

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5070026号  
(P5070026)

(45) 発行日 平成24年11月7日(2012.11.7)

(24) 登録日 平成24年8月24日(2012.8.24)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 4 R	19/04	(2006.01)	HO 4 R	19/04	
HO 4 R	31/00	(2006.01)	HO 4 R	31/00	C
HO 1 L	29/84	(2006.01)	HO 1 L	29/84	Z

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-324869 (P2007-324869)	(73) 特許権者	000191238 新日本無線株式会社 東京都中央区日本橋横山町3番10号
(22) 出願日	平成19年12月17日(2007.12.17)	(72) 発明者	佐藤 政明 埼玉県ふじみ野市福岡二丁目1番1号新日本無線株式会社川越製作所内
(65) 公開番号	特開2009-147798 (P2009-147798A)	審査官	渡邊 正宏
(43) 公開日	平成21年7月2日(2009.7.2)	(56) 参考文献	特開2007-228352 (JP, A) ) 特開2006-345130 (JP, A) )
審査請求日	平成22年10月25日(2010.10.25)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンデンサマイクロホン及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

音波が通過する複数の穴を有する絶縁膜と、  
前記絶縁膜によって保持され、音波が通過する複数の穴を有する固定電極と、  
前記固定電極の裏面の中心部に設けられる固定部と、  
前記固定電極と平行に配置され、前記固定部により中心部のみが前記固定電極に固定され、前記固定電極を通過した音波を受けて振動し、振動の振幅が中心から外周に近づくにしたがって増加するダイアフラム電極と、  
を具備し、音波を前記固定電極と前記ダイアフラム電極との間の容量変化に変換して電気信号として検出することを特徴とするコンデンサマイクロホン。

【請求項2】

音波が通過する複数の穴を有する絶縁膜と、  
前記絶縁膜によって保持され、音波が通過する複数の穴を有する固定電極と、  
前記固定電極の裏面の中心部に設けられる固定部と、  
前記固定電極と平行に配置され、前記固定部により中心部のみが前記固定電極に固定され、前記固定電極を通過した音波を受けて振動し、振動の振幅が中心から外周に近づくにしたがって増加するダイアフラム電極と、  
前記ダイアフラム電極と同一の平面に形成され、ダイアフラム電極との間に通気口を形成する外側電極と、  
を具備し、音波を前記固定電極と前記ダイアフラム電極との間の容量変化に変換して電気

10

20

信号として検出することを特徴とするコンデンサマイクロホン。

【請求項 3】

前記固定電極と同一の平面に形成され、前記固定電極と電氣的に絶縁され、前記固定部から前記固定電極の外周方向に延びる形状を有し、前記固定部を介して前記ダイアフラム電極と電氣的に接続されるダイアフラム電極用電気接続部を具備することを特徴とする請求項 1 又は 2 いずれか記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項 4】

基板の表面に、第 1 絶縁膜及び第 1 導電性膜を成膜する工程と、  
前記第 1 導電性膜を所定の形状に加工してダイアフラム電極の形状を形成する工程と、  
前記第 1 導電性膜の上に犠牲層を成膜する工程と、  
前記ダイアフラム電極の中心部の前記犠牲層に、該犠牲層を貫通する溝を形成する工程と、

10

前記犠牲層の上及び前記溝の内部に、第 2 導電性膜を成膜する工程と、  
前記第 2 導電性膜に固定電極の形状とダイアフラム電極用電気接続部の形状とを形成する工程と、

前記第 2 導電性膜の上に、第 2 絶縁膜を成膜する工程と、  
前記第 2 絶縁膜と前記固定電極の形状の第 2 導電性膜とを貫通して前記犠牲層に達する複数の穴を形成する工程と、

前記基板の裏面からエッチングすることにより、前記基板に、前記ダイアフラム電極より面積が大きく、前記第 1 絶縁膜に達する開口を形成する工程と、

20

前記複数の穴と前記基板の前記開口からエッチングすることにより、前記第 1 絶縁膜及び前記犠牲層を部分的に除去して、前記ダイアフラム電極を前記固定電極に固定する固定部と、前記固定電極を前記基板の上に支持するスペーサと、通気口とを形成する工程と、を具備することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項 5】

基板の表面、第 1 絶縁膜及び第 1 導電性膜を成膜する工程と、  
前記第 1 導電性膜に、該第 1 導電性膜を貫通し、後の通気口となる第 1 の溝を形成し、前記第 1 の溝の内側にダイアフラム電極の形状を形成し、前記第 1 の溝の外側に前記ダイアフラム電極と同一の平面に設けられる外側電極の形状を形成する工程と、  
前記第 1 導電性膜の上に犠牲層を成膜し、前記第 1 導電性膜を貫通する前記第 1 の溝を前記犠牲層により充填する工程と、

30

前記ダイアフラム電極の中心部の前記犠牲層に、該犠牲層を貫通する第 2 の溝を形成する工程と、

前記犠牲層の上及び前記第 2 の溝の内部に、第 2 導電性膜を形成する工程と、  
前記第 2 導電性膜に固定電極の形状とダイアフラム電極用電気接続部の形状とを形成する工程と、

前記第 2 導電性膜の上に、第 2 絶縁膜を形成する工程と、  
前記第 2 絶縁膜と前記固定電極の形状の第 2 導電性膜とを貫通して前記犠牲層に達する複数の穴を形成する工程と、

前記基板の裏面からエッチングすることにより、前記基板に、前記ダイアフラム電極より面積が大きく、前記第 1 絶縁膜に達する開口を形成する工程と、

40

前記複数の穴と前記基板の前記開口からエッチングすることにより、前記第 1 絶縁膜及び前記犠牲層を部分的に除去して、前記ダイアフラム電極を前記固定電極に固定する固定部と、前記固定電極を前記基板の上に支持するスペーサと、前記通気口とを形成する工程と、

を具備することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を用いて製造される感度の

50

高いコンデンサマイクロホン及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、MEMS技術を用いて製造されるコンデンサマイクロホンが、これまで使用されてきたエレクトレットコンデンサマイクロホンに置き換わり市場を拡大している。特に、小型化及び薄型化が必要な分野で、コンデンサマイクロホンの使用が、拡大している。このコンデンサマイクロホンにおいては、音圧に対して可動なダイアフラム電極と固定電極とが平行に設けられ、音圧によりダイアフラム電極を振動させて、ダイアフラム電極と固定電極との間の容量の変化を電圧の変化に変換することにより、音を電気信号に変換している。このコンデンサマイクロホンの感度は、ある音圧での平行平板電極間の容量値 ( $C_p$ ) に対する容量変化 ( $\Delta C_p$ ) の割合 ( $\Delta C_p / C_p$ ) に比例する。

10

【0003】

図15は、従来の一般的なコンデンサマイクロホンの断面図、図16は、その平面図である。図15は、図16のD-D断面を示す断面図である。従来の一般的なコンデンサマイクロホンは、基板41と、基板41の上に設けられるダイアフラム電極42と、スペーサ43を介してダイアフラム電極42と平行に配置される固定電極44とを有する。また、固定電極44の上には、絶縁膜45が設けられている。従来の一般的なコンデンサマイクロホンの構造においては、ダイアフラム電極42は、円形又は方形に形成され、ダイアフラム電極42の周囲で、例えば、基板41及び/又はスペーサ43により固定されている。ダイアフラム電極42は、ダイアフラム電極用引き出し電極46に接続され、ダイアフラム電極部47が形成されている。他方、固定電極44は、固定電極用引き出し電極48に接続され、固定電極部49が形成されている。

20

【0004】

従来の一般的なコンデンサマイクロホンにおいては、ダイアフラム電極42を薄くすることにより、ダイアフラム電極42が音圧に対して、可動しやすく形成され、ダイアフラム電極42の容量変化を大きくして、コンデンサマイクロホンの感度の向上を図っている。しかしながら、従来の一般的なコンデンサマイクロホンにおいては、ダイアフラム電極42の周囲が固定されているので、ダイアフラム電極42の周辺部分において、音圧変化に対する容量の変化が少なく、コンデンサマイクロホンの感度を向上させることが困難であった。

