

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4838476号

(P4838476)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年10月7日(2011.10.7)

(51) Int.Cl. F I  
**B 8 1 C 1/00 (2006.01)** B 8 1 C 1/00  
**G O 1 P 15/125 (2006.01)** G O 1 P 15/125 Z  
**H O 1 L 29/84 (2006.01)** H O 1 L 29/84 Z

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-558361 (P2001-558361)	(73) 特許権者	390023711
(86) (22) 出願日	平成12年12月28日(2000.12.28)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2003-531017 (P2003-531017A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成15年10月21日(2003.10.21)		ROBERT BOSCH GMBH
(86) 国際出願番号	PCT/DE2000/004673		ドイツ連邦共和国 シュツツガルト (
(87) 国際公開番号	W02001/058803		番地なし)
(87) 国際公開日	平成13年8月16日(2001.8.16)		Stuttgart, Germany
審査請求日	平成19年12月26日(2007.12.26)	(74) 代理人	100061815
(31) 優先権主張番号	100 06 035.8		弁理士 矢野 敏雄
(32) 優先日	平成12年2月10日(2000.2.10)	(74) 代理人	100099483
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 久野 琢也
		(74) 代理人	100114890
			弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
			ンハルト

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロマシーニング構造素子の製造法および該方法により製造された構造素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの空隙(22)および少なくとも部分的に空隙(22)中に設けられた機能素子(12)を有するマイクロマシーニング構造素子(100)を製造する方法であって、

その際、機能素子(12)に、少なくとも、次に1つ以上のエッチング段階で形成される空隙(22)の空間を一時的に少なくとも部分的に占める第1の犠牲層(52)と直接的または間接的に境を接している範囲内で第1の保護層(41)を備えさせ、その際に第1の保護層(41)の材料は、第1の犠牲層(52)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、第1の保護層(41)が十分にエッチングされないかまたは単に第1の犠牲層(52)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、その際、機能素子(12)とは反対側の第1の犠牲層(52)の少なくとも1つの面上に第1の犠牲層(52)の第2の保護層(71)を設け、この場合第2の保護層(71)の材料は、第1の犠牲層(52)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、第2の保護層(71)が十分にエッチングされないかまたは単に第1の犠牲層(52)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、その際、第1の犠牲層(52)とは反対側の第2の保護層(71)の面上に、空隙(22)を少なくとも部分的に包囲するキャップ層(20; 82)を設け、その際、機能素子(12)は、直接的または間接的に第2の犠牲層(31)と境を接し、この第2の犠牲層(31)は、第2の犠牲層(31)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、機能素子(

10

20

12) が十分にエッチングされないかまたは単に第2の犠牲層(31)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、この場合、機能素子(12)ならびに第1の犠牲層(52)および/または第2の犠牲層(31)には、同じ材料が選択される、マイクロマシーニング構造素子(100)の製造法。

【請求項2】

少なくとも1つの空隙(22)および少なくとも部分的に空隙(22)中に設けられた機能層(13a、13b、13c)を有するマイクロマシーニング構造素子(100)を製造する方法であって、

その際、機能層(13a、13b、13c)に、少なくとも、次に1つ以上のエッチング段階で形成される空隙(22)の空間を一時的に少なくとも部分的に占める第1の犠牲層(52)と直接的または間接的に境を接している範囲内で第1の保護層(41)を備えさせ、その際に第1の保護層(41)の材料は、第1の犠牲層(52)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、第1の保護層(41)が十分にエッチングされないかまたは単に第1の犠牲層(52)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、その際、機能層(13a、13b、13c)とは反対側の第1の犠牲層(52)の少なくとも1つの面上に第1の犠牲層(52)の第2の保護層(71)を設け、この場合第2の保護層(71)の材料は、第1の犠牲層(52)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、第2の保護層(71)が十分にエッチングされないかまたは単に第1の犠牲層(52)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、その際、第1の犠牲層(52)とは反対側の第2の保護層(71)の面上に、空隙(22)を少なくとも部分的に包囲するキャップ層(20; 82)を設け、その際、機能層(13a、13b、13c)は、直接的または間接的に第2の犠牲層(31)と境を接し、この第2の犠牲層(31)は、第2の犠牲層(31)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、機能層(13a、13b、13c)が十分にエッチングされないかまたは単に第2の犠牲層(31)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、この場合、機能層(13a、13b、13c)ならびに第1の犠牲層(52)および/または第2の犠牲層(31)には、同じ材料が選択される、マイクロマシーニング構造素子(100)の製造法。

