

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3614460号
(P3614460)

(45) 発行日 平成17年1月26日(2005. 1. 26)

(24) 登録日 平成16年11月12日(2004. 11. 12)

(51) Int. Cl. ⁷	F I
HO 1 L 29/84	HO 1 L 29/84 Z
HO 1 J 37/28	HO 1 L 29/84 A
	HO 1 J 37/28 Z

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-85827	(73) 特許権者 390039413
(22) 出願日 平成6年3月31日(1994. 3. 31)	シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公開番号 特開平6-350106	Siemens Aktiengesell
(43) 公開日 平成6年12月22日(1994. 12. 22)	lschaft
審査請求日 平成13年3月19日(2001. 3. 19)	ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュ
(31) 優先権主張番号 P4311121.1	ンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ
(32) 優先日 平成5年4月5日(1993. 4. 5)	2
(33) 優先権主張国 ドイツ(DE)	(74) 代理人 100075166
前置審査	弁理士 山口 巖
	(72) 発明者 エンメリツヒ ヘルタグノリ
	ドイツ連邦共和国 80799 ミュンヘ
	ン ノルデントシュトラーセ 5
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル効果式センサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ドーピングにより製造された電気導体の構造を設けられているシリコンから成る基板（１）の上にトンネル効果式センサを製造するための方法において、以下の工程をその順序に従い実行することにより前記基板（１）上にシリコンから成る突起（２）を製造することを特徴とする方法。

第１の工程で基板（１）の表面を酸化し、パッド酸化物層（６）として働く薄い層を形成し、

第２の工程で酸素の通過を阻止する材料から成る第１のマスク（９）を前記パッド酸化物層（６）上に形成して構造化し、

第３の工程でこの第１のマスク（９）の使用のもとに、基板（１）の表面上の層を酸化して、第１の酸化物層（１０）を形成し、

第４の工程でこの第１の酸化物層（１０）を第１のマスク（９）が残留するように等方的にほぼ完全に除去し、

第５の工程で他のパッド酸化物層（１１）を基板（１）の表面に形成し、

第６の工程で酸素の通過を阻止する材料からなる層（１３）を全面に等方的に形成しそして酸素の通過を阻止する材料からなる第２のマスク（７）が他のパッド酸化物層（１１）上に残留するようにパターンニングし、

第７の工程でこの第２のマスク（７）を用い、基板（１）の表面の層を第２のマスク（７）の側方の範囲で酸化して酸化物層（８）を形成し、もってマスク（７）の下にシリコン

からなる突起(2)を残存させ、かつ酸化物層(8)を平坦化し、
第8の工程で第2のマスク(7)を除去し、
第9の工程で突起(2)上に基板(1)のシリコンで支えられた梁(3)が残るようにポリシリコン層を設け、次いで除去し、
第10の工程で前記酸化物層(8)を除去する。

【請求項2】

ドーピングにより製造された電気導体の構造を設けられているシリコンから成る基板(1)の上にトンネル効果式センサを製造するための方法において、以下の工程その順序に従い実行することにより前記基板(1)上にシリコンから成る突起(2)を製造することを特徴とする方法。

10

第1の工程で基板(1)の表面を酸化し、パッド酸化物層(6)として働く薄い層を形成し、

第2の工程で酸素の通過を阻止する材料から成るマスク(7)を前記パッド酸化物層(6)上に形成し、

第3の工程でこのマスク(7)の側方のパッド酸化物層(6)と基板(1)の表面上の層状部分とを除去し、

第4の工程でこのマスク(7)を用い、基板(1)の表面の層を該マスク(7)の側方の範囲で酸化して酸化物層(8)を形成し、もってマスク(7)の下にシリコンからなる突起(2)を残存させ、

