

(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2009-89100

(P2009-89100A)

(43) 公開日 平成21年4月23日(2009.4.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4R 19/04 (2006.01)	HO4R 19/04	2G064
GO1H 11/06 (2006.01)	GO1H 11/06	3C081
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	4M112
HO1L 29/84 (2006.01)	HO1L 29/84	5D021

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2007-256908 (P2007-256908)
 (22) 出願日 平成19年9月28日 (2007.9.28)

(71) 出願人 000004075
 ヤマハ株式会社
 静岡県浜松市中区中沢町10番1号
 (74) 代理人 100117396
 弁理士 吉田 大
 (74) 代理人 100117466
 弁理士 岩上 渉
 (72) 発明者 鈴木 民人
 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマ
 ハ株式会社内
 (72) 発明者 鈴木 幸俊
 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマ
 ハ株式会社内

最終頁に続く

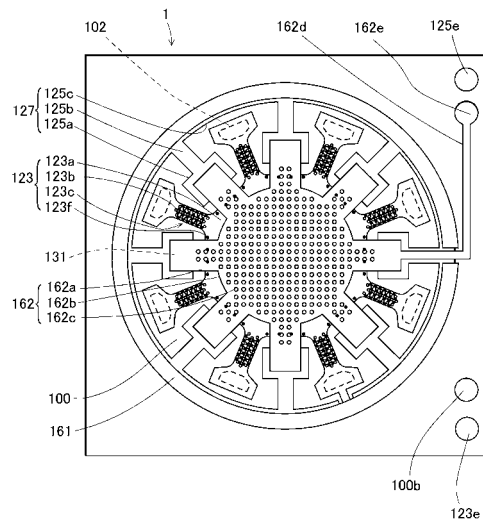
(54) 【発明の名称】 振動トランスデューサ

(57) 【要約】

【課題】 振動トランスデューサの感度を高めつつダイヤフラムのスティクションを防止する。

【解決手段】 基板と、前記基板上の堆積膜からなり、導電性を有し、中央部と前記中央部から外側に放射状に延びる複数の腕部とを備えるダイヤフラムと、前記基板上の堆積膜からなり、導電性を有するプレートと、前記基板上の堆積膜からなり、複数の前記腕部のそれぞれに接合され、前記プレートとの間に空隙を挟んで前記ダイヤフラムを支持するダイヤフラム支持部と、を備え、前記基板または前記プレートに前記ダイヤフラムが付着することを防止する複数の突起が前記ダイヤフラムの腕部に形成され、前記ダイヤフラムが前記プレートに対して振動することにより前記ダイヤフラムと前記プレートとで形成される静電容量が変化する、振動トランスデューサ。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板上の堆積膜からなり、導電性を有し、中央部と前記中央部から外側に放射状に延びる複数の腕部とを備えるダイヤフラムと、

前記基板上の堆積膜からなり、導電性を有するプレートと、

前記基板上の堆積膜からなり、複数の前記腕部のそれぞれに接合され、前記プレートとの間に空隙を挟んで前記ダイヤフラムを支持するダイヤフラム支持部と、
を備え、

前記基板または前記プレートに前記ダイヤフラムが付着することを防止する複数の突起が前記ダイヤフラムの腕部に形成され、

前記ダイヤフラムが前記プレートに対して振動することにより前記ダイヤフラムと前記プレートとで形成される静電容量が変化する、

振動トランスデューサ。

【請求項 2】

前記突起は前記腕部の前記ダイヤフラムの周方向端の近傍領域に形成されている、

請求項 1 に記載の振動トランスデューサ。

【請求項 3】

複数の前記突起の配列は、前記ダイヤフラムの径方向において最も近い前記突起同士を結ぶ方向が前記ダイヤフラムの周方向に対して傾斜する配列である、

請求項 1 または 2 に記載の振動トランスデューサ。

【請求項 4】

前記突起は千鳥配列されている、

請求項 1 または 2 に記載の振動トランスデューサ。

【請求項 5】

基板と、

前記基板上の堆積膜からなり、導電性を有し、中央部と前記中央部から外側に放射状に延びる複数の腕部とを備えるダイヤフラムと、

前記基板上の堆積膜からなり、導電性を有するプレートと、

前記基板上の堆積膜からなり、複数の前記腕部のそれぞれに接合され、前記プレートとの間に空隙を挟んで前記ダイヤフラムを支持するダイヤフラム支持部と、
を備え、

前記基板または前記プレートに前記ダイヤフラムが付着することを防止する複数の突起が前記中央部の外周の近傍領域に形成され、

前記ダイヤフラムが前記プレートに対して振動することにより前記ダイヤフラムと前記プレートとで形成される静電容量が変化する、

振動トランスデューサ。

【請求項 6】

前記突起は先鋭でない突端を有する、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の振動トランスデューサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は振動トランスデューサに関し、特にMEMSセンサとしての微小なコンデンサマイクロホンなどの波動トランスデューサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体デバイスの製造プロセスを応用して製造される微小なコンデンサマイクロホンが知られている。このようなコンデンサマイクロホンは、MEMSマイクロホンといわれ、対向電極を構成するダイヤフラムとプレートは基板上に堆積した薄膜からなるとと

10

20

30

40

50

もに互いに離間した状態で基板上に支持されている。音波によってダイヤフラムがプレートに対して振動すると、その変位によりコンデンサの静電容量が変化し、その容量変化が電気信号に変換される。

【0003】

【非特許文献1】電気学会MSS-01-34

【特許文献1】特開平9-508777

【特許文献2】米国特許第4776019号

【特許文献3】特表2004-506394

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

ダイヤフラムとプレートや基板との間隔は数 μm と非常に小さい。このため衝撃がダイヤフラムに加わったときや製造時にダイヤフラムがプレートや基板に接触してそのまま固着するスティクションが起こることがある。しかし、感度を高めるためにはダイヤフラムの剛性を下げる必要があるにも関わらず、ダイヤフラムの剛性が下がるほどスティクションが起きやすくなるという問題がある。

【0005】

本発明はこの問題を解決するために創作されたものであって、振動トランスデューサの感度を高めつつダイヤフラムのスティクションを防止することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

(1)上記目的を達成するための振動トランスデューサは、基板と、基板上の堆積膜からなり、導電性を有し、中央部と中央部から外側に放射状に延びる複数の腕部とを備えるダイヤフラムと、基板上の堆積膜からなり、導電性を有するプレートと、基板上の堆積膜からなり、複数の腕部のそれぞれに接合され、プレートとの間に空隙を挟んでダイヤフラムを支持するダイヤフラム支持部と、を備え、基板またはプレートにダイヤフラムが付着することを防止する複数の突起がダイヤフラムの腕部に形成され、ダイヤフラムがプレートに対して振動することによりダイヤフラムとプレートとで形成される静電容量が変化する。

本発明による振動トランスデューサのダイヤフラムは、外縁部が環状に接合されるのではなく中央部から放射状に延びる複数の腕部のそれぞれがダイヤフラム支持部に接合される構成である。このようなダイヤフラムは外縁部が環状に固定されるダイヤフラムに比べて剛性が低くなるため本発明の振動トランスデューサは感度が高くなる。通常、ダイヤフラムの振幅は中心から固定端に接近するほど小さくなるため、ダイヤフラムの固定端の近傍におけるスティクションは起こりにくい。しかし本発明の構成ではダイヤフラムの腕部自体の剛性が低くなるため、スティクションの対策が必要になる。そこで本発明では、基板またはプレートにダイヤフラムが付着することを防止する複数の突起をダイヤフラムの腕部に形成する。したがって本発明によると振動トランスデューサの感度を高めつつダイヤフラムのスティクションを防止することができる。

30

【0007】

(2)腕部のダイヤフラムの周方向端の近傍領域は応力によって反りやすい。すなわちダイヤフラムの腕部においては、ダイヤフラムの周方向端

40

連続にくによく、構造的には、閉じた壁ではなく複数の柱として要素と基板またはプレートとのスティクションが起きやすい。したがって、突起は腕部のダイヤフラムの周方向端の近傍領域に形成されていることが望ましい。

