

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4233218号  
(P4233218)

(45) 発行日 平成21年3月4日(2009.3.4)

(24) 登録日 平成20年12月19日(2008.12.19)

(51) Int.Cl. F I  
 HO4R 31/00 (2006.01) HO4R 31/00 C  
 HO4R 19/04 (2006.01) HO4R 19/04

請求項の数 10 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-554170 (P2000-554170)	(73) 特許権者	506166734
(86) (22) 出願日	平成11年6月10日 (1999.6.10)		ソニオン エムエーエムエス アクティー
(65) 公表番号	特表2002-518913 (P2002-518913A)		ゼルスカブ
(43) 公表日	平成14年6月25日 (2002.6.25)		デンマーク デーコー4000 ロスキル
(86) 国際出願番号	PCT/DK1999/000315		デ ビーレデット 12-14
(87) 国際公開番号	W01999/065277	(74) 代理人	100059959
(87) 国際公開日	平成11年12月16日 (1999.12.16)		弁理士 中村 稔
審査請求日	平成18年4月13日 (2006.4.13)	(74) 代理人	100067013
(31) 優先権主張番号	PA 1998 00791		弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成10年6月11日 (1998.6.11)	(74) 代理人	100082005
(33) 優先権主張国	デンマーク (DK)		弁理士 熊倉 禎男
		(74) 代理人	100065189
			弁理士 宍戸 嘉一
		(74) 代理人	100084009
			弁理士 小川 信夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 所定張力を持つダイアフラムを有するトランスデューサを製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイアフラム(11)が、ガラス転移温度を有する物質(12、14)によって、基体(10)に対して間隔を隔てられた所定位置に保持されており、この位置において、ダイアフラム(11)が平衡状態にあり、ダイアフラム(11)が平衡状態位置のまわりに動くことができるような所定張力を有する、ダイアフラム(11)および基体(10)を有するタイプの微細機械加工トランスデューサの製造方法において、

基体(10)を設ける段階と、

基体(10)に対する所定位置にダイアフラム(11)を保持する段階と、

この所定位置において、物質(12、14)を少なくともガラス転移温度まで加熱して、ダイアフラムのビルトイン材料応力を軽減し、

ダイアフラム(11)をガラス転移温度よりも低い温度に冷却し、ダイアフラム(11)の厚さを調整することによって、ダイアフラム(11)を所定張力を有するように調整する段階と、を包含することを特徴とする方法。

【請求項 2】

ガラス転移温度を有する物質(12、14)が、SiO<sub>2</sub>であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

ダイアフラム(11)の張力を測定する段階と、ダイアフラム(11)の厚さを、所定張力を生じる厚さに調整する段階とを、さらに包含することを特徴とする請求項1記載の

方法。

【請求項 4】

ダイアフラム(11)の厚さを、ダイアフラム(11)の表面をエッチングすることによって調整することを特徴とする請求項3記載の方法。

【請求項 5】

ダイアフラム(11)の厚さを、その表面に材料を堆積させることによって調整することを特徴とする請求項3記載の方法。

【請求項 6】

ダイアフラム(11)が、応力特性が異なる少なくとも2枚の層(11a、11b、11c)を有することを特徴とする請求項3記載の方法。

10

【請求項 7】

ダイアフラム(11)が、多結晶質シリコンからなる中間層(11b)と、この中間層のそれぞれの側面に設けた、窒化ケイ素からなる外層(11a、11c)とを有することを特徴とする請求項6記載の方法。

【請求項 8】

ダイアフラム(11)を加圧して撓ませる段階と、ダイアフラム(11)の撓みを測定する段階と、測定した撓みに基づいてダイアフラム(11)の張力を算出する段階とを包含することを特徴とする請求項3記載の方法。

【請求項 9】

光線(18)をダイアフラム上へ放射し、ダイアフラムから反射させ、ダイアフラムの撓みによって、反射光線(18)に変化を生じさせ、この光線(18)の変化に基づいてダイアフラムの撓みを算出することを特徴とする請求項8記載の方法。

