

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6659027号  
(P6659027)

(45) 発行日 令和2年3月4日(2020.3.4)

(24) 登録日 令和2年2月10日(2020.2.10)

(51) Int. Cl.	F I	
HO4R 19/04 (2006.01)	HO4R 19/04	
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	
B81C 1/00 (2006.01)	B81C 1/00	
HO4R 31/00 (2006.01)	HO4R 31/00	C
HO1L 29/84 (2006.01)	HO1L 29/84	Z

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2015-221771 (P2015-221771)  
 (22) 出願日 平成27年11月12日(2015.11.12)  
 (65) 公開番号 特開2017-92748 (P2017-92748A)  
 (43) 公開日 平成29年5月25日(2017.5.25)  
 審査請求日 平成30年9月19日(2018.9.19)

(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  
 (72) 発明者 荒木 新一  
 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

審査官 渡邊 正宏

(56) 参考文献 特開2007-324805 (JP, A)  
 )  
 特開2006-047284 (JP, A)  
 )

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MEMS素子およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

バックチャンバーを備えた基板の上に、スペーサーを挟んで固定電極を含むバックプレートと可動電極とを配置することでエアギャップが形成されているMEMS素子において、

前記スペーサーは、前記エアギャップ側に一部を露出する第1の部材からなる第1のスペーサー部と、該第1のスペーサー部の前記エアギャップに露出する側と反対側に配置された前記第1の部材と異なる第2の部材からなる第2のスペーサー部とを含み、

前記エアギャップは、前記第2の部材からなる犠牲層が除去された領域であることを特徴とするMEMS素子。

【請求項2】

請求項1記載のMEMS素子において、前記第1の部材と前記第2の部材は、前記犠牲層を除去する際、前記第2の部材を選択除去できる材料の組み合わせであることを特徴とするMEMS素子。

【請求項3】

バックチャンバーを備えた基板の上に、スペーサーを挟んで固定電極を含むバックプレートと可動電極とを配置することでエアギャップが形成されているMEMS素子の製造方法において、

前記基板の上に可動電極を形成する工程と、

該可動電極上に第2の部材からなる犠牲層を形成する工程と、

該犠牲層上に固定電極を形成する工程と、  
前記犠牲層に、エアーギャップ形成領域を区画し、底部に前記可動電極の一部を露出する凹部を形成する工程と、  
前記凹部内に、前記第 2 の部材と異なる第 1 の部材を充填する工程と、  
前記固定電極に貫通孔を形成し、前記犠牲層の一部を露出させる工程と、  
前記基板の一部を除去し、バックチャンバーを形成する工程と、  
前記貫通孔から一部を露出し前記凹部により区画された前記犠牲層をエッチング除去し、前記凹部内に充填した前記第 1 の部材の側面部を露出させてエアーギャップを形成すると共に、前記エアーギャップ側に一部を露出する第 1 の部材からなる第 1 のスペーサー部と、該第 1 のスペーサー部の前記エアーギャップに露出する側と反対側に配置された前記第 2 の部材からなる第 2 のスペーサー部とを含むスペーサーを形成する工程と、を含むことを特徴とする M E M S 素子の製造方法。

10

## 【請求項 4】

請求項 3 記載の M E M S 素子の製造方法において、  
前記第 1 の部材と前記第 2 の部材は、前記犠牲層をエッチング除去する際、該犠牲層を選択エッチング可能な材料の組み合わせから選択することを特徴とする M E M S 素子の製造方法。

## 【請求項 5】

請求項 3 記載の M E M S 素子の製造方法において、  
前記犠牲層をエッチング除去する際、該犠牲層を選択除去することができるエッチング条件を選択することを特徴とする M E M S 素子の製造方法。