【請求項3】

機能素子(12)および/または機能層(13a、13b、13c)には、多結晶性であるシリコンが選択される、請求項1または2記載の方法。

【請求項4】

機能素子(12)および/または機能層(13a、13b、13c)と第2の犠牲層(31)との間に第3の保護層を設け、この第3の保護層は、第2の犠牲層(31)をエッチングする少なくとも1つのエッチング媒体により、第3の保護層が十分にエッチングされないかまたは単に第2の犠牲層(31)に関して減少したエッチング速度でエッチングされるように選択され、この場合第2の犠牲層(31)は、第1の犠牲層(52)と同じ材料から製造され、および/または第3の保護層は、第1の保護層および/または第2の保護層(41、71)と同じ材料から製造される、請求項1から3までのいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

第1の保護層(41)および第2の保護層(71)が第1の犠牲層(52)を包囲し、および/または第3の保護層および第4の保護層が第2の犠牲層(31)を十分に完全に包囲する、請求項1から4までのいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

第1の保護層(41)および/または第2の保護層(71)および/または第3の保護層および/または第4の保護層には、少なくとも部分的に同じ材料を選択する、請求項1から5までのいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】

第1の犠牲層(52)および/または第2の犠牲層(31)を1つ以上の等方性のエッ

10

20

30

40

50

チング工程で除去する、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

技術水準

本発明は、当該独立請求項の上位概念に記載された、マイクロマシーニング構造素子の製造法およびこの方法により製造されたマイクロマシーニング構造素子から出発する。ドイツ連邦共和国特許出願公開第 1 9 5 3 7 8 1 4 号明細書 A 1 には、センサー層状系の構造および表面マイクロマシーニング技術におけるセンサーを気密にキャッピングする方法に関する。

【0002】

発明の利点

これとは異なり、当該独立請求項の特徴部を有する本発明による方法は、殊に気密に密閉された構造素子を安価に製造することができるという利点を有する。従属請求項に記載された手段によって、本方法および構造素子の好ましい他の形成および改善は、当該独立請求項の記載により可能である。

【0003】

本発明による構造素子は、公知の構造素子と比較してキャッピングに必要とされる表面積の明らかな減少を示し、このことは、表面積の節約のために重要な費用の節約を伴う。本発明による構造素子、例えばセンサーの場合には、構造素子中に設けられた可動構造体のための運動の自由度は、そのまま維持され、実際に前記の運動の自由度のために約 2  $\mu$  m を超える側方への振幅を達成しなければならない場合であってもそのまま維持される。これは、例えば可動構造体または機能素子が回転振動体の場合である。他面、可動構造体の最大の偏向は、例えばセンサーの際にこのセンサーに対して垂直方向に約 2 ~ 20  $\mu$  m の振幅に制限することができ、このことは、殊に公知の構造素子に対して本発明による構造素子の落下強度を明らかに上昇させる。可動構造体またはセンサー構造体は、本発明による構造素子において気密および/または水密になるように空隙によって包囲されており、したがって例えば空隙内に封入されているガスのガス圧により、可動構造体またはセンサー構造体の運動の定義された長時間安定な緩衝性を空隙内で調節することができる。本発明によるキャッピングは、高いマシーニング安定性を示し、したがって本発明による構造素子は、例えば所謂成形圧力の際にマイクロマシーニング構造素子の梱包過程の間にプラスチックケーシング内で発生するような静水圧に苦勞もなく耐える。最後に、本発明による構造素子または本発明によるセンサーは、低いトポグラフィー (Topographie) を示し、それによって例えば構造素子の取付けの際に所謂フリップチップ技術の使用が可能になる。

【0004】

本発明による方法の場合、好ましくは、約 2  $\mu$  m を上回る厚さを有する酸化物層の公知の使用は省略される。むしろ、有利に十分に多結晶性シリコン中に形成されている厚手の層が使用され、それによって機械的応力は、異なる熱膨張係数に基づいて明らかに減少させることができる。これは、基板の著しく改善された平坦性を生じる。本発明による方法は、光学的リソグラフィー工程の問題のない使用を可能にする。それというのも、6  $\mu$  m を上回るトポグラフィーは、有利に回避されるからである。最後に、好ましくは、マイクロマシーニング構造素子において 1 つ以上の犠牲層 (充填材料) を除去する、1 つ以上の等方性のエッチング法は、例えば可動構造体を有する空隙の製造のために使用される。このような等方性の (シリコン) エッチング法は、エッチング媒体  $XeF_2$ 、 $ClF_3$ 、 $ClF_5$  またはプラズマ活性化された  $NF_3$ 、 $Ar/F_2$  もしくは  $SF_6$  が使用される方法である。この場合には、公知方法と比較して、除去すべき充填材料の高い削磨速度の際に露出させるべき構造体が接着することの危険なしに除去が行なわれる。