第5の工程でマスク(7)を除去し、かつ酸化物層(8)の表面を平坦化し、

20

第6の工程で、ポリシリコン層を形成し、次いで該層を突起(2)上に基板(1)のシリコンで支えられた梁(3)が生ずるように除去し、

第7の工程で酸化物層(8)を除去する。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明はシリコンの上にトンネル効果式加速度センサを製造するための方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近のナビゲーションシステムは重力加速度の100万分の1の範囲に達する精度を有する小形で簡単に製造可能でかつ信頼性に富む加速度センサを必要とする。たとえばマイクロホンおよび圧力センサに用いられるような他のセンサにおいても、可動に取付けられた部分における時間的に可変の行程差を非常に高い精度で決定することが必要である。それはトンネル効果の利用のもとに可能である。たとえば「アプライド・フィジクス・レターズ(App. Phys. Lett.)」58、第100~102頁(1991)および「ジャーナル・オブ・ヴァキューム・サイエンス・テクノロジー(J. Vac. Sci. Technol.)」A10、第2114~2118頁のケニー(T. W. Kenny)ほか著の刊行物に記載されているようなこのようなセンサでは、可動梁に配置されている突起とシリコン基板との間のトンネル効果が測定のために利用される。

30

【0003】

40

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、このようなトンネル効果式センサの改良された実施態様の簡単化された製造方法を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】

この課題は、請求項1の特徴を有する方法により解決される。他の実施態様は従属請求項にあげられている。

【0005】

本発明による方法ではセンサのトンネル突起がシリコン基板の表面上に製造される。基板の表面の突起を設けられるべき範囲は酸素に対して不透過性のマスク、たとえば窒化物に

50

より被覆され、またシリコンがこのマスクの側方で酸化される。本発明による方法の下記の種々の実施態様に対して、このマスクの被覆の前または後に基板表面の形状が、酸化工程の結果として生ずる酸化物層と基板の残りのシリコンとの間の境界面が突起をマスクの下に構成するように形成されることは共通である。基板表面のこの形状付与はたとえばその後の酸化のために使用されるマスクの製造の前に一次的な酸化工程により行われる。その代わりにマスクの被覆および構造化の後にメサ構造がこのマスクの使用のもとに基板のなかにエッチングされてもよい。続いての酸化プロセスが次いで同じく所望の結果を与える。酸化工程でのマスクとしては、酸素の通過を阻止するそれぞれ任意の材料が使用される。この材料はたとえば Si_3N_4 であってよい。従って以下では、説明を簡単にするため、この材料は窒化物と呼ばれる。シリコンの酸化の際に SiO_2 が生ずる。この酸化はたとえば高温の酸素雰囲気中で行うことができる。基板表面における酸化物層に対する十分な層厚がたとえば6時間の継続時間にわたる950ないし1000での水蒸気のもとに得られる。 SiO_2 はたとえば湿式化学的エッチングにより、またはHFプラズマにより除去できる。その際に $4\text{H} + 4\text{F} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O} + \text{SiF}_4$ を生ずる。シリコンまたはシリコン酸化物を処理するためのこれらの工程はそれ自体としては公知であり、また本発明による製造方法においてそれに応じて使用される。

【0006】

【実施例】

以下、図1ないし13により本発明による方法を説明する。

【0007】

本発明による方法により製造されるトンネル効果式センサは、トンネル効果により可動に配置された部分の非常に小さい行程差を測定する可能性を利用する。加速度センサではたとえば、導電性にドーピングされたシリコン梁が一端においてシリコンから成る基板の上に支えられている。梁は曲がり得るように支えられており、基板表面に対して垂直な加速度が生ずる際に、加速度の大きさに関係するこの梁の曲がりが生ずる。この曲がりには梁の下側に位置しているトンネル電極により非常に高い精度で決定される。トンネル電極は梁とこの梁の下側に梁のほうを向いて位置している突起とにより形成されている。基板のなかに電気的接続のための導電性の構造がドーピングにより構成されている。この導体構造の上にトンネル突起と導電性のシリコン梁との間に基板上のその支え個所を介して電位が与えられ得る。基板および梁のなかまたは梁およびセンサの上を覆う別の(ポリ)シリコン層のなかの別の電極は、生ずる梁の加速度を静電力により補償する役割をする。調節のために設けられている電子回路に対して、これは、梁と突起との間のトンネル電流が一定の値に保たれることを意味する。必要な補償電圧は生ずる加速度に対する直接的な尺度となる。梁の非常に小さい曲がりもトンネル電流の大きい変化に通ずるので、この方法は非常に高い精度で加速度を測定するのに適している。前記の補償法の応用により重力加速度の100万分の1から重力加速度の100倍までの加速度まで測定範囲を広げることが可能である。トンネル突起、曲がり梁および電極の製造は集積回路技術と共用可能な超小形機構のプロセス過程で行われる。これにより、調節および評価のための電子回路が本来のセンサと一緒にシリコン基板1のなかに集積可能であり、従ってまたセンサの精度およびSN比が著しく改善されるという利点が生ずる。