30

【0005】

また、従来の一般的なコンデンサマイクロホンにおいては、ダイアフラム膜の引っ張り応力が大きいと、コンデンサマイクロホンの感度が低下する。そこで、ダイアフラム膜の引っ張り応力を小さくしていくと、ダイアフラム電極の性能のばらつきが大きくなり、それに伴って感度のばらつきも大きくなってしまふ。一方、ダイアフラム膜の応力が圧縮側になると、ダイアフラム電極が撓んで、コンデンサマイクロホンとして動作しなくなる。このため、ダイアフラム膜の引っ張り応力を小さくしていくことには限界があった。他方、ダイアフラム膜を薄くすることによっても、感度を向上させることができる。しかしながら、ダイアフラム膜を薄くすると、ダイアフラム電極の機械的強度も低下し、ダイアフラム膜を薄くすることにも限界があった。

40

【0006】

これらを解決するために、様々な試みがなされてきた。これらの試みについて以下に簡単に説明する。

【0007】

特許文献1及び特許文献2のコンデンサマイクロホンにおいて、多数の孔を有する固定電極に対して、クランプを介してダイアフラム電極が作動関係を有して保持される。ダイアフラム電極の周辺部での変位が、クランプ及び/又はバネにより制約されるために、コンデンサマイクロホンの感度の向上に制約があった。

【0008】

特許文献3のコンデンサマイクロホンにおいて、固定電極に対して、ダイアフラム電極

50

が十字形状の梁により吊持される。十字形状の梁の部分は、音圧に対して動作しないので、コンデンサマイクロホンの感度の向上に制約があった。

【0009】

特許文献4のコンデンサマイクロホンにおいて、ダイアフラム電極の周囲の抵抗率を増加させることにより、周囲の容量を低下させて、実質的な容量変化割合 ( $C_p / C_p$ ) の増加を図っている。しかしながら、ダイアフラム電極の有する応力のために、感度の向上に制約があった。

【0010】

特許文献5のコンデンサマイクロホンにおいて、ダイアフラムによって可動電極を吊り持つ構成とすることにより容量変化割合 ( $C_p / C_p$ ) の増加を図っている。しかしながら、構造が複雑で製造が難しくなるという問題を有していた。また、ダイアフラムの周囲が固定されているので、感度の向上に制約があった。

10

【0011】

非特許文献1のコンデンサマイクロホンにおいて、歯車状の固定電極と歯車状のダイアフラム電極を交互に配置することが提案されている。ダイアフラム電極の固定されて変位しない部分と対応する位置に固定電極部分が存在しないので、必然的に容量 ( $C_p$ ) が減少し、容量変化割合 ( $C_p / C_p$ ) が増加する。しかし、ダイアフラム電極の周囲の全てが固定されている場合より感度が向上するが、ダイアフラム電極の周囲が依然として部分的に固定されているので感度の向上に制約がある。

【特許文献1】特許第3451593号公報

20

【特許文献2】特表2004-506394号公報

【特許文献3】特開2005-110204号公報

【特許文献4】特開2007-067659号公報

【特許文献5】特開2007-067483号公報

【非特許文献1】平出誠治、「音響メーカーのSiマイク最新技術」、MENS International 2007、C7-1、2007年6月7日

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

MEMS技術を用いて製造されるコンデンサマイクロホンにおいては、感度を向上させるため、ダイアフラムを固定する方法について様々な工夫がなされ、ダイアフラムの引っ張り応力、ダイアフラムの厚さについても様々な検討がなされてきたが、それぞれについてトレードオフとなる問題があり、この問題を解決することが課題となっている。

30

【0013】

また、コンデンサマイクロホンの容量 ( $C_p$ ) は、平行電極間の容量だけではなく、パッド電極、配線、及び基板の浮遊容量も含んでいる。このような浮遊容量を低減することによって、同じ容量の変化 ( $C_p$ ) でも容量変化割合 ( $C_p / C_p$ ) を増加して感度を向上することができる。このため、感度を向上させるために、浮遊容量を低減させることが課題となっている。浮遊容量を低減させるためには、従来のコンデンサマイクロホンのレイアウトを工夫するだけではなく、コンデンサマイクロホンの基本的な構造について根本的に検討することが必要となっている。

40

【0014】

さらに、コンデンサマイクロホンの周波数特性については、ダイアフラムを介して音圧感知側とバックキャピティ-との間の通気をどのように制御するかが課題となっている。通気口を設けないと、気圧変化の問題及び極低音でのノイズ発生の問題が生じる。しかしながら、通気口が大きすぎると、低音での感度が低下するという問題を生じる。

【0015】

本発明は、これらの課題を解決し、MEMS技術を用いて、感度が高く、周波数特性に優れたコンデンサマイクロホン及びその製造方法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】

50

## 【 0 0 1 6 】

上記目的を達成するために、本発明のコンデンサマイクロホンは、音波が通過する複数の穴を有する絶縁膜と、前記絶縁膜によって保持され、音波が通過する複数の穴を有する固定電極と、前記固定電極の裏面の中心部に設けられる固定部と、前記固定電極と平行に配置され、前記固定部により中心部のみが前記固定電極に固定され、前記固定電極を通過した音波を受けて振動し、振動の振幅が中心から外周に近づくにしたがって増加するダイヤフラム電極と、を具備し、音波を前記固定電極と前記ダイヤフラム電極との間の容量変化に変換して電気信号として検出することを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明のコンデンサマイクロホンは、音波が通過する複数の穴を有する絶縁膜と、前記絶縁膜によって保持され、音波が通過する複数の穴を有する固定電極と、前記固定電極の裏面の中心部に設けられる固定部と、前記固定電極と平行に配置され、前記固定部により中心部のみが前記固定電極に固定され、前記固定電極を通過した音波を受けて振動し、振動の振幅が中心から外周に近づくにしたがって増加するダイヤフラム電極と、前記ダイヤフラム電極と同一の平面に形成され、ダイヤフラム電極との間に通気口を形成する外側電極と、を具備し、音波を前記固定電極と前記ダイヤフラム電極との間の容量変化に変換して電気信号として検出することを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

本発明のコンデンサマイクロホンは、請求項 1 又は 2 いずれか記載のコンデンサマイクロホンにおいて、前記固定電極と同一の平面に形成され、前記固定電極と電気的に絶縁され、前記固定部から前記固定電極の外周方向に延びる形状を有し、前記固定部を介して前記ダイヤフラム電極と電気的に接続されるダイヤフラム電極用電気接続部を具備することを特徴とする。

## 【 0 0 1 9 】

本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法は、基板の表面に、第 1 絶縁膜及び第 1 導電性膜を成膜する工程と、前記第 1 導電性膜を所定の形状に加工してダイヤフラム電極の形状を形成する工程と、前記第 1 導電性膜の上に犠牲層を成膜する工程と、前記ダイヤフラム電極の中心部の前記犠牲層に、該犠牲層を貫通する溝を形成する工程と、前記犠牲層の上及び前記溝の内部に、第 2 導電性膜を成膜する工程と、前記第 2 導電性膜に固定電極の形状とダイヤフラム電極用電気接続部の形状とを形成する工程と、前記第 2 導電性膜の上、第 2 絶縁膜を成膜する工程と、前記第 2 絶縁膜と前記固定電極の形状の第 2 導電性膜とを貫通して前記犠牲層に達する複数の穴を形成する工程と、前記基板の裏面からエッチングすることにより、前記基板に、前記ダイヤフラム電極より面積が大きく、前記第 1 絶縁膜に達する開口を形成する工程と、前記複数の穴と前記基板の前記開口からエッチングすることにより、前記第 1 絶縁膜及び前記犠牲層を部分的に除去して、前記ダイヤフラム電極を前記固定電極に固定する固定部と、前記固定電極を前記基板の上に支持するスペーサと、通気口とを形成する工程と、を具備することを特徴とする。

