

(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2008-147863

(P2008-147863A)

(43) 公開日 平成20年6月26日(2008.6.26)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
<b>HO4R</b>	<b>1/32</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R	1/32	320	5D020
<b>HO4R</b>	<b>19/04</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R	19/04		5D021
<b>HO4R</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R	3/00	320	
<b>HO4R</b>	<b>3/06</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R	3/06		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2006-330821 (P2006-330821)  
 (22) 出願日 平成18年12月7日 (2006.12.7)

(71) 出願人 000003609  
 株式会社豊田中央研究所  
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1  
 番地の1  
 (71) 出願人 504137912  
 国立大学法人 東京大学  
 東京都文京区本郷七丁目3番1号  
 (74) 代理人 110000110  
 特許業務法人快友国際特許事務所  
 (72) 発明者 島岡 敬一  
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1  
 番地の1 株式会社豊田中央研究所内  
 (72) 発明者 安藤 繁  
 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大  
 学法人東京大学内

最終頁に続く

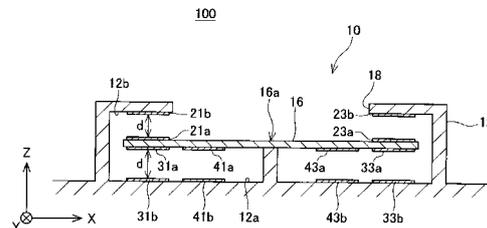
(54) 【発明の名称】 マイクロホン

(57) 【要約】

【課題】 一つの振動板で音源の方向を精度よく特定できるマイクロホンを提供する。

【解決手段】 マイクロホン100は、中央部がハウジング12に支持されており、その中央部の周囲が厚さ方向に変位可能な振動板16を備える。振動板16のおもて側には第1電極対群21、23が配置されている。振動板16の裏側には第2電極対群31、33と第3電極対群41、43が配置されている。各電極対はキャパシタを形成する。コントローラは音波を受ける前に第2、第3電極対群が保持する静電容量が略等しくなるように第1電極対群にバイアス電圧を印加する。これによって、音波を受ける前の振動板の変形を平坦な状態に矯正する。この状態で音波を受ける。音波を受けたときの第2電極対群の静電容量の変化の位相差から音源の方向を特定する。振動板を平坦な状態に矯正してから音源の方向を特定することができるので、音源の方向を精度よく特定することができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中央部がハウジングに支持されており、その中央部の周囲が厚さ方向に変位可能な振動板と、

一方の電極群が振動板の中央部を囲む複数の位置において振動板の一方の面に固定されており、他方の電極群が夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている第 1 電極対群と、

一方の電極群が振動板の中央部を囲む複数の位置において振動板の他方の面に固定されており、他方の電極群が夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている第 2 電極対群と、

一方の電極群が振動板の中央部を囲む複数の位置であって第 2 電極対群の一方の電極群より振動板の径方向の内側の位置において振動板の他方の面に固定されており、他方の電極群が夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている第 3 電極対群と、

コントローラを備えており、そのコントローラが、

第 1 電極対群と第 2 電極対群と第 3 電極対群の各電極対に電圧を印加し、

第 2 電極対群と第 3 電極対群の夫々の電極対が保持する静電容量を計測し、

振動板が音波を受けていないときに、第 2 電極対群と第 3 電極対群の各電極対が保持する静電容量が所定の関係を満たすように第 1 電極対群の各電極対に印加するバイアス電圧を調整し、

調整されたバイアス電圧を第 1 電極対群の各電極対に印加した状態で、振動板が音波を受けているときの第 2 電極対群と第 3 電極対群の少なくとも一方の電極対群の各電極対が保持する静電容量の変化から、音波が伝播してくる方向を特定することを特徴とするマイクロホン。

## 【請求項 2】

中央部がハウジングに支持されており、その中央部の周囲が厚さ方向に変位可能な振動板と、

一方の電極群が振動板の中央部を囲む複数の位置において振動板の一方の面に固定されており、他方の電極群が夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている第 1 電極対群と、

一方の電極群が振動板の中央部を囲む複数の位置において振動板の他方の面に固定されており、他方の電極群が夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている第 2 電極対群と、

一方の電極群が振動板の中央部を囲む複数の位置であって第 2 電極対群の一方の電極群より振動板の径方向の内側の位置において振動板の他方面に固定されており、他方の電極群が夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている第 3 電極対群と、

コントローラを備えており、そのコントローラが、

第 1 電極対群と第 2 電極対群と第 3 電極対群の各電極対に電圧を印加し、

第 2 電極対群と第 3 電極対群の夫々の電極対が保持する静電容量を計測し、

振動板が音波を受けていないときに、第 2 電極対群と第 3 電極対群の各電極対が保持する静電容量が所定の関係を満たすように第 1 電極対群の各電極対に印加するバイアス電圧を調整し、

振動板が音波を受けているときに、第 2 電極対群と第 3 電極対群の少なくとも一方の電極対群の各電極対が保持する静電容量が、振動板が音波を受けていない状態で第 1 電極対群の各電極対に前記バイアス電圧を印加したときの静電容量を維持する制振用電圧を第 1 電極対群の各電極対に印加し、

第 1 電極対群の各電極対に印加する制振用電圧から各電極対の前記バイアス電圧を引いた電圧から、音波が伝播してくる方向を特定することを特徴とするマイクロホン。

## 【請求項 3】

前記所定の関係は、振動板が音波を受けておらず、かつ振動板が略平坦な状態のときに第2電極対群と第3電極対群の各電極対が保持する静電容量が満たす関係であることを特徴とする請求項1又は2に記載のマイクロホン。

【請求項4】

第2電極対群の各電極の面積と、第3電極対群の各電極の面積が略等しいことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載のマイクロホン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音波が伝播してくる方向を特定するマイクロホンに関する。音波が伝播してくる方向を特定できるマイクロホンは、特定の方向から伝播する音のみを検出する指向性を有するマイクロホンとしても利用できる。本発明は指向性を有するマイクロホンに関する。

10

【背景技術】

【0002】

音波が伝播してくる方向を特定するマイクロホンが開発されている。音波が伝播してくる方向を特定できると、特定の方向から伝播してくる音波のみを受信することができ、指向性を有するマイクロホンが実現できる。音波が伝播してくる方向を特定するマイクロホンに関して、非特許文献1の技術が知られている。

