

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4638671号  
(P4638671)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010.12.3)

(51) Int. Cl.

F I

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

B 8 1 B 3/00

B 8 1 C 1/00 (2006.01)

B 8 1 C 1/00

G O 1 C 19/56 (2006.01)

G O 1 C 19/56

G O 1 P 9/04 (2006.01)

G O 1 P 9/04

G O 1 P 15/00 (2006.01)

G O 1 P 15/00

A

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-540075 (P2003-540075)  
 (86) (22) 出願日 平成14年9月5日 (2002.9.5)  
 (65) 公表番号 特表2005-506910 (P2005-506910A)  
 (43) 公表日 平成17年3月10日 (2005.3.10)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE2002/003283  
 (87) 国際公開番号 W02003/037782  
 (87) 国際公開日 平成15年5月8日 (2003.5.8)  
 審査請求日 平成17年9月2日 (2005.9.2)  
 審査番号 不服2008-31596 (P2008-31596/J1)  
 審査請求日 平成20年12月12日 (2008.12.12)  
 (31) 優先権主張番号 101 522 54.1  
 (32) 優先日 平成13年10月20日 (2001.10.20)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 390023711  
 ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト  
 ミット ベシユレンクテル ハフツング  
 ROBERT BOSCH GMBH  
 ドイツ連邦共和国 シュツツガルト ( 番地なし)  
 Stuttgart, Germany  
 (74) 代理人 100061815  
 弁理士 矢野 敏雄  
 (74) 代理人 100110593  
 弁理士 杉本 博司  
 (74) 代理人 100135633  
 弁理士 二宮 浩康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロマシニング型の構成エレメントおよび相応の製法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

マイクロマシニング型の構成エレメントであって：

基板（17）が設けられており；

該基板（17）の上方に設けられた、第1の材料から成るマイクロマシニング型の機能層（15）が設けられており；

該機能層（15）が、第1の領域（15a）と第2の領域（15c）とを有しており、両領域（15a，15c）を、第2の材料（20）から成る第3の領域（15b）が結合しており；

少なくとも1つの領域（15a；15b；15c）が、基板（17）の上方に懸吊された可動の構造体（32）の一部であり；

第1の材料が多結晶シリコンであり、第2の材料が絶縁材料であり、

基板（17）と機能層（15）との間に絶縁層（12；14）が設けられている形式のものにおいて、

第2の材料が圧電性の材料である

ことを特徴とする、マイクロマシニング型の構成エレメント。

## 【請求項 2】

第2の材料（20）から成る第3の領域（15b）が、可動の構造体（32）の一部である、請求項1記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

## 【請求項 3】

第2の材料が二酸化ケイ素である、請求項1記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

【請求項4】

マイクロマシニング型の機能層(15)にサイズモ質量体(200;300;400)が形成されており、該サイズモ質量体(200;300;400)に駆動のための櫛形構造体(255a,255b;355a,355b;455a~455d)が設けられており、第3の領域(220a,220b;320a,320b;420a~420d)が、櫛形構造体(255a,255b;355a,355b;455a~455d)をサイズモ質量体(200;300;400)から電氣的に絶縁するために設けられている、請求項1記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

10

【請求項5】

マイクロマシニング型の機能層(15)に環状構造体(500)が形成されており、第3の領域(520;520a~520h)が、圧電性の領域として形成されている、請求項1記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

【請求項6】

環状構造体(500)が、一貫して延びる第3の領域(520)によって取り囲まれており、該第3の領域(520)に複数の撓みばね(530a~530h)が結合されている、請求項5記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

【請求項7】

環状構造体(500)が、第3の領域(520)によって取り囲まれており、該第3の領域(520)が、互いに結合されない複数の部分領域(520a~520h)を有しており、該部分領域(520a~520h)に複数の撓みばね(530a~530h)のそれぞれ1つが結合されている、請求項5記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

20

【請求項8】

環状構造体(500)が、リングジャイロの一部である、請求項5から7までのいずれか1項記載のマイクロマシニング型の構成エレメント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

背景技術

30

本発明は、マイクロマシニング型の構成エレメント、つまり、マイクロマシニング技術を用いて製作された構成エレメントおよび相応の製法に関する。

【0002】

任意のマイクロマシニング型の構成エレメントに使用可能であるにもかかわらず、本発明ならびに本発明の根底にある問題は、シリコンテクノロジーにおける表面マイクロマシニング型の構成エレメント、たとえばヨーレートセンサに関して詳しく説明される。

【0003】

表面マイクロマシニング技術(OMM)では、センサ素子が単結晶のまたは多結晶のアクティブなシリコン表面層から構造化され、犠牲層技術、すなわち、構造体の下方に位置するSiO<sub>2</sub>犠牲層の除去によって自由に可動にされる。シリコン表面層の高精度の構造化のためには、有利には、ドイツ連邦共和国特許出願公開第4241045号明細書に記載された形式のプラズマエッチング法が使用される。SiO<sub>2</sub>犠牲層を除去するためには、たとえばドイツ連邦共和国特許出願公開第4317274号明細書もしくはドイツ連邦共和国特許出願公開第19704454号明細書に開示されているように、有利にはフッ酸ペーパエッチング法が使用される。このようなOMMセンサを製作するための有利な全プロセスは、たとえばアメリカ合衆国特許第5756901号明細書に詳しく説明されている。

40

【0004】

主要なセンサ使用事例は加速度センサおよび特にヨーレートセンサである。したがって、このヨーレートセンサは、種々異なる線形振動子原理および種々異なる回転振動子原理

50

により設計されている。ヨーレートセンサは、ばね・質量系として形成された振動可能な構造体である。この構造体は静電型の櫛形駆動体によって励振されて、コンスタントな振幅を伴った連続的な振動運動を生ぜしめ、容量型の検出構造体によって評価される。