20

【請求項 10】

ダイアフラム(11)を励振して振動させる段階と、ダイアフラム(11)の共振振動数を測定する段階と、測定した共振振動数に基づいてダイアフラム(11)の張力を算出する段階とを包含することを特徴とする請求項3記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、所定張力を持つダイアフラムを有するトランスデューサ(たとえば、マイクロホン)を製造する方法に関する。たいていのマイクロホンは、音圧によって動かされるダイアフラムを有する。たとえば、電気力学式、圧電式、圧電抵抗式あるいは容量式読み出しを有するマイクロホンである。本発明の方法は、ダイアフラムを有するこのようなタイプのすべてのトランスデューサに適用できる。

30

【0002】

特に、コンデンサ・マイクロホンは、その基本的な構成要素として、バックプレートのきわめて近くに装着したダイアフラムまたは膜を有する。このダイアフラムは、その周縁に沿って保持され、その表面に作用する音圧に応答して動く、すなわち、撓むことができる。ダイアフラムおよびバックプレートが共に電気コンデンサを形成している。ダイアフラムが音圧によって撓んだときに、コンデンサのキャパシタンスが変化することになる。使用時、コンデンサは、直流電圧に対応する電荷によって荷電される。そして、キャパシタンスが音圧の変化に応答して変化するとき、変化する音圧に対応する交流電圧が直流電圧上に重畳されることになる。この交流電圧が、マイクロホンからの出力信号として使用される。

40

【0003】

張力が低いダイアフラムは、「ソフト」であり、張力の高いダイアフラムよりも大きく撓むことになり、感度が高くなる。これが望ましい。したがって、このタイプのマイクロホンのダイアフラムは、適正な低い張力を持たなければならない。

【0004】

微細機械加工マイクロホンが、種々の研究所によって開発されており、電気通信および聴覚産業マーケットで使用されている。微細機械加工マイクロホンの設計および製造におけ

50

る最も難しい問題のうちの1つは、ダイアフラムの低張力制御である。種々の音響検出原理、たとえば、容量式、圧電式、圧電抵抗式、光学式およびトンネル効果式 ( tunneling ) の読出しが提案されている。これらのたいていのものが、50 N/mより低い張力を有するダイアフラムを必要としている。特に、2、3ボルトの低いバイアス電圧を有する電池容量式マイクロホンは、ダイアフラムの応力レベルの非常に正確な制御を必要とする。

【0005】

従来、ダイアフラムは、金属フレームに接着され、フレームのリムのところでおもりを用いてダイアフラムの張力を調整している。この技術は、微細機械加工技術に応用できない。

【0006】

マイクロ技術においては、ダイアフラムの張力は、新しい材料 (たとえば、シリコンの豊富な (silicon-rich) 窒化ケイ素)、新しい堆積技術 (たとえば、プラズマ加速化学蒸着)、新しい堆積条件 (たとえば、低圧力化学蒸着炉の温度を変化させることによって、) あるいは後続の温度処理 (アニーリング処理) を開発することによって調整することができる。また、ダイアフラムの懸架装置は、たとえば、波形部、ヒンジ、ばねによって、あるいは、最も極端な場合には、プレートを吊り下げることによって張力をゆるめることができる。

【0007】

しかしながら、マイクロ技術において現在使用されている技術は、いずれも、上述した用途のマイクロホンに対して十分に再現可能でも、制御可能でもないし、また、このことは、ダイアフラムの応力プロファイル/勾配のために懸架装置およびダイアフラムが曲るといふ他の技術的困難を負わせる。

【0008】

Sensors and Actuators A. 31, 1992, 90-96が、それぞれ、内部圧縮応力、内部引張り応力を有する2枚の層からなる複合膜を有するトランスデューサを記載している。ここには、層の相対的な厚みを変化させることによって、結果として生じた内部応力を制御することができることが記載されているが、これを行う方法または手段は開示されていない。

【0009】

本発明は、微細機械加工マイクロホンの処理中あるいはその後、所定レベルまでダイアフラム応力を調整するのに使用できる新しい方法を提案する。

【0010】

本発明による方法で作ったマイクロホンのダイアフラムは、剛性すなわち固い基体に堆積させた2つまたはそれ以上の層のサンドイッチ構造 (多層構造、積層構造あるいは複合構造) である。ダイアフラムは、基体にエッチング加工を施して孔を設け、この孔を渡るように多層構造をダイアフラムとして残すことによって形成される。一般に、ダイアフラムの層は、圧縮応力材料層と引張り応力材料層のように異なった応力レベルを有するが、これらの層は、両方とも、圧縮応力または引張り応力を有する可能性もある。これにより、これらの材料厚みの正しい比率を選ぶことによって、所望の張力レベル (張力=応力×厚さ) を達成することができる。より厚い引張り層がダイアフラムの全張力をより大きい張力側にシフトし、より厚い圧縮応力材料が応力をより大きい圧縮側へシフトすることになる。