【0008】

(3)膜の剛性は、突起が形成される領域で局所的に高まる。したがってダイヤフラムの周方向に整列した突起列が腕部に複数形成され、ダイヤフラムの径方向に並ぶ突起列と突起列との間隔が広い場合には、ダイヤフラムの腕部の剛性分布にストライプ状のムラが

50

生じる。すなわちこの場合、剛性が高い帯状の領域と剛性が低い帯状の領域がダイヤフラムの径方向に交互に現れる。すると剛性が低い帯状の領域でダイヤフラムの腕部が折れ曲がりやすくなる。腕部が折れ曲がるとスティクションが起こる。したがって、複数の突起の配列は、ダイヤフラムの径方向において最も近い突起同士を結ぶ方向がダイヤフラムの周方向に対して傾斜する配列であることが望ましい。このように突起を配列することにより、腕部の剛性分布にストライプ状のムラが生じにくくなる。

【0009】

(4) また、突起は千鳥配列されていてもよい。突起を千鳥配列することによっても、剛性分布にストライプ状のムラが生じにくくなる。なお、ここでいう千鳥配列とは、複数の突起の全てがダイヤフラムの径方向にも周方向にも整列している格子配列でなければよく、例えば各突起が格子点に位置するとともにダイヤフラムの周方向に直線的に並ぶ突起からなる2列の間に、その2列に含まれる突起とはダイヤフラムの径方向に並んでいない別の突起が1つ以上存在すればよい。

10

【0010】

(5) 上記目的を達成するための振動トランスデューサは、基板と、基板上の堆積膜からなり、導電性を有し、中央部と中央部から外側に放射状に延びる複数の腕部とを備えるダイヤフラムと、基板上の堆積膜からなり、導電性を有するプレートと、基板上の堆積膜からなり、複数の腕部のそれぞれに接合され、プレートとの間に空隙を挟んでダイヤフラムを支持するダイヤフラム支持部と、を備え、基板またはプレートにダイヤフラムが付着することを防止する複数の突起が中央部の外周の近傍領域に形成され、ダイヤフラムがプレートに対して振動することによりダイヤフラムとプレートとで形成される静電容量が変化する。

20

本発明による振動トランスデューサのダイヤフラムは、外縁部が環状に接合されるのではなく中央部から放射状に延びる複数の腕部のそれぞれがダイヤフラム支持部に接合される構成である。このようなダイヤフラムは外縁部が環状に接合されるダイヤフラムに比べて剛性が低くなるため本発明の振動トランスデューサは感度が高くなる。通常、ダイヤフラムの振幅は中心から固定端に接近するほど小さくなるため、ダイヤフラムの固定端に近づくほどスティクションは起こりにくくなる。しかし、本発明の構成によると、隣り合う腕部の間に位置するダイヤフラムの中央部の外周近傍領域においては張力が弱くなるため不規則な振動が起こりやすい。また本発明の構成によると、また隣り合う腕部の間に位置するダイヤフラムの中央部の外周近傍領域が製造時の応力で反りやすい。したがって本発明ではダイヤフラムが基板またはプレートに付着することを防止する突起が中央部の外周の近傍領域に形成される。このため本発明によると振動トランスデューサの感度を高めつつダイヤフラムのスティクションを防止することができる。

30

【0011】

(6) 上記いずれの構成においても、突起は先鋭でない突端を有することが望ましい。突起の突端が先鋭である場合、突起によってプレートや基板が損傷するおそれがあるからである。特にプレートが靱性の低い材料からなる場合、先鋭な突起との衝突によってプレートに亀裂が入るおそれもあるからである。

40

【0012】

尚、請求項において「～上に」というときは、技術的な阻害要因がない限りにおいて「上に中間物を介在させずに」と「～上に中間物を介在させて」の両方を意味する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照しながら説明する。尚、各図において対応する構成要素には同一の符号が付され、重複する説明は省略される。

【0014】

1. 構成

図1は本発明の一実施形態であるコンデンサマイクロホン1のMEMS構造部であるセンサチップを示し、図2はその模式的な断面を示し、図3はその膜の積層構造を示してい

50

る。図 2 1 および図 2 2 はその一部の詳細な断面を示している。コンデンサマイクロホン 1 はセンサチップと、電源回路および増幅回路を備えた図示しない回路チップと、これらを収容する図示しないパッケージとから構成される。

【 0 0 1 5 】

コンデンサマイクロホン 1 のセンサチップは、基板 1 0 0 と、その上に積層された下層絶縁膜 1 1 0、下層導電膜 1 2 0、上層絶縁膜 1 3 0、上層導電膜 1 6 0、表層絶縁膜 1 7 0 などの堆積膜とからなるチップである。はじめにコンデンサマイクロホン 1 の MEMS 構造部の膜の積層構造について説明する。

【 0 0 1 6 】

基板 1 0 0 は P 型単結晶シリコンからなる。基板の材質はこれに限らず、薄膜を堆積するための下地基板および薄膜からなる構造体を支持する支持基板としての剛性、厚さ、靱性を備えていればよい。基板 1 0 0 には通孔が形成されており、その通孔の開口 1 0 0 a はバックキャピティ C 1 の開口を形成している。

【 0 0 1 7 】

基板 1 0 0、下層導電膜 1 2 0 および上層絶縁膜 1 3 0 に接合されている下層絶縁膜 1 1 0 は酸化シリコン (SiO_x) からなる堆積膜である。下層絶縁膜 1 1 0 は円周上に等間隔に配列された複数のダイヤフラム支持部 1 0 2 と、ダイヤフラム支持部 1 0 2 よりも内側において円周上に等間隔に配列された複数のガードスペーサ 1 0 3 と、ガードリング 1 2 5 c およびガードリード 1 2 5 d を基板 1 0 0 から絶縁している環状の環状部 1 0 1 とを構成している。

【 0 0 1 8 】

下層絶縁膜 1 1 0 および上層絶縁膜 1 3 0 に接合されている下層導電膜 1 2 0 は P などの不純物が全体にドーピングされた多結晶シリコンからなる堆積膜である。下層導電膜 1 2 0 はガード電極 1 2 5 a とガードコネクタ 1 2 5 b とガードリング 1 2 5 c とガードリード 1 2 5 d とからなるガード部 1 2 7 と、ダイヤフラム 1 2 3 とを構成している。

【 0 0 1 9 】

下層導電膜 1 2 0 と上層導電膜 1 6 0 と下層絶縁膜 1 1 0 とに接合されている上層絶縁膜 1 3 0 は酸化シリコンからなる堆積膜である。上層絶縁膜 1 3 0 は円周上に配列された複数のプレートスペーサ 1 3 1 とプレートスペーサ 1 3 1 の外側に位置しエッチストップパリング 1 6 1 を支持しプレートリード 1 6 2 d とガードリード 1 2 5 d とを絶縁する環状の環状部 1 3 2 とを構成している。

【 0 0 2 0 】

上層絶縁膜 1 3 0 に接合されている上層導電膜 1 6 0 は P 等の不純物が全体にドーピングされた多結晶シリコンからなる堆積膜である。上層導電膜 1 6 0 はプレート 1 6 2 と、プレートリード 1 6 2 d と、エッチストップパリング 1 6 1 とを構成している。

【 0 0 2 1 】

上層導電膜 1 6 0 および上層絶縁膜 1 3 0 に接合されている表層絶縁膜 1 7 0 は酸化シリコン膜からなる絶縁性の堆積膜である。

【 0 0 2 2 】

コンデンサマイクロホン 1 の MEMS 構造部には 4 つの端子 1 2 5 e、1 6 2 e、1 2 3 e、1 0 0 b が設けられている。これらの端子 1 2 5 e、1 6 2 e、1 2 3 e、1 0 0 b は AlSi などの導電性の堆積膜であるパッド導電膜 1 8 0、Ni などの導電性の堆積膜であるパンプ膜 2 1 0、Au などの耐腐食性に優れた導電性の堆積膜であるパンプ保護膜 2 2 0 とからなる。端子 1 2 5 e、1 6 2 e、1 2 3 e、1 0 0 b はそれぞれ SiN などの絶縁性の堆積膜であるパッド保護膜 1 9 0 と酸化シリコンなどの絶縁性の堆積膜である表層保護膜 2 0 0 とによって側壁が保護されている。