#### 【0005】

これら全ての構造体には、自由可動のセンサ素子が一体のケイ素から製作される、すなわち、ばねと質量体とから成る装置全体が互いに電氣的に接続されていて、したがって、強制的に同一の電位にあることが共通している。この結果、たとえばヨーレートセンサでは、検出回路への駆動電圧の有害なクロストークが生ぜしめられる。なぜならば、振動構造体の内部の動電氣的な分離の不足のため、駆動電圧と検出信号とが同一の構造体に作用するからである。

10

#### 【0006】

駆動電圧の分離は、しばしば、後続のスペクトルの濾過、電流補償原理（変位電流の補償を伴う2つの櫛形駆動体への逆方向に向けられた駆動電圧）またはスイッチキャパシタ原理を介した時間的な選択によって行われる。いずれにせよ、センサ機構のノイズ特性はクロストークまたは講じられた対策によって悪化させられる。

#### 【0007】

アクティブな構造体の下方に位置する $\text{SiO}_2$ 層を犠牲層エッチングするためには、従来の公知先行技術によれば、水状のまたは有利にはペーパー状のフッ酸の形のフッ酸含有の媒体が使用されるので、絶縁構造体を機能層に組み込むという手段は、今日まで、犠牲層エッチングの間のこのような絶縁構造体の破壊で失敗する。本来の $\text{SiO}_2$ 犠牲層と同様に絶縁溝への埋戻し酸化物もフッ酸によって攻撃される。特にフッ酸ペーパーの使用時には、機能的な絶縁酸化物を保護することが実際に不可能となる。

20

#### 【0008】

##### 発明の利点

請求項1の特徴を備えた本発明によるマイクロマシニング型の構成エレメントもしくは請求項11記載の相応の製法は公知の解決手段に比べて、機能層が、種々異なる機械的かつ/または電氣的な特性を有する領域で分割可能となるという利点を有している。たとえば、本発明によって、相応の部分構造体の電氣的な分離および絶縁のための絶縁構造体が機能層の内部の可動の構造体の内部に設けられることにより、全構造体の部分、たとえば検出構造体と駆動構造体とを動電氣的に互いに分離することが可能となる。

30

#### 【0009】

電氣的な絶縁構造体を製作するためには、センサ構造体を複数の部分構造体に分割するために、絶縁溝を形成することが提案される。これらの部分構造体を互いに、たとえば電氣的に互いに絶縁して機械的に結合するためには、絶縁溝が高絶縁性の材料、有利には二酸化ケイ素で再び充填される。これによって、機械的にまとまった形成体を得ることができる。この形成体は、電氣的に互いに絶縁された部分セグメントから成っている。

#### 【0010】

有利には、本発明では、択一的な犠牲層技術が使用される。この犠牲層技術は、反応性の気相からの犠牲シリコン領域の選択的な除去に基づいている。このためには、有利には高反応性のフッ素化合物、たとえば $\text{XeF}_2$ 、 $\text{ClF}_3$ 、 $\text{BrF}_3$ 、 $\text{IF}_3$ 、 $\text{IF}_5$ 等またはプラズマ放電に基づくフッ素ラジカルが使用される。このフッ素ラジカルは、露出したケイ素を自然にエッチングするものの、ケイ素でないものに対して極めて選択的に作用し、これを攻撃しない。特に酸化物層はこの物質によってさほど攻撃されないため、絶縁溝の機能的な酸化物、たとえば埋戻し酸化物は完全に無傷のままである。

40

#### 【0011】

犠牲シリコンエッチングの間、アクティブなシリコン構造体は適切なパッシベーション層（酸化物層、ポリテトラフルオロエチレンの類の層、フォトレジスト）によって、有利には全面で保護される。したがって、このパッシベーション層はセンサ構造体の側面にも析出されなければならない。ポリテトラフルオロエチレンの類のパッシベーション層を使用したい場合には、特にドイツ連邦共和国特許出願公開第4241045号明細書に開示

50

されたプラズマエッチングプロセスの不動態化ステップが、側壁への選択的な析出のために適している。異方性トレンチ技術と組み合わせられた等方性シリコン犠牲層エッチング技術の基本的なメカニズムは、ドイツ連邦共和国特許出願公開第4420962号明細書もしくは英国特許出願公開第2290413号明細書に説明されている。

【0012】

この新たな犠牲層技術の使用によって、側方で互いに電氣的に絶縁された部分構造体から成り、したがって、たとえば駆動ゾーンと検出ゾーンとの分離をヨーレートセンサにおいて可能にするセンサを製作することが可能となる。これによって、このセンサが著しく改善され、OMMテクノロジーの使用多様性が、向上させられる機能性の方向に著しく拡張される。

10

【0013】

さらに、絶縁酸化物の代わりに、圧電性の材料を絶縁溝の充填のために使用することが可能となる。この場合、電極として、たとえばシリコン部分構造体が圧電性の材料の両側に使用される。これによって、たとえば機械的な力を電氣的な信号にセンサ構造体の内部で変換することができる。この信号自体は、さらに、互いに電氣的に絶縁された部分構造体で取り出すことができる。公知の圧電性の層材料は、たとえばZnO、AlN、PZT等である。特にZnOおよびAlNは薄膜として、半導体に近いプロセスで析出可能である。この圧電材料は機械的な力を電圧に変換しかつ逆に電圧を機械的な力に変換するので、ピエゾアクチュエータもアクティブな構造体の内部に実現可能となる。