【0011】

本発明による方法によって層の厚さ比率を調整することによって、或る種の応力レベルすなわち張力レベルを達成する他の任意の試みによるよりも、張力をさらにより正確に制御することができる。これは、マイクロ技術においては、厚さをほとんど原子のレベルまで制御することができるからである。マイクロ技術は、材料の機械的特性の変化が少ない安定管理 (regime) において層を堆積させることができる。正しい応力レベルは、正しい材料特性よりむしろ材料の正しい混合を選ぶことにより調整される。さらに、ダイアフラムの全厚さは、応力/張力レベルと無関係に選ぶことができる。

【0012】

10

20

30

40

50

全応力は、外層のうち的一方または両方の厚さを変えることによって、層の堆積後に、変えることができる。これは、公知の方法、たとえば、外層から材料を除去する乾式または湿式エッチングによって、あるいは、外層の厚さを増やす材料の堆積/吸収によって行うことができる。外層上への堆積または外層のエッチングは、厚さの比率を変えることになる。複合ダイアフラムの応力レベルまたは張力レベルがそれによって変わることになる。エッチング・プロセスは、反応物（たとえば、HF、リン酸、KOHなどを用いる湿式エッチング・プロセスでもよいし、あるいはリアクティブ・イオン・エッチングのような乾式エッチング・プロセスであってもよい。低エッチング速度を容易に達成し、材料の制御された、正確で均一な除去を支援することができる。調整用の堆積プロセスは、物理的、化学蒸着を含む。

10

**【0013】**

本発明によるトランスデューサのバッチ製造のために使用されるプロセスは、非常に正確で再現可能であり、1つのバッチ内で作ったトランスデューサ間のバラツキが非常に小さい。このことは、本願の方法では、張力を調整する前に各個々のトランスデューサの実際のダイアフラム張力を測定する必要がないことを意味する。バッチ内の選択したウェーハの選択したトランスデューサの実際のダイアフラム張力を測定すれば充分であり、十分に精密で予測可能なプロセスにより、すべてのバッチにおいてトランスデューサの実際のダイアフラム張力を測定することすら必要ない。

**【0014】**

その結果生じたダイアフラムは、多くのタイプのトランスデューサ、たとえば、コンデンサ・マイクロホンその他のマイクロホン、特に、半導体技術に基づく微細機械加工マイクロホン、電池式機器のマクロホン、感度の高いマイクロホンおよび信号対雑音比の高いマイクロホンに適用可能である。

20

**【0015】**

以下、本発明を、図を参照しながら説明する。

図1のマイクロホンは、以下の構造を有する。基体10は、中間スペーサ12によってダイアフラムまたは膜11を支持しており、中間スペーサ12は、基体10とダイアフラム11との間にある。ダイアフラムの反対側には、バックプレート13が設けてあり、バックプレート13とダイアフラム11の間には中間スペーサ14がある。ダイアフラム11は、3つの層11a、11b、11cを有する。

30

**【0016】**

基体10は、バルク結晶性(bulk crystalline)シリコンからなり、バックプレート13は、多結晶シリコンからなる。スペーサ12、14は、電気絶縁性材料からなる。この場合、二酸化ケイ素 $SiO_2$ である。ダイアフラムの3つの層のうち、中間層11bは、多結晶シリコンからなり、他の2つの外層11a、11cは、窒化ケイ素からなる。ダイアフラム11は、薄くて、その張力が低いので、「ソフト」であり、図示した位置のまわりに動くことができ、この位置で、平衡状態になる。

**【0017】**

絶縁スペーサ14は、バックプレート13とダイアフラム11との間にエアギャップ15を設け、バックプレート13は、このエアギャップ15およびダイアフラム11へ音響アクセスを与える多数の開口16を有する。ダイアフラムの反対側には、後室17があり、この後室17は、基体10にある開口である。所望に応じて、後室17は、音響目的のための別の体積部に接続していてもよい。