なお本明細書においてマイクロホンとは、音波を受信して電気信号に変換するものだけでなく音波が伝播してくる方向を特定する装置をも含む概念を意味する。

20

【0003】

【非特許文献1】Nobutaka ONO, Akihito SAITO, Shigeru ANDO, "Design and Experiments of Bio-mimicry Sound Source Localization Sensor with Gimbal-Supported Circular Diaphragm", Proceeding of The 12th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Boston June 8-12, 2003, pp. 939-942

【0004】

非特許文献1のマイクロホンでは、中央部がハウジングに支持された振動板の裏面（音波を受ける面とは反対の面）に4個の電極が貼着されている。4個の電極は、振動板の中央部を囲んで周方向に沿って略等間隔に配置されている。この4個の電極に対向して4個の別の電極がハウジングに固定されている。振動板の裏面に貼着された各電極とこれに対向してハウジングに固定された各電極の間には所定長さのギャップが設けられている。振動板上の各電極とこれに対向するハウジング側の各電極との間には電圧が供給されている。振動板上の各電極とこれに対向するハウジング側の各電極によってキャパシタが形成される。振動板が振動すると振動板上の電極とこれに対向するハウジング側の電極とのギャップ長が変化する。ギャップ長の変化に応じてキャパシタの静電容量が変化する。

30

ある方向から音波を受けると振動板が振動する。振動板は中央部が支持されているので支持されている中央部の周囲が振動する。振動板の中央部の周囲に生じる振動は一様でなく、振幅の大きい領域と振幅が小さい領域が分布する。その分布は、音波の伝播方向に依存する。分布の経時的変化、即ち位相も音波の伝播方向に依存する。従って、振動板上の各電極とこれに対向するハウジング側の各電極のギャップ長の変化量の分布（位相を含む）は、音波が伝播してくる方向に依存して変化する。即ち、各キャパシタの静電容量の変動量の分布も音波の伝播方向に依存して変化する。従って各キャパシタの静電容量の変動量の分布から音波が伝播してくる方向を特定することができる。なお、以下では、音波が伝播してくる方向を音源の方向と称する。

40

非特許文献1の技術によると、一つの振動板で音源の方向を特定できる。音源の方向を特定できるマイクロホンを小型化することができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

一つの振動板で音源の方向を特定するマイクロホンでは、振動板はできるだけ平坦であることが好ましい。平坦な振動板は振動しやすいからである。また、振動板が平坦であると、音源の方向とギャップ長の変化量の分布との対応関係がより精密になるからである。しかしながら、中央部で支持されている振動板は、経時変化等により振動板が変形しやすい。即ち、音波を受けていないときにも振動板が変形したままとなる。また、製造公差や誤差により個々のマイクロホンの振動板には、所定の範囲ではあるものの初期変形を有する。振動板の初期変形は、音源方向を特定する際の精度を低下させる。非特許文献1には、音波を受けていない状態における振動板の変形は考慮されていない。

本願発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、一つの振動板で音源の方向を特定することができるマイクロホンであり、音波を受ける前に振動板を平坦な状態に矯正し、音源の方向を精度よく特定できるマイクロホンを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本願発明に係るマイクロホンは、振動板、第1電極対群、第2電極対群、第3電極対群、及びコントローラを有する。振動板は、中央部がハウジングに支持されており、その中央部の周囲が厚さ方向に変位可能である。第1電極対群の一方の電極群は、振動板の中央部を囲む複数の位置において振動板の一方の面に固定されており、他方の電極群は、夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている。第2電極対群の一方の電極群は、振動板の中央部を囲む複数の位置において振動板の他方の面に固定されており、他方の電極群は、夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている。第3電極対群の一方の電極群は、振動板の中央部を囲む複数の位置であって第2電極対群の一方の電極群より振動板の径方向の内側の位置において振動板の他方の面に固定されており、他方の電極群は、夫々に対応する電極にギャップを介して向い合う位置でハウジングに固定されている。コントローラは、第1電極対群と第2電極対群と第3電極対群の各電極対に電圧を印加し、第2電極対群と第3電極対群の夫々の電極対が保持する静電容量を計測する。さらにコントローラは、振動板が音波を受けていないときに、第2電極対群と第3電極対群の各電極対が保持する静電容量が所定の関係を満たすように第1電極対群の各電極対に印加するバイアス電圧を調整する。コントローラは、調整されたバイアス電圧を第1電極対群の各電極対に印加した状態で、振動板が音波を受けているときの第2電極対群と第3電極対群の少なくとも一方の電極対群の各電極対が保持する静電容量の変化から音波が伝播してくる方向を特定する。

20

30

【0007】

第1 - 第3電極対群の各電極対はキャパシタを形成する。第1電極対群の各電極対が形成するキャパシタ群を第1キャパシタ群と称する。第2電極対群の各電極対が形成するキャパシタ群を第2キャパシタ群と称する。第3電極対群の各電極対が形成するキャパシタ群を第3キャパシタ群と称する。

【0008】

キャパシタは、電圧を加えるとギャップを狭める方向にクーロン力（静電吸引力）を発生する。本発明では、このクーロン力を利用して、第1キャパシタ群を、音波を受けていない状態における振動板の変形を矯正して平坦に矯正するためのアクチュエータとして利用する。

40

第2キャパシタ群と第3キャパシタ群は、夫々振動板の中央部を囲む位置に配置されており、第3キャパシタ群は、第2キャパシタ群よりも径方向の内側に配置される。キャパシタは、そのギャップ長と静電容量の間に所定の関係を有する。振動板が変形すると、各キャパシタのギャップ長も変化する。従って、振動板が音波を受けておらず（即ち、振動板が振動しておらず）、かつ振動板が略平坦な状態のときには、第2、第3キャパシタ群の各キャパシタの静電容量の間には所定の関係が成立する。例えば、第2電極対群と第3電極対群の各電極の面積が等しく、振動板が変形しておらず平坦であってギャップ長が等しい場合には、第2、第3キャパシタ群の各キャパシタは略等しい静電容量を保持する関係が成立する。そこで、コントローラは、振動板が音波を受けていないときに、第2、第

50

3 キャパシタ群の静電容量の間の関係が上記の所定の関係となるように、第1キャパシタ群の各キャパシタに印加する電圧（バイアス電圧）を調整する。これにより、音波を受けていない状態における振動板の変形を矯正することができる。即ち、振動板を平坦な状態に矯正することができる。バイアス電圧を印加した状態で（即ち、音波を受けなければ振動板が平坦を維持する状態で）、振動板が音波を受けているときの第2、第3キャパシタ群の少なくとも一方のキャパシタ群の静電容量の変化から音源の方向を特定する。音波を受ける前に、振動板を平坦な状態に矯正した上で、音源の方向を特定できる。音源の方向を高精度に特定することができる。振動板が経時変化や製造誤差による変形を有するものであっても、音源の方向を高精度に特定することができる。