【0014】

20

1つのセンサにおける圧電式の信号変換の利点は、獲得可能な比較的高い信号電圧および低い電源インピーダンスである。このことは、たとえばヨーレートセンサにおいて、向上させられたセンサ感度およびセンサ分解能に対して有利である。1つのアクチュエータにおける利点は、比較的僅かな駆動電圧での比較的大きな力もしくはストロークである。この事例でも、高選択的な等方性シリコン犠牲層技術によって、向上させられた機能性を伴った新規の構成エレメントの実現が可能となる。

【0015】

従属請求項には、本発明の各対象の有利な構成および実施態様が記載してある。

【0016】

有利な構成によれば、基板と機能層との間に絶縁層が設けられている。

30

【0017】

別の有利な構成によれば、第2の材料から成る第3の領域が、可動の構造体の一部である。

【0018】

別の有利な構成によれば、第1の材料が多結晶シリコンであり、第2の材料が絶縁材料、有利には二酸化ケイ素である。

【0019】

別の有利な構成によれば、第1の材料が多結晶シリコンであり、第2の材料が圧電性の材料である。

【0020】

40

別の有利な構成によれば、マイクロマシニング型の機能層にサイズモ質量体が形成されており、該サイズモ質量体に駆動のための櫛形構造体が設けられており、第3の領域が、櫛形構造体をサイズモ質量体から電氣的に絶縁するために設けられている。

【0021】

別の有利な構成によれば、マイクロマシニング型の機能層に環状構造体が形成されており、第3の領域が、圧電性の領域として形成されている。

【0022】

別の有利な構成によれば、環状構造体が、一貫して延びる第3の領域によって取り囲まれており、該第3の領域に複数の撓みばねが結合されている。

【0023】

50

別の有利な構成によれば、環状構造体が、第3の領域によって取り囲まれており、該第3の領域が、互いに結合されない複数の部分領域を有しており、該部分領域に複数の撓みばねのそれぞれ1つが結合されている。

【0024】

別の有利な構成によれば、環状構造体が、リングジャイロの一部である。

【0025】

別の有利な実施態様によれば、機能層に、可動の構造体を形成するために、一貫して延びる溝を形成し、次いで、該溝の側壁を保護層でカバーし、その後、機能層の一部を、サイドエッチング領域を設けることによって可動にし、この場合、前記領域を、サイドエッチング領域を設ける場合に絶縁層によって保護し、溝の側壁を保護層によって保護する。

10

【0026】

別の有利な実施態様によれば、まず、保護層を溝全体に析出し、その後、溝底部から除去する。

【0027】

別の有利な実施態様によれば、平坦化を化学機械的なポリシングステップによって実施する。

【0028】

実施例の説明

以下に、本発明の実施例を図面につき詳しく説明する。

【0029】

20

図面では、同一の構成部分または機能的に同じ構成部分に同じ符号が付してある。

【0030】

図1a～図1gには、本発明の第1の構成を詳しく説明するための種々異なるプロセス段階の概略図が示してある。

【0031】

図1aには、符号17で、たとえばシリコンウェーハの形のシリコン基板が示してある。このシリコン基板17には、ここでは、それぞれ二酸化ケイ素から成る第1の絶縁層12の領域と、この領域の間に位置する第2の絶縁層14とが被着されている。第1の絶縁層12の領域には、構造化された伝導性の層が位置している。さらに、この層は、同じく二酸化ケイ素から成る第3の絶縁層16によってカバーされている。この第3の絶縁層16もしくは第2の絶縁層14の上方には、高濃度ドーピングされた伝導性の多結晶シリコン(ポリシリコン)から成る機能層15が設けられている。この機能層15の上方にはフォトマスク10が位置している。このフォトマスク10には、開口21が右側の区分に第3の絶縁層16の上方で設けられている。

30

【0032】

表面マイクロマシニングのテクノロジーでの図1aに示した構造体のための製作プロセスは一般的に知られている。

【0033】

図1bには、開口21を備えたフォトマスク10の使用下での第1の異方性プラズマエッチングプロセスの結果が示してある。この異方性プラズマエッチングプロセスは溝19を提供する。この溝19は機能層15を完全に分断して、第3の絶縁層16でストップしている。換言すれば、プラズマエッチングプロセスは機能層15を領域15a, 15cに分割する。

40

【0034】

図1cによれば、これに続くプロセスステップにおいて、溝19が絶縁酸化物( $\text{SiO}_2$ )20で完全に充填され、これによって、該当する絶縁酸化物が構造体の全表面にわたって析出される。

【0035】

これに続いて、絶縁酸化物20が、たとえば化学機械的なポリシングステップ(CMP)または酸化層のエッチバックによって再びウェーハ表面から除去される。したがって、

50

絶縁酸化物 20 は絶縁溝 19 内にしか残されない。これによって、図 1 d に示した、結果的に生ぜしめられた構造体の平坦な表面が形成される。いま、充填された溝は機能層 15 の領域 15 b を形成している。この領域 15 b は機械的に安定的に領域 15 a , 15 c を結合しているものの、本例では、電氣的に互いに絶縁している。

【0036】

図 1 e に示した、これに続くプロセスステップでは、第 2 のフォトマスク 10 が、結果的に生ぜしめられた構造体に設けられる。通常、まだ機能層 15 上にフォトマスク 10 の下方で位置する金属化層は図 1 e には示していない。特にこの金属化層は、必要に応じて、絶縁材料で充填された溝にわたって、この溝をカバーすることもできる。

【0037】

フォトマスク 10 は開口 21 を有している。この開口 21 は、特に第 2 の絶縁層 14 の上方に位置している。交互の蒸着ステップとエッチングステップとを備えた第 2 の異方性プラズマプロセスでは、開口 21 の領域に溝 19 がエッチングされる。この溝 19 は第 2 の絶縁層 14 にまで達している。この第 2 の絶縁層 14 は、通常、ほんの数ナノメートル～100ナノメートルの厚さに寸法設定されている。