【0005】

次に、本発明を必要に応じて一定尺度から外れた図面につき詳説し、この場合同じ参照符号は、同じかまたは同様に作用する層または部分を表わす。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

図 2 に表わされた基板 1 0 上には、加速センサー 1 0 0 のセンサー素子 1 2 が構造化されている。これは、ばね体 1 6 (これは、分かり易くするために、図 1 には単に唯一のばね体 1 6 が表わされている) に配置された可動中心物体または震動物体 1 1 a からなり、これらの物体は、ばね体に対して垂直に設けられた電極フィンガまたは電極 1 1 を有する。中心物体または震動物体 1 1 a は、ばね体 1 6 および固定化構造体 1 7 (これは、分かり易くするために、同様に単に 1 つだけが表わされている) 上で基板 1 0 に丁番付けにされており、したがって中心物体 1 1 a は、この中心物体上に作用する加速度のために、本質的に電極フィンガ 1 1 に対して垂直方向である 1 つの方向に転向されうる。それによって、中心物体 1 1 a の位置は、固定された電極フィンガまたは対向電極 1 2 a および 1 2 b に対して変化される。この位置の変化は、公知方法で対向電極 1 2 a および 1 2 b での電氣的接触により評価され、ならびに外向きに案内されている導電路 1 4 a および 1 4 b により評価される。3 個の電極 1 2 a、1 1、1 2 b は、それぞれ所謂インパルス列装置中に配置されており、この場合この装置は、側方向に隣接した 2 個の分離構造体または支持構造体 1 3 a の間に設けられた、それぞれ容量素子を形成する。可動電極フィンガ 1 1 の転向は、停止アーム 1 8 (これは、分かり易くするために、図 1 に単に 1 つだけが表わされている) および停止ノブ 1 9 a (x 軸での転向) および 1 9 b (y 軸での転向) によって制限されている。ばね体 1 6 の範囲内には、有利にばね体 1 6 の半分を阻止する停止ノブ 1 9 c および 1 9 d が設けられている。

10

## 【 0 0 0 7 】

また、本発明によれば、2 個以上の容量素子が 2 個の隣接した支持構造体 1 3 a の間に設けられていてよいことは、自明のことである。更に、中心物体 1 1 a 中の切欠を通して係合されかつ基板 1 0 と結合されている支持構造体は、選択的または補充的に設けられていてよい (図示されていない)。

20

## 【 0 0 0 8 】

支持構造体 1 3 a は、有利には完全にシリコン中に形成されており、それによって、以下図 3 ~ 1 2 につき記載された、本発明による構造素子を製造するための本発明による方法の場合のように、犠牲層のエッチング、即ち下部の犠牲層 3 1 および上部の犠牲層 5 2 のエッチングまたは除去の際に (図 1 0 および 1 1 参照)、支持構造体 1 3 a の下部でのエッチングは、有効に回避される。導電路 1 4 a および 1 4 b は、支持構造体 1 3 c を通って支持構造体 1 3 a 中に延在し、この場合犠牲層は、導電路を支持構造体から絶縁する。加速センサー 1 0 0 の接点 1 5 に対向した支持構造体 1 3 b は、導電路 1 4 a と 1 4 b または対向電極 1 2 a と 1 2 b の外部接触のために同様に 1 4 a と 1 4 b のための電氣的に絶縁されたスルーホールを有する。

30

## 【 0 0 0 9 】

次に、図 3 ~ 図 1 2 につき詳細に記載された連続プロセスを用いた場合には、なかんずく支持するキャップ層 2 0 は、図 1 に部分的断面図で表された加速センサー 1 0 0 上に製造されている。キャップ層 2 0 は、結合部 2 3 により、空隙 2 2 が容量素子上に固定されるように支持構造体 1 3 a 上に貯蔵される。空隙 2 2 は、有利に約 2 0  $\mu\text{m}$  ~ 2 0 0  $\mu\text{m}$  の範囲内の間にある固定幅を有する。キャップ層 2 0 は、加速センサー 1 0 0 の製造法において使用される犠牲層 3 1 および 5 2 を選択的に構造素子構造体に関連してエッチングしうるかまたは除去しうるために、分かり易いように単に 2 つの参照符号 2 1 で示されている穿孔 2 1 を備えている。犠牲層のエッチング後に、構造素子または加速センサー 1 0 0 の穿孔 2 1 は、密閉層 2 4 によって気密になるように閉鎖される。加速センサーまたはジャイロメーターのためには、真空またはガスを定義された圧力で空隙 2 2 内で機能素子、例えば可動電極フィンガ 1 1 の運動の定義された緩衝性を調節するために封入することができる。更に、別の構造素子、例えばアクチュエーターの場合には、適当な粘度を有する絶縁性液体、例えば油状液体の使用も考えることができる。