なお、振動板が音波を受けておらず、かつ振動板が略平坦な状態のときに第2電極対群と第3電極対群の各電極対が保持する静電容量が満たす関係は、別言すれば、振動板が音波を受けておらず、かつ振動板が略平坦な状態のときに第2電極対群と第3電極対群の各電極対が保持する静電容量の間に成立する関係である。そのような関係は、振動板が略平坦な状態にあることを特定できる関係と換言することもできる。

#### 【0009】

上記のマイクロホンは、特に、振動板の外周側と内周側にそれぞれ第2キャパシタ群と第3キャパシタ群を配置している。これにより、振動板がその中央部を頂点とする円錐状に変形した場合でも、第2、第3キャパシタ群の静電容量の間の関係が所定の関係となるように第1キャパシタ群の各キャパシタにバイアス電圧を印加することによって、振動板の変形を矯正し、平坦な状態にすることができる。

#### 【0010】

バイアス電圧を印加することで、音波を受ける前の振動板の変形を矯正することができる。音波を受ける前の振動板の変形を矯正するためのバイアス電圧とそのときの第2又は第3キャパシタの静電容量が求めれば、音源の方向を次のように特定することもできる。振動板が音波を受けているときに、第2キャパシタ群と第3キャパシタ群の少なくとも一方のキャパシタ群の静電容量が、音波を受けていない状態でバイアス電圧を印加したときの静電容量を維持する（即ち、振動板が平坦な状態を維持する）制振用電圧を第1キャパシタ群の各キャパシタに印加する。第1キャパシタ群の各キャパシタに印加した制振用電圧から夫々のキャパシタのバイアス電圧を引いた電圧から音源の方向を特定する。

制振用電圧を印加して音源の方向を特定するマイクロホンは、前述したマイクロホン本体と同じ構造の本体と、次の構造のコントローラによって実現できる。そのコントローラは、第1電極対群と第2電極対群と第3電極対群の各電極対に電圧を印加し、第2電極対群と第3電極対群の夫々の電極対が保持する静電容量を計測する。また、振動板が音波を受けていないときに、第2電極対群と第3電極対群の各電極対が保持する静電容量が所定の関係を満たすように第1電極対群の各電極対に印加するバイアス電圧を調整する。振動板が音波を受けているときに、第2電極対群と第3電極対群の少なくとも一方の電極対群の各電極対が保持する静電容量が、振動板が音波を受けていない状態で第1電極対群の各電極対に前記バイアス電圧を印加したときの静電容量を維持する制振用電圧を第1電極対群の各電極対に印加する。第1電極対群の各電極対に印加する制振用電圧から各電極対の前記バイアス電圧を引いた電圧から、音波が伝播してくる方向を特定する。

前述のマイクロホンが、音波を受ける前の振動板を平坦な状態に矯正してから音源の方向を特定するのに対して、このマイクロホンは、音波を受けている間も振動板が平坦な状態を維持するように制振制御しながら音源方向を特定する。このマイクロホンは、音波を受けている間も振動板が制振制御されているので、大きな振幅の音波を受けることができる。即ち、ダイナミックレンジの広い音源方向特定マイクロホンを実現できる。また、振動板は、音源の方向を特定する際にも制振制御されているので、振動による振動板の疲労劣化を抑制することができる。耐久性を向上させることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

本発明のマイクロホンによると、一つの振動板で音源の方向を特定することができるマ

10

20

30

40

50

イクロホンであり、音波を受けていない状態における振動板の変形を矯正して音源の方向を精度よく特定することができる。

【実施例】

【0012】

以下図面を用いて本発明に係るマイクロホンの実施例を説明する。

本実施例のマイクロホン100は、マイクロホン本体10とコントローラ50から構成される。まずマイクロホン本体10の構造を説明する。コントローラ50については後述する。

図1は、マイクロホン本体10の模式的断面図である。マイクロホン本体10は、ハウジング12と、略円形の振動板16を備える。図2に、振動板16をおもて側からみたときの平面図を示す。図3に、振動板16を裏側からみたときの平面図を示す。図1に示す振動板16の断面は、図2のA-A線に沿ってみたとき、及び図3のB-B線に沿ってみたときの振動板16の断面を示している。ここで、振動板16のおもて側とは、図1に示すように、ハウジング12の開口部18に面する側であり、音波を受ける側の面をいう。

振動板16は、その中央部16aがハウジング12に固定されている。振動板16は、その中央部16aの周囲が厚さ方向(図1に示す座標系のZ方向)に変位可能な可撓性を有している。ハウジング12のうち、振動板16の裏面と対向している面をベース面12aと称する。ハウジング12の一部は、ベース面12aから振動板16の周囲を囲んでZ方向に伸びる壁面を形成している。壁面は、振動板16の表側で、振動板16のおもて側の表面の周縁部を囲むように伸びている。ハウジング12のうち、振動板16のおもて面と対向している面を周縁カバー面12bと称する。

ハウジング12は、振動板16のおもて側で開口部18を有している。振動板16は、ハウジング12の開口部18を通して伝播してくる音波を受けてZ方向に振動する。

【0013】

図2に示すように、振動板16のおもて面には、平板状の電極21a、22a、23a、24aが貼着されている。なお、図1には、電極21aと23aのみが示されており、電極22a、24aの図示を省略している。図2に示すように、電極21a-24aは、夫々扇形をなしており、中央部16aを囲む複数の位置において振動板16のおもて面に貼着されている。電極21a-24aは、振動板16の周方向に沿って等間隔に配置されている。

図1に示すように、電極21bが、電極21aに対向する位置でハウジング12の周縁カバー面12bに固定されている。同様に、電極23bが、電極23aに対向する位置でハウジング12の周縁カバー面12bに固定されている。図示を省略しているが、電極22b、24bが、夫々電極22a、24aに対向する位置でハウジング12の周縁カバー面12bに固定されている。電極21aと21bの間、電極22aと22bの間、電極23aと23bの間、及び、電極24aと24bの間にはギャップ長dが設けられている。