【 0 0 2 3 】

以上、コンデンサマイクロホン 1 の MEMS 構造部の膜の積層構造について説明した。次にコンデンサマイクロホン 1 の MEMS 構造部の機械構造について説明する。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

ダイヤフラム 1 2 3 は全体が導電性を有する単層の薄い堆積膜からなり、中央部 1 2 3 a と、中央部 1 2 3 a から外側に放射状に伸びる複数の腕部 1 2 3 c とを備える。ダイヤフラム 1 2 3 はその外縁近傍の複数箇所に接合されている複数の柱形のダイヤフラム支持部 1 0 2 によってプレート 1 6 2 との間と基板 1 0 0 との間とにそれぞれ空隙を挟んでプレート 1 6 2 から絶縁して支持され、基板 1 0 0 と平行に張り渡されている。ダイヤフラム支持部 1 0 2 は、ダイヤフラム 1 2 3 のそれぞれの腕部 1 2 3 c の先端部近傍に接合されている。ダイヤフラム 1 2 3 は腕部 1 2 3 c と腕部 1 2 3 c との間が切り欠かれているため、切り欠きのない形態に比べて剛性が低くなっている。さらにそれぞれの腕部 1 2 3 c には通孔であるダイヤフラム孔 1 2 3 b が複数形成されているため、腕部 1 2 3 c 自体の剛性も低くなっている。

10

【0025】

中央部 1 2 3 a の近傍において、ダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c は中央部 1 2 3 a に接近するほどダイヤフラム 1 2 3 の周方向に長くなっている。これにより腕部 1 2 3 c と中央部 1 2 3 a との境界における応力集中を緩和できる。また腕部 1 2 3 c と中央部 1 2 3 a との境界近傍において腕部 1 2 3 c の輪郭に屈曲部を形成しないことにより屈曲部において応力集中が起こることを防止できる。

【0026】

ダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c はダイヤフラム支持部 1 0 2 との接合領域において幅が広く、すなわちダイヤフラムの周方向の長さが長くなっている。具体的には、ダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c は、中央部 1 2 3 a の近傍では中央部 1 2 3 a から離れるに従って幅が狭まり、ダイヤフラム支持部 1 0 2 の近傍ではダイヤフラム支持部 1 0 2 に接近するに従って幅が広がっている。したがってダイヤフラム 1 2 3 の周方向における腕部 1 2 3 c の長さは、ダイヤフラム支持部 1 0 2 と中央部 1 2 3 a との間において最も短くなり、ダイヤフラム支持部 1 0 2 に接合される領域においてはダイヤフラム支持部 1 0 2 と中央部 1 2 3 a との間における最短長よりも長くなっている。このため、ダイヤフラム 1 2 3 の半径を広げずにダイヤフラム 1 2 3 とダイヤフラム支持部 1 0 2 との接合面積を広くとり、耐久性を高めることができる。さらに本実施形態の腕部 1 2 3 c の幅（ダイヤフラム 1 2 3 の周方向の長さ）はダイヤフラム支持部 1 0 2 と接合される領域において最も長くなっているため、ダイヤフラム 1 2 3 の剛性を低く保ちながらダイヤフラム 1 2 3 の接合強度を十分に確保できる。

20

30

【0027】

複数のダイヤフラム支持部 1 0 2 はバックキャビティ C 1 の開口 1 0 0 a の周囲において開口 1 0 0 a の周方向に等間隔に配列されている。それぞれのダイヤフラム支持部 1 0 2 は絶縁性の堆積膜からなり柱形である。ダイヤフラム 1 2 3 は、その中央部 1 2 3 a がバックキャビティ C 1 の開口 1 0 0 a を覆うように、これらのダイヤフラム支持部 1 0 2 によって基板 1 0 0 の上に支持されている。それぞれのダイヤフラム支持部 1 0 2 は、プレート 1 6 2 の径方向においてプレート 1 6 2 の複数の接合部 1 6 2 a の間に位置し、プレート 1 6 2 の径方向においてプレート支持部 1 2 9 よりも外側に位置する。このためダイヤフラム 1 2 3 の剛性はプレート 1 6 2 の剛性に比べて低くなっている。またそれぞれのダイヤフラム支持部 1 0 2 の幅（ダイヤフラムの周方向の長さ）はダイヤフラム支持部 1 0 2 とダイヤフラム 1 2 3 の中央部 1 2 3 a との間における腕部 1 2 3 c の幅（ダイヤフラムの周方向の長さ）よりも長い。このため、ダイヤフラム 1 2 3 とダイヤフラム支持部 1 0 2 との十分な接合強度が確保されている。基板 1 0 0 とダイヤフラム 1 2 3 との間にはダイヤフラム支持部 1 0 2 の厚さに相当する空隙 C 2 が形成されている。空隙 C 2 はバックキャビティ C 1 の気圧を大気圧と平衡させるために必要である。空隙 C 2 はダイヤフラム 1 2 3 を振動させる音波がバックキャビティの開口 1 0 0 a に至るまでの経路における最大の音響抵抗を形成するように、低く、ダイヤフラム 1 2 3 の径方向の長さが長く形成されている。

40

【0028】

ダイヤフラム 1 2 3 の基板 1 0 0 と対抗する面には複数のダイヤフラムパンプ 1 2 3 f

50

が形成されている。ダイヤフラムポンプ 1 2 3 f の位置は図 1 において黒丸で示されている。このダイヤフラムポンプ 1 2 3 f はダイヤフラム 1 2 3 が基板 1 0 0 に付着（スティッキング）することを防止するための突起であり、ダイヤフラム 1 2 3 を構成する下層導電膜 1 2 0 のうねりによって形成されている。すなわちダイヤフラムポンプ 1 2 3 f の裏側にはディンプル（凹み）が形成されている。

【 0 0 2 9 】

図 1 8 はダイヤフラム 1 2 3 の部分拡大図である。ダイヤフラムポンプ 1 2 3 f の位置は図 1 8 においても黒丸で示されている。

隣り合う腕部 1 2 3 c の間においてダイヤフラム 1 2 3 の中央部 1 2 3 a の外周の近傍領域は張力が小さくなるため不規則な振動が起こりやすく、また成膜時に生ずる応力によって反りやすい。したがってダイヤフラムポンプ 1 2 3 f は、隣り合う腕部 1 2 3 c の間においてダイヤフラム 1 2 3 の中央部 1 2 3 a の外周の近傍領域に配列されている。中央部 1 2 3 a のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f から中央部 1 2 3 a の外周までの距離は短ければ短いほどよい。具体的には例えば、中央部 1 2 3 a のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f から中央部 1 2 3 a の外周までの最短距離は、ダイヤフラム 1 2 3 とプレート 1 6 2 との間隔の最大値よりも小さいことが望ましく、ダイヤフラムポンプ 1 2 3 f が突出している高さよりも短いことが望ましい。ダイヤフラム 1 2 3 の中央部 1 2 3 a にこのように配列されるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f によって、中央部 1 2 3 a と基板 1 0 0 とのスティクションが防止される。なお、このように配列されるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f がプレート 1 6 2 に向かって突出するように形成すれば、ダイヤフラム 1 2 3 の中央部 1 2 3 a とプレート 1 6 2 とのスティクションを防止することもできる。

【 0 0 3 0 】

ダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c は中央部 1 2 3 a に対して剛性が低いいため、ダイヤフラム 1 2 3 の固定端を形成するダイヤフラム支持部 1 0 2 からの距離が近い割に大きく振動しやすい。したがってダイヤフラムポンプ 1 2 3 f はダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c にも配列されている。また腕部 1 2 3 c は成膜時に生ずる応力によって幅方向の端の近傍領域が反りやすい。したがって、それぞれの腕部 1 2 3 c においては、腕部 1 2 3 c の幅方向（ダイヤフラムの周方向）の両端の近傍領域にそれぞれ 1 列に並んでダイヤフラムポンプ 1 2 3 f がダイヤフラム 1 2 3 の径方向に配列されている。腕部 1 2 3 c の幅方向の両端の近傍に配列されるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f から腕部 1 2 3 c の周方向の端までの距離は短ければ短いほどよい。具体的には例えば、腕部 1 2 3 c の幅方向の両端の近傍に配列されるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f から腕部 1 2 3 c の幅方向の端までの距離は、ダイヤフラム 1 2 3 とプレート 1 6 2 との間隔の最大値よりも小さいことが望ましく、ダイヤフラムポンプ 1 2 3 f が突出している高さよりも短いことが望ましい。また腕部 1 2 3 c の幅方向の両端の近傍に配列されるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f はダイヤフラム孔 1 2 3 b よりも腕部 1 2 3 c の幅方向の端に近いことが望ましい。ダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c にこのように配列されるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f によって、腕部 1 2 3 c と基板 1 0 0 とのスティクションが防止される。