## 【 0 0 2 0 】

また、本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法は、基板の表面に、第 1 絶縁膜及び第 1 導電性膜を成膜する工程と、前記第 1 導電性膜に、前記第 1 導電性膜を貫通し、後の通気口となる第 1 の溝を形成し、前記第 1 の溝の内側にダイヤフラム電極の形状を形成し、前記第 1 の溝の外側に前記ダイヤフラム電極と同一の平面に設けられる外側電極の形状を形成する工程と、前記第 1 導電性膜の上に犠牲層を成膜し、前記第 1 導電性膜を貫通する前記第 1 の溝を前記犠牲層により充填する工程と、前記ダイヤフラム電極の中心部の前記犠牲層に、該犠牲層を貫通する第 2 の溝を形成する工程と、前記犠牲層の上及び前記第 2 の溝の内部に、第 2 導電性膜を形成する工程と、前記第 2 導電性膜に固定電極の形状とダイヤフラム電極用電気接続部の形状とを形成する工程と、前記第 2 導電性膜の上、第 2 絶縁膜を形成する工程と、前記第 2 絶縁膜と前記固定電極の形状の第 2 導電性膜とを貫通して前記犠牲層に達する複数の穴を形成する工程と、前記基板の裏面からエッチングすることにより、前記基板に、前記ダイヤフラム電極より面積が大きく、前記第 1 絶縁膜に

10

20

30

40

50

達する開口を形成する工程と、前記複数の穴と前記基板の前記開口からエッチングすることにより、前記第1絶縁膜及び前記犠牲層を部分的に除去して、前記ダイヤフラム電極を前記固定電極に固定する固定部と、前記固定電極を前記基板の上に支持するスペーサと、前記通気口とを形成する工程と、を具備することを特徴とする。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、ダイヤフラム電極が中心部でのみ固定され、ダイヤフラム電極の外周では固定されないため、音波によるダイヤフラム電極の振動の振幅は中心から外周に近づくにしたがって大きくなる。このため、音圧により周辺部ほど大きな容量変化を生じる。そして、ダイヤフラム電極は、周辺部ほど面積が大きくなるので、容量変化割合 ( $C_p / C_p$ ) を大きくすることが可能となり、コンデンサマイクロホンの感度を向上させることが可能となる。

10

【0022】

本発明によれば、ダイヤフラム電極の中心部でダイヤフラム電極を固定する固定部と、固定電極と同一平面にある電気接続部とを介して、ダイヤフラム電極をダイヤフラム電極用引き出し電極と電気的に接続するので、ダイヤフラム電極の外周周辺の構造を簡単なものとすることができる。これにより、浮遊容量を低減し、同じダイヤフラム電極の面積でも、容量 ( $C_p$ ) を低減することが可能となり、容量変化割合 ( $C_p / C_p$ ) を大きくして、コンデンサマイクロホンの感度を向上させることが可能となる。

20

【0023】

本発明によれば、成膜とリソグラフィの工程を用いることにより、基板とダイヤフラム電極との間に設けられる通気口の加工精度を向上することが可能となるので、ダイヤフラム電極を介する音圧感知側とバックキャピティ間の通気の制御性が向上する。これにより、コンデンサマイクロホンの周波数特性を向上させ、ノイズを低減し、感度を向上させることにより、コンデンサマイクロホンの音響特性を向上させることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。なお、同一の構成要素については同一の参照符号を付して説明を省略する。

【0025】

本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンについて説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図、図2は、本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す平面図、図3は、本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの固定電極とダイヤフラム電極用電気接続部の両方の断面を示す断面図、図4は、本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの断面を斜め上から示す斜視断面図、図5、図6は、本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を示す図、図7は、本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を斜め上から示す斜視図である。

30

【0026】

ここで、図1は、図2のA-A断面から見た本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図、図3は、図2のB-B断面から見た本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図である。図4は、図2のA-A断面を斜め上から見た第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの形状を示す図である。

40

【0027】

図1に示すように、本願発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンは、中央に貫通する開口を有する基板1と、基板1の上に形成され、中央に貫通する開口を有するスペーサ2と、スペーサ2の上に形成され、導電性膜3により形成される固定電極4と、固定電極4の上に形成され固定電極4を保持する絶縁膜5と、固定電極4の絶縁膜5と接する面と反対側の面の中心部に設置される固定部6と、固定電極4と平行に配置され、固定部6により中心部のみが固定電極4に固定されるダイヤフラム電極7とを有する。固定

50

電極 4 とその上に設けられた絶縁膜 5 には、固定電極 4 と絶縁膜 5 とを貫通する複数の穴 8 が設けられる。固定電極 4 とダイアフラム電極 7 との間に、ギャップ 9 が形成されている。

【0028】

音波は、絶縁膜 5 の表面側から入射し、絶縁膜 5 と固定電極 4 とを貫通する複数の穴 8 を通過する。ダイアフラム電極 7 は、穴 8 を通過した音波を受けて振動する。ダイアフラム電極 7 は、固定部 6 により中心部のみが固定電極 4 に固定され、外周は固定されずに可動とされているので、音波による振動の振幅は中心から外周に近づくにしたがって大きくなる。本実施形態に係るコンデンサマイクロホンは、ダイアフラム電極 7 が音波を受けて振動することにより生じる固定電極 4 とダイアフラム電極 7 との間の容量変化を電気信号に変換することにより動作する。通気口 10 を設けることで、スペース 9 とキャビティ 11 との間の気圧差をなくすことができる。

10

【0029】

図 2 及び図 3 に示すように、導電性膜 3 は、固定電極 4 と、固定電極 4 と電氣的に絶縁されるダイアフラム電極用電気接続部 12 とに分離されている。固定電極 4 は、ダイアフラム電極 7 と一対のコンデンサを形成しコンデンサマイクロホンとして動作させるのに必要な表面積を有する。ダイアフラム電極用電気接続部 12 は、コンデンサマイクロホンの中心から外周に延びる形状を有し、固定電極 4 より小さな面積を有する。固定部 6 は、絶縁材料により形成され、固定部 6 の側面に導電性膜 13 が形成される。

【0030】

20

ダイアフラム電極 7 は、固定部 6 の側面に形成される導電性膜 13 とダイアフラム電極用電気接続部 12 とを介してダイアフラム電極用引き出し電極 14 と接続され、ダイアフラム電極部 15 が形成されている。他方、固定電極 4 は、固定電極用引き出し電極 16 と接続され、固定電極部 17 が形成されている。ダイアフラム電極 7 を、固定部 6 の側面の導電性膜 13 と、ダイアフラム電極用電気接続部 12 とを通して電氣的に接続することにより、ダイアフラム電極 7 の外周近傍の構造が簡単になり、浮遊容量を低減することが可能となる。

【0031】

ダイアフラム電極 7 を、固定電極 4 と同一平面にあるダイアフラム電極用電気接続部 12 を介してダイアフラム電極用引き出し電極 14 と電氣的に接続する場合について説明したが、ダイアフラム電極 7 を、ダイアフラム電極 7 と同一平面にある電気接続部を介してダイアフラム電極用引き出し電極 14 と電氣的に接続するようにしても良い。

30

【0032】

本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの 1 実施例においては、基板 1 としてシリコン基板 21 が用いられ、スペーサ 2 は、熱酸化膜 22 の上に CVD 酸化膜からなる犠牲層 24 が積層して形成され、スペーサ 2 の上の導電性膜 3 と絶縁膜 5 は、それぞれ導電性ポリシリコン膜と窒化シリコン膜によりそれぞれ形成され、固定部 6 は、CVD 酸化膜により形成され、固定部の側面の導電性膜 13 は、導電性ポリシリコンにより形成され、ダイアフラム電極 7 は、導電性ポリシリコンにより形成されるようにしても良い。