20

## 【請求項 6】

請求項 3 記載の M E M S 素子の製造方法において、  
前記凹部により区画された前記犠牲層をエッチング除去する際、前記凹部内に充填された前記第 1 の部材が、エッチングストッパーとして機能することを特徴とする M E M S 素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、M E M S 素子に関し、特にマイクロフォン、各種センサ、スイッチ等として用いられる容量型の M E M S 素子およびその製造方法に関する。

30

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、半導体プロセスを用いた M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) 素子では、半導体基板上に可動電極、犠牲層及び固定電極を形成した後、犠牲層の一部を除去することで、スペーサーを介して配置された可動電極と固定電極との間にエアーギャップ(中空)構造が形成されている。

## 【0003】

例えば、容量型 M E M S 素子であるコンデンサマイクロフォンでは、音圧を通過させる複数の貫通孔を備えた固定電極と、音圧を受けて振動する可動電極とを対向して配置し、音圧を受けて振動する可動電極の変位を電極間の容量変化として検出する構成となっている。

40

## 【0004】

このような構造の M E M S 素子は、一般的に次のように形成される。まず、表面の結晶方位が(100)面のシリコン基板 1 を用意し、表面および裏面に厚さ 0.5 μm の熱酸化膜 2 を形成する。さらに表面側の熱酸化膜 2 上に C V D (Chemical Vapor Deposition) 法により厚さ 0.5 μm のポリシリコン膜を形成し、通常のフォトリソグラフ法によりパターニングを行い、可動電極 3 を形成する(図 8 a)。

## 【0005】

その後、表面全面に、厚さ 2 μm の U S G (Undoped Silicate Glass) 膜からなる犠牲

50

層 4 を積層する。さらに犠牲層 4 上に、厚さ  $1.0 \mu\text{m}$  のポリシリコンからなる固定電極 5 を形成した後、表面全面に厚さ  $0.2 \mu\text{m}$  のシリコン窒化膜 6 を堆積形成する。この固定電極 5 とシリコン窒化膜 6 とが一体となりバックプレートを構成する (図 8 b)。

【0006】

次に、先に形成した犠牲層 4 を後工程で除去するため、シリコン窒化膜 6 および固定電極 5 の一部をエッチング除去して複数の貫通孔 7 を形成し、犠牲層 4 の表面の一部を露出させる (図 8 c)。

【0007】

可動電極 3、固定電極 5 のそれぞれに接触する配線部 8 を形成 (図 8 d) した後、シリコン基板 1 の一部をエッチングし、図 8 (e) に示すようにバックチャンバー 9 を形成する。

10

【0008】

その後、可動電極 3 と固定電極 5 の間を中空構造とするため、貫通孔 7 を通して犠牲層 4 の一部をエッチング除去する。ここで使用するエッチング液は、配線部 8 を構成する配線材料とのエッチング選択比が高く、等方性エッチングを行うことができるフッ酸系の混酸水溶液を用いる。具体的にはフッ酸、フッ化アンモニウム、酢酸の混合液を用いる。

【0009】

その結果、図 8 (f) に示すように、可動電極 3 と固定電極 5 との間にエアーギャップ 11 が形成され、犠牲層 4 の一部がスペーサー 10 として残る。このときスペーサー 10 のエアーギャップ 11 側の端部は、エッチングの進行に応じた形状となる。このようにウエットエッチング法によりスペーサーを形成する例は、例えば特許文献 1 に記載されている。また、ドライエッチング法により犠牲層 4 の一部をエッチング除去してエアーギャップ 11 を形成する場合も、スペーサー 10 のエアーギャップ側の端部は、エッチングの進行に応じた形状となる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献 1】特開 2012 - 40619 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0011】

従来の MEMS 素子は、可動電極 3 と固定電極 5 との間にエアーギャップを形成する際、貫通孔 7 からエッチング液やエッチング種を流入させて犠牲層の一部を除去し、この除去された空間が所定の大きさとなったところでエッチングをストップしていた。その際、製造工程のばらつき等を考慮し、エッチング時間を長く設定するのが一般的である。