40

**【0018】**

ダイアフラム11およびバックプレート13は、共に、導電性であり、電気コンデンサを形成する。バックプレート13の開口16を通して入ってくる音響は、ダイアフラム11に到達し、音圧に応答してダイアフラム11を動かすことになる。それによって、エアギャップがキャパシタンスを決定するので、マイクロホンのキャパシタンスがそれに応じて変わることになる。作動時、ダイアフラム11およびバックプレート13によって形成されるコンデンサは、直流電圧に対応する電荷で荷電され、キャパシタンスが変化する音圧

50

に応答して変化するとき、変化する音圧に対応する交流電圧が直流電圧の上に重畳されることになる。この交流電圧は、マイクロホンからの出力信号として使用される。

【0019】

図1に示し、先に説明した構造を持つマイクロホンを製造するプロセスは、主として公知の技術を伴う。多結晶シリコンそれ自体は、半導体であるが、所望に応じて、適当な不純物、たとえば、ホウ素(B)またはリン(P)を添加して導入することができる。ダイアフラムの2つの外層11a、11cは、窒化ケイ素からなり、この窒化ケイ素は、後に説明するように、ダイアフラムの中間層におけるBドーピング(B-doped)またはPドーピング(P-doped)多結晶シリコンとの組み合わせにおいて、特に有利である。

【0020】

図に示すように、BドーピングまたはPドーピング多結晶シリコンからなるダイアフラムの中間層11bは、内部圧縮応力 $< 0$ を有し、その一方、窒化ケイ素からなる2つの外層11a、11cは、共に、内部引張り応力 $> 0$ を有する。これらの応力は同じ大きさである必要はない。ダイアフラムの全張力、即ち合張力は、ダイアフラムの3つの層11a、11b、11cにおける張力の合計である。各層において、応力は2のファクタに起因する。1つファクタは、層を堆積あるいは構築するときに使用される技術である。この応力は、ビルトイン応力と呼ばれる。別のファクタは、異なる材料の熱膨張係数の差によって生じる応力であって、熱応力と呼ばれる。これら両方の応力の寄与は、以下に説明するように、制御できる。

【0021】

ビルトイン応力は、以下の方法によって軽減することができる。ダイアフラムを保持しているスペーサ材料を、ガラス転移温度を有するガラス質材料である二酸化ケイ素から作る。図1に示す個々のマイクロホン、あるいは、むしろ、いくつかの同一マイクロホンを含むウェーハ全体を、スペーサ材料のガラス転移温度より高い温度まで加熱することによって、スペーサ材料が粘性となり、その剛性を失う。したがって、この状態において、ダイアフラムの張力は、完全に解放される。その理由は、粘性スペーサ材料はいかなるひずみも伝えることができないからである。これに続いて、ウェーハを冷却する。冷却中、スペーサ材料が固化し、ガラス転移温度より低い温度で、ダイアフラムが再び保持されることになる。ガラス転移温度より低い温度に冷却する間、熱膨張および熱収縮により、ダイアフラムは、材料特性により若干の張力を再獲得する。これを熱応力と呼ぶ。

【0022】

熱応力は、以下の方法によって制御することができる。まず、ダイアフラムの実際の張力および実際の厚さを測定し、実際の応力を算出する。この実際の応力を考慮して必要な厚さ調整を算出することによって、所望の張力を得ることができる。ダイアフラムの実際の張力を測定するいくつかの使用可能な方法がある。

【0023】

ダイアフラムの実際の張力を測定する1つの方法は、マイクロホンのダイアフラムを加圧して膨らませるテストである。すなわち、ダイアフラムを一方向に撓ませるのである。実際には、これは、ウェーハのテスト用ダイアフラムを加圧することによって行われる。図2は、光線18、好ましくはテスト用ダイアフラムへ向けたレーザ光線を示している。これは、非加圧状態でも、加圧状態でも行われ、レーザ光線18はダイアフラムの表面で反射される。加圧によって生じたダイアフラムの膨らみを、たとえば、オートフォーカス・システムによって記録しても良い。ダイアフラムの撓みおよび膨らみを生じさせる空気圧力が既知であれば、ダイアフラムの実際の張力を算出することができる。

