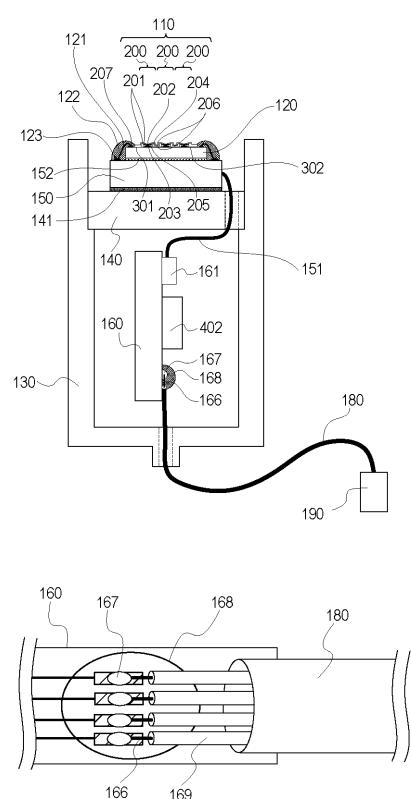
【図10】



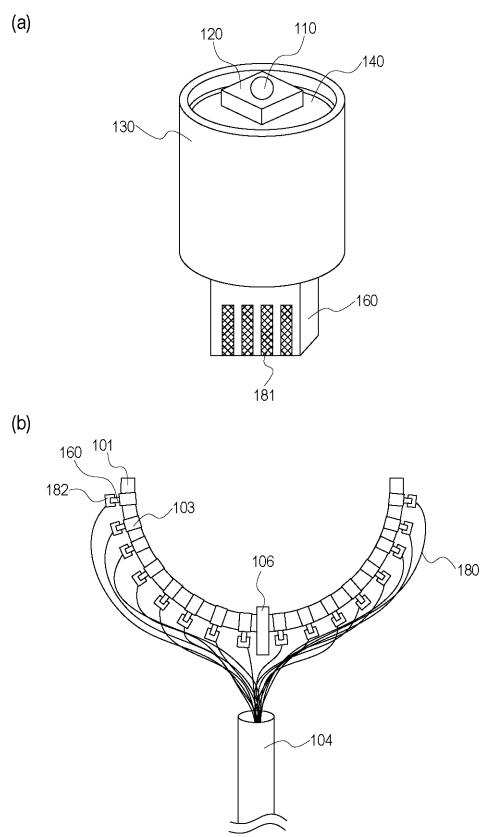
【図 1 1】



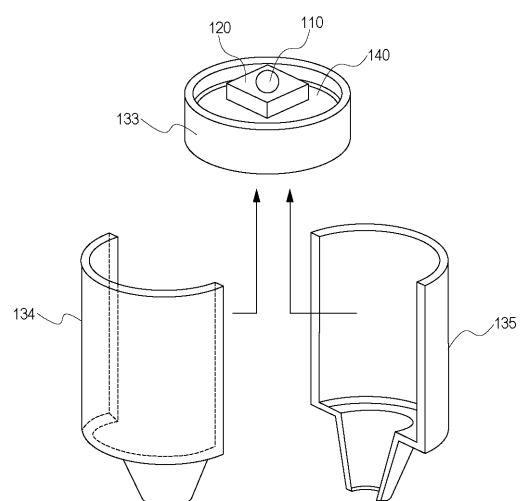
【図12】



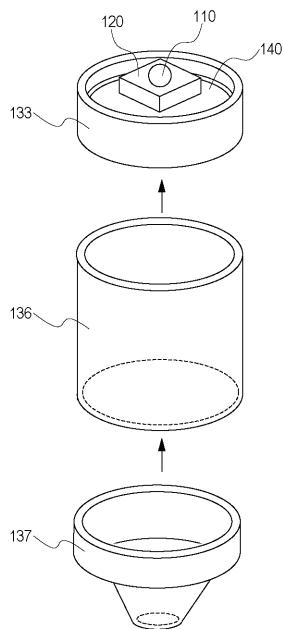
【図13】



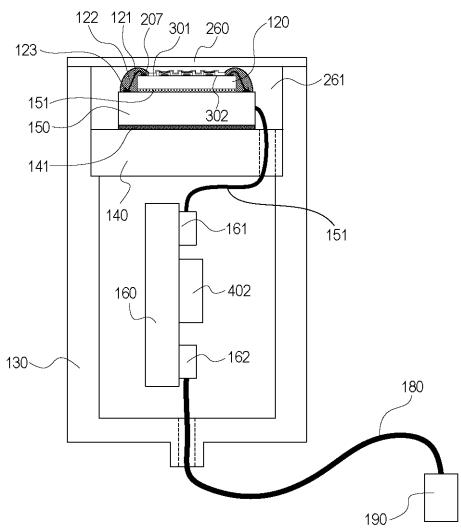
【図14】



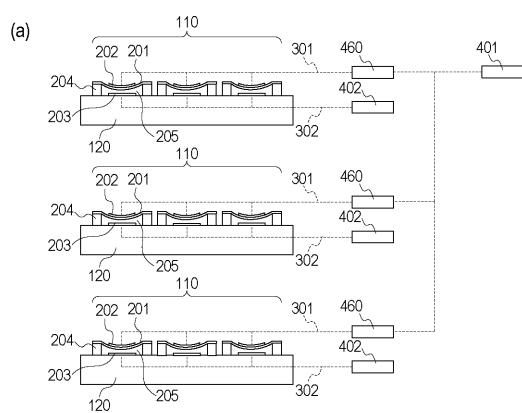
【図15】



【図16】



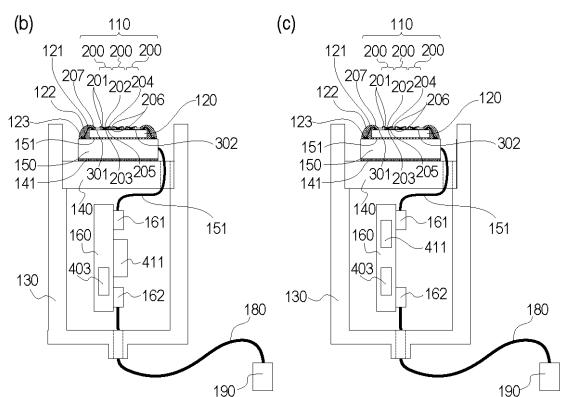
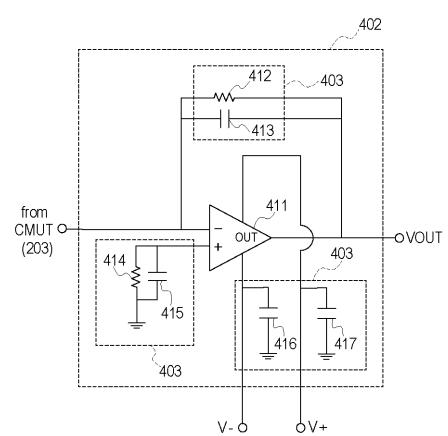
【図17】



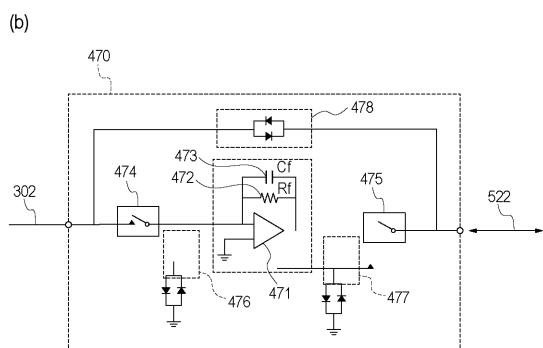
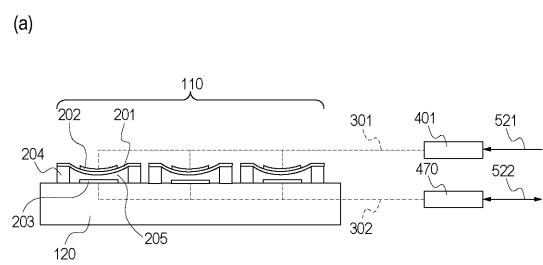
(b)

The diagram shows a complex circuit network. At the top, a horizontal line labeled 460 contains two nodes. The left node is connected to a vertical line labeled 103, which in turn connects to a node labeled 301. From node 301, a horizontal line labeled 462 goes to a node labeled 464, which is connected to ground. From node 464, a line labeled 462 continues to a node labeled 162. From node 162, a line labeled 180 goes to a node labeled 1190. From node 1190, a line labeled 461 goes to a node labeled 401, which is connected to a load resistor. From node 401, a line labeled 465 goes to a node labeled 463, which is connected to ground.