40

【0033】

次に、図 5、図 6 及び図 7 を参照して、本願発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造方法を、本実施形態に係るコンデンサマイクロホンの 1 実施例を一例として説明する。

【0034】

シリコン基板 21 の上に、シリコン基板 21 を熱酸化して、熱酸化膜 22 を成膜する。この熱酸化膜 22 の上に、不純物を添加した第 1 導電性ポリシリコン膜 23 を成膜する。第 1 導電性ポリシリコン膜 23 は、不純物を添加しながらポリシリコン膜を堆積して成膜しても良く、又は、ノンドープのポリシリコン膜を成膜した後にイオン注入等の公知の方法を用いることにより成膜しても良い。その後、応力調整のために、熱処理を行う(図 5

50

a)。

【0035】

次に、通常のホテルソグラフィーを用いて第1導電性ポリシリコン膜23をダイアフラム電極7の形状に加工する。ここでは、ダイアフラム電極7の形状を円形に加工する場合について説明しているが、ダイアフラム電極の形状は円形に限らず、使用法に応じたダイアフラム電極の動作に適する多角形、楕円形等の任意の形状に加工しても良い(図5b、図7a)。

【0036】

次に、犠牲層24を形成する。犠牲層24は、例えば、熱CVD(Chemical Vapor Deposition)法により酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )膜を成膜することにより形成される(図5c)。

10

【0037】

次に、ダイアフラム電極7の中心部に、ダイアフラム電極7を固定電極に固定する固定部を形成するため、犠牲層24を貫通する溝24aを形成し、犠牲層24を、溝24aの内側にある犠牲層24bと溝24aの外側にある犠牲層24cとに分離する。溝24aは、例えば、円環形状に形成されるが、犠牲層24を、溝24aの内側にある犠牲層24bと溝24aの外側にある犠牲層24cとに分離する閉ループ形状であれば多角形を含めて任意の形状に形成されても良い(図5d、図7b)。ここで、溝24aの内側にある犠牲層24bは、必ずしも必要ではないが、ダイアフラム電極7との接着強度を増すため、溝24aの内側にある犠牲層24bを残すのが好ましい。

20

【0038】

次に、固定電極となる不純物を添加した第2導電性ポリシリコン膜25を成膜する。第2導電性ポリシリコン膜25は、不純物を添加しながらポリシリコン膜を堆積して成膜しても良く、又はノドープのポリシリコン膜を成膜した後にイオン注入等の公知の方法を用いることにより不純物を添加して成膜しても良い。ここで、第2導電性ポリシリコン膜25は、犠牲層24に設けられた溝24aを充填し、溝24aの底部でダイアフラム電極7と導通し、溝24aの内側にある犠牲層24bの側壁を覆うように形成される。図1に示すように、溝24aの内側にある犠牲層24bは後の工程で固定部6に加工され、溝24aの内側にある犠牲層24bの側壁に形成された第2導電性ポリシリコン膜25(図1:13)は、ダイアフラム電極7とダイアフラム電極用電気接続部(図1:12)とを電気的に接続する(図5e、図1)。

30

【0039】

次に、固定電極となる第2導電性ポリシリコン膜25を、エッチングにより加工する。図7(c)に示すように、この第2導電性ポリシリコン膜25は、固定電極4とダイアフラム電極用電気接続部12とに分離され絶縁される。ダイアフラム電極用電気接続部12は、中心からの径と面積がその下に設けられる溝24aより大きい中心部12aと、中心部12aと接続され中心から外側に延びる接続部12bとを備えるように形成される。ダイアフラム電極用電気接続部12は、ダイアフラム電極用引き出し電極14に接続され、固定電極4は、固定電極用引き出し電極16に接続されている(図6a、図7c)。

【0040】

40

次に、プラズマCVD法を用いて、窒化シリコン膜26を成膜する。この窒化シリコン膜26は、固定電極4とダイアフラム電極用電気接続部12とを担持する。次に、図2に示すように、第2導電性ポリシリコン膜が表面に露出するように、窒化シリコン膜26を加工し、ダイアフラム電極部15と固定電極部17とを形成する(図6b、図2)。

【0041】

その後、金属膜を堆積し、ダイアフラム電極部15と固定電極部17上にもみ金属膜を残すパターン加工をして金属電極を形成する(図示せず)。金属膜として、例えば、アルミニウム膜を用いることができる。

【0042】

通常のホテルソグラフィーを用いて、窒化シリコン膜26と第2導電性ポリシリコン膜

50



25との両方を貫通して犠牲層24に達する複数の穴8を形成する。これにより、穴8を通してダイアフラム電極7まで音波を通過させる穴あきの固定電極4の形状が形成される(図6c)。なお、図2及び図4では、ダイアフラム電極用引き出し電極12にも複数の穴が形成されているが、この複数の穴は、後述する犠牲層24を除去する際に、エッチング液を通過させるために形成されたものである。

【0043】

次に、シリコン基板21の裏面からアルカリ液を用いてシリコン基板21を加工し、熱酸化膜22まで到達するダイアフラム電極7より径の大きな開口を形成する。これにより、シリコン基板21の裏面に、キャビティ11が形成される(図6c)。

【0044】

緩衝弗酸液によるウエットエッチングにより窒化シリコン膜26と第2導電性ポリシリコン膜25に形成された穴8を通して犠牲層24を部分的に除去する。この際、シリコン基板21の裏面の開口から熱酸化膜22も除去され、犠牲層24は、この開口からも除去される。犠牲層24bは、犠牲層24bの側壁に形成されたポリシリコン膜25によって保護されているので、エッチングされない。これにより、ダイアフラム電極7が、その中心部のみで、ダイアフラム電極用電気接続部12の中心部12aに、固定部6によって固定されて、周辺部は固定されない形状に加工される。ウエットエッチングにより溝24aの外側にある犠牲層24cの大部分が除去されることにより、固定電極4とダイアフラム電極7との間にギャップ9が形成されるが、外周部分は除去されずに残り、スペーサ2が形成される。また、このウエットエッチングにより、シリコン基板21とダイアフラム電極7との間に、通気口10が形成される。成膜とホトリソグラフィの工程を用いることにより、通気口を精度良く形成することができるので、コンデンサマイクロホンの音響性能を向上することができる(図6d、図4)。

【0045】

本発明の第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの動作と、図15に示す周辺部を固定されたダイアフラム電極を有する従来型のコンデンサマイクロホンの動作とを比較して説明する。

【0046】

第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンと図15の従来型のコンデンサマイクロホンの構造と動作を比較するために、軸対象3次元有限要素法を用いて一定音圧を印加したときのダイアフラム電極の変位量を計算した。図8は、この計算結果の1例を示す。縦軸の変化を識別できるように、軸方向(Z方向)の変位を1000倍にして示している。

【0047】

図8(a)に示すように、第1の実施形態に係るコンデンサマイクロホンは、ダイアフラム電極の中心部が固定され、周辺部が固定されていないので、周辺部が大きく変位する。一方、従来型のコンデンサマイクロホンは、図8(b)に示すように、ダイアフラム電極の周辺部が固定され、中心部が固定されていないので、中心部が変位し、ダイアフラム電極の膜が音圧で伸びて軸方向(Z方向)に変化するものの、ダイアフラム電極の膜の中心部の変位が固定されている周辺部により拘束されている。そのため、中心部の変位の量は、本発明の固定されずに自由に変位する周辺部の変位量と比較してかなり小さいことがわかる。

【0048】

図9は、同一音圧での本発明の中心固定型のダイアフラム電極と従来型の周辺固定型のダイアフラム電極のその半径に対する最大変位量を比較して示す。図9に示すように、ダイアフラム電極の径の増加とともに、ダイアフラム電極の最大変位量は非線形的に増加する。そして、いずれの径においても、本発明の中心固定型の最大変位量は、従来型の周辺固定型の最大変位量に対して、計算の範囲で5から7倍大きく、径が小さいほどこの比(倍率の値)が大きくなる。このように、本発明の中心固定型は、従来型の周辺固定型に比較して、ダイアフラム電極の径が小さいほど最大変位量を大きくできる効果を奏するので、マイクロホンを小型化するのに非常に有利である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 9 】