【0014】

図3に示すように、振動板16の裏面には、電極31a、32a、33a、34a、41a、42a、43a、及び44aが貼着されている。なお、図1には、電極31a、33a、41a、及び43aのみが示されており、電極32a、34a、42a、及び44aの図示を省略している。図3に示すように、電極31a-34aは、夫々扇形をなしており、中央部16aを囲む複数の位置において振動板16の裏面に貼着されている。電極31a-34aは、振動板16の周方向に沿って等間隔に配置されている。また、図3に示すように、電極41a-44aは、夫々扇形をなしており、中央部16aを囲む複数の位置であって、電極31a-34aより振動板16の径方向の内側の位置において振動板16の裏面に貼着されている。電極41a-44aは、振動板16の周方向に沿って等間隔に配置されている。

図1に示すように、電極31b、33b、41b、及び43bが、それぞれ電極31a、33a、41a、及び43aに対向する位置でハウジング12のベース面12aに固定されている。図示を省略しているが、電極32b、34b、42b、及び44bが、夫々

10

20

30

40

50

電極 3 2 a、3 4 a、4 2 a、及び 4 4 a に対向する位置でハウジング 1 2 のベース面 1 2 a に固定されている。夫々対向する電極の間にはギャップ長 d が設けられている。なお、後述するように、このギャップ長 d は、振動板 1 6 が音波を受けておらず、かつ、振動板 1 6 が変形していない平坦な状態のときのギャップ長である。

図 1 - 図 3 に示す通り、電極 2 1 a と 3 1 a は、振動板 1 6 を挟んで対向する位置に配置されている。同様に、電極 2 2 a と 3 2 a、電極 2 3 a と 3 3 a、及び電極 2 4 a と 3 4 a は、夫々振動板 1 6 を挟んで対向する位置に配置されている。

全ての電極は、同じ面積を有している。

#### 【0015】

電極 2 1 a と電極 2 1 b は対をなしており、電極 2 1 a と 2 1 b を合わせて電極対 2 1 と称する。電極 2 1 a と電極 2 1 b は、対向して配置されているので、両電極間に電圧を印加すると、電極対 2 1 は所定の静電容量を保持するキャパシタとして機能する。そこで以下では、電極対 2 1 をキャパシタ 2 1 と称する場合がある。同様に、電極 3 1 a と 3 1 b を合わせて電極対 3 1、或いはキャパシタ 3 1 と称する。他の電極についても同様の呼称を用いる。

夫々のキャパシタを形成する一对の電極は、振動板 1 6 が音波を受けておらず、かつ変形していない平坦な状態のときに、互いに平行となっている。

振動板 1 6 のおもて側に配置された電極対 2 1、2 2、2 3、及び 2 4 を総称して第 1 電極対群 2 0 と称する。電極対 2 1、2 2、2 3、及び 2 4 は、夫々キャパシタ 2 1、2 2、2 3、2 4 と称する場合があり、これらのキャパシタ群を総称して第 1 キャパシタ群 2 0 と称する場合がある。同様に、振動板 1 6 の裏側に配置された電極対 3 1、3 2、3 3、及び 3 4 を第 2 電極対群 3 0、或いは第 2 キャパシタ群 3 0 と称する。振動板 1 6 の裏側で第 2 電極対群 3 0 より径方向の内側に配置された電極対 4 1、4 2、4 3、及び 4 4 を第 3 電極対群 4 0、或いは第 3 キャパシタ群 4 0 と称する。

#### 【0016】

次に、マイクロホンのコントローラ 5 0 について説明する。図 4 に、コントローラ 5 0 のブロック図を示す。図 4 に示す「上側電極」は、電極対群 2 0 の各電極のうち、ハウジング 1 2 に固定されている電極（電極 2 1 b、2 2 b、2 3 b、及び 2 4 b）を意味する。図 4 に示す「下側電極」は、電極対群 3 0 と電極対群 4 0 の各電極のうち、ハウジング 1 2 に固定されている電極（電極 3 1 b、3 2 b、3 3 b、3 4 b、4 1 b、4 2 b、4 3 b、及び 4 4 b）を意味する。図 4 に示す「振動板電極」は、振動板 1 6 に貼着されている全ての電極（電極 2 1 a、2 2 a、2 3 a、2 4 a、3 1 a、3 2 a、3 3 a、3 4 a、4 1 a、4 2 a、4 3 a、及び 4 4 a）を意味する。

#### 【0017】

コントローラ 5 0 は、容量検出回路 5 2、制振回路 5 4、音源方向特定回路 5 6 を備えている。次に、各回路の概要を説明する。後に、コントローラ 5 0 の動作について説明する。

振動板電極と下側電極の各電極は容量検出回路 5 2 と繋がっている。即ち、第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタが容量検出回路 5 2 と繋がっている。なお、振動板電極の各電極は、コントローラ 5 0 のグランドに接地されている。

容量検出回路 5 2 は、第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタに一定の電圧を印加するとともに（即ち、下側電極の各電極に一定の電圧を印加するとともに）、第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタの静電容量を検出する。容量検出回路 5 2 は、検出した静電容量に比例した電圧値を制振回路 5 4 へ出力する。

制振回路 5 4 は、容量検出回路 5 2 が出力した電圧値が一定となるように、各上側電極に対して所定の電圧を印加する。即ち、第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタが保持する静電容量が一定となるように、各上側電極へ所定の電圧を印加する。制振回路 5 4 が出力する電圧値の求め方については後述する。

制振回路 5 4 の出力電圧は、各上側電極に印加されるとともに、音源方向特定回路 5 6

へ入力される。音源方向特定回路 5 6 は、入力された電圧（制振回路 5 4 が各上側電極へ印加する電圧）から、音源の方向を特定する。音源の方向の特定方法については後述する。

【 0 0 1 8 】

次に、コントローラ 5 0 の動作について説明する。

コントローラ 5 0 は、音源の方向を特定する前に、振動板 1 6 が音波を受けていない状態で次の処理を実行する。コントローラ 5 0 は、第 1 キャパシタ群 2 0 の各キャパシタに印加する電圧を調整することによって、音波を受けていないときの振動板 1 6 の平面を平坦な状態に矯正する。

【 0 0 1 9 】

振動板 1 6 の変形とその矯正について説明する。振動板 1 6 がベース面 1 2 a に対して平行な状態を基準状態と称する。ここでいう「変形」とは、音波を受けていないときの振動板 1 6 の少なくとも一部が基準状態からずれることを意味する。なお、音波を受けていないときの振動板 1 6 が基準状態からずれていない状態を、振動板 1 6 が平坦な状態にあるという。別言すれば、「振動板 1 6 が平坦な状態」とは、各電極対の一方の電極と他方の電極が平行な状態である。