【0008】

たとえば上述の加速度センサの製造の際には、シリコンから成る基板1が表面において電気導体4の必要な構造に相応してドーピングされる。これらの導体4には特に、図1に示されているように製造すべき突起および補償電極として用いられるドーピングされた範囲が属している。基板1のドーピングされた表面の上にたとえば引き続いて下記の方法の1つで突起2がトンネル電極として製造される。本発明による方法では、この突起2は、従来通常の方法と異なり、最初の基板1の材料から直接に製造される。酸化物層5がこの突起2を覆い、また表面を平坦化する。図2に示されているように、突起2はこの酸化物層5により、突起と製造すべき梁との間の間隔が酸化物層5の厚みにより決定されている範囲内で覆われている。その上に全面に、電気的接続のために基板1の導電性にドーピングされた範囲と接続

10

20

30

40

50

されているポリシリコン層が析出される。基板 1 のシリコンとのこの接続はたとえば、このポリシリコン層の被覆前に相応の個所において開口が酸化物層 5 のなかにエッチングされることにより製造される。図 3 に示されているように酸化物層 5 が基板 1 の表面の一部のみを占め、また酸化物層 5 の外側で基板 1 のシリコンが表面において露出している場合には、ポリシリコン層を全面に被覆すれば十分である。このポリシリコン層は、図 3 に記入されている基板 1 の表面上に支えられている梁 3 が残されるように構造化される。酸化物層 5 の除去後に、図 4 に示されているように、自由に運動可能な梁 3 が突起 2 の上にこの突起 2 に対して小さい間隔で支えなしに存在する。本発明による方法はこのような加速度センサだけではなく、トンネル電極が突起として基板の上に配置されているすべてのセンサにも適している。

10

【0009】

いま梁 2 の製造を 2 種類の実施例について図 5 ないし 13 により説明する。これらの図面にはそれぞれ、トンネル電極としてドーパされた範囲の周りの基板の一部分が示されている。基板 1 の表面は先ずたとえば高温 O_2 雰囲気のもとで薄いパッド酸化物層 6 として酸化される。このパッド酸化物層 6 の上に、図 5 に示されているように、窒化物から成る第 1 のマスク 9 が被覆される（これについては上記の説明を参照）。このパッド酸化物層 6 の SiO_2 は基板 1 のシリコンとこの第 1 のマスク 9 との間の応力を後続の酸化プロセスで減ずる。この第 1 のマスク 9 の使用のもとに基板 1 の表面が酸化される。この酸化はたとえば前記のように水蒸気雰囲気のもとで行われる。基板 1 のシリコンは酸化プロセスにおける酸素の受け入れの際に、図 6 に示されているように、マスク 9 の側方に第 1 の酸化物層 10 のほうに盛り上がる。この第 1 の酸化物層 10 は続いてたとえば湿式化学的エッチングによりまたは前記のプラズマプロセスにより等方性に除去される。等方性エッチングにより第 1 の酸化物層 10 は第 1 のマスク 9 の下側でも、第 1 のマスク 9 が基板 1 の上に残留するように、残部 12（図 7 参照）を残して除去される。第 1 のマスク 9 の弾性のためにマスク 9 は少なくとも近似的に最初の平らな形状を再びとる。酸化物層の残部 12 はその後の酸化により全面の別のパッド酸化物層 11 として補足される。この別のパッド酸化物層 11 の上に等方性に全面に窒化物（これについては上記の説明を参照）から成る層 13 が被覆される。この結果生じた図 8 の構造から等方性エッチングにより図 9 の構造が製造される。窒化物はその際に、窒化物から成るマスク 7 が残され、また基板 1 のシリコンがこのマスク 7 の側方で露出されるように、エッチング除去される。別のパッド酸化物層 11 のうち一部分がこのマスク 7 の下に残り、再びマスク 7 の窒化物と基板 1 のシリコンとの間の応力を減ずる役割をする。層 13 は、たとえば気相中で $700^\circ C$ においてシラン（ Si_nH_{2n+2} ）およびアンモニア（ NH_3 ）が基板の表面上で Si_3N_4 に化学的に変換されることによって被覆される。図 9 のマスク 7 は後続の酸化工程の際の保護材として使用される。その際に、マスク 7 の側方で基板 1 のシリコンが酸化物層 8 のほうに盛り上がっている図 10 の構造が生ずる。その際にマスク 7 の下に基板 1 の最初のシリコンが突起 2 として残される。酸化時間を適当に選定すれば、この酸化物層 8 の表面は近似的に平らになる。マスク 7 の側方部分は、マスク 7 がほぼ図 10 に示されている形状となるように、上に押される。酸化物層 8 は全面の層であってもよいし、図 2 に示されているように基板表面に埋込まれた酸化物層 5 として突起 2 の周りの範囲に制限