【 0 0 3 1 】

腕部 1 2 3 c を折れ曲がりにくくするため、腕部 1 2 3 c の幅方向の中央領域にも 2 列に並んでダイヤフラムポンプ 1 2 3 f をダイヤフラム 1 2 3 の径方向に配列するとともに、中央の 2 列のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f に対して両端の 2 列のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f が互い違いになるように 4 列のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f を配列する。すなわち、少なくとも一部ダイヤフラムポンプ 1 2 3 f は、ダイヤフラム 1 2 3 の径方向において最も近いダイヤフラムポンプ 1 2 3 f 同士を結ぶ方向（図 1 8 に示す A A 線の方向）がダイヤフラム 1 2 3 の周方向（図 1 8 に示す B B 線の方向）に対して傾斜するように千鳥配列されている。すなわち、ダイヤフラム 1 2 3 の中心を中心とし腕部 1 2 3 c のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f を通る円周のダイヤフラムポンプ 1 2 3 f を接点とする接線（B B 線）に対し、その接点と、その接点にあるダイヤフラムポンプ 1 2 3 f からダイヤフラム 1 2 3 の径方向において最も近いダイヤフラムポンプ 1 2 3 f とを結ぶ直線（A A 線）が傾斜し

10

20

30

40

50

ている。図 1 および図 1 8 に示すようにダイヤフラムバンプ 1 2 3 f を千鳥配列することにより腕部 1 2 3 c が折れ曲がりにくくなるため、腕部 1 2 3 c と基板 1 0 0 とのステイクションがさらに起こりにくくなる。

【 0 0 3 2 】

またダイヤフラムバンプ 1 2 3 f との接触によって基板 1 0 0 やプレート 1 6 2 が損傷することを防止するため、ダイヤフラムバンプ 1 2 3 f の突端は先鋭でない形状にすることが望ましい。具体的には例えば、ダイヤフラムバンプ 1 2 3 f の突端面は平面または球面であることが望ましい。

【 0 0 3 3 】

ダイヤフラム 1 2 3 は複数の腕部 1 2 3 c のうちの 1 つの先端から伸びるダイヤフラムリード 1 2 3 d によってダイヤフラム端子 1 2 3 e に接続されている。ダイヤフラムリード 1 2 3 d は腕部 1 2 3 c より幅が狭くダイヤフラム 1 2 3 と同じ下層導電膜 1 2 0 によって構成されている。ダイヤフラムリード 1 2 3 d は環状のガードリング 1 2 5 c が分断されている領域を通してダイヤフラム端子 1 2 3 e まで伸びている。ダイヤフラム端子 1 2 3 e と基板端子 1 0 0 b とは図示しない回路チップにおいて短絡しているため（図 4 参照）、ダイヤフラム 1 2 3 と基板 1 0 0 とは同電位である。

【 0 0 3 4 】

なお、ダイヤフラム 1 2 3 と基板 1 0 0 の電位が異なる場合にはダイヤフラム 1 2 3 と基板 1 0 0 とが寄生容量を形成するが、この場合であっても、ダイヤフラム 1 2 3 が複数のダイヤフラム支持部 1 0 2 によって支持されており、隣り合うダイヤフラム支持部 1 0 2 の間には空気層が存在するため、ダイヤフラム 1 2 3 が環状の壁構造のスペーサで支持される構造に比べると寄生容量が小さくなる。

【 0 0 3 5 】

プレート 1 6 2 は全体が導電性を有する単層の薄い堆積膜からなり、対向部 1 6 2 b と、対向部 1 6 2 b から外側に放射状に伸びる接合部 1 6 2 a とを備える。プレート 1 6 2 はその外縁近傍の複数箇所に接合されている複数の柱形のプレートスペーサ 1 3 1 に支持されている。またプレート 1 6 2 はその中心がダイヤフラム 1 2 3 の中心と重なるようにダイヤフラム 1 2 3 と平行に張り渡されている。プレート 1 6 2 の中心（対向部 1 6 2 b の中心）から対向部 1 6 2 b の外縁までの距離すなわちプレート 1 6 2 の中心から外縁までの最短距離は、ダイヤフラム 1 2 3 の中心（中央部 1 2 3 a の中心）から中央部 1 2 3 a の外縁までの距離すなわちダイヤフラム 1 2 3 の中心から外縁までの最短距離よりも短い。したがって振幅が小さいダイヤフラム 1 2 3 の外縁近傍領域において、プレート 1 6 2 はダイヤフラム 1 2 3 に対向しない。またプレート 1 6 2 の接合部 1 6 2 a と接合部 1 6 2 a との間には切り欠きが形成されているため、ダイヤフラム 1 2 3 の外縁近傍に相当するプレート 1 6 2 の切り欠きの領域においてもプレート 1 6 2 とダイヤフラム 1 2 3 とが対向しない。そしてプレート 1 6 2 の切り欠きの領域にダイヤフラム 1 2 3 の腕部 1 2 3 c が伸びている。このため寄生容量を増大させることなくダイヤフラム 1 2 3 の振動の両端の間の距離、すなわちダイヤフラム 1 2 3 が張り渡される距離を長くすることができる。

【 0 0 3 6 】

プレート 1 6 2 には通孔であるプレート孔 1 6 2 c が複数形成されている。プレート孔 1 6 2 c はダイヤフラム 1 2 3 に音波を伝搬させる通路として機能するとともに、上層絶縁膜 1 3 0 を等方的にエッチングするためのエッチャントを通す孔としても機能する。上層絶縁膜 1 3 0 がエッチングされた後に残る部分がプレートスペーサ 1 3 1 および環状部 1 3 2 となりエッチングによって除去される部分がダイヤフラム 1 2 3 とプレート 1 6 2 との間の空隙 C 3 となる。すなわちプレート孔 1 6 2 c は空隙 C 3 とプレートスペーサ 1 3 1 とを同時に形成できるようにエッチャントを上層絶縁膜 1 3 0 に到達させるための通孔である。したがってプレート孔 1 6 2 c は空隙 C 3 の高さやプレートスペーサ 1 3 1 の形状やエッチング速度に応じて配置されている。具体的にはプレート孔 1 6 2 c はプレートスペーサ 1 3 1 との接合領域とその周辺をのぞく対向部 1 6 2 b および接合部 1 6 2 a

10

20

30

40

50

のほぼ全域にわたってほぼ等間隔に配列されている。隣り合うプレート孔 162c の間隔を狭めるほど上層絶縁膜 130 の環状部 132 の幅を狭くしてチップの面積を狭くできる。一方、隣り合うプレート孔 162c の間隔を狭めるほどプレート 162 の剛性が低くなる。

【0037】

プレートスペーサ 131 はダイヤフラム 123 と同じ層に位置するガード電極 125a に接合されている（ガード電極 125a はダイヤフラム 123 と同じ下層導電膜 120 からなる。）。プレートスペーサ 131 はプレート 162 に接合されている絶縁性の堆積膜である上層絶縁膜 130 からなる。複数のプレートスペーサ 131 はバックキャピティ C1 の開口 100a の周囲に等間隔に配列されている。それぞれのプレートスペーサ 131 はダイヤフラム 123 の腕部 123c と腕部 123c との間の切り欠きの領域に位置するため、ダイヤフラム 123 の最大径よりも、プレート 162 の最大径を小さくすることができる。これによりプレート 162 の剛性が上がるとともにプレート 162 と基板 100 との寄生容量が小さくなる。