40

## 【 0 0 1 0 】

図 3 は、深部構造化後および犠牲層エッチング前であるような、例示的に図 2 中で A で示

50

された、加速センサーの部分のための加速センサー 100 のセンサー構造体の原理的な構造を示す。支持体 10 上には、例えば 1 つ以上の  $\text{SiO}_2$  層からなることができる犠牲層 31 が付着されている。更に、犠牲層 31 上には、センサー素子または機能素子 12 が付着されており、この素子は、薄手のポリ -  $\text{Si}$  - 種晶層 12 (出発ポリ) 上に付着されたエピポリシリコン、即ちエピタキシャルにより製造された多結晶性シリコンからなることができる。  $\text{Si}$  深部構造化法 (トレンチエッチング) において、加速センサー 100 のセンサー素子 12、例えば固定されている電極フィンガ 12a および 12b ならびに可動中心物体 11a に対して垂直に配置された電極フィンガ 11 が製造される。犠牲層のエッチングの前に、この機能素子は、犠牲層 31 上に堅固に固定されている。平面 12 の付着および構造化の場合には、犠牲層 31 の前構造化によって、基板 10 に対する固定部、支持構造体 13a、を製造することができる。

10

#### 【0011】

図 4 に示されているように、CVD 法を用いて約  $10\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{m}$  の薄手の第 1 の保護層 41 は、センサー素子 12 の全体の上に付着される。それによって、第 1 の保護層 41 の範囲 41a および 41b の範囲内で、所謂電気機械的機能平面上でのセンサー素子 12 の完全な被覆を生じる。保護層 41 の範囲 41c で下部の犠牲層 31 は被覆されている。本発明によれば、保護層 41 がこの保護層 41 とは異なる材料からなる、電気化学的機能平面上でのセンサー素子 12、例えば殊に可動電極フィンガ 11 および対向電極 12a および 12b、ならびに加速センサー 100 の別の構成成分、例えば支持構造体 13a を気密に被覆していることに注目することができる。保護層 41 は、有利に  $\text{SiO}_2$  からなる。

20

#### 【0012】

犠牲層 31 は、選択的な実施態様の場合に他の保護層中に封入されていてよく (図示されていない)、さらに好ましくは多結晶性シリコンから製造されている。

#### 【0013】

保護層 41 を製造するのに好ましい付着法は、CVD 法、例えば PECVD (プラズマ強化 CVD) または LPCVD (低圧 CVD) であり、この場合には、電気化学的機能平面上でのセンサー素子 12 の構成成分の側面、範囲 41b、のできるだけ良好な被覆に注目することができる。

30

#### 【0014】

図 5 に示されているように、もう 1 つの処理工程において、保護層 41 上には、薄手の出発 - ポリ -  $\text{Si}$  層 51、即ち種晶層または核形成層の機能を有する多結晶性シリコン層が付着される。大きなアスペクト比、即ちセンサー素子 12 の領域 51c 内での間隙の高さと間隙幅との比に基づいて、出発 - ポリ -  $\text{Si}$  層 51 は、なかんずくセンサー素子 12 上での上側領域 51a 内に付着し、センサー素子 12 の側壁 51b での付着は、この側壁の上側領域内でのみ行なわれることが生じる。保護層 41 の領域 41c の上方でのセンサー素子 12 の脚部の領域 51c は、センサー素子 12 の電極間または支持構造体間での間隙幅がよりいっそう大きい場合にのみ出発 - ポリ -  $\text{Si}$  層 51 で被覆される。出発 - ポリ -  $\text{Si}$  層 51 上には、エピタキシー法または LPCVD 法で多結晶性シリコン層、所謂充填 - エピポリ -  $\text{Si}$  層、犠牲層 52、が施こされており、この場合出発 - ポリ -  $\text{Si}$  層 51 は、上部の犠牲層 52 に合併されている。「エピ」は、「エピタキシャル」を意味し、「ポリ」は、「多結晶性」を表わす。上部の犠牲層 52 は、付着の際に既に燐がドーブされていてよいが；しかし、好ましくは、ドーブされないで付着される。上部の犠牲層 52 の層厚は、センサー素子 12 が完全に上部の犠牲層によって被覆されるように選択されている。これは、典型的には、約  $5 \sim 30\text{ }\mu\text{m}$  の層厚の場合である。