【0012】

一方エッチング時間を一定にした場合でも犠牲層の膜厚のばらつきやエッチング液の温度やエッチング液の置換の程度、エッチング種の拡散速度のばらつき等によるエッチング速度にばらつきが生じ、横方向へのエッチング量が数  $\mu\text{m}$  単位でばらついてしまう。このエッチング量のばらつきは、1 個の MEMS 素子のエアーギャップ内でも生じ、エッチングされずに残るスペーサーの端部は、凹凸が残る形状となっていた。

40

【0013】

ところで、MEMS 素子をコンデンサマイクロフォンとして使用する場合、貫通孔 7 を通過した音波は、スペーサー 10 側に伝搬し、スペーサー 10 や固定電極 5 を含むバックプレートで反射して可動電極 3 に不要な振動 (ノイズ) を発生させてしまう。ここで犠牲層の横方向のエッチング量にばらつきが生じると、コンデンサマイクロフォンのノイズ特性にもばらつきが発生してしまう。本発明はこのような問題を解消し、音響特性のばらつきが生じない MEMS 素子およ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】

【0014】

50

上記目的を達成するため、本願請求項1に係る発明は、バックチャンバーを備えた基板上に、スペーサーを挟んで固定電極を含むバックプレートと可動電極とを配置することでエアギャップが形成されているMEMS素子において、前記スペーサーは、前記エアギャップ側に一部を露出する第1の部材からなる第1のスペーサー部と、該第1のスペーサー部の前記エアギャップに露出する側と反対側に配置された前記第1の部材と異なる第2の部材からなる第2のスペーサー部とを含み、前記エアギャップは、前記第2の部材からなる犠牲層が除去された領域であることを特徴とする。

## 【0015】

本願請求項2に係る発明は、請求項1記載のMEMS素子において、前記第1の部材と前記第2の部材は、前記犠牲層を除去する際、前記第2の部材を選択除去できる材料の組み合わせであることを特徴とする。

10

## 【0016】

本願請求項3に係る発明は、バックチャンバーを備えた基板上に、スペーサーを挟んで固定電極を含むバックプレートと可動電極とを配置することでエアギャップが形成されているMEMS素子の製造方法において、前記基板上に可動電極を形成する工程と、該可動電極上に第2の部材からなる犠牲層を形成する工程と、該犠牲層上に固定電極を形成する工程と、前記犠牲層に、エアギャップ形成領域を区画し、底部に前記可動電極の一部を露出する凹部を形成する工程と、前記凹部内に、前記第2の部材と異なる第1の部材を充填する工程と、前記固定電極に貫通孔を形成し、前記犠牲層の一部を露出させる工程と、前記基板の一部を除去し、バックチャンバーを形成する工程と、前記貫通孔から一部を露出し前記凹部により区画された前記犠牲層をエッチング除去し、前記凹部内に充填した前記第1の部材の側面部を露出させてエアギャップを形成すると共に、前記エアギャップ側に一部を露出する第1の部材からなる第1のスペーサー部と、該第1のスペーサー部の前記エアギャップに露出する側と反対側に配置された前記第2の部材からなる第2のスペーサー部とを含むスペーサーを形成する工程と、を含むことを特徴とする。

20

## 【0017】

本願請求項4に係る発明は、請求項3記載のMEMS素子の製造方法において、前記第1の部材と前記第2の部材は、前記犠牲層をエッチング除去する際、該犠牲層を選択エッチング可能な材料の組み合わせから選択することを特徴とする。

## 【0018】

本願請求項5に係る発明は、請求項3記載のMEMS素子の製造方法において、前記犠牲層をエッチング除去する際、該犠牲層を選択除去することができるエッチング条件を選択することを特徴とする。

30

## 【0019】

本願請求項6に係る発明は、請求項3記載のMEMS素子の製造方法において、前記凹部により区画された前記犠牲層をエッチング除去する際、前記凹部内に充填された前記第1の部材が、エッチングストッパーとして機能することを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0021】