次に、実際に作成した本発明のマイクロホンと従来のマイクロホンとの間で、同一音圧に対する感度を比較した。図 1 0 は、その感度の比較の一例である。同一径のダイアフラム電極を用いた場合に、本発明の中心固定型の感度は、従来の周辺固定型の感度と比較して約 1 6 倍大きいことを示している。変位量に比較して感度の増大効果が大きいのは、中心部よりも周辺部の方が面積が大きく、周辺部で変位量の大きい本発明の方が、容量変化量が大きくなることと、本発明のマイクロホンでは、浮遊容量が極めて小さいためと考えられる。このように、本発明を用いることにより、マイクロホンの感度を大きくすることができる。また、マイクロホンの感度が同じならば、マイクロホンを小型化することが可能になる。

10

## 【 0 0 5 0 】

第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造方法の変形例について説明する。第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造方法において、積層する膜を一層追加して、加工精度をさらに向上しても良い。例えば、熱酸化膜 2 2 の上に、CVD 法により窒化シリコン膜を成膜して設ける。この窒化シリコン膜を、ダイアフラム電極の径より大きく取り除く。その上に、第 1 導電性ポリシリコン膜 2 3 を成膜して、ダイアフラム電極の形状に加工する。その後、前述の工程に従い、溝 2 4 a の外側にある犠牲層 2 4 c を除去すると、ダイアフラム電極の音圧感知側とキャピティー間の通気口が、ダイアフラム電極と窒化シリコン膜との間に形成され、表面と裏面との位置合わせ及び厚いシリコンの加工の影響を受けることなく、基板の表面側から窒化シリコン膜とダイアフラム電極の位置合わせ精度で形成されるので、通気口の寸法精度がさらに向上する。これにより、マイクロホンの通気口の寸法のバラツキを低減し、ダイアフラム電極の音圧感知側と裏面キャピティー間の通気制御の精度を向上し、コンデンサマイクロホンの音響性能を向上することが可能となる。

20

## 【 0 0 5 1 】

本願発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンについて説明する。図 1 1 は、本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図、図 1 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す平面図、図 1 3、図 1 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を示す図である。ここで、図 1 1 は、図 1 2 の C - C 断面から見た本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図である。

30

## 【 0 0 5 2 】

図 1 1 及び図 1 2 を参照して、本願発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンについて説明する。なお、第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンと同一の構成要素については同一の符号を付して説明を省略する。本願発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンは、ダイアフラム電極 7 の外側に、ダイアフラム電極 7 とほぼ同一の平面に形成された外側電極 3 0 を有する。ダイアフラム電極 7 と外側電極 3 0 との間には、通気口 3 1 が形成される。また、本願発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンは、スペーサ 2 の側壁に導電性膜 3 2 を設けるようにしても良い。外側電極 3 0 とスペーサ 2 の側壁に導電性膜 3 2 とを有するそれぞれの効果については、以下の本実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するなかで説明する。

40

## 【 0 0 5 3 】

図 1 3 及び図 1 4 を参照して、本願発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造方法の一例について説明する。第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程のうち、第 1 の実施形態と同一の製造工程については、説明を省略して記載する。

## 【 0 0 5 4 】

第 1 の実施形態と同様に、シリコン基板 2 1 の上に、シリコン基板 2 1 を熱酸化して熱酸化膜 2 2 を成膜し、この熱酸化膜 2 2 の上に、不純物を添加した第 1 導電性ポリシリコン膜 2 3 を成膜する。その後、応力調整のために、熱処理を行う ( 図 1 3 a ) 。

50

## 【 0 0 5 5 】

次に、通常のホテルソングラフィーを用いて第1導電性ポリシリコン膜23に第1導電性ポリシリコン膜23を貫通する溝33aを形成して、溝33aの内側にある第1導電性ポリシリコン膜33bをダイアフラム電極7の形に加工する。本実施形態において、溝33aは、本実施形態のコンデンサマイクロホンが完成した後に、ダイアフラム電極7の音圧感知側とキャビティー間の通気口31(図11)となる。溝33aの外側にある第1導電性ポリシリコン膜33cは、後に、外側電極30(図11)となる。ここでは、ダイアフラム電極の形を円形に加工する場合について説明したが、ダイアフラム電極の形状は円形に限らず、使用法に応じたダイアフラム電極の動作に適する多角形、楕円形等の任意の閉ループの形状に形成されても良い。ダイアフラム電極の形状に応じて、溝33aも任意の形状に形成されて良い(図13b)。

10

## 【 0 0 5 6 】

次に、第1の実施形態と同様に、犠牲層24を形成する。犠牲層24は、例えば、熱CVD法により酸化シリコン膜を成膜することにより形成される。本実施形態において、前工程で形成された溝33aは、犠牲層により充填される(図13c)。

## 【 0 0 5 7 】

次に、ダイアフラム電極7の中心部に、ダイアフラム電極7を固定電極に固定する固定部6(図11)を形成するための犠牲層24を貫通する溝34aと、側壁スペーサ32(図11)を形成するための溝34bとを形成し、犠牲層24を溝34aの内側にある犠牲層34cと、溝34aと溝34bの間にある犠牲層34dと、溝34bの外側にある犠牲層34eとの3個に分離する。それぞれの溝34a、34bは、例えば、円環形状に形成されるが、犠牲層24を分離する閉ループ形状であれば多角形を含めて任意の形状に形成されても良い(図13d)。

20

## 【 0 0 5 8 】

次に、不純物を添加した固定電極となる第2導電性ポリシリコン膜25を成膜する。第2導電性ポリシリコン膜25は、不純物を添加しながらポリシリコン膜を堆積して成膜しても良く、又はノンドーパのポリシリコン膜を成膜した後にイオン注入等の公知の方法を用いることにより不純物を添加して成膜しても良い。ここで、犠牲層24に設けられた内側の溝34aと外側の溝34bは、第2導電性ポリシリコン膜25により充填され、第2導電性ポリシリコン膜25は、溝34aの底面でダイアフラム電極7と導通し、内側にある犠牲層34cの側面を覆うように形成される。また、第2導電性ポリシリコン膜25は、溝34bの底面で外側電極30と導通し、外側にある犠牲層34eの側面を覆うように形成される。図11に示すように、溝34aの内側にある犠牲層34cの側面に形成された第2導電性ポリシリコン膜は、ダイアフラム電極7とダイアフラム電極用電気接続部12とを電氣的に接続する導電成膜13となる。犠牲層34eの側面に形成された第2導電性ポリシリコン膜は、固定電極4と外側電極30とを電氣的に接続する。また、溝34bの外側にある犠牲層34eの側面に形成された第2導電性ポリシリコン膜は、溝34aと溝34bの間にある犠牲層34dを除去する際、溝34bの外側にある犠牲層34eのサイドエッチングを防止し、スペーサ2の形状(図14d)を制御する。なお、固定電極4と外側電極30とを電氣的に接続しない場合には、溝34bの形成を省略しても良い(図13e、図11)。

30

40

## 【 0 0 5 9 】

次に、図6(a)から図6(c)に示した第1の実施形態の製造工程と同様な製造工程を実施する(図14aから図14c)。

## 【 0 0 6 0 】

最後に、図6(d)に示した第1の実施形態の製造工程と同様な製造工程を実施して、第2の実施形態に係るコンデンサマイクロホンが形成される。第2の実施形態の最後の工程について以下に簡単に説明する。