40

#### 【0015】

このような層厚の充填 - エピポリ -  $\text{Si}$  層または犠牲層は、一般に著しい荒さを有する。その上、センサー素子 12 の微細構成部 (Topographie) は、上部の犠牲層 52 中に打ち込まれている。従って、センサー素子 12 の微細構成部および上部の犠牲層 52 の粗面は

50

、もう1つの処理工程で平坦化される。これは、化学機械研磨（CMP）によって行なわれ、この場合には、上部の犠牲層52は、平面53になるまで薄くされる。平面53は、センサー素子12の上方に存在する。センサー素子12の上方の高さhは、ほぼ1～30μmの間にあり；好ましい高さは、約4～6μmである。

【0016】

平坦化後、上部の犠牲層52の構造化は、公知のSiエッチング法で、例えば図6に明示されているように行なわれる。この場合、上部の犠牲層52は、その中に可動センサー素子、例えばばね体16、可動電極フィンガ11、固定電極フィンガまたは対向電極12aおよび12bならびに中心物体または震動物体11aが配置されている領域内に放置されている。上部の犠牲層52は、分離構造体または支持構造体13aの上方で酸化シリコン保護層41に到るまで下向きに距離を有している。

10

【0017】

図7に相応して、構造化された上部の犠牲層52上には、第2の保護層71が施こされている。この保護層71は、有利に第1の保護層41と同じ材料、殊にSiO<sub>2</sub>からなる。保護層71は、支持構造体13a上で領域72内で公知方法により距離を有している。本発明によれば、上部の犠牲層52は、加速センサー100の全体上で保護層41および71によって気密になるように包囲されており、センサー素子12と上部の犠牲層52との間が結合されていないことが保証されていなければならない。センサー素子12と上部の犠牲層52は、有利に同じ材料からなる。更に、保護層41および71が固定領域上または支持構造体13a上で互いの中へ移行しているかまたは互いに気密になるように存在していることは、好ましい。

20

【0018】

図8に示されているように、保護層71上および離れた領域72上には、全面的に約300nm～2μmの好ましい層厚を有する他の出発-ポリ-Si層または核形成層または種晶層81が施こされている。この出発-ポリ-Si層81上には、他のポリシリコン層82がエピタキシャル法またはLP-CVD法で付着される。層厚は、有利に約2～50μmである。次に、ポリシリコン層82は、平面83に到るまで薄くされ、平坦化される。第2の保護層71と平面83との間の残りの厚さkは、好ましくは約2～50μmである。ポリシリコン層82は、付着の際にドーブされてもよいし、次の処理工程でドーブされてもよい。

30

【0019】

即ち、本発明の本質的な視点は、機能層または機能素子を少なくとも部分的に包囲する空隙をマイクロマシーニング構造素子中に得るために、構造化されたポリ-Si-機能層、例えば可動センサー素子または他の機能素子を、例えば酸化シリコンからの有利に薄手の保護層で完全に被覆し（図4参照）、この薄手の保護層上に他の多結晶性シリコン層または充填層、上部の犠牲層、を付着させる（図5参照）ことにある。構造素子の構造体平面または機能層は、多結晶性シリコン層によって埋設されており、完全に被覆されている。

【0020】

更に、本発明の重要な視点は、上部の犠牲層を平坦化し、他の薄手の保護層で外向きに密閉することにある（図6および7参照）。上部の犠牲層を外向きに密閉する前記保護層上には、厚手のポリ-Si層が付着されており、この厚手のポリ-Si層は、支持層として構造素子またはセンサーキャップを形成している（図8参照）。

40

【0021】

本発明によれば、上部の犠牲層は機能層と同じ材料からなることが設けられている。本発明により使用される犠牲層は、2つの緊密な保護層によって包囲されており、したがって犠牲層は、保護層に対して選択的にエッチングされることができるとかまたはエッチングによって除去されることができるとか。更に、保護層は、下部の犠牲層のエッチングの際に除去される。この点において、充填層または上部の犠牲層の本発明による使用により、機能層中の大きな間隙幅が充填されていてもよいことは、好ましく、例えばこの機能層の1つの層は、センサーである（図5参照）。それによって、構造素子の設計の場合またはセンサ