【0024】

張力を測定する別の方法では、ダイアフラムを励振し、振動させる。この励振は、電氣的にも機械的にも実行することができる。短いパルスでダイアフラムを励振すると、ダイアフラムはその共振振動数で振動する。そして、それを測定することができる。励振信号は、また、共振振動数を測定するために関心のある振動数範囲を通して走査される正弦波発振力または電圧にするのがよい。ダイアフラムの共振振動数が既知であると、これを、ダ

10

20

30

40

50

ダイヤフラムの他の機械的なパラメータ、たとえば、その寸法や材料と共に用いてダイヤフラムの実際の張力を算出することができる。

【0025】

張力を測定する第3の方法は、歪み計として作動する、ウェーハ上の試験構造を使用することである。

【0026】

ダイヤフラムの実際の張力および実際の厚さが既知であるならば、実際の応力を算出できる。次いで、所望張力を得るためにどのくらいダイヤフラムの厚さを調整する必要があるかを算出することができる。

【0027】

マイクロホンは、好ましくは、この段階でのそのダイヤフラムが厚すぎ、したがって、張力が高すぎるように製造する。所望厚さの上記計算から、続くエッチング・プロセス（乾式、湿式いずれのエッチングでもよい）でどれくらいの材料を除去すべきかを知ることができる。図3に示すように、引張り応力を有する層11aをエッチングする。これは、良く制御されたプロセスにおいてゆっくりエッチングすることによって行われ、最終的には、計算に従って必要とされる層11aのかなりの部分をエッチングによって精密に除去する。そして、ダイヤフラムがその所定張力を得る。

【0028】

ダイヤフラムの張力が低すぎる場合、引張り応力を有する余分な材料を公知の方法で堆積させ、所定張力を得ることができる。

【0029】

あるいは、ダイヤフラムが互いに反対の内部応力を持つ2つだけの層を有する場合、圧縮応力を有する層をエッチングしてその張力を増大させることができる。

【0030】

一般に、この方法によって、ダイヤフラムの張力を、相対的に圧縮応力を有する層をエッチングするか、あるいは、相対的に引張り応力を有する材料を堆積させることによって、より高い張力に向かってシフトさせることができ、それに対して、ダイヤフラムの張力を、相対的に引張り応力を有する層をエッチングするか、あるいは、相対的に圧縮応力を有する材料を堆積させることによって、より低い張力に向かってシフトさせることができる。

【0031】

材料応力を軽減し、そして、熱応力を制御する上記の方法は、互いに独立して実施することができ、単独でいずれかの方法を使用することができる。あるいは、組み合わせて使用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、コンデンサ・マイクロホンの横断面図である。

【図2】 図2は、ダイヤフラムの厚さを調整するプロセス中の図1のマイクロホンを概略的に示している。

10

20

30

【 図 1 】

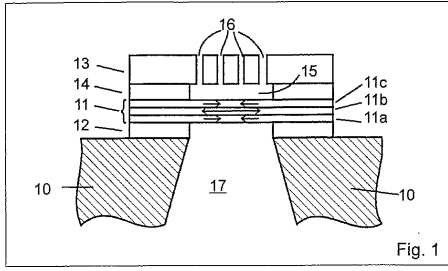


Fig. 1

【 図 2 】

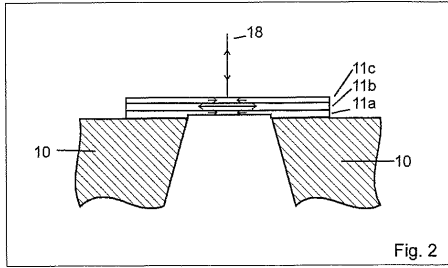


Fig. 2

---

フロントページの続き

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100084663

弁理士 箱田 篤

(72)発明者 ミューレンボルン マティアス

デンマーク デーコー 2 8 0 0 リングビー リングビー ローゼンヴァング 2 3

(72)発明者 ロンバック ピルミン

デンマーク デーコー 2 8 0 0 リングビー エンゲルスボルグヴェイ 2 5 エステー テーホ  
ー

審査官 新川 圭二

(56)参考文献 特開平 0 6 - 2 1 7 3 9 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04R 31/00

H04R 19/04