本発明のMEMS素子の製造方法によれば、エアギャップを形成するために犠牲層をエッチング除去する際、凹部内に充填された第1の部材がエッチングストッパーとして機能し、スペーサーの形成位置のばらつきや端部の凹凸がなく、所望の形状のMEMS素子を安定的に形成することができる。その結果、MEMS素子の音響特性のばらつきを極めて小さくできるという利点がある。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0022】

【図1】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【図2】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【図3】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【図4】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

50

【図5】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【図6】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【図7】本発明のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【図8】従来のMEMS素子の製造工程の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明に係るMEMS素子およびその製造方法は、予め犠牲層の一部に、エアーギャップを形成する際エッチングストッパーとなる部材を埋め込み、このエッチングストッパーの内側の犠牲層を選択的に除去して、エアーギャップとスペーサーを形成する。その結果、犠牲層を除去する際のエッチング時間やエッチングレートがばらついたとしても、所望の形状のエアーギャップとスペーサーが形成される構成としている。具体的には、エアーギャップの形状は第1の部材で囲まれた(区画された)内側の形状となり、エッチングストッパーとなった第1の部材がエアーギャップ側に表面の一部を露出する構造となる。また犠牲層のエッチングによりエッチングストッパーがわずかにエッチングされる場合であっても、そのエッチングレートが小さい材料を選択すれば、エアーギャップの形状のばらつきを小さく抑えることが可能となる。以下本発明の実施例について詳細に説明する。

10

【実施例】

【0024】

本発明の実施例のMEMS素子について、その製造工程に従い説明する。結晶方位(100)面の厚さ420 $\mu\text{m}$ のシリコン基板1上に、厚さ0.5 $\mu\text{m}$ 程度の熱酸化膜2を形成し、熱酸化膜2上に、CVD(Cheical Vapor Deposition)法により厚さ0.2~2.0 $\mu\text{m}$ 程度の導電性ポリシリコンからなる可動電極3を積層形成する。さらに可動電極3上に、厚さ2.0~5.0 $\mu\text{m}$ 程度のUSG(Undoped Silicate Glass)膜からなる犠牲層4を積層形成する。ここでUSGは第2の部材に相当し、犠牲層4は一部を除去することによりスペーサーを構成する膜となる。犠牲層4上に、厚さ0.1 $\mu\text{m}$ のポリシリコン膜を形成し、所定のパターニングを行い、固定電極5を形成する(図1)。

20

【0025】

次に、所定の大きさの凹部12を形成する(図2)。この凹部12は、この凹部12で区画された内側がエアーギャップとなるためエアーギャップ側の側面が所望の形状となるように形成すれば良い。また、凹部12の幅は後述するように第1の部材で内部を充填できる幅に設定すればよく、例えば2 $\mu\text{m}$ 程度とすると、凹部12内部に隙間なく充填することができる。なお、凹部12内部に第1の部材を充填する場合、必ずしも完全に充填されることは必須ではなく、MEMS素子として所望の強度を保つことができる程度に充填されるようにすればよい。

30

【0026】

凹部12の底部には、可動電極3が露出するのが好ましい。凹部12の底部に犠牲層4が残ると、犠牲層4をエッチングする際に、凹部12の底部直下のエッチングが進行し、凹部12の外側(エアーギャップと反対側)の犠牲層4のエッチングが進行してしまうからである。

【0027】

なお、固定電極5に接続する引出電極がこの凹部12で区画される領域の外側まで引き出す場合には、凹部12を形成しない領域を残し、この凹部12を形成しない領域上に引出用電極を形成すれば良い。つまり、凹部12によりエアーギャップ形成予定領域を完全に取り囲む構造とする必要はない。なお図2では、可動電極3に接続する引出電極を形成するため、幅の広い別の凹部も形成している。