20

30

40

されている。このような制限は容易な方法で基板の表面上の別のマスクにより実現される。

【0010】

2 回の酸化の代わりに、基板の酸化すべき表面を、酸化の際にマスクの下に生ずる突起が十分に突出して構成されているように構造化することも可能である。図 5 に示されている構造から出発してパッド酸化物層 6 と基板 1 の表面におけるシリコンのパッド酸化物層 6 の下に位置する層状の部分とがマスクの使用のもとに異方性に除去される。それにより図 11 に断面図で示されているメサ構造が製造すべき突起の範囲に製造される。ここに記入されているマスク 7 は図 5 のマスク 9 であり、また請求項 1 に関して図 9 のマスクに相当する。基板 1 の表面の構造化はここではメサエッチングにより行われ、先行の酸化工程に

50

よって構造化は行われない。図 1 2 にはマスク 7 の使用のもとでの後続の酸化工程の結果が示されている。基板 1 のシリコンは酸化物層 8 として酸化され、またマスク 7 の側方に隆起として盛り上がり、その際にマスク 7 の下に基板 1 のシリコンが突起 2 として残される。酸化物層 8 の表面はたとえば機械的に平坦化できる。マスク 7 の除去の前または後に表面をレジスト 1 4 により平らにすることも可能である。構造は次いで、酸化物層 8 の平らな表面が図 1 3 に示されているように露出するまで均等に逆エッチングされる。その際に、突起 2 とその上に製造すべき梁 3 との間の間隔を図 3 に示されているように定めるため、突起 2 の上に酸化物層 8 の薄い部分が存在するようにされる。

【 0 0 1 1 】

製造すべき突起の直径はマスク 7 の大きさ（直径）および酸化時間によって設定される。突起の縁部の急峻度は酸化の間のプロセス条件により、また特に先に製造されたパッド酸化物層の厚みにより影響される。図 1 0 または図 1 3 中の酸化物層 8 または図 2 中の酸化物層 5 の平坦化は、突起の製造工程でこの酸化物層 8、5 が十分に平らな表面を構成しているならば、省略できる。これに関連する請求項 4 の特徴は、酸化物層 8、5 が既に十分に平らでないときにのみ、平坦化のための補助的な工程が実際には実行されると理解されるべきである。梁 3 の製造のために全面に被覆されたポリシリコン層が構造化の前に、突起 2 の上に梁 3 の導電性部分が存在しておりまたこの部分から基板 1 のなかの梁 3 の支え個所の下の相応の接続個所への少なくとも 1 つの導電性接続が存在しているようにドーピングされることは目的にかなっている。場合によっては、梁 3 のなかの補償電極の 1 つも基板 1 のなかの当該の対向電極の上側に製造することができる。梁 3 のなかの補償電極は、その代わりに、梁 3 が別のポリシリコン層により外方に囲まれるならば、基板 1 と向かい合う梁 3 の表面に構成される。第 2 の補償電極が次いでドーピングによりこの外側のポリシリコン層のなかに構成される。このポリシリコン層は、梁の自由な運動可能性を増すため、真空にされ得る。本発明による方法は前記のように基板の上に配置された尖ったトンネル電極を有する任意のトンネル効果式センサに応用することができる。たとえば析出されたポリシリコン層により、梁の代わりに、マイクロホンの膜を形成することができる。この場合、音波の作用の結果としての圧力変動のもとでの膜の曲がり角がトンネル電流の変化により測定される。前記のようにして簡単に、その補償電極の相応のバイアス電圧により静電的に膜の運動を補償され得る非常に高感度のマイクロホンが製造できる。このマイクロホンは、減衰が生じないために、非常に高い周波数範囲でも使用可能である。本発明による製造方法は半導体技術の標準的プロセスを使用し、従ってまた 1 つの構成要素のなかに他の電子的および機械的構成要素を集積することに関して適している。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明によるトンネル効果式加速度センサの一製造工程を示す断面図。