【 0 0 2 0 】

各電極対の両電極の間のギャップ長  $d$  は、基準状態における値である。振動板 1 6 の周辺部は、その面と直交する方向（図 1 の Z 方向）に可撓性を有しているため、振動板 1 6 の中央部 1 6 a を除く各部位は Z 方向に変位しやすい。振動板 1 6 が音波を受けているときは音圧によって振動板 1 6 の各部位は Z 方向に変位するが、経時変化、あるいはマイクロホンの製造誤差によって、振動板 1 6 の各部位は音波を受けていないときにも変形している場合がある。

各電極対の両電極間のギャップ長が変化すると、各キャパシタが保持する静電容量も変化する。なお、全ての電極は同じ面積を有しているため、各キャパシタのギャップ長が等しく、各キャパシタに印加する電圧も等しいときには、各キャパシタが保持する静電容量は等しくなる。第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタには、容量検出回路 5 2 によって一定の電圧が印加されている。従って、基準状態では、各キャパシタの静電容量は等しい。基準状態（即ち、第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタのギャップ長が  $d$  の状態）のときに、第 2 キャパシタ群 3 0 と第 3 キャパシタ群 4 0 の各キャパシタが保持する静電容量を  $C$  とする。

【 0 0 2 1 】

今、図 5 に示すように、振動板 1 6 が、音波を受けていないときに、X 軸に沿って傾くように変形している場合を考える。このとき、電極対 3 1 のギャップ長は  $d$  より短くなる。なお、振動板 1 6 が傾斜すると、電極対の両電極は平行でなくなり、ひとつの電極対におけるギャップ長も一定でなくなる。ここでいうギャップ長は、夫々の電極対における平均ギャップ長を意味する。

図 5 に示すように、振動板 1 6 が傾いたときの電極対 3 1 のギャップ長は  $d - d_1$  である。電極対 4 1 のギャップ長は  $d - d_2$  である。振動板 1 6 は、その中心部 1 6 a で支持されているので、振動板 1 6 が X 軸に沿って傾いた場合、図 5 の左側でギャップ長が短くなれば図 5 の右側ではギャップ長が長くなる。電極対 3 1 のギャップ長が  $(d - d_1)$  のときは、中央部 1 6 a を挟んで電極対 3 1 と対象の位置にある電極対 3 3 のギャップ長は  $(d + d_1)$  となる。電極対 4 1 のギャップ長が  $(d - d_2)$  のときは、中央部 1 6 a を挟んで電極対 4 1 と対象の位置にある電極対 4 3 のギャップ長は  $(d + d_2)$  となる。

ギャップ長と静電容量は反比例関係にあるため、ギャップ長が短くなれば静電容量は大きくなる。逆に、ギャップ長が長くなれば静電容量は小さくなる。ギャップ長が  $(d - d_1)$  であるキャパシタ 3 1 の静電容量は  $(C + C_1)$  となる。同様に、キャパシタ 4 1 の静電容量は  $(C + C_2)$  となり、キャパシタ 4 3 の静電容量は  $(C - C_2)$  となり、キャパシタ 3 3 の静電容量は  $(C - C_1)$  となる。

10

20

30

40

50

上述した通り、振動板 16 が X 軸に沿って傾いている場合には、図 5 において中心部 16 a の左側に位置するキャパシタ 31、41 の静電容量が増加し、右側に位置するキャパシタ 33、43 の静電容量が減少する。なお、振動板 16 が X 軸に沿って図 5 とは反対方向に傾いている場合には、図 5 において中心部 16 a の左側に位置するキャパシタ 31、41 の静電容量が減少し、右側に位置するキャパシタ 33、43 の静電容量が増加する。

#### 【0022】

キャパシタは、電圧を加えるとギャップを狭める方向にクーロン力（静電吸引力）を発生する。本実施例のマイクロホン 100 では、振動板 16 のおもて面に配置した第 1 キャパシタ群を、振動板 16 の変形を矯正するアクチュエータとして利用する。図 5 に示すように、振動板 16 が X 軸に沿って傾斜している場合、コントローラ 50 は、第 1 キャパシタ群のうち、静電容量が増加した右側に配置されたキャパシタ 21 に対して電圧を印加する。すると、静電吸引力によって、電極 21 a が電極 21 b に引き寄せられる。キャパシタ 21 のギャップが短くなる。一方、電極 21 a が電極 21 b に引き寄せられると、振動板 16 の中心部 16 a を挟んで電極対 21 と対象の位置にある電極対 23 の間隔が広がる。電極 23 a と 23 b のギャップ長が長くなる。キャパシタ 21 のギャップが短くなることは即ちキャパシタ 31 と 41 のギャップ長が広がることを意味する。同様に、キャパシタ 23 のギャップ長が広がることは即ちキャパシタ 33 と 43 のギャップ長が短くなることを意味する。

コントローラ 50 は、第 2 キャパシタ群 30 と第 3 キャパシタ群 40 について、中央部 16 a の右側に位置するキャパシタの静電容量と左側に位置するキャパシタの静電容量が等しくなるまで、キャパシタ 21 に印加する電圧を上げる。そうすることによって、キャパシタ 31、41、33、及び 43 の各キャパシタのギャップ長をもとのギャップ長  $d$  に戻すことができる。即ち、X 軸に沿って傾いた振動板 16 をハウジング 12 のベース面 12 a に対して平行な状態に矯正することができる。第 2 キャパシタ群 30 と第 3 キャパシタ群 40 の各キャパシタの静電容量が同じ値を保持するようにキャパシタ 21 に印加する電圧をバイアス電圧と称する。

振動板 16 が X Y 平面に平行な線に沿って傾いている場合も同様に、第 1 キャパシタ群 20 の所定のキャパシタに所定のバイアス電圧を印加することによって、振動板 16 をハウジング 12 のベース面 12 a に対して平行な状態に矯正することができる。即ち、振動板 16 の変形をもとの基準状態へ矯正できる。より具体的には、第 2 キャパシタ群 30 と第 3 キャパシタ群 40 のキャパシタのうち、静電容量が増加したキャパシタと Z 軸方向からみて重なる位置に配置された第 1 キャパシタ（第 1 キャパシタ群 20 のいずれかのキャパシタ）へ電圧を印加すればよい。