【0038】

規定された蒸着ステップによって、選択的に溝 19 の側壁にポリテトラフルオロエチレンの類の保護膜 120 が形成される。絶縁層 12 ; 14 ; 16 への到達時に異方性プラズマエッチングプロセスはほぼ完全に停止する。なぜならば、このプラズマエッチングプロセスが二酸化ケイ素に比べて高い選択比もしくは選択性をケイ素に対して有していて、したがって、二酸化ケイ素をほぼエッチングしないからである。溝 19 の底部には、露出した領域 23 が位置している。これは、図 1 f に示してある。

【0039】

図 1 g によれば、ケイ素酸化物に対する後続の異方性プラズマエッチングプロセスにおいて、第 2 の絶縁層 14 の、露出した領域 23 が除去される。第 2 の絶縁層 14 の領域 23 の除去後、サイドエッチング領域 31 もしくはアンダカット領域を形成するためのシリコン基板 17 の等方性エッチングが行われる。したがって、可動の構造体 32 をサイドエッチング領域 31 の上方に形成することができる。

【0040】

可動の構造体 32 の、第 2 の絶縁層 14 から成る領域 30 と、第 2 の絶縁層 14 の領域 25 と、ポリテトラフルオロエチレンの類の保護層 120 とは、ケイ素における等方性サイドエッチングの間の機能層 15 のエッチバックもしくは構造損失を阻止しており、実際には、シリコン基板しかエッチングされないようになっている。

【0041】

図 2 には、本発明の第 2 の構成を詳しく説明するための概略図が示してある。

【0042】

図 2 に示した第 2 の構成では、絶縁酸化物 20 を備えた領域 15 b が、可動の構造体 32 の内部に位置している。製作は、図 1 a ~ 図 1 g に示した実施例に類似して行われる。特にケイ素領域 15 a , 15 c と絶縁酸化物 20 とは、サイドエッチング領域 31 を形成するための等方性エッチングステップ時に可動の構造体 32 の下方の第 2 の絶縁層 14 の領域 30 によって保護されている。

【0043】

すなわち、一般的には、第 1 もしくは第 2 の構成に示した本発明による構成エレメントにおける本発明を転換するための 1 つのプロセスでは、まず、アクティブなシリコン層 15 に、必要となる絶縁溝 19 が形成される。このためには、たとえばドイツ連邦共和国特許出願公開第 4 2 4 1 0 4 5 号明細書に開示されたシリコンディープエッチング法によって、絶縁が必要となる箇所にトレンチ溝が酸化物ストップ層 14 ; 16 にまで異方性エッチングされる。

【0044】

次いで、この溝が、場合によっては別の埋戻し材料、たとえば多結晶シリコンに関連し

10

20

30

40

50

て、少なくとも一種の絶縁酸化物 ( $\text{SiO}_2$ ) で再び充填される。この絶縁酸化物は、溝を少なくとも部分的に充填する、たとえば上側の部分でしか充填しないために、全面にわたって析出される。上述した構成では、溝が完全に充填されると有利である。

【0045】

次いで、充填材料 ( $\text{SiO}_2$  またはその他の材料、たとえば  $\text{AlN}$  等) が、たとえばポリシングまたは化学機械的なポリシング (CMP) またはエッチングによる表面の平坦化によってウェーハ表面から再び除去される。したがって、材料は絶縁溝に残され、残りの箇所では、シリコン表面までの平坦化ステップの間に再び除去される。これによって、有利には、シリコン領域の、平坦なウェーハ表面が形成される。このウェーハ表面は、充填された絶縁溝によって、設けられた箇所で貫通される。上述した例では、平坦化ステップの間、絶縁溝内の埋戻し材料がシリコン表面で平らに終わっている。

10

【0046】

次いで、通常の OMM (表面マイクロマシニング) プロセス化が続いている。すなわち、金属化層を析出しかつ構造化した後、ケイ素がエッチングされてセンサ構造体が形成され、トレンチ溝内のストップ酸化物が選択的に除去され、構造体側壁が不動態化され (ポリテトラフルオロエチレン析出、 $\text{SiO}_2$  析出)、パッシベーション層がトレンチ底部から選択的に除去され、最後に犠牲シリコンゾーンが、高反応性のフッ素化合物、たとえば  $\text{ClF}_3$ 、 $\text{BrF}_3$ 、 $\text{XeF}_2$  等によって選択的にエッチング除去される。

【0047】

(レジストマスクによって加工された事例の) フォトリジストマスクとパッシベーション層との除去後、自由可動の OMM 構造体 32 が形成される。この OMM 構造体 32 は、互いに電氣的に絶縁された部分構造体から成っている。

20

【0048】

以下の例には、本発明による構成エレメントの構成がヨーレートセンサの例で示してある。

【0049】

図3～図5には、第3～第5の構成によるヨーレートセンシングのための種々異なる線形振動子装置が示してある。

【0050】

図3には、本発明の第3の構成を詳しく説明するためのセンサ構造体の概略図が示してある。

30

【0051】

図3には、符号200でサイズモ質量体が示してある。このサイズモ質量体200はサイドアーム215a、215bを有している。サイズモ質量体200は図1および図2でマイクロマシニング型の機能層15に形成されている。サイズモ質量体200のアーム215a、215bには絶縁領域220a、220bが設けられている。この絶縁領域220a、220bは、アーム215a、215bの外側の領域からのサイズモ質量体200の内側の領域の電氣的な絶縁を規定している。

【0052】

アーム215a、215bの外側の領域には櫛形構造体265a、265bが設けられている。この櫛形構造体265a、265bは対応の櫛歯255a、255bと協働する。この櫛歯255a、255bはアンカ部250a、250bを介して基板17 (図1および図2参照) に固く結合されている。