## 【 0 0 6 1 】

複数の穴8とシリコン基板21の開口から緩衝弗酸液によるウエットエッチングをする

50

ことにより、導電性膜 1 3 を保護膜として、第 1 導電性ポリシリコン膜 2 3 と第 2 導電性ポリシリコン膜 2 5 との間にある犠牲層 2 4 を部分的に除去して、ダイアフラム電極 7 を固定電極 4 に固定する固定部 6 とギャップ 9 とが形成される。これとともに、固定電極 4 を基板 1 の上に支持するスペーサ 2 が形成される。溝 3 4 b の外側にある犠牲層 3 4 e の側壁に導電性膜 3 2 が形成されている場合は、この導電性膜 3 2 を保護膜としてスペーサ 2 が形成されるので、スペーサ 2 の形状を制御することができる。この工程で、導電性膜 2 3 の溝 3 3 a を充填する犠牲層 2 4 が除去されて、通気口 3 1 が形成される（図 1 4 d）。

【 0 0 6 2 】

次に、第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホン及びその製造方法の特有の効果について説明する。

10

【 0 0 6 3 】

ダイアフラム電極 7 の音圧感知側とキャビティ 1 1 との間の通気口 3 1 が、基板の表面側からの同一のマスクによるリソグラフィーを用いて第 1 導電性ポリシリコン膜 2 3 を加工することによって形成される。これにより、通気口を、リソグラフィーの限界に達するまで微細に精度良く加工することが可能となり、通気口 3 1 の寸法制度を向上することが可能となる。この結果、通気口 3 1 の寸法のバラツキを低減し、ダイアフラム電極 7 の音圧感知側とキャビティ 1 1 との間の通気制御の精度を向上することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

本実施形態では、電極間の溝は、例えば、円形に形成されているが、多角形、又は歯車形状等を含む任意の形状に形成されるようにして、特性の最適化を図ることが可能である。電極間の溝の幅は、一定としても良いが、通気制御を最適化するために、場所によって溝の幅を変えても良い。

20

【 0 0 6 5 】

また、第 2 の実施形態においては、第 1 の実施形態の変形例のように成膜数を増加することにより製造工程を複雑化することなく、通気口 3 1 の加工精度を向上することが可能となる。

【 0 0 6 6 】

第 2 の実施形態において、外側電極 3 0 と固定電極 4 とを電氣的に接続する場合について説明した。外側電極 3 0 と固定電極 4 とを電氣的に接続することにより、外側電極 3 0 と固定電極 4 との電位を固定して、電位の不安定要因を除去し、ダイアフラム電極 7 の周囲（キャップ 9）の電位を安定化することが可能となる。したがって、外側電極 3 0 を、固定電極 4 の代わりにダイアフラム電極 7 と電氣的に接続しても良く、これによっても電位の不安定要因を除去し、ダイアフラム電極 7 の周囲（キャップ 9）の電位を安定化することが可能となる。

30

【 0 0 6 7 】

外側電極 3 0 と固定電極 4 とを電氣的に接続する場合には、コンデンサマイクロホンの実際の使用時に、外側電極 3 0 と、外側電極 3 0 と逆の極性を有するダイアフラム電極 7 との間に静電引力が働き、ダイアフラム電極 7 の動作に制動が加えられる。静電引力によりダイアフラム電極 7 の動作に制動が加えられることは、コンデンサマイクロホンの感度を向上するうえでは逆効果である。しかし、静電引力によりダイアフラム電極 7 の動作に制動が加えられることは、動作時にダイアフラム電極に生じる物理的揺れや加速度から、ダイアフラム電極 7 を保護する効果を生じる。静電引力とダイアフラム電極 7 の動作の自由度との間の関係をトレードオフとして最適設計をすることにより、感度が十分に高く機械的にも強固なコンデンサマイクロホンを実現することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 8 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す平面図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの固定電極とダイアフラ

50

ム電極用電気接続部とを示す断面図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの断面を斜め上から示す斜視断面図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を示す図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を斜め上から示す斜視図である。

【図 8】一定音圧を印加したときのダイアフラム電極の変位量を比較して示す図である。

10

【図 9】同一音圧での本発明のダイアフラム電極と従来のダイアフラム電極のその半径に対する最大変位量を比較して示す図である。

【図 10】本発明のマイクロホンと従来のマイクロホンの同一音圧に対する感度を比較して示す図である。

【図 11】本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す断面図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンを示す平面図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を示す図である。

【図 14】本発明の第 2 の実施形態に係るコンデンサマイクロホンの製造工程を示す図である。

20

【図 15】従来の一般的なコンデンサマイクロホンを示す断面図である。

【図 16】従来の一般的なコンデンサマイクロホンを示す平面図である。

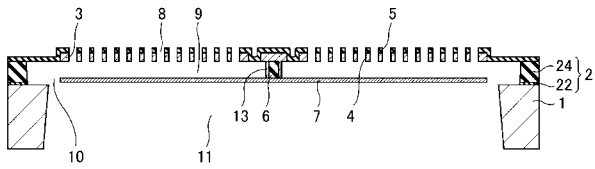
【符号の説明】

【0069】

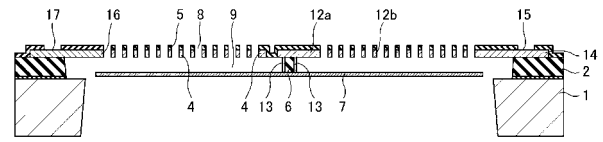
1 : 基板、2 : スペーサ、3 : 導電性膜、4 : 固定電極、5 : 絶縁膜、6 : 固定部、7 : ダイアフラム電極、8 : 穴、9 : ギャップ、10 : 通気口、11 : キャビティ、12 : ダイアフラム電極用電気接続部、13 : 導電性膜、14 : ダイアフラム電極用引き出し電極、15 : ダイアフラム電極部、16 : 固定電極用引き出し電極、17 : 固定電極部、21 : シリコン基板、22 : 熱酸化膜、23 : 第 1 導電性ポリシリコン膜、24 : 犠牲層、24 a : 溝、24 b : 溝 24 a の内側にある犠牲層、24 c : 溝 24 a の外側にある犠牲層、25 : 第 2 導電性ポリシリコン膜、26 : 窒化シリコン膜、30 : 外側電極、31 : 通気口、32 : 導電性膜、33 a : 溝、33 b : 溝 33 a の内側にある第 1 導電性ポリシリコン膜、33 c : 溝 33 a の外側にある第 1 導電性ポリシリコン膜、34 a、34 b : 溝、34 c : 溝 34 a の内側にある犠牲層、34 d : 溝 34 a と溝 34 b の中間にある犠牲層、34 e : 溝 34 b の外側にある犠牲層、41 : 基板、42 : ダイアフラム電極、43 : スペーサ、44 : 固定電極、45 : 絶縁膜、46 : ダイアフラム電極用引き出し電極、47 : ダイアフラム電極部、48 : 固定電極用引き出し電極、49 : 固定電極部