50

一の設計の場合には、高い自由度を達成することができ、殊にこのことは、構造素子またはセンサー中に設けられた振動構造体または可動構造体の運動の自由度を許容しうる。

【 0 0 2 2 】

上部の犠牲層の平坦化工程により（図 8 参照）、微細構成部は平準化され、それによってさらに上部の犠牲層の構造化は、フォトリソグラフィによって可能である。この種の平坦化は、充填層材料または犠牲層としてのシリコンの本発明による使用によって初めて可能となる。本発明による方法の場合には、好ましくは、等方性のシリコンエッチング工程が使用され、このシリコンエッチング工程は、上部の犠牲層または充填層の残留物を含まない迅速な除去を可能にする。

【 0 0 2 3 】

本発明による方法のもう 1 つの方法は、機能層またはセンサー素子を外部接触させるための金属接点およびセンサー素子によって発信される、評価のための測定信号の他の導線処理の終結時に初めて取り付けることができることにある。

【 0 0 2 4 】

本発明による方法は、多数のセンサー構造素子およびアクチュエーター構造素子の製造のために表面マイクロマシニング技術において使用されることができる。同様に、センサー構造体またはアクチュエーター構造体をこれらの構造体から発信される測定信号を評価するための評価回路と一緒に唯一のチップ上に組み込むことができる。

【 0 0 2 5 】

ポリシリコン層 8 2 の平坦化およびドーピングの後に、このポリシリコン層には、塗料マスクまたは酸化物マスク 8 3 が設けられ、このポリシリコン層は、公知のシリコン深部エッチング法で構造化される（図 9 参照）。この場合、ポリシリコン層 8 2 によって穿孔 8 4 は、上部の犠牲層 5 2 に接近するように導かれ、この上部の犠牲層は、犠牲層 8 2 の深部構造化の際に最初に第 2 の保護層 7 1 上で終わる。キャップ層 2 0 または閉鎖層 2 4 を堅固に結合させるための支持構造体 1 3 a の領域は、穿孔の際に節約される。深部構造化の場合、十分に厚手の側壁不動態化部 8 5 が付着され、この場合には、有利に弗素含有のポリマー化合物が重要である。側壁不動態化部 8 5 は、ポリシリコン層 8 2 が後のシリコンエッチング工程の際に攻撃されないことを保証する 1 つの層である。側壁不動態化部のためのポリマーと共に、側壁の保護のためには、保護層 4 1 および 7 1 と共に、例えば酸化シリコンからなる他の薄手の保護層を付着させることができる。

【 0 0 2 6 】

図 1 0 の記載と同様に、保護層 7 1 は、直ぐ次の工程で穿孔または溝 8 4 内で通常のエッチング法を用いて除去される。それによって、直ぐ次のエッチングのために上部の犠牲層 5 2 への直接の入口が得られる。

【 0 0 2 7 】

図 1 1 は、キャップ層 2 0 を得るための中心工程を示し、この場合、上部の犠牲層 5 2 は、保護層 4 1 および 7 1 に対して選択的にエッチングされている。このために、好ましくは等方的なエッチング法が使用され、例えばこの方法の場合には、 $\text{XeF}_2$ 、 $\text{ClF}_3$ 、 $\text{ClF}_5$  またはプラズマ活性化された  $\text{NF}_3$ 、 $\text{Ar}/\text{F}_2$  もしくは  $\text{SF}_6$  のエッチング媒体が使用される。保護層 4 1 および 7 1 と比較して上部の犠牲層 5 2 の選択的なエッチングの場合には、上部の犠牲層 5 2 のエッチングは、保護層 4 1 および 7 1 に対する境界面で停止される。キャップ層 2 0 を形成するポリシリコン層 8 2 内での穿孔 8 4 の側壁のエッチングは、施こされた側壁不動態化部 8 5 によって抑制される。処理の終結時に、上部の犠牲層 5 2 は、完全にエッチングされているかまたは溶解されている。この上部の犠牲層は、センサー素子 1 2 上に空隙 2 2 を生じ、このセンサー素子上には、安定な支持ポリシリコン層 8 2 またはキャップ層 2 0（殊に図 2 参照）が懸吊されている。図 1 2 に相応して、上部の犠牲層 5 2 のエッチング後に、補助層である保護層 4 1 および 7 1 ならびに下部の犠牲層 3 1 は、センサー素子 1 2 およびキャップ層 2 0（図 2 参照）を形成するポリシリコン層 8 2 に対して選択的にエッチングされる。このためには、例えば蒸気状  $\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$  混合物の使用に基づく、 $\text{SiO}_2$  層をエッチングするための方法を使用すること