40

【0053】

さらに、符号190a、190b、260a、260bでアンカ部が示してある。これらのアンカ部190a、190b、260a、260bは撓みばね195a、195b; 267a、267bを介してサイズモ質量体200を基板17の上方で可動に懸吊している。

【0054】

すなわち、図3には、サイズモ質量体200もしくはセンサ振動質量体が示してある。

50

このセンサ振動質量体の、駆動櫛形構造体 255a, 255b に係合する櫛歯は残りのセンサ振動質量体に対して電氣的に絶縁されている。振動質量体の駆動部分構造体は、たとえばアンカ部 260a, 260b によってコンタクティング（接触接続）され、検出構造体として働く残りの振動質量体はアンカ部 190a, 190b を介してコンタクティングされる。この場合、検出は、たとえば面外式にかつ容量式に下側の電極プレート（図示せず）によって行われる。この電極プレートは、この下側の電極プレートに対する振動質量体 200 の残りの部分構造体の間隔を検出する。したがって、検出電極への振動質量体 200 を介した駆動電圧のクロストークは著しく低減されており、有利には、残りの振動構造体自体で検出することも可能となる。

【0055】

10

図 4 には、本発明の第 4 の構成を詳しく説明するための別のセンサ構造体の概略図が示してある。

【0056】

図 4 には、符号 300 でサイズモ質量体 が示してある。このサイズモ質量体 300 は撓みばね 330a, 330b を介して可動のビーム 360a, 360b に結合されている。さらに、このビーム 360a, 360b はアンカ部 325a, 325b を介して基板 17 に結合されている。撓みばね 330a, 330b の開始点の領域におけるサイズモ質量体 300 の縁領域には絶縁領域 320a, 320b が設けられている。この絶縁領域 320a, 320b はサイズモ質量体 300 の内側領域を電氣的に絶縁している。

【0057】

20

ビーム 360a, 360b には櫛形構造体 355a, 355b が結合されている。この櫛形構造体 355a, 355b は櫛歯を有している。この櫛歯は、アンカ部 350a, 350b に設けられた対応の櫛歯と協働する。櫛形構造体 355a, 355b はサイズモ質量体 300 を駆動するために働く。キャパシタ装置 C1 ~ C4 を介して、サイズモ質量体 300 の変位を容量式に公知の形式で検出することができる。

【0058】

すなわち、図 4 には、平坦な検出を伴う線形振動子の原理図が示してある。ここでは、駆動構造体が振動構造体から撓みばね 330a, 330b を介して分離されている。この撓みばね 330a, 330b は、前述したように、本来の振動構造体から電氣的に絶縁されている。ヨーレート信号の検出は、容量型の構造体 C1 ~ C4 によって振動構造体もしくは振動構造体の、静止しているフレーム部分に対して行われる。駆動構造体と残りの振動構造体とは、ここでは、別個の固定エレメントを介して別個に電氣的にコンタクティングされてもよい。すなわち、質量体にも撓みばねの接続部が製作されなければならない。

【0059】

30

図 5 には、本発明の第 5 の構成を詳しく説明するためのさらに別のセンサ構造体の概略図が示してある。

【0060】

図 5 には、符号 400 で別のサイズモ質量体 が示してある。このサイズモ質量体 400 はリング形状を有している。ここでも、予め規定された箇所に櫛形構造体 455a ~ 455d が設けられている。この櫛形構造体 455a ~ 455d は櫛歯を有している。この櫛歯は、アンカ部 450a ~ 450d を介して基板 17 に結合された対応の櫛歯と協働する。絶縁領域 420a ~ 420d は、このように形成された駆動構造体を内側領域もしくはサイズモ質量体 400 の内側領域から分離するために働く。

40

【0061】

すなわち、図 5 には、回転振動子が示してある。この回転振動子では、振動質量体の、駆動櫛形構造体に係合するエレメントが、残りの振動質量体から電氣的に絶縁されている。この残りの振動質量体と駆動部分とは、それぞれ別個に電氣的にコンタクティングされる（図示せず）。検出は、ここでも、有利には再び面外式に下側のキャパシタプレート（図示せず）によって行われる。このキャパシタプレートを介して、電極プレートからの残りの振動質量体の間隔が検出される。

50



## 【 0 0 6 2 】

本発明を使用することができる別の構成エレメントは、圧電式の信号変換を伴うマイクロマシニング型のリングジャイロである。

## 【 0 0 6 3 】

図 6 には、変形可能な環状構造体 5 0 0 を備えたリングジャイロ構造体の概略図が示してある。

## 【 0 0 6 4 】

図 6 には、図示の両振動限界形状を備えた環状構造体 5 0 0 の振動形状が示してある。運動の一方の「死点」は鉛直な葉巻形状であり、運動の他方の「死点」は水平な葉巻形状である。矢印はこの振動モードの節点、すなわち、さほどの運動振幅なしの場所を示している。リングは等方性であるかもしくは等方性であることが望ましいので、振動モードは、基本的に平面内のあらゆる別の位置をとることもできる。この平面内のモード方位は、通常、配置の回転対称を壊しかつ優れた主軸線を生ぜしめる振動駆動によって実現される。

10

## 【 0 0 6 5 】

リング平面に対して垂直な軸線を中心とした振動するリング 5 0 0 の回転時には、振動が回転に対して定置にとどまろうとするので、振動モードの前記節点に運動振幅が生ぜしめられる。ベースモードのずれは、通常、節点で適切に検出されるかもしくは電気機械的な対応カップリングによって補償される。補償信号の高さは、たいてい使用される、リングを回転させる回転速度に対する量および本来重要となる測定量である。リングジャイロはその高い内側の対称性のおかげで、外乱量に対して極めて不感となる。分解能は極めて広域に向上させることができる。通常の構成は、磁気的な誘導ループを外側の磁界で駆動および振動モードの検出のために使用するかまたは圧電式の駆動・検出エレメントを使用する。この駆動・検出エレメントは精密機械的なリングまたはシリンダの周面にろう付けされる。