10

【0038】

プレート 162 はそれぞれがガードスペーサ 103 とガード電極 125a とプレートスペーサ 131 とによって構成される柱形の複数のプレート支持部 129 によって基板 100 上に支持されている。すなわち本実施形態においてプレート支持部 129 は複層の堆積膜からなる構造である。プレート支持部 129 によって、プレート 162 とダイヤフラム 123 との間には空隙 C3 が形成され、プレート 162 と基板 100 との間には空隙 C3 と空隙 C2 とが形成されている。ガードスペーサ 103 とプレートスペーサ 131 とが絶縁性を有するためプレート 162 は基板 100 から絶縁されている。

20

【0039】

ガード電極 125a がなく、プレート 162 の電位と基板 100 の電位とが異なる場合、プレート 162 と基板 100 とが対向している領域には寄生容量が生じ、特にこれらの間に絶縁物がある場合には寄生容量が大きくなる（図 4A 参照）。本実施形態ではガードスペーサ 103 とガード電極 125a とプレートスペーサ 131 とからなる、互いに離間した複数の構造体 129 でプレート 162 を基板 100 上に支持する構造であるため、ガード電極 125a がなくても、環状の壁構造の絶縁物でプレート 162 が基板 100 上に支持される構造に比べると寄生容量が小さくなっている。

30

【0040】

プレート 162 のダイヤフラム 123 と対向する面には複数の突起（プレートバンプ）162f が設けられている。プレートバンプ 162f はプレート 162 を構成する上層導電膜 160 に接合された窒化シリコン（SiN）膜と、窒化シリコン膜に接合された多結晶シリコン膜とからなる。プレートバンプ 162f はダイヤフラム 123 がプレート 162 に付着（スティッキング）することを防止する。

【0041】

プレート 162 の接合部 162a の先端からは接合部 162a より細いプレートリード 162d がプレート端子 162e まで伸びている。プレートリード 162d はプレート 162 と同じ上層導電膜 160 からなる。プレートリード 162d の配線経路はガードリード 125d の配線経路と重なっている。このためプレートリード 162d と基板 100 との寄生容量が低減される。

40

以上、コンデンサマイクロホン 1 の MEMS 構造部の機械構造について説明した。

【0042】

2. 作用

図 4 は回路チップとセンサチップとが接続されることにより構成される回路を示している。ダイヤフラム 123 には回路チップに備わるチャージポンプ CP によって安定したバイアス電圧が印加される。このバイアス電圧が高いほど感度が高くなるがダイヤフラム 123 とプレート 162 とのスティクションが起きやすくなるためプレート 162 の剛性は重要である。

50

【 0 0 4 3 】

図示しないパッケージの通孔から伝わる音波はプレート孔 1 6 2 c とプレート 1 6 2 の腕部間の切り欠き領域とを通過してダイヤフラム 1 2 3 に伝わる。プレート 1 6 2 には両面から同位相の音波が伝わるためプレート 1 6 2 は実質的に振動しない。ダイヤフラム 1 2 3 に伝わった音波はプレート 1 6 2 に対してダイヤフラム 1 2 3 を振動させる。ダイヤフラム 1 2 3 が振動するとプレート 1 6 2 とダイヤフラム 1 2 3 とを対向電極とする平行平板コンデンサの静電容量が変動する。この静電容量の変動は電圧信号として回路チップのアンプ A に入力されて増幅される。センサチップの出力はハイインピーダンスであるためアンプ A がパッケージ内に必要である。

【 0 0 4 4 】

基板 1 0 0 とダイヤフラム 1 2 3 とが短絡されているため、図 3 A に示すようにガード部 1 2 7 のガード電極 1 2 5 a が存在しなければ相対的に振動しないプレート 1 6 2 と基板 1 0 0 とによって寄生容量が形成される。図 3 B に示すようにアンプ A の出力端をガード部 1 2 7 に接続し、アンプ A によってボルテージフォロア回路を構成することによりプレート 1 6 2 と基板 1 0 0 とによって寄生容量が形成されないようになる。すなわちプレート 1 6 2 の接合部 1 6 2 a と基板 1 0 0 とが対向する領域において接合部 1 6 2 a と基板 1 0 0 との間にガード電極 1 2 5 a を設けることにより、プレート 1 6 2 の接合部 1 6 2 a と基板 1 0 0 とが対向する領域における寄生容量を低減できる。さらに、またプレート 1 6 2 から伸びるプレートリード 1 6 2 d と対向する領域には、ガード電極同士を接続するガードリング 1 2 5 c からガード端子 1 2 5 e に伸びるガードリード 1 2 5 d が配線されているため、プレートリード 1 6 2 d と基板 1 0 0 とによっても寄生容量が形成されない。環状のガードリング 1 2 5 c はダイヤフラム 1 2 3 の周囲においてほぼ最短経路で複数のガード電極 1 2 5 a を接続している。またプレート 1 6 2 の周方向においてガード電極 1 2 5 a をプレート 1 6 2 の接合部 1 6 2 a より長く形成することによりさらに寄生容量が低減される。

【 0 0 4 5 】

なお、チャージポンプ C P、アンプ A などの回路チップに備わる要素をセンサチップ内に設け、1 チップ構造のコンデンサマイクロホン 1 を構成することも可能である。

【 0 0 4 6 】

3 . 製造方法

次に図 5 から図 1 7 に基づいてコンデンサマイクロホン 1 の製造方法を説明する。

【 0 0 4 7 】

図 5 に示す工程では、まず基板 1 0 0 の表面全体に酸化シリコンからなる下層絶縁膜 1 1 0 を形成する。次に、ダイヤフラムパンプ 1 2 3 f を形成するためのディンプル 1 1 0 a をフォトレジストマスクを用いたエッチングにより下層絶縁膜 1 1 0 に形成する。このときディンプル 1 1 0 a の底が先鋭にならない方法が選択される。例えば等方性エッチングによってディンプル 1 1 0 a を形成したり、底に平坦面が残る範囲で異方性エッチングを終了させる。次に、下層絶縁膜 1 1 0 の表面上に C V D 法などを用いて多結晶シリコンからなる下層導電膜 1 2 0 を形成する。すると、ディンプル 1 1 0 a の上にダイヤフラムパンプ 1 2 3 f が形成される。最後に、フォトレジストマスクを用いて下層導電膜 1 2 0 をエッチングすることにより、下層導電膜 1 2 0 からなるダイヤフラム 1 2 3 およびガード部 1 2 7 を形成する。

【 0 0 4 8 】

続いて図 6 に示す工程では、下層絶縁膜 1 1 0 と下層導電膜 1 2 0 の表面全体に酸化シリコンからなる上層絶縁膜 1 3 0 を形成する。次に、プレートパンプ 1 6 2 f を形成するためのディンプル 1 3 0 a を、フォトレジストマスクを用いたエッチングにより上層絶縁膜 1 3 0 に形成する。

【 0 0 4 9 】

続く図 7 に示す工程では、上層絶縁膜 1 3 0 の表面上に多結晶シリコン膜 1 3 5 と窒化シリコン膜 1 3 6 とからなるプレートパンプ 1 6 2 f を形成する。多結晶シリコン膜 1 3

10

20

30

40

50

5を周知の方法でパターンングした後に窒化シリコン膜136が形成されるため、ディンプル130aから突出している多結晶シリコン膜135の露出面全体が窒化シリコン膜136で覆われる。窒化シリコン膜136はスティッキング時にダイヤフラム123とプレート162とが短絡することを防止する絶縁膜である。

【0050】

続いて図8に示す工程では、上層絶縁膜130の露出面と窒化シリコン膜136の表面にECVD法などを用いて多結晶シリコンからなる上層導電膜160を形成する。次にフォトリソマスクを用いて上層導電膜160をエッチングすることによりプレート162とプレートリード162dとエッチストップリング161とを形成する。なおこの工程ではプレート孔162cは形成されない。

10

【0051】

続いて図9に示す工程では、上層絶縁膜130にコンタクトホールCH1、CH3、CH4が形成され、続いて酸化シリコンからなる表層絶縁膜170が表面全体に形成される。さらにフォトリソマスクを用いたエッチングにより、表層絶縁膜170にコンタクトホールCH2を形成すると同時に表層絶縁膜170のコンタクトホールCH1、CH3、CH4の底部に形成されている部分を除去する。次にコンタクトホールCH1、CH2、CH3、CH4のそれぞれを埋めるALSiからなるパッド導電膜180が形成され、コンタクトホールCH1、CH2、CH3、CH4を覆う部分を残して周知の方法でパターンングされる。さらに窒化シリコンからなるパッド保護膜190が表層絶縁膜170およびパッド導電膜180の上にCVD法により形成されパッド導電膜180の周囲にのみを残るようにパッド導電膜190が周知の方法によりパターンングされる。