30

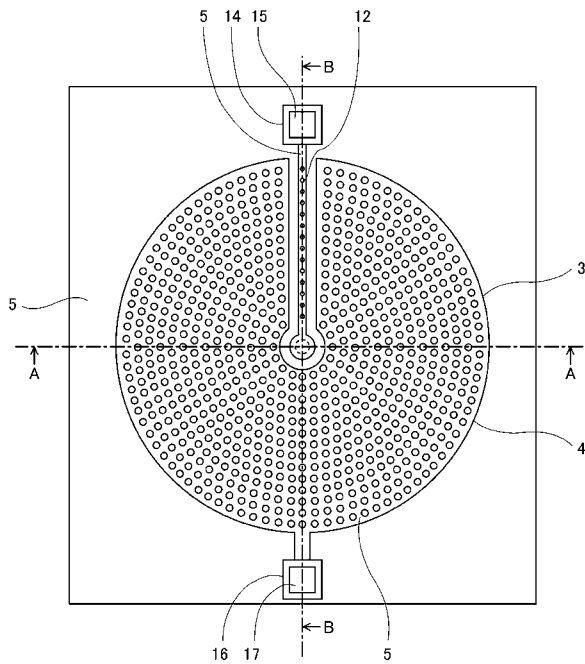
【 1 】



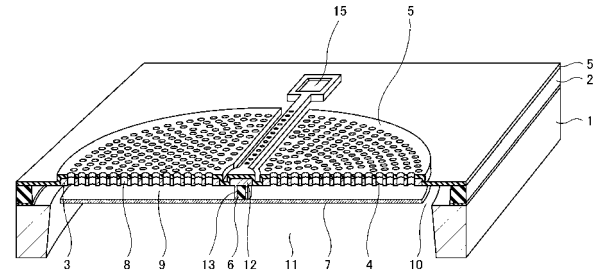
【 3 】



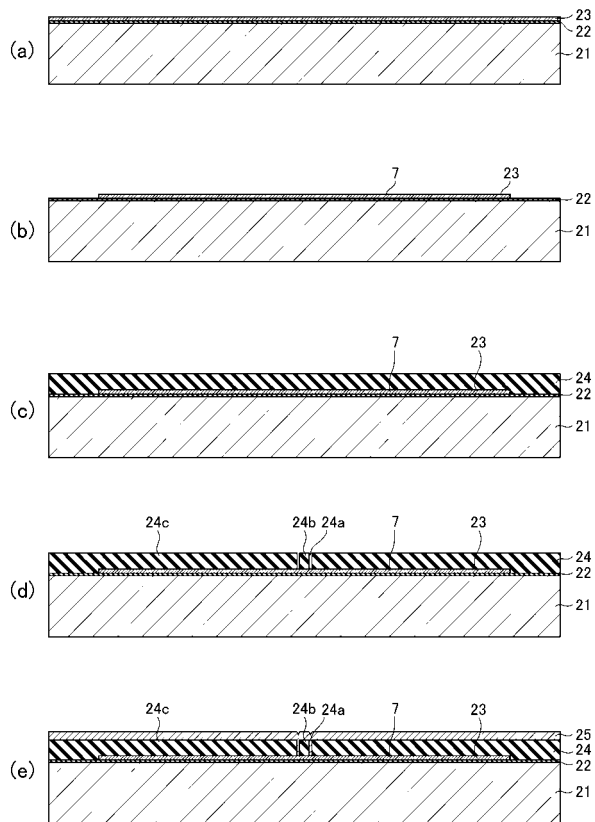
【 2 】



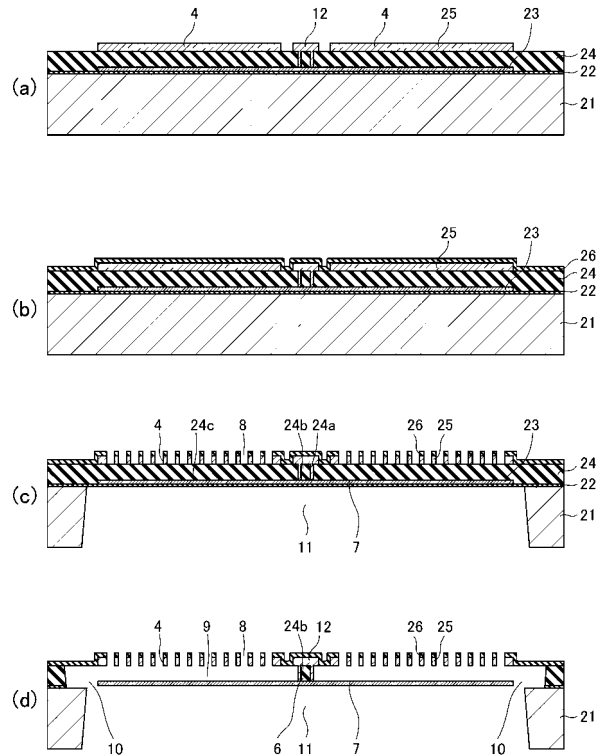
【 4 】



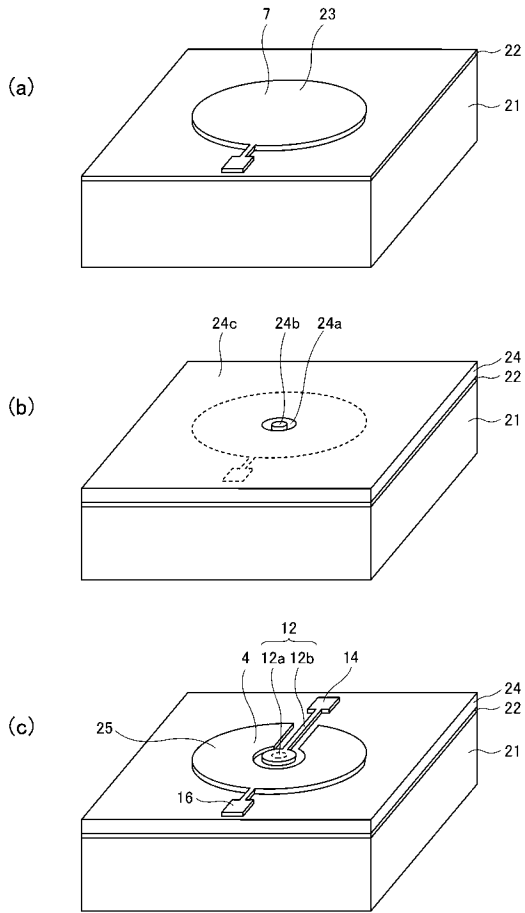
【 5 】



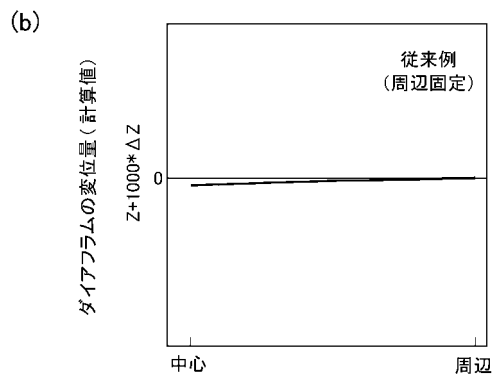
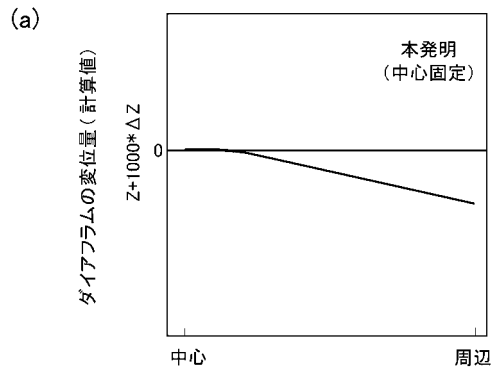
【 6 】