20

## 【 0 0 6 6 】

マイクロマシニング型のリングジャイロを静電型の駆動構造体および容量型の検出構造体によって運転することも試された。櫛形構造体はリングの対称性を敏感に妨害し、したがって、構造体の利点を排除する恐れがあるので、単純なキャパシタプレートしか考慮されない。これによって、実際に金属製のセンサ一次構造体の形で L I G A 技術によってしか実現可能とならないように、極めて高いアスペクト比を備えた極めて高い構造体が必要となる。しかし、L I G A 技術は産業上の使用のために適しておらず、特に一次構造体の形では支払うことができない；このような形成体の型取りおよび複製は実際に高いアスペクト比で失敗する。

30

## 【 0 0 6 7 】

本発明は、マイクロマシニング型の、有利には表面マイクロマシニング型の S i リングジャイロを実現するための適切な技術をもたらす。この技術は、環状構造体の、機能に対して重要な対称性を損なうことなしに、十分に大きな駆動力だけでなく、十分に大きな検出信号も提供する。これによって、マイクロマシニング型の、特に表面マイクロマシニング型の S i リングジャイロを圧電式の駆動・検出フィールドに接続し、したがって、大きな駆動力および使用信号を比較的低い電源インピーダンスで得ることが可能となる。

40

## 【 0 0 6 8 】

本発明による技術によって、互いに電気的に絶縁された、自由可動のセンサ素子構造体の製作が可能となる。最初に形成されるトレンチ溝は圧電性の材料で充填され、次いで、平坦化される。その後、本来のシリコン構造体がトレンチエッチングによって製作される。シリコン犠牲層の使用下での等方性気相エッチング技術によって、機能的な誘電体または圧電体を損なうことなしに、片持ち式の振動可能な形成体を製作することが可能となる。

## 【 0 0 6 9 】

図 7 には、本発明の第 6 の構成によるリングジャイロ構造体の概略図が示してある。

50

## 【 0 0 7 0 】

図 7 には、符号 5 2 0 で、全周にわたって延びる圧電性の層が示してある。この圧電性の層 5 2 0 は、本発明による方法の 1 つの実施態様による図 1 または図 2 に示した機能層 1 5 に埋め込まれている。符号 5 3 0 a ~ 5 3 0 g は、伝導性の多結晶シリコンから成る撓みばねである。この撓みばね 5 3 0 a ~ 5 3 0 g は圧電性の層 5 2 0 に隣接して設けられている。5 5 0 a ~ 5 5 0 h はアンカ部を示している。これらのアンカ部 5 5 0 a ~ 5 5 0 h は撓みばね 5 3 0 a ~ 5 3 0 h をアンカ固定している。

## 【 0 0 7 1 】

図 7 に示したリングジャイロを製作するためには、絶縁層と、この絶縁層の上方に位置するアクティブなシリコン層もしくは機能層とから成る、根底にある層システムの形成後、環状のトレンチがのちのシリコン環状構造体 5 0 0 を巡って形成される。このトレンチ溝は圧電性の材料 5 2 0 で充填され、次いで、ウェーハ表面が平坦化される。その後、本来のシリコン構造体がトレンチエッチングによって製作される、すなわち、まだほぼまともな表面シリコン層からエッチング除去される。これは、( 本来の環状振動子の ) 内側のリング 5 0 0 と、アンカ部 5 5 0 a ~ 5 5 0 h と、中央のリング 5 0 0 に対する撓みばね 5 3 0 a ~ 5 3 0 h とに該当する。この撓みばね 5 3 0 a ~ 5 3 0 h とアンカ部 5 5 0 a ~ 5 5 0 h とは同時に電極電圧を相応のコンタクトエレメントに供給するかもしくはコンタクトエレメントから取り出す。

## 【 0 0 7 2 】

図 7 には、撓みばね 5 3 0 a ~ 5 3 0 h の端部としての構造化された外側の S i 電極を備えた一貫して延びる圧電性の層 5 2 0 が示してある。ケイ素出発材料として、有利には高濃度ドーピングされた高伝導性の p 型または n 型のケイ素、特に有利にはホウ素ドーピングを伴った高濃度ドーピングされた p 型材料が使用される。圧電性の層 5 2 0 は、一貫して延びる外側のリングとして形成されているので、これによって、隣り合った電極の間の増加させられた電気的なクロストークが生ぜしめられ得る。

## 【 0 0 7 3 】

図 8 には、本発明の第 7 の構成によるリングジャイロ構造体の概略図が示してある。

## 【 0 0 7 4 】

図 8 によれば、圧電性のフィールドも互いに分離されている。この分離は、初期に埋戻しに対して、一貫して延びるリング 5 2 0 が形成されず、8 つのリングセグメント 5 2 0 a ~ 5 2 0 g が形成されることによって生ぜしめられる。これらのリングセグメント 5 2 0 a ~ 5 2 0 g は切欠き 5 2 5 a ~ 5 2 5 g によって互いに分離されている。これによって、埋戻しおよび平坦化の後、さらに、互いに分離された 8 つの圧電性の部分セグメントが形成される。有利には、この構成では、隣り合った電極の間の電気的なクロストークが低減されている。しかし、外側の電極と中央の内側のリングとの間の圧電性の材料の開放した境界範囲が生ぜしめられ得る。