20

【0052】

続いて図10に示す工程では、フォトリソマスクを用いた異方性エッチングにより、プレート孔162cに対応する通孔170aが表層絶縁膜170に形成され、上層導電膜160にはプレート孔162cが形成される。この工程は連続的に実施され、通孔170aが形成された表層絶縁膜170は上層導電膜160のレジストマスクとして機能する。

【0053】

続いて図11に示す工程では、酸化シリコンからなる表層保護膜200が表層絶縁膜170とパッド保護膜190の表面に形成される。このとき表層絶縁膜170の通孔170aとプレート孔162cとは表層保護膜200によって埋められる。

30

【0054】

続いて図12に示す工程では、コンタクトホールCH1、CH2、CH3、CH4にそれぞれ形成されているパッド導電膜180の表面にNiからなるバンプ膜210を形成し、バンプ膜210の表面にAuからなるバンプ保護膜220を形成する。さらにこの段階で基板100の裏面を研削し、基板100の厚さを完成寸法にする。

【0055】

続いて図13に示す工程では、フォトリソマスクを用いたエッチングにより、表層保護膜200と表層絶縁膜170とにエッチストップリング161が露出する通孔H5を形成する。

40

【0056】

以上の工程で基板100の表面側の成膜プロセスはすべて終了している。基板100の表面側の成膜プロセスがすべて終了した状態において、図14に示す工程ではバックキャピティC1に対応する通孔を基板100に形成するための通孔H6を有するフォトリソマスクR1を基板100の裏面に形成する。

【0057】

続いて図15に示す工程では、基板深掘りエッチング(Deep-RIE)により基板100に通孔を形成する。このとき下層絶縁膜110がエッチングストップとなる。

【0058】

続いて図16に示す工程では、フォトリソマスクR1を除去し、基板深掘りエッチ

50

ングにより基板 100 に荒く形成された通孔の壁面 100c を平滑化する。

【0059】

続いて図 17 に示す工程では、フォトレジストマスク R2 と BHF (希フッ酸) を用いた等方性エッチングにより、プレート 162 およびプレートリード 162d の上にある余分な表層保護膜 200 および表層絶縁膜 170 を除去し、さらに上層絶縁膜 130 の一部を除去して環状部 132、プレートスペーサ 131 および空隙 C3 を形成し、下層絶縁膜 110 の一部を除去してガードスペーサ 103、ダイヤフラム支持部 102、環状部 101 および空隙 C2 を形成する。このときエッチャントである BHF はフォトレジストマスク R2 の通孔 H6 と基板 100 の開口 100a のそれぞれから進入する。上層絶縁膜 130 の輪郭はプレート 162 およびプレートリード 162d によって規定される。すなわちプレート 162 およびプレートリード 162d に対するセルフアラインによって環状部 132 およびプレートスペーサ 131 が形成される。図 21 に示すように環状部 132 およびプレートスペーサ 131 の端面には等方性エッチングによりアンダーカットが形成される。また下層絶縁膜 110 の輪郭は基板 100 の開口 100a とダイヤフラム 123 とダイヤフラムリード 123d とガード電極 125a とガードコネクタ 125b とガードリング 125c とによって規定される。すなわちダイヤフラム 123 に対するセルフアラインによりガードスペーサ 103 およびダイヤフラム支持部 102 が形成される。ガードスペーサ 103 とプレートスペーサ 131 の端面には等方性エッチングによりアンダーカットが形成される(図 21、図 22 参照)。なおこの工程においてガードスペーサ 103 とプレートスペーサ 131 とが形成されるため、プレート 162 を基板 100 の上に支持するプレート支持部 129 のガード電極 125a を除く部分がこの工程で形成されている。

10

20

【0060】

最後にフォトレジストマスク R2 を除去し、基板 100 をダイシングすると図 1 に示すコンデンサマイクロホン 1 のセンサチップが完成する。センサチップと回路チップとを図示しないパッケージ基板に接着し、ワイヤボンディングによって各端子間を接続し、図示しないパッケージカバーをパッケージ基板にかぶせると、コンデンサマイクロホン 1 が完成する。センサチップがパッケージ基板に接着されることにより、基板 100 の裏面側においてバックキャピティ C1 が気密に閉塞される。

【0061】

4. 他の実施形態

図 19、図 20 はダイヤフラムポンプ 123f の配列の変形例を示す図である。図 19 および図 20 においてダイヤフラムポンプ 123f の位置は黒丸で示されている。図 19 に示すように、腕部 123c の全てのダイヤフラムポンプ 123f が、ダイヤフラム 123 の径方向において最も近いダイヤフラムポンプ 123f 同士を結ぶ方向(図 19 に示す AA 線の方向)がダイヤフラム 123 の周方向(図 19 に示す BB 線の方向)に対して傾斜するように千鳥配列されていてもよい。また図 20 に示すようにダイヤフラム 123 の径方向において最も近いダイヤフラムポンプ 123f 同士を結ぶ線がジグザグ線になるように腕部 123c の全てのダイヤフラムポンプ 123f が配列されていてもよい。

30

【0062】

尚、本発明の技術的範囲は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。例えば、上記実施形態で示した材質や寸法はあくまで例示であるし、当業者であれば自明である工程の追加や削除や工程順序の入れ替えについては説明が省略されている。例えば、上述した製造工程において、膜の組成、成膜方法、膜の輪郭形成方法、工程順序などは、コンデンサマイクロホンを構成しうる物性を持つ膜材料の組み合わせや、膜厚や、要求される輪郭形状精度などに応じて適宜選択されるものであって、特に限定されない。

40

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】本発明の実施形態にかかる平面図。

【図 2】本発明の実施形態にかかる模式的な断面図。

50

- 【図 3】本発明の実施形態にかかる分解斜視図。
 【図 4】本発明の実施形態にかかる回路図。
 【図 5】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 6】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 7】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 8】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 9】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 10】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 11】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 12】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 13】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 14】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 15】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 16】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 17】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 18】本発明の実施形態にかかる平面図。
 【図 19】本発明の実施形態にかかる平面図。
 【図 20】本発明の実施形態にかかる平面図。
 【図 21】本発明の実施形態にかかる断面図。
 【図 22】本発明の実施形態にかかる断面図。