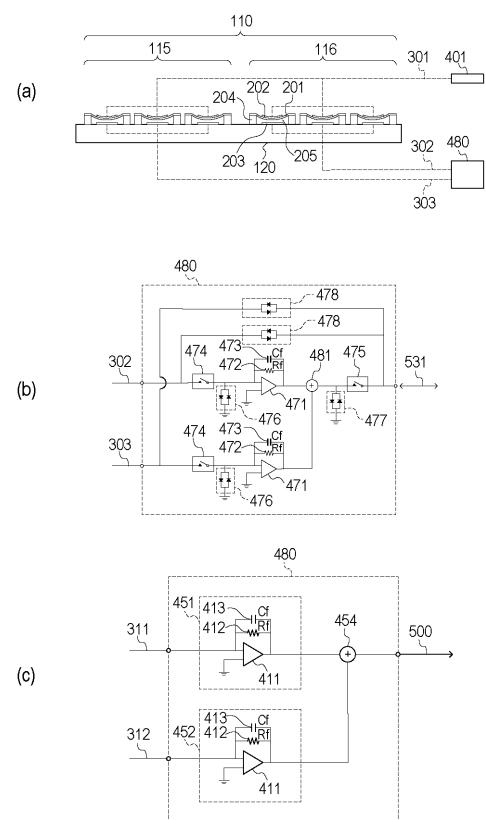
【図18】



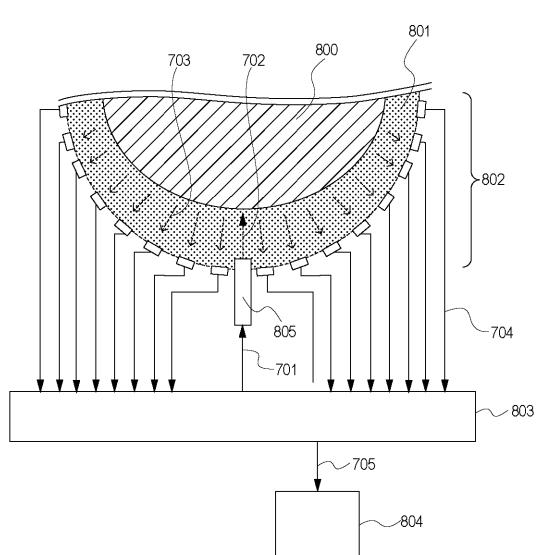
【図19】



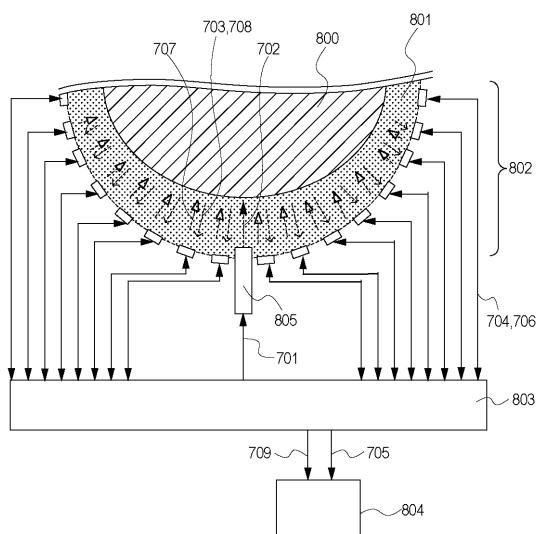
【図20】



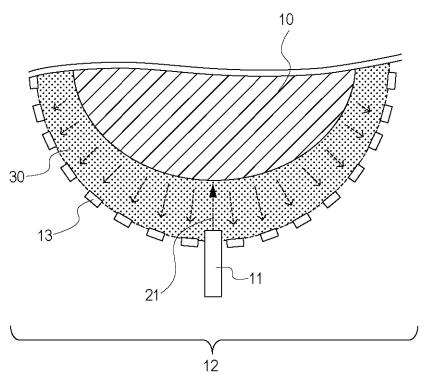
【図21】



【図22】



【図23】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2015-019225(JP,A)  
特表2013-545556(JP,A)  
特開2014-146883(JP,A)  
特開2006-204552(JP,A)  
特開平04-218145(JP,A)  
特開2004-290273(JP,A)  
特表2002-536041(JP,A)  
特開2014-076242(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 00 - 8 / 15