#### 【0023】

次に、図 6 に示すように、振動板 16 がその中心部 16 a を頂点として円錐状に変形している場合を考える。換言すれば、振動板 16 の周縁部がベース面 12 a に近づく方向に変形している場合を考える。このとき、第 2 キャパシタ群 30 と第 3 キャパシタ群 40 の全てのキャパシタ群のギャップ長が基準状態における長さ  $d$  より短くなる。振動板 16 の外周側に位置する第 2 キャパシタ群 30（図 6 では第 2 キャパシタ群 30 のうちキャパシタ 31 と 33 が示されおり、キャパシタ 32 と 34 は図示を省略してある）のギャップ長は  $(d - d_3)$  である。このとき、第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量は  $(C + C_3)$  となる。振動板 16 の径方向の内側（内周側）に位置する第 3 キャパシタ群 40（図 6 では第 3 キャパシタ群 40 のうちキャパシタ 41 と 43 が示されおり、キャパシタ 42 と 44 は図示を省略してある）のギャップ長は  $(d - d_4)$  である。このとき、第 3 キャパシタ群 40 の各キャパシタの静電容量は  $(C + C_4)$  となる。第 2 キャパシタ群 30 は第 3 キャパシタ群 40 よりも外周側に位置しているので、 $(d - d_3) < (d - d_4)$  である。これを静電容量で表すと  $(C + C_3) > (C - C_4)$  となる。

このときは、コントローラ 50 は、第 1 キャパシタ群 20 の全てのキャパシタに電圧を印加する。コントローラ 50 は、第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量と第 3

10

20

30

40

50

キャパシタ群 40 の各キャパシタの静電容量が略等しくなるまで、第 1 キャパシタ群の各キャパシタに印加する電圧を上げる。そうすることによって、円錐状に変形した振動板 16 を平坦な状態に矯正することができる。第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量と第 3 キャパシタ群 40 の各キャパシタの静電容量が略等しくなるときに第 1 キャパシタ群の各キャパシタに印加している電圧がバイアス電圧である。

#### 【0024】

図 6 とは逆方向に振動板 16 が変形した場合、即ち、振動板 16 の周縁部がハウジング 12 のベース面 12a から遠ざかる方向に変形している場合には、第 1 キャパシタ群（第 1 電極対群）20 と第 2 キャパシタ群（第 2 電極対群）30 の機能を逆転させればよい。即ち、第 2 キャパシタ群 30 をアクチュエータとして利用する。第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタにバイアス電圧を印加すると、振動板 16 の周縁部は、ハウジング 12 のベース面 12a に近づく方向に変位する。即ち、円錐状に変形した振動板 16 をもとの基準状態へ矯正することができる。第 2 キャパシタ群 30 の代わりに第 1 キャパシタ群 20 の静電容量を検出する。コントローラ 50 は、第 1 キャパシタ群 20 と第 3 キャパシタ群 40 の各キャパシタの静電容量を検出し、検出した各静電容量が一致するまで第 2 キャパシタ群 30 に印加する電圧を上昇させればよい。そうすることで、振動板 16 の周辺部がハウジング 12 のベース面 12a から遠ざかる方向に変形している場合でも、第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタが発生する静電吸引力によって、振動板 12 を平坦な状態に矯正することができる。

10

#### 【0025】

次に、コントローラ 50 が、振動板 16 が受ける音波の伝播方向、即ち、音源の方向を特定するときの動作について説明する。コントローラ 50 は、前述したバイアス電圧を記憶している。また、コントローラ 50 は、バイアス電圧を印加することによって、振動板 16 の変形が矯正された状態における第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量を記憶している。

20

音波を受けると振動板 16 の各部位は夫々振動する。コントローラ 50 は、振動板 16 の各部位の振動を抑えるように、第 1 キャパシタ群 20 の各キャパシタへ電圧を印加する。具体的には、第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量を記憶された静電容量に一致させる電圧を第 1 キャパシタ群 20 の各キャパシタへ電圧を印加する。第 1 キャパシタ群 20 の各キャパシタへ電圧を印加すると、第 1 キャパシタ群 20 が発生する静電吸引力によって振動板 16 の周縁部がおもて側へ引き寄せられ、その結果、第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量が変化することは前述の通りである。

30

第 2 キャパシタ群 30 の各キャパシタの静電容量を記憶された静電容量に一致するときに、第 1 キャパシタ群 20 の各キャパシタへ印加している電圧を制振用電圧と称する。振動板 16 の各部位が受ける音圧は経時的に変化するので、制振用電圧も経時的に変化する。第 1 キャパシタ群 20 のそれぞれのキャパシタへ印加する制振用電圧の経時的変化は、それぞれのキャパシタが配置されている位置における振動の経時的変化を表すことになる。

音源方向特定回路 56 は、第 1 キャパシタ群 20 の夫々のキャパシタに印加する制振用電圧の値からバイアス電圧の値を差し引く。差し引いた後の電圧を差電圧と称する。制振用電圧には、振動板 16 を平坦に矯正するための電圧（バイアス電圧）と、音波による振動板 16 の振動を抑制するための電圧が含まれる。従って、差電圧が、基準状態に矯正された振動板 16 の各部位の振動の経時的変化を表すものとなる。

40

音源方向特定回路 56 は、第 1 キャパシタ群 20 の各キャパシタに対応する差電圧から音源の方向を特定する。

#### 【0026】

音源の方向を特定する原理を、図 7 を参照して簡単に説明する。振動板 16 の中心を原点 O とする XZ 座標系を図 7 に示す通り設定する。音源が位置 S にあるとする。音源の位置 S と座標原点 O を結ぶ線と Z 軸のなす角度  $\theta$  が音源の方向である。位置 S の音源から伝播する音波によって振動板 16 が振動する。振動板 16 上の位置 P1 における振動を W1

50

とし、振動板 16 上の位置 P 2 における振動を W 2 とする。音源の位置 S と位置 P 1 の距離が L 1 であり、音源の位置 S と位置 P 2 の距離が L 2 である。距離 L 1 と L 2 が異なる場合、位置 P 1 における振動 W 1 と位置 P 2 における振動 W 2 は異なる位相で振動する。位置 P 1 における振動 W 1 と位置 P 2 における振動 W 2 の位相差は、音源の位置 S の方向に依存する。従って、位置 P 1 における振動 W 1 と位置 P 2 における振動 W 2 の位相差から、音源の方向（角度）を求めることができる。例えば、振動 W 1 と振動 W 2 が同位相の場合には、音源の方向は Z 軸の伸びる方向となる。