10

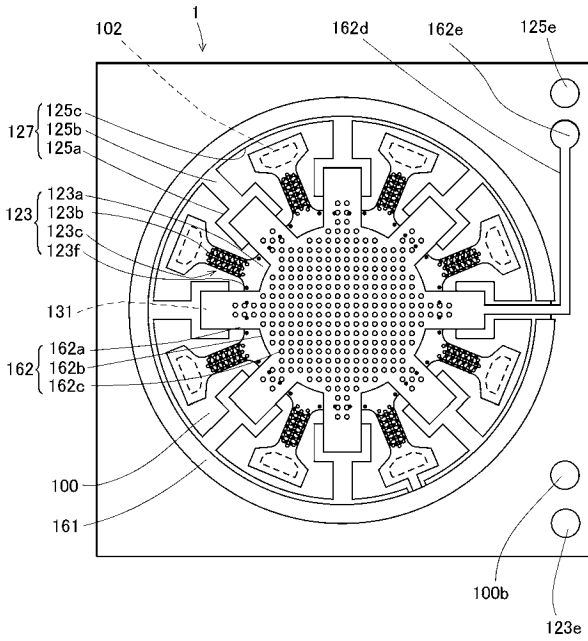
【符号の説明】

【0064】

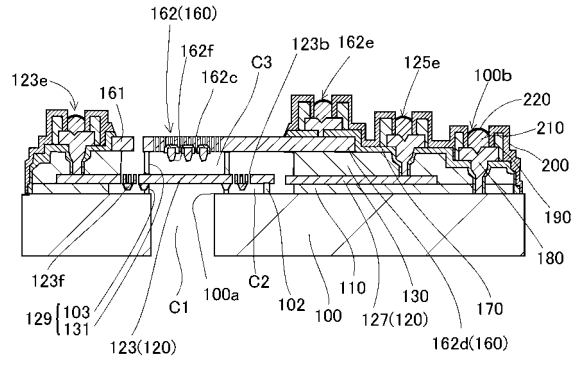
1：コンデンサマイクロホン、100：基板、100a：開口、100b：基板端子、101：環状部、102：ダイヤフラム支持部、103：ガードスペーサ、110：下層絶縁膜、110a：ディンプル、120：下層導電膜、123：ダイヤフラム、123a：中央部、123b：ダイヤフラム孔、123c：腕部、123d：ダイヤフラムリード、123e：ダイヤフラム端子、123f：ダイヤフラムバンプ（突起）、125a：ガード電極、125b：ガードコネクタ、125c：ガードリング、125d：ガードリード、125e：ガード端子、127：ガード部、129：プレート支持部、130：上層絶縁膜、130a：ディンプル、131：プレートスペーサ、132：環状部、160：上層導電膜、161：エッチストップリング、162：プレート、162a：接合部、162b：対向部、162c：プレート孔、162d：プレートリード、162e：プレート端子、162f：プレートバンプ、170：表層絶縁膜、180：パッド導電膜、190：パッド保護膜、200：表層保護膜、210：バンプ膜、220：バンプ保護膜、A：アンプ、C1：バックキャビティ、C2：空隙、C3：空隙、CP：チャージポンプ