## 【 0 0 7 5 】

特に一種の圧電体 (たとえば Z n O ) では、縁面伝導率の発生によって、電気的な分路が内側の環状電極と外側の電極との間に形成され得る。すなわち、構造化プロセスは、可能な限り僅かなイオン損傷が生ぜしめられるように最適化されなければならない。ドイツ連邦共和国特許出願公開第 4 2 4 1 0 4 5 号明細書に開示された、シリコンディープ構造化のためのプロセスはこの要求を満たしている。なぜならば、このプロセスは、異方性エッチング結果を得るために、圧電性のフィールドの開放した縁面もしくは境界面に著しい損傷を与えないことを可能にするほんの僅かなイオンエネルギーで十分となるからである。

## 【 0 0 7 6 】

すなわち、外側の電極の電気的な接続が、所属のアンカ部と、所属のばねとを介して実現される。このアンカ部とばねとは、高濃度のドーピング ( p 型または n 型、有利には p 型 ) によって十分に導電性でなければならない。原理的には、全ての駆動信号が相補的な電圧として外側の電極に供給され、この外側の電極からの全ての信号取出しが、差異のある形で行われる場合には、内側のリングの直接的なコンタクティングを省略することがで

10

20

30

40

50

きる。

【0077】

たとえば、振動駆動は、駆動フィールドが12時位置でかつ3時位置でそれぞれ相補的な電圧で駆動され、振動検出のために、フィールドの出力電圧が6時位置でかつ9時位置で互いに減法されるように行うことができる。類似して、節運動は、3時位置の左右の両フィールドの出力電圧が互いに減法され、補償電圧が相補的に9時位置の左右のピエゾフィールドに供給されることにより節運動の補償が行われることによって測定することができる。これによって、中央のSiリングが、電氣的に直接コンタクティングされないにもかかわらず、常に仮想の0電位にとどまる。

【0078】

A1導体路を介した中央のリングの直接的なコンタクトも許容する層構造は一層有利である。このためには、アクティブな構造体をばねウェブを介して加工するためのディープトレンチプロセス前に絶縁酸化物層が被着され、構造化され、その上方にA1層が被着され、構造化されて導体路が形成される。この導体路はそれぞれ中央のSiリングをコンタクティングして、このリングを、規定された電位、有利にはアース電位または基準電位におくことを許容している。振動運動を可能な限りほとんど損なわないためには、A1導体路を可能な限り薄膜に選択する、たとえばほんの50~200nmの厚さに選択することが望ましい。この理由から、(ただ1つのばねウェブだけが内側のリングのコンタクティングのために使用されれば自体十分であるにもかかわらず)全てのばねウェブが、中央の環状構造体を接続するために働く導体路を備えていると有利である。全てのばねの使用によって、8つの全ての導体路の並列接続が実現され、より薄膜の導体路で十分となる。さらに、配置形式の対称性も完全に顕著に得られる(全てのばねウェブは同じ)。

【0079】

別の利点として、たとえばPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)材料のために必要となるように、特に有効な圧電体に極性を付与するための可能性が得られる。この材料には、PZTセラミックスの析出、構造化および焼付け後、極性付与電圧(高い直流電圧)の印加によって外側の電極と内側のリングとの間で温度の上昇時に初めて予め極性が付与されなければならない、これによって、前記材料が圧電性にされなければならない。各電極フィールドに対する内側のSiリングの個別の接続によって、この極性付与を、特に良好に規定された形式で実施することができる。別の利点は、隣り合った電極フィールドの間の電氣的なクロストークのさらなる低減である。

【0080】

したがって、圧電性のフィールドが新たな製作プロセスに提供され得ることによって、容量型のノ静電型の設計の公知の問題を克服したマイクロマシニング型の構成エレメント、有利には表面マイクロマシニング型のリングジャイロを得ることができる。プロセスガイドは、機能的な誘電性のまたは圧電性の層の損傷なしにマイクロマシニング型の構造体の露出を許容する。したがって、トレンチ技術/トレンチ埋戻し技術に相俟って、鉛直方向に構造化されたピエゾフィールドを、振動するSiリングに実現することができる。

【0081】

圧電式の信号変換の利点は、比較的大きな信号電圧および低い電源インピーダンス、機械的な応力の検出および運動振幅に代わる伸びおよび容量型の構造体に比べて僅かなスペース需要である。

【0082】

本発明を有利な構成につき前述したにもかかわらず、本発明は、これらの構成に限定されるものではなく、種々の形式に変更可能である。

【0083】

本発明は、特に図示の使用事例に限定されるものではない。別の使用例は、たとえばマイクロスイッチであってもよい。この場合、アクチュエータ部分が、慣用のリレーに類似して、理想的な事例では完全に動電氣的に本来のスイッチ部分から分離されていることが望ましい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 4 】

純然たる絶縁領域の代わりに、たとえば機械的な力を（ZnO、AlN、PZT、・・・による）圧電効果によって検出するためにまたはピエゾアクチュエータを構造体に組み込むために、別の任意の機能的な領域が導入されてもよい。いずれにせよ、新たなプロセスガイドは多数の新規のOMM構成エレメントを開発する。

## 【 0 0 8 5 】

さらに、犠牲層エッチング技術のための保護層をまず溝全体に析出することができ、その後、溝底部から除去することができる。

## 【 0 0 8 6 】

機械的なポリシングステップに対して択一的には、（埋戻し材料がプラズマで除去可能である限り）公知のプラズマ平坦化法が使用されてもよいし、湿式にエッチバックされてもよい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 8 7 】

【図 1 a】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 1 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 8 8 】

【図 1 b】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 2 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 8 9 】

【図 1 c】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 3 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 9 0 】

【図 1 d】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 4 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 9 1 】

【図 1 e】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 5 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 9 2 】

【図 1 f】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 6 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 9 3 】