前述したように、第 1 キャパシタ群 20 の夫々のキャパシタに印加する制振用電圧の値から夫々のキャパシタのバイアス電圧の値を差し引いた差電圧は、基準状態に矯正された振動板 16 の各部位の振動の経時的变化を表すものとなる。従って、第 1 キャパシタ群 20 の各キャパシタの差電圧の位相差から音源の方向を特定することができる。

10

#### 【0027】

上記実施例のマイクロホン 100 は、音源の方向を特定する前に、振動板 16 の変形を矯正するためのバイアス電圧を決定する。音源の方向を特定するときには、制振用電圧からバイアス電圧を差し引いた差電圧に基づいて音源の方向を特定する。即ち、音波を受けていない状態における振動板 16 の変形の影響を考慮して音源の方向を特定する。これによって、振動板 16 が変形しても音源の方向を正確に特定することができる。このことは、音波を受けていない状態における振動板の変形を矯正して音源の方向を特定すると換言できる。

このマイクロホンは、音波を受けているときにも振動板を制振制御するので、振動板が大きく振動することがない。従って、振幅の大きな音波であっても音波が伝播してくる方向を特定することができる。即ち、広いダイナミックレンジを確保することができる。またこのマイクロホンは、振動板が大きく振動することがないので、振動板の疲労劣化を低減できる。

20

#### 【0028】

このマイクロホン 100 は、差電圧の位相差から音源の方向を特定できる。そこで、差電圧の位相差が特定の位相差に一致するとき、音波を変換した信号を出力するように構成してもよい。特定の位相差は、特定の方向から伝播する音波を意味する。従って、特定の方向から伝播する音波のみを信号として出力するマイクロホンを実現できる。即ち、高い指向性を有するマイクロホンを実現できる。

30

#### 【0029】

上記のマイクロホン 100 の変形例について説明する。

上記実施例のマイクロホン 100 では、制振用電圧からバイアス電圧を差し引いた差電圧から音源の方向を特定した。制振用電圧を印加せずとも次の通り音源の方向を特定することができる。

バイアス電圧を決定したらコントローラ 50 はバイアス電圧を各上側電極に印加し続ける。その状態で振動板 16 に音波を受ける。バイアス電圧によって平坦な状態に矯正された振動板 16 は、音波を受けることによって振動する。第 2 キャパシタ群 30 と第 3 キャパシタ群の各キャパシタの静電容量は、振動板 16 の振動に伴って変化する。第 2 キャパシタ群 30、或いは第 3 キャパシタ群 40 は、振動板 16 の中央を囲む位置に配置されているので、各キャパシタの静電容量の変化の位相は、音源の方向に依存する。従って、第 2 キャパシタ群 30 と第 3 キャパシタ群 40 の少なくとも一方のキャパシタ群の各キャパシタの静電容量の変化の位相差から音源の方向を特定することができる。

40

#### 【0030】

第 1 電極対と第 2 電極対と第 3 電極対の各電極対の一方の電極群は、共通の電極である。キャパシタを形成する電極対のうち一方の電極は、グランドとして共通化できるからである。例えば、振動板自体を導電性の材料で形成すると、振動板自体が共通の電極となる。全ての電極対のうち、振動板 16 の貼着された電極をひとつの電極で共通化できる。電極の数を低減できる。

第 1 電極対と第 2 電極対と第 3 電極対の各電極対の数は、夫々複数であれば幾つでも良

50

い。

【0031】

上記の実施例では、振動板を平坦な状態に矯正するためのバイアス電圧は、第2キャパシタ群と第3キャパシタ群の各キャパシタの静電容量が同じ値となる関係を満たすように決定した。これは、各電極対（キャパシタ）の電極が同じ面積であり、かつ、振動板16が平坦な状態におけるギャップ長が同じだからである。バイアス電圧を決定するための各キャパシタの静電容量が満たすべき関係は上記の関係に限らない。その関係は、振動板が音波を受けておらず、かつ振動板が略平坦の状態のときに第2キャパシタ群30と第3キャパシタ群40の各キャパシタの静電容量が満たす関係であればよい。例えば、第2キャパシタ群と第3キャパシタ群の各キャパシタのギャップ長が等しく、第2キャパシタ群の各キャパシタの電極の面積が第3キャパシタ群の各キャパシタの電極の面積の2倍である場合には、満たすべき関係とは次の関係となる。第2キャパシタ群の各キャパシタの静電容量が等しく、第3キャパシタ群の各キャパシタの静電容量が等しく、第2キャパシタ群の各キャパシタの静電容量が、第3キャパシタ群の各キャパシタの静電容量の2倍となる関係である。また、振動板が音波を受けておらず、かつ振動板が略平坦の状態のときに、第2電極対群のギャップ長と第3電極対群のギャップ長が異なる場合には、バイアス電圧を決定するための各キャパシタの静電容量が満たすべき関係も上記例示した関係とは異なる関係となる。総じて言えば、バイアス電圧を決定するための各キャパシタの静電容量が満たすべき関係は、振動板が音波を受けておらず、かつ振動板が基準状態のときに、第2電極対群と第3電極対群の各電極対が保持する静電容量の間に成立する関係である。

10

20

【0032】

発明者らは本願出願前に、ひとつの振動板で音源の方向を精度よく特定できるマイクロホンを開発した。そのマイクロホンと実施例のマイクロホンとの関係を以下で述べる。そのマイクロホンは、上記実施例のマイクロホンにおいて第3電極対群を除いた構造を有している。

第3電極対群（第3キャパシタ群）を有さないマイクロホンでも、振動板を平坦な状態に矯正することは可能である。振動板が平坦な状態における第2キャパシタ群の各キャパシタの静電容量を予め計測しておく。このときの計測値を基準静電容量と称する。音波を受ける前に、第2キャパシタ群の静電容量が基準静電容量に等しくなるように第1キャパシタ群にバイアス電圧を印加する。そうすることによっても、音波を受ける前の振動板の変形を矯正することができる。しかしながら、静電容量の計測値は、例えばギャップ長が一定であっても温度等の影響により常に一定の値が計測されとは限らない。即ち、同じギャップ長であっても、現在計測した静電容量が過去に計測した基準静電容量と一致するとは限らない。一方、実施例のマイクロホンは、振動板の外周側に配置された第2キャパシタ群の静電容量と内周側に配置された第3キャパシタ群の静電容量の相対的な関係に基づいて振動板の変形を矯正する。本実施例のマイクロホンは、同時に計測する第2、第3キャパシタ群の静電容量の相対的な関係を利用するため、前述した温度等の影響を受け難い。振動板を精度よく平坦な状態に矯正（制御）することができる。