30

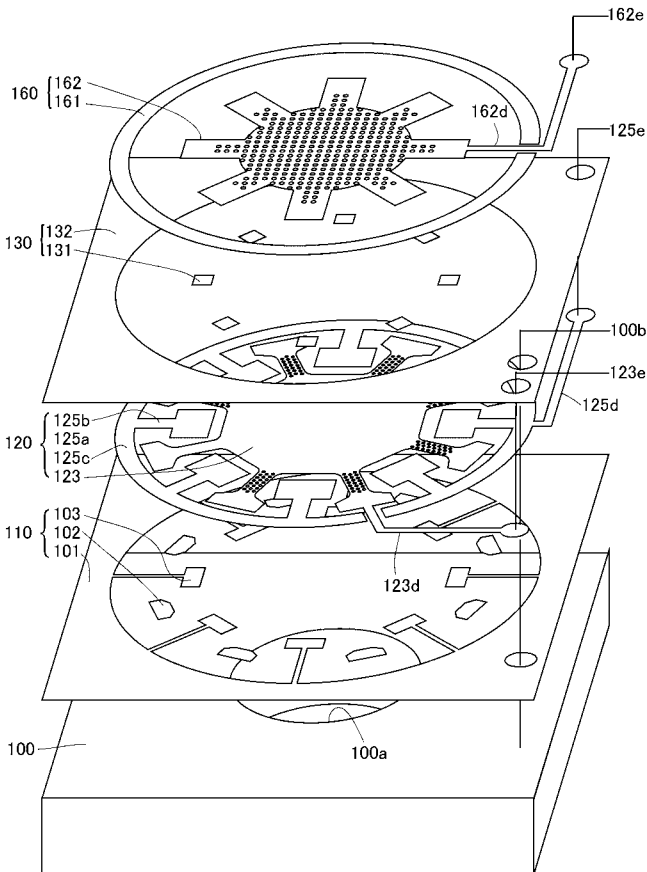
【 図 1 】



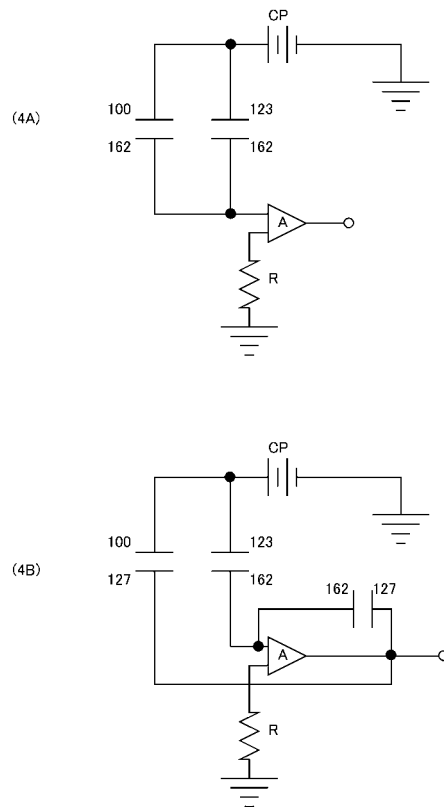
【 図 2 】



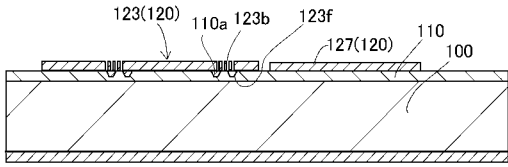
【 図 3 】



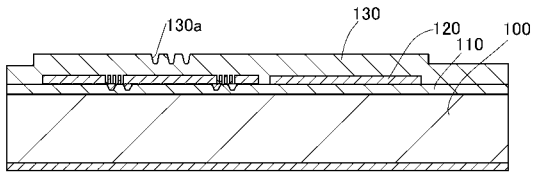
【 図 4 】



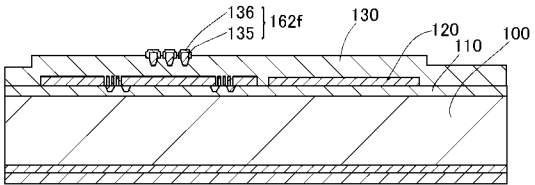
【 図 5 】



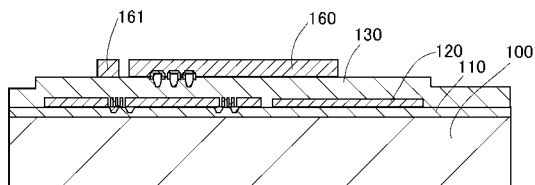
【 図 6 】



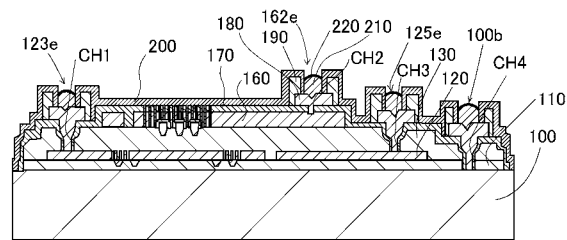
【 図 7 】



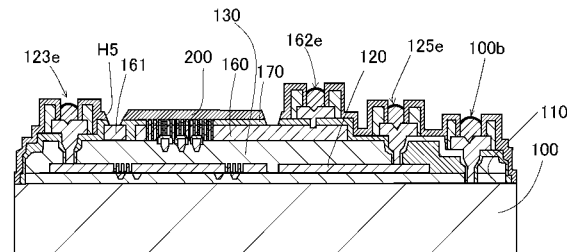
【 図 8 】



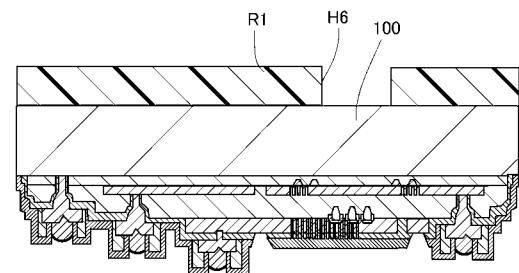
【 図 1 2 】



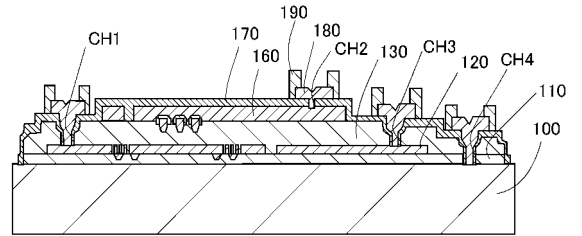
【 図 1 3 】



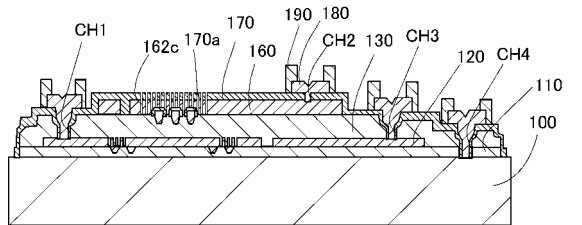
【 図 1 4 】



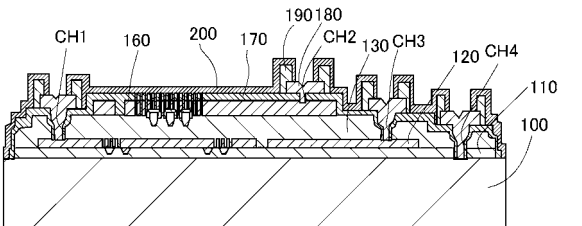
【 図 9 】



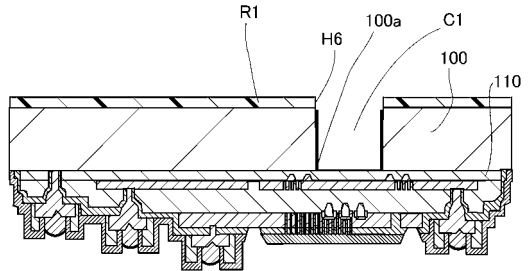
【 図 1 0 】



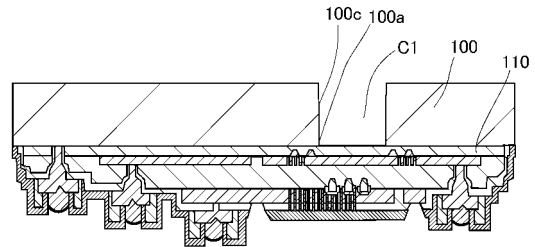
【 図 1 1 】



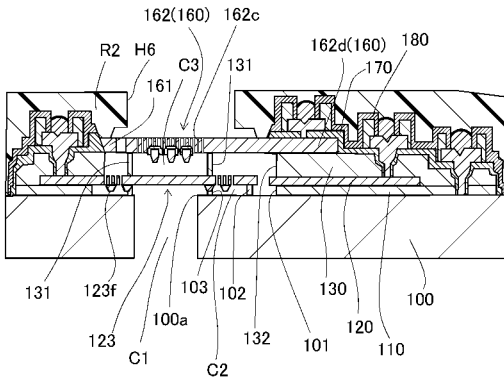
【 図 1 5 】



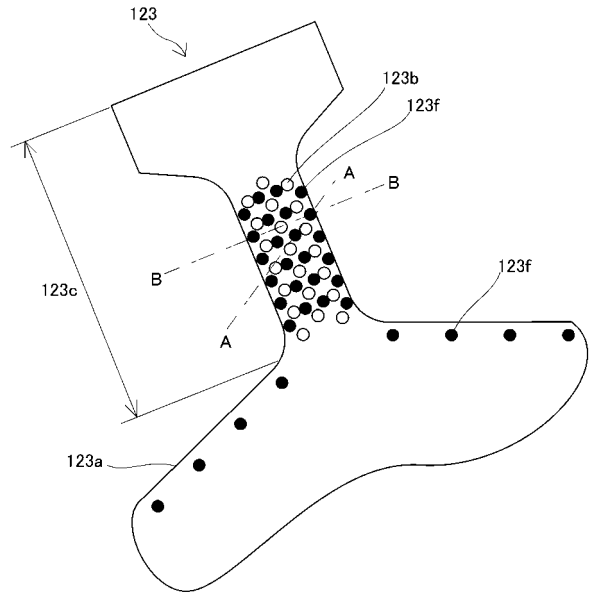
【 図 1 6 】



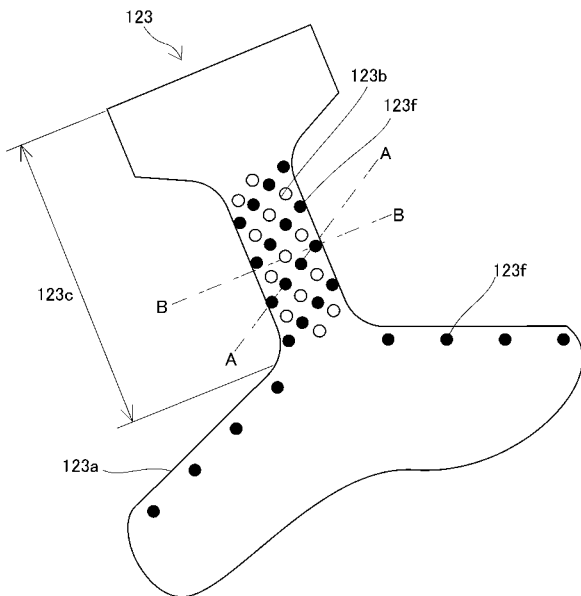
【 図 17 】



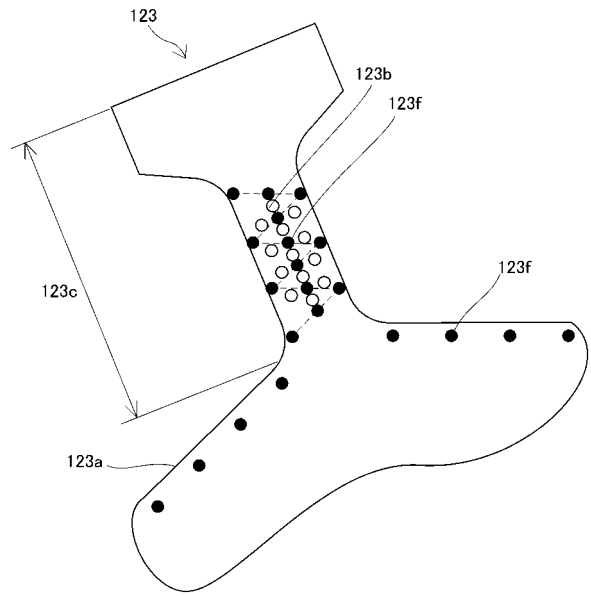
【 図 18 】



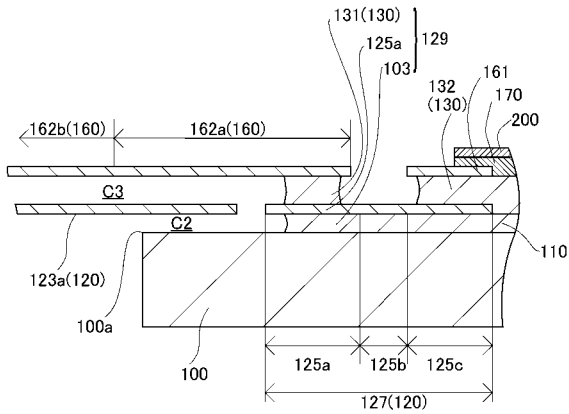
【 図 19 】



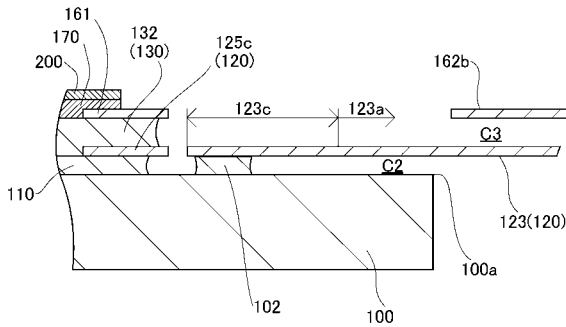
【 図 20 】



【図 2 1】



【図 2 2】



【手続補正書】

【提出日】平成19年12月27日(2007.12.27)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

(2) 腕部のダイヤフラムの周方向端の近傍領域は応力によって反りやすい。すなわちダイヤフラムの腕部においては、ダイヤフラムの周方向端と基板またはプレートとのステイクションが起きやすい。したがって、突起は腕部のダイヤフラムの周方向端の近傍領域に形成されていることが望ましい。

フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 利尚

静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

Fターム(参考) 2G064 AB14 BA07 BA08 BD05 BD22 BD58

3C081 AA02 BA09 BA44 BA45 EA21

4M112 AA06 BA07 CA01 CA03 CA04 CA12 CA13 DA02 DA04 DA06

EA03 EA04 EA06 EA11 EA18 FA01 FA20

5D021 CC02 CC07