40

【0028】

次に凹部12内にエッチングストッパーとなる、換言すればUSG膜と選択エッチング可能な部材(第1の部材に相当する)を埋め込む。第1の部材は、少なくとも可動電極3と可動電極5を短絡させない材料であれば、絶縁材、絶縁材と導電材の多層構造などを選択することができる。例えば、シリコン窒化膜、酸素添加ポリシリコン、窒素添加ポリシ

50

リコン、シリコンカーバイド、アルミニウム、金などが使用可能である。特に、シリコン窒化膜6は、固定電極5上に積層することで固定電極とシリコン窒化膜からなるバックプレートの一部を構成し好ましい。図3に示すように、凹部12は幅を狭く形成しているため、凹部12内にシリコン窒化膜6が充填される。具体的には凹部12の幅が2 $\mu$ m程度の場合、1.2 $\mu$ m程度のシリコン窒化膜6を積層することで、凹部12内を完全に充填することができる。可動電極3に接続する配線部を形成するために形成した別の凹部は、幅を広く形成しているため表面に均一にシリコン窒化膜6が積層される。

#### 【0029】

その後、通常の写真ソグラフィ法により音圧を可動電極3に伝えるための貫通孔7を形成し、貫通孔7内に犠牲層4を露出させる。また、可動電極3あるいは固定電極5にそれぞれ接続する配線部の形成予定領域のシリコン窒化膜6の一部もエッチング除去する(図4)。この貫通孔7は、例えばMEMSマイクロフォンとして使用した場合、音を可動電極膜3に伝えるための音孔の機能を果たすことになり、所望の特性となるように、径の大きさ、数、配置を設定する必要がある。

10

#### 【0030】

可動電極3および固定電極5にそれぞれ接続する配線部8を形成した後、シリコン基板1の裏面側から熱酸化膜2が露出するまでシリコン基板1を除去し、バックチャンバ9を形成する(図5)。

#### 【0031】

その後、可動電極3と固定電極5の間を中空構造とするため、犠牲層4をエッチング除去する。このエッチング工程は、配線部8を構成する配線材料とシリコン窒化膜6はエッチングせず、犠牲層4を構成するUSG膜のエッチング選択性の高いエッチング方法が採用される。一例として、フッ酸、フッ化アンモニウムと酢酸の混合液を用いる。その結果図6に示すように、シリコン窒化膜で充填された凹部12の位置でエッチングがストップし、エッチングされずに残るスペーサーは、凹部12内に充填されたシリコン窒化膜からなる第1のスペーサー部13とその外側に残る犠牲層からなる第2のスペーサー部14とで構成されることになる。

20

#### 【0032】

このように本発明の製造方法によれば、エアーギャップ11を形成する工程において、凹部内に充填されたシリコン窒化膜(第1のスペーサー部13に相当)が露出すると、さらに外側へのエッチングの進行を阻害する障壁となり、エアーギャップが横方向に拡大するエッチングの進行が遅くなり、エアーギャップの大きさが必要以上に大きくなることができない。なお、凹部12によりエアーギャップ形成予定領域を完全に取り囲まない場合には、その間隙に露出する犠牲層のエッチングが進行することになるが、音響特性に影響を及ぼすほど大きくエッチング除去されることはないので、問題とはならない。

30

#### 【0033】

図7に本発明のMEMS素子の平面図を模式的に示す。図7は、固定電極5側からみた平面図で貫通孔の図示は省略している。第1のスペーサー部13は、図2で説明した凹部12の形状によって決まるため、所望の円形状で、かつ半導体装置を製造する場合と同様の高精度で形成でき、音響特性のばらつきを抑えることが可能となることがわかる。なお上記実施例では、第1のスペーサー部13の幅は2 $\mu$ mで、全てシリコン窒化膜により形成する場合について説明した(図2)が、幅の広い凹部12を形成し、凹部12にエッチングストッパーとして機能する部材を充填した後、図3で説明したシリコン窒化膜6を全面に形成しても何ら問題はない。