10

20

30

40

50

ができる。この方法の場合には、ガス状HFおよび $H_2O$ は、キャップ層20の穿孔84を突き進み、保護層41および71に到達し、ならびにこれらの保護層のエッチング後に下部の犠牲層31に到達する。このエッチング工程の後、保護層または酸化物層41および71ならびに下部の犠牲層31は除去されており、センサー素子12の全ての可動構造体、例えば中心物体11a、ばね体16、停止アーム18および可動電極フィンガ11は、基板10から自由に離れている（殊に、図1および2参照）。ガス状雰囲気中での前記エッチング工程に続いて、ポリシリコン層82またはキャップ層20の穿孔84は、被覆層120で封鎖される。被覆層120は、有利に約1~120 $\mu m$ の厚さであり、例えば有利にPECVD法で付着されている絶縁体、有利に $SiO_2$ からなる。被覆層120を付着させる場合には、好ましくは同時にプロセスガスは、空隙22内に封入され、それによって封入されたプロセスガスの圧力および/または種類に依存して、本発明による加速センサーのセンサー素子12の可動構成成分の動的緩衝性を調節することができる。本発明による加速センサー100内に設けられた可動構成成分の運動を緩衝するガスの封入は、勿論、付着工程とは無関係の他の処理工程の場合にも行なうことができる。

#### 【0028】

被覆層120の付着の後、金属導体路14aおよび14bならびに接点15は、公知方法で製造される。

#### 【0029】

本発明の選択的な実施態様（図示されていない）の場合には、下部の犠牲層31および上部の犠牲層52は、それぞれポリシリコンから形成されており、これに対して、下部の犠牲層31は、図3~12に示された方法の場合に $SiO_2$ から形成されている。選択的な実施態様の場合には、基板10上に下部の保護層（図示されていない）が付着される。これには、ポリシリコン緩衝層の付着が続き、次に、このポリシリコン緩衝層上には、上部の保護層（図示されていない）が付着され、したがって下部の犠牲層31は、下部の保護層および上部の保護層によって完全に包囲されている。下部の保護層は、基板10のエッチング攻撃からの保護に使用され、上部の保護層は、下部の犠牲層の選択的なエッチングまたは除去の際にエッチング攻撃からセンサー素子12または機能層13a、13b、13cを保護する。2つの緩衝層のための保護層は、有利に酸化シリコンから形成されており、したがって同じ材料の2つの緩衝層は、唯一かまたは多数のエッチング工程で除去されることができる。

#### 【0030】

図に示された加速センサーのように、本発明による方法で製造しうる構造素子の平坦性に基づき、センサー/アクチュエーター構造体および組み込まれた評価開閉回路を唯一のチップまたは構造素子上に組み込むこと（図示されていない）は、簡単に可能である。このために、最初に上部の犠牲層およびキャップ層を有するセンサー素子の平面は、記載された方法で製造されなければならない。このようなチップまたは構造素子における電子回路の故障を回避させるために、キャップ層の穿孔、上部の犠牲層のエッチング、保護層の除去および被覆層での空隙の密閉ならびにこのようなチップまたは構造素子の開閉回路の製造後の接点の電氣的接続を実施することは、有利である。この処理工程の場合には、なお低い温度のみが発生し、したがって例えばトランジスタを有することができる開閉回路は、損なわれることがない。

#### 【0031】

本発明の前記の説明により、本発明が本発明による加速センサーまたはこの加速センサーを製造するための本発明による方法に制限されるだけでなく、むしろ空隙、殊に気密になるように密閉された空隙を有する多数のマイクロマシーニング構造素子の製造を可能にすることが明らかになる。

#### 【0032】

これは、殊に空隙内にマイクロマシーニング技術の全範囲からの可動要素、例えばセンサー素子またはマイクロポンプの構成成分等が設けられている場合に云えることである。

#### 【図面の簡単な説明】



【図 1】 機能素子またはセンサー素子の範囲内の加速センサーを示す断面図。

【図 2】 付加的に接点が収容されている、図 1 中の切断線 A - B に沿っての図 1 に表わされた範囲を示す断面図。

【図 3】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 4】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 5】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 6】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

10

【図 7】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 8】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 9】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 10】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【図 11】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