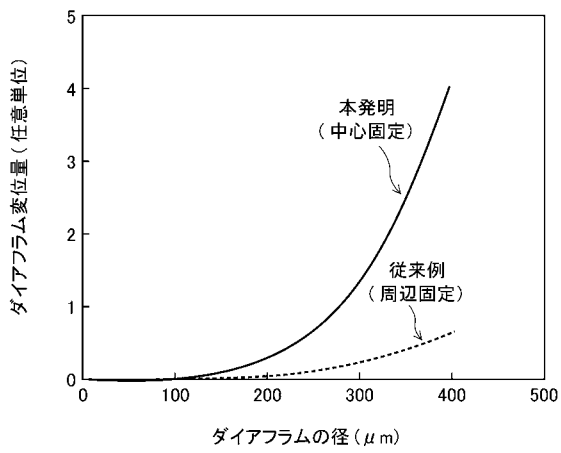
【図7】



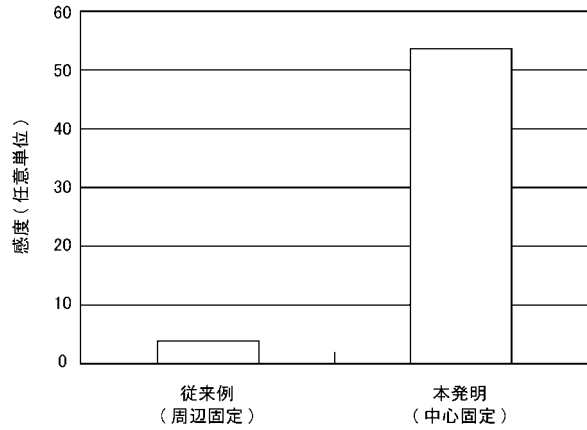
【図8】



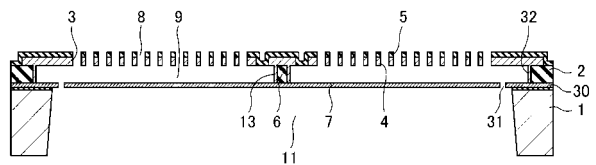
【図9】



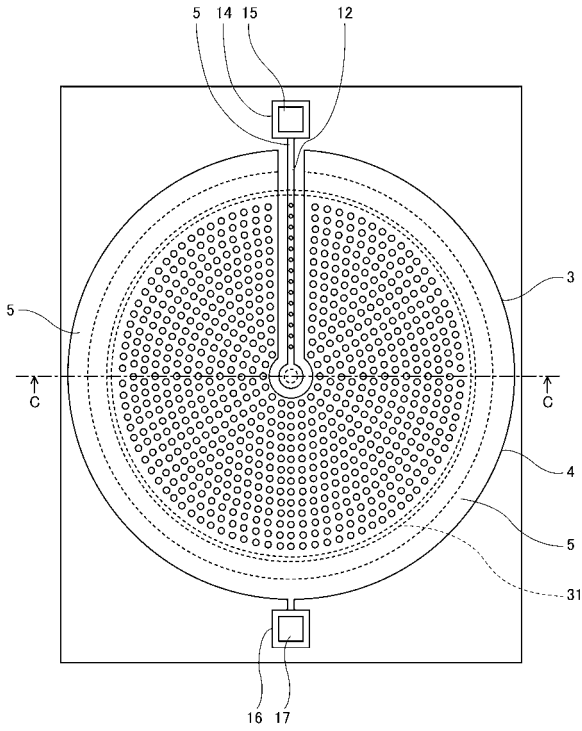
【図10】



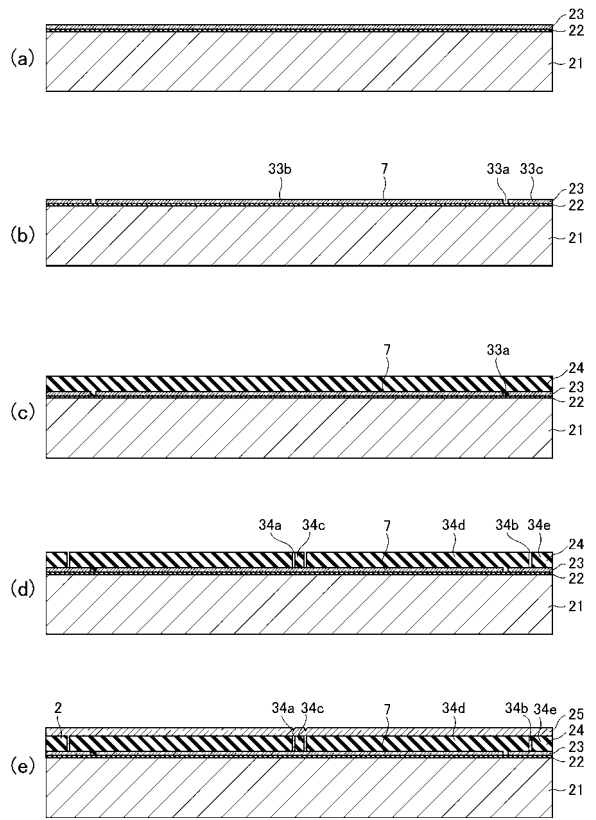
【図11】



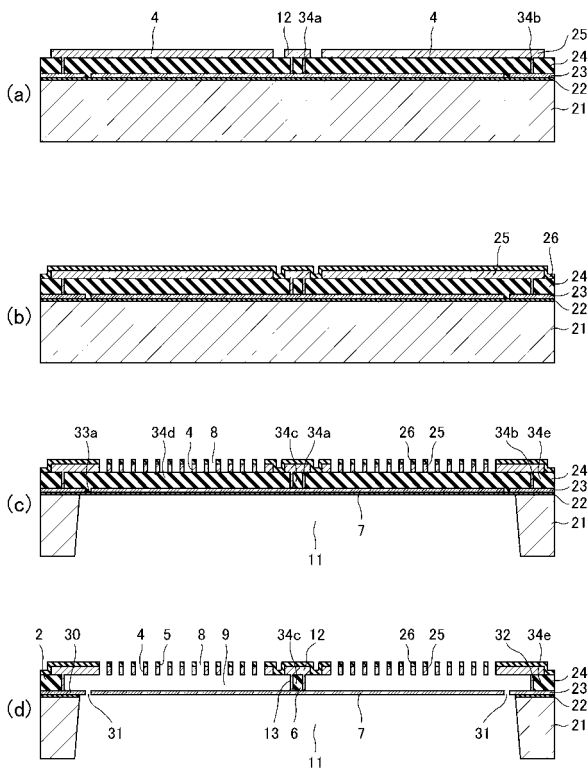
【 1 2 】



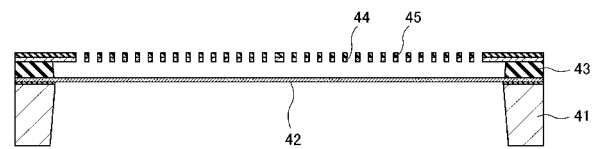
【 1 3 】



【 1 4 】

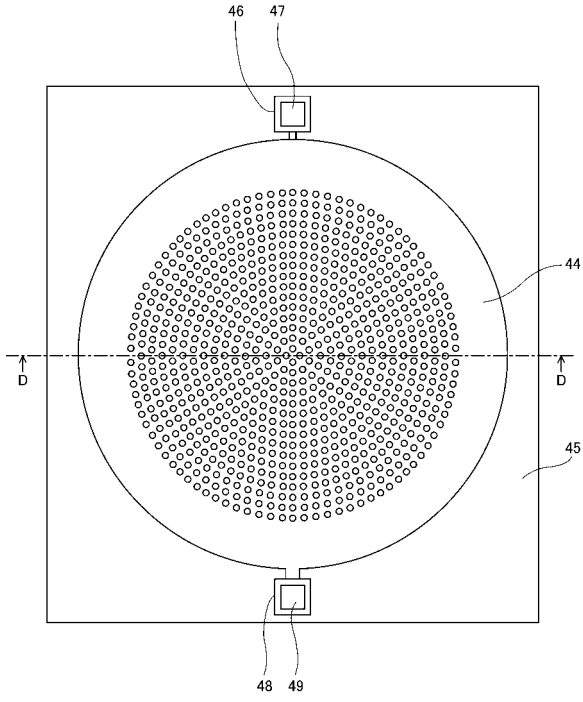


【 1 5 】





【図 16】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 L	7 / 0 0 - 2 3 / 3 2
G 0 1 L	2 7 / 0 0 - 2 7 / 0 2
H 0 1 L	2 7 / 2 0
H 0 1 L	2 9 / 8 4
H 0 4 R	1 / 2 0 - 1 / 4 0
H 0 4 R	1 1 / 0 0 - 1 1 / 0 6
H 0 4 R	1 1 / 1 4 - 1 5 / 0 2
H 0 4 R	1 9 / 0 0 - 1 9 / 0 4
H 0 4 R	2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
H 0 4 R	2 3 / 0 0 - 2 3 / 0 2
H 0 4 R	3 1 / 0 0