40

#### 【0034】

以上本発明の実施例について説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく様々変更可能である。例えば、凹部12の形状は、断面の側壁が垂直の場合に限らず、傾斜する形状であってもよい。

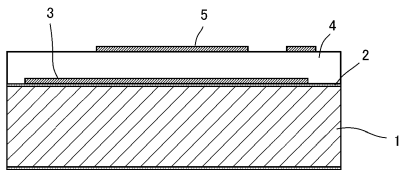
#### 【符号の説明】

50

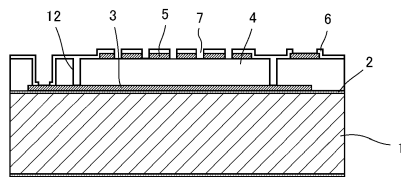
【 0 0 3 5 】

1：シリコン基板、2：熱酸化膜、3：可動電極、4：犠牲層、5：固定電極、6：シリコン窒化膜、7：貫通孔、8：配線部、9：バックチャンバー、10：スペーサー、11：エアーギャップ、12：凹部、13：第1のスペーサー部、14：第2のスペーサー部

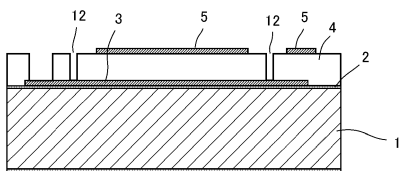
【 図 1 】



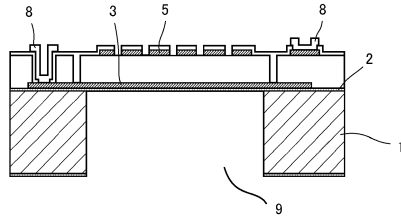
【 図 4 】



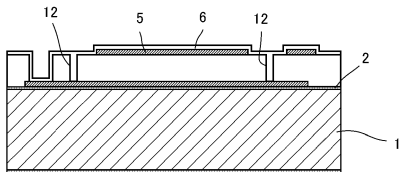
【 図 2 】



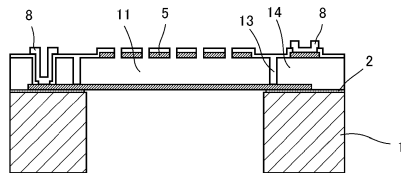
【 図 5 】



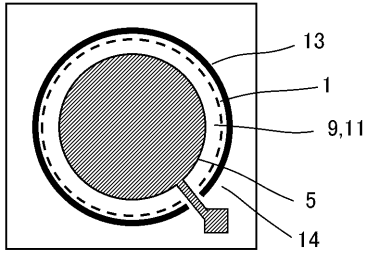
【 図 3 】



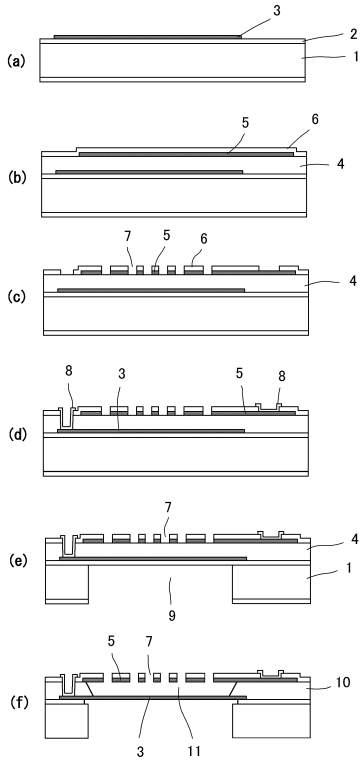
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】





---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 8 1 B	3 / 0 0
B 8 1 C	1 / 0 0
G 0 1 H	1 / 0 0 - 1 7 / 0 0
H 0 1 L	2 9 / 8 4
H 0 4 R	1 9 / 0 0 - 1 9 / 0 4
H 0 4 R	3 1 / 0 0