20

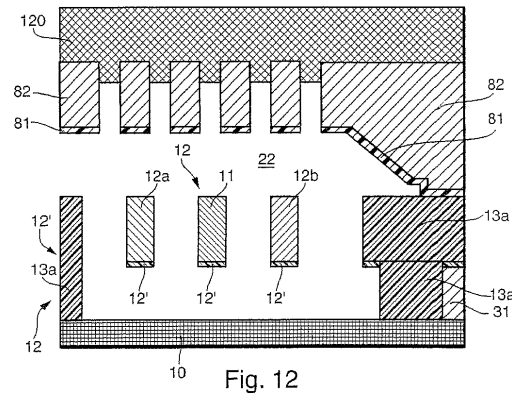
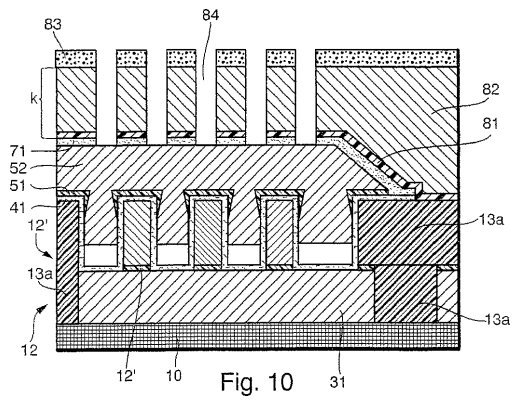
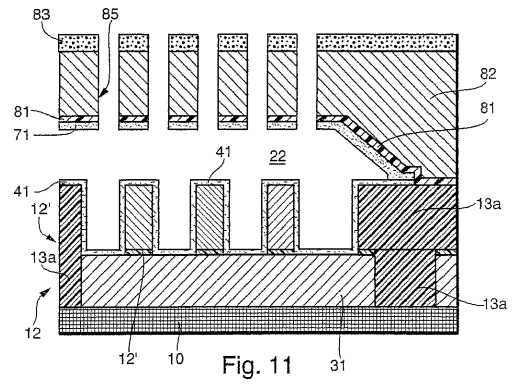
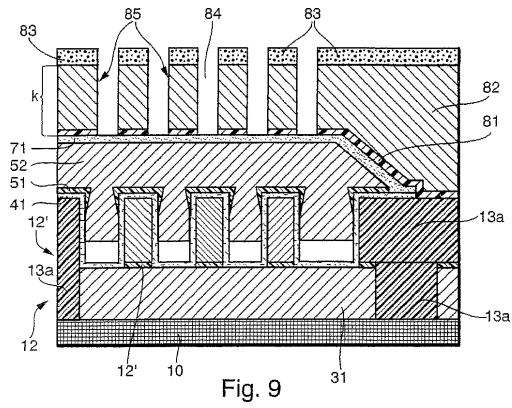
【図 12】 図 1 および図 2 に表わされた本発明による加速センサーを製造するための本発明による 1 つの方法を示す略図。

【符号の説明】

10 基板、 11 可動電極フィンガ、 11a 中心物体、 12 センサー素子、  
 12a、12b 対向電極、 13a 側方向に隣接した 2 個の支持構造体、 13b  
 支持構造体、 13c 支持構造体、 14a、14b 導電路、 16 ばね体、 1  
 7 固定化構造体、 18 停止アーム、 19a 停止ノブ（x 軸での転向）、 19  
 b 停止ノブ（y 軸での転向）、 19c ばね体 16 の半分を阻止する停止ノブ、 1  
 9d ばね体 16 の半分を阻止する停止ノブ、 20、82 キャップ層、 21 穿孔  
 、 22 空隙、 23 結合部、 24 密閉層、 31 第 2 の犠牲層、 41 第  
 1 の保護層、 41a、41b、41c 第 1 の保護層 41 の範囲、 51c センサー素  
 子 12 の脚部の領域、 52 第 1 の犠牲層、 71 第 2 の保護層、 81 核形成層  
 、 82 ポリシリコン層、 100 加速センサー

30





---

フロントページの続き

- (72)発明者 フランク フィッシャー  
ドイツ連邦共和国 ゴーマリンゲン ローベルト・コッホ・シュトラッセ 8
- (72)発明者 ペーター ハイン  
ドイツ連邦共和国 ロイトリンゲン シックハルトシュトラッセ 3 1
- (72)発明者 エックハルト グラフ  
ドイツ連邦共和国 ゴーマリンゲン ジルヒャーシュトラッセ 4

審査官 太田 良隆

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 1 2 3 6 2 8 ( J P , A )  
米国特許第 5 2 8 5 1 3 1 ( U S , A )  
特開昭 6 0 - 0 5 5 6 5 5 ( J P , A )  
米国特許第 5 8 4 6 8 4 9 ( U S , A )  
特開平 1 1 - 1 5 0 2 7 8 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 3 3 2 8 5 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B81B 1/00 - 7/04  
B81C 1/00 - 99/00  
H01L29/84  
G01P15/125