【図 2】本発明によるトンネル効果式加速度センサの一製造工程を示す断面図。

【図 3】本発明によるトンネル効果式加速度センサの一製造工程を示す断面図。

【図 4】本発明によるトンネル効果式加速度センサの一製造工程を示す断面図。

【図 5】図 1 の工程と図 2 の工程との間で行われる製造工程を示す図。

【図 6】図 1 の工程と図 2 の工程との間で行われる製造工程を示す図。

【図 7】図 1 の工程と図 2 の工程との間で行われる製造工程を示す図。

【図 8】図 1 の工程と図 2 の工程との間で行われる製造工程を示す図。

【図 9】図 1 の工程と図 2 の工程との間で行われる製造工程を示す図。

【図 1 0】図 1 の工程と図 2 の工程との間で行われる製造工程を示す図。

【図 1 1】図 6 ないし図 1 0 の製造工程とは別の工程を示す図。

【図 1 2】図 6 ないし図 1 0 の製造工程とは別の工程を示す図。

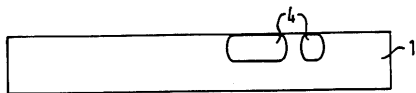
【図 1 3】図 6 ないし図 1 0 の製造工程とは別の工程を示す図。

【符号の説明】

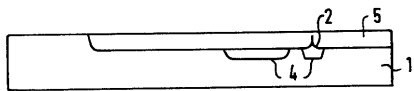
- 1 シリコン基板
- 2 突起
- 3 梁

- 4 電極
- 5 酸化物層
- 6 パッド酸化物層
- 7 マスク
- 8 酸化物層
- 9 マスク
- 10 酸化物層
- 11 パッド酸化物層

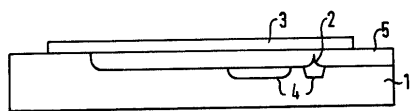
【図 1】



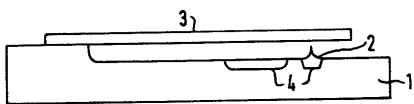
【図 2】



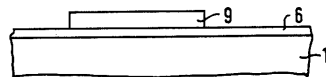
【図 3】



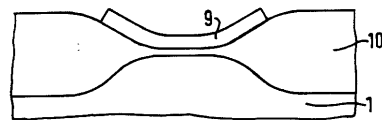
【図 4】



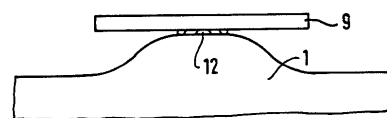
【図 5】



【図 6】



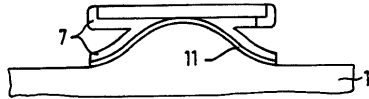
【図 7】



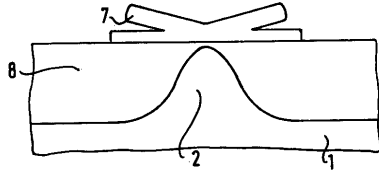
【図 8】



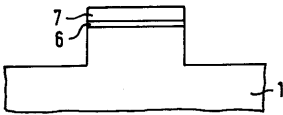
【図 9】



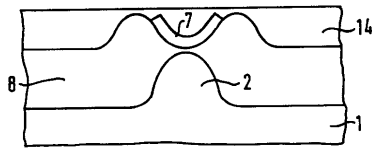
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 マルクス ビーブル

ドイツ連邦共和国 8000 ミュンヘン クロード ロレーヌ シュトラッセ 35

審査官 河口 雅英

(56)参考文献 特開平02-253117(JP,A)

特開平03-225721(JP,A)

特開平06-324072(JP,A)

米国特許第04638669(US,A)

T.W.Kenny et al, Micromachined silicon tunnel sensor for motion detection, Applied Physics Letters, 米国, American Institute of Physics, 1991年 1月, Volume 58/Number 1, 100-102

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 29/84

H01J 37/28