【図 1 g】本発明の第 1 の構成を詳しく説明するための第 7 のプロセス段階の概略図である。

## 【 0 0 9 4 】

【図 2】本発明の第 2 の構成を詳しく説明するための概略図である。

## 【 0 0 9 5 】

【図 3】本発明の第 3 の構成を詳しく説明するためのセンサ構造体の概略図である。

## 【 0 0 9 6 】

【図 4】本発明の第 4 の構成を詳しく説明するための別のセンサ構造体の概略図である。

## 【 0 0 9 7 】

【図 5】本発明の第 5 の構成を詳しく説明するためのさらに別のセンサ構造体の概略図である。

## 【 0 0 9 8 】

【図 6】リングジャイロ構造体の概略図である。

## 【 0 0 9 9 】

【図 7】本発明の第 6 の構成によるリングジャイロ構造体の概略図である。

## 【 0 1 0 0 】

【図 8】本発明の第 7 の構成によるリングジャイロ構造体の概略図である。

10

20

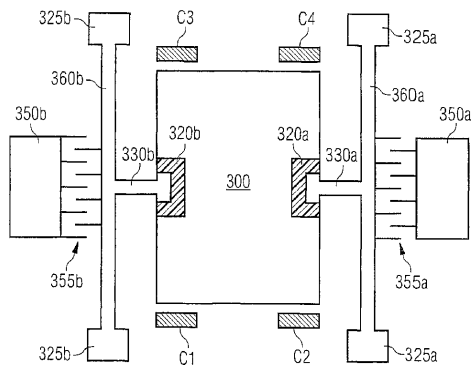
30

40



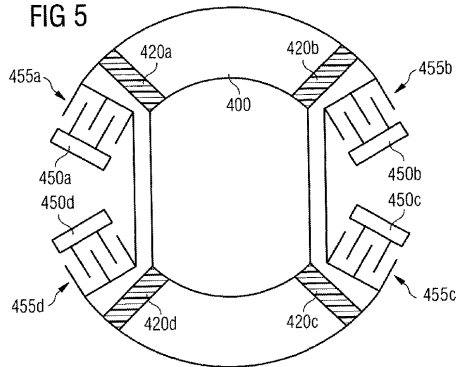
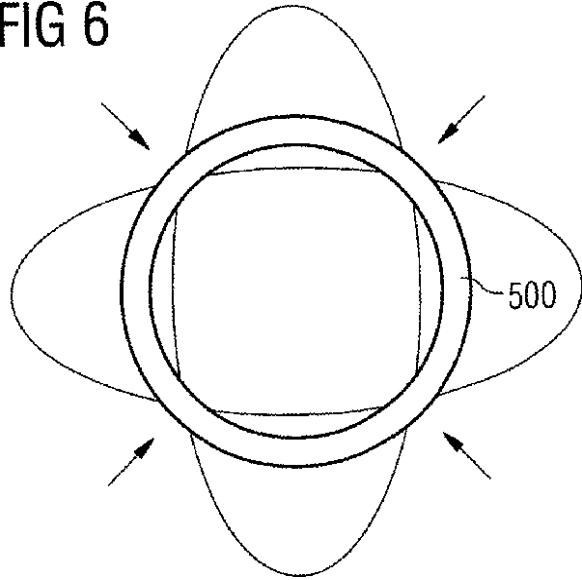
【図 4】

FIG 4



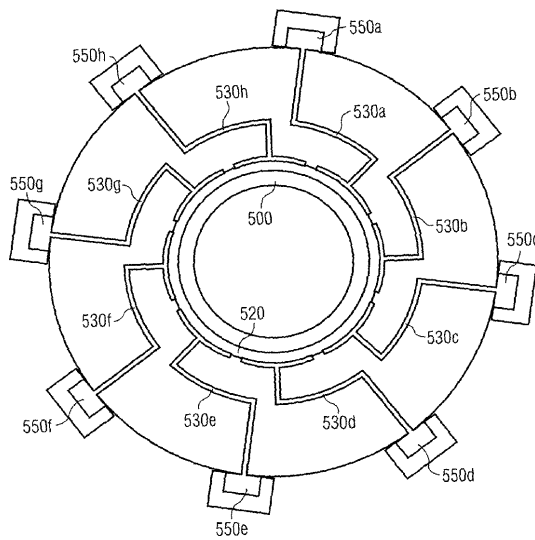
【図 5】

FIG 5

【図 6】  
FIG 6

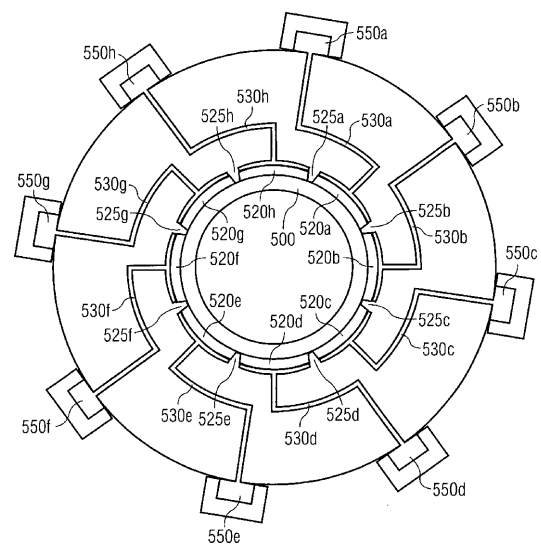
【図 7】

FIG 7



【図 8】

FIG 8



---

フロントページの続き

(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

(72)発明者 フランツ レルマー

ドイツ連邦共和国 ヴァイル デア シュタット ヘルマン - シュッツ - シュトラーセ 22

合議体

審判長 千葉 成就

審判官 菅澤 洋二

審判官 所村 美和

(56)参考文献 特開2000-65855(JP,A)

国際公開第00/23376(WO,A1)

特開2000-31397(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B81B3/00