30

なお、本願出願前に発明者らが開発したマイクロホンは、特願2005-167742号（本願出願時は未公開）に詳しく開示されている。

40

【0033】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【図面の簡単な説明】

【0034】

50

- 【図1】図1は、マイクロホン本体の模式的断面図である。
- 【図2】図2は、振動板をおもて側からみたときの平面図である。
- 【図3】図3は、振動板を裏側からみたときの平面図である。
- 【図4】図4は、マイクロホンのコントローラのブロック図である。
- 【図5】図5は、振動板がX軸に沿って傾くように変形している状態を示す図である。
- 【図6】図6は、振動板が中心部を頂点にして円錐状に変形している状態を示す図である。

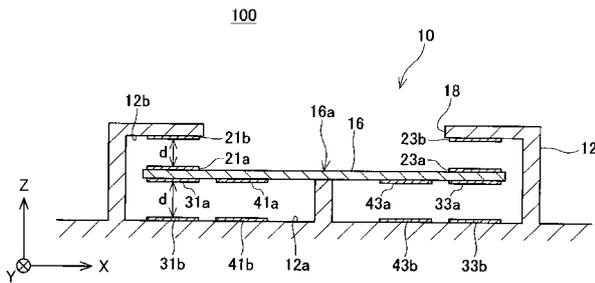
【図7】図7は、音源の方向を特定する原理を説明する図である。

【符号の説明】

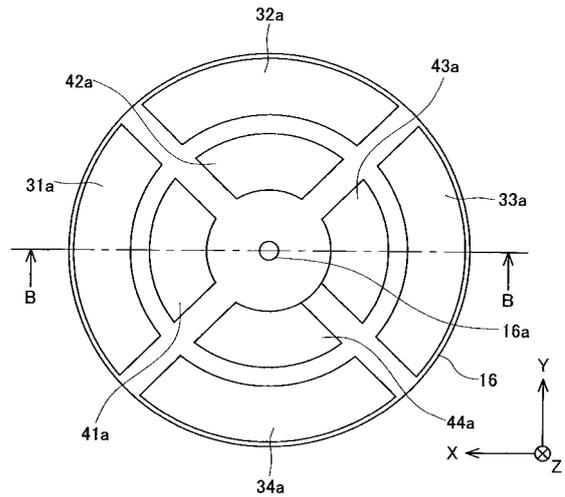
【0035】

- 100：マイクロホン
- 10：マイクロホン本体
- 12：ハウジング
- 16：振動板
- 21、22、23、24、31、32、33、34、41、42、43、44：電極対
- 50：コントローラ
- 52：容量検出回路
- 54：制振回路
- 56：音源方向特定回路

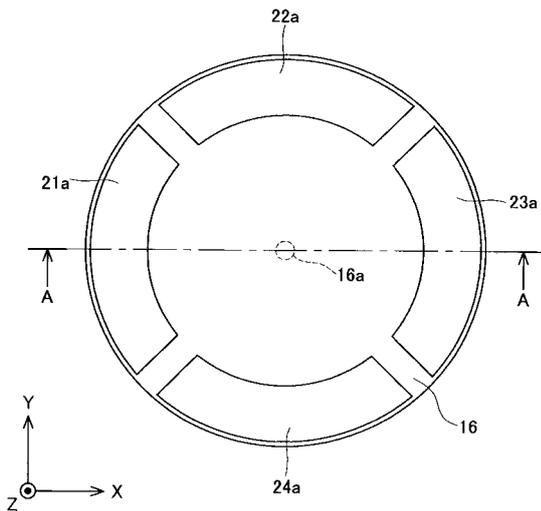
【図1】



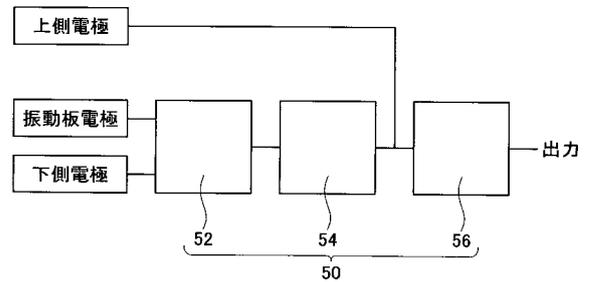
【図3】



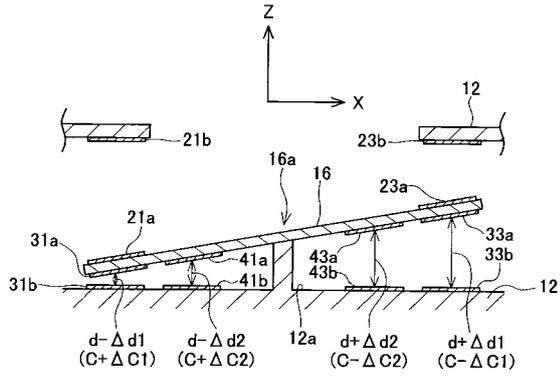
【図2】



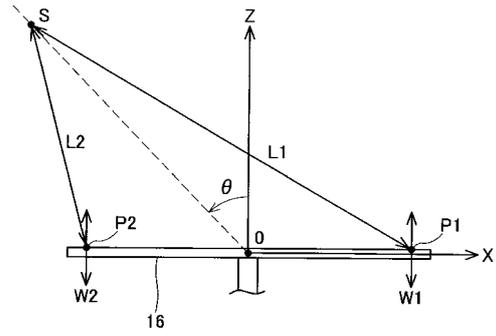
【図4】



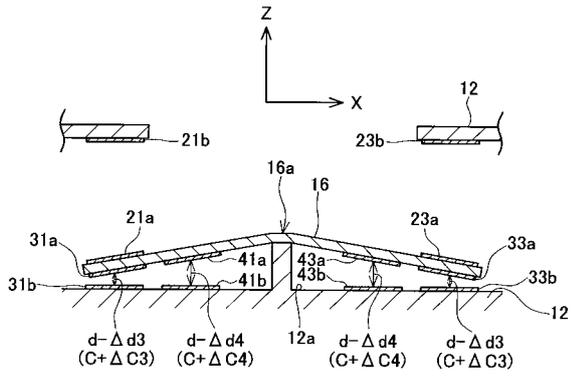
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小野 順貴

東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内

Fターム(参考) 5D020 BB04 BB12

5D021 CC11 CC15 CC19