

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4591000号
(P4591000)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 C 19/56 (2006.01)
 GO 1 P 9/04 (2006.01)
 GO 1 P 15/08 (2006.01)
 GO 1 P 15/125 (2006.01)
 HO 1 L 29/84 (2006.01)

GO 1 C 19/56
 GO 1 P 9/04
 GO 1 P 15/08 P
 GO 1 P 15/125 Z
 HO 1 L 29/84 Z

請求項の数 12 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2004-269540 (P2004-269540)
 (22) 出願日 平成16年9月16日(2004.9.16)
 (65) 公開番号 特開2006-84326 (P2006-84326A)
 (43) 公開日 平成18年3月30日(2006.3.30)
 審査請求日 平成18年11月16日(2006.11.16)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100100022
 弁理士 伊藤 洋二
 (74) 代理人 100108198
 弁理士 三浦 高広
 (74) 代理人 100111578
 弁理士 水野 史博
 (72) 発明者 横山 賢一
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 大和田 有軌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体力学量センサおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

支持基板(11)上にて前記支持基板(11)に可動な状態で連結された可動電極(25)と、

前記支持基板(11)上にて前記支持基板(11)に固定された状態で連結されるとともに、前記可動電極(25)と対向して配置された固定電極(60、70、80)とを備え、

前記可動電極(25)は、前記支持基板(11)と連結するための梁(45)を有し、さらに前記可動電極(25)の梁(45)と前記支持基板(11)との間の連結部(50)を介して前記支持基板(11)に連結されて、前記支持基板(11)の基板面に平行な方向に動くことができるようになっており、

力学量が印加されたときの前記可動電極(25)と前記固定電極(60～80)との間の容量変化に基づいて前記力学量を検出する半導体力学量センサの製造方法であって、

前記支持基板(11)の上に絶縁層(13)を介して半導体層(12)が積層されてなる積層基板(10)を用意し、

前記半導体層(12)のうち前記可動電極(25)の梁(45)と前記支持基板(11)との間の連結部(50)となる部位の表面に、圧縮応力を発生する圧縮応力層(90)を形成する圧縮応力層形成工程と、

前記半導体層(12)に対して、前記半導体層(12)の表面から前記絶縁層(13)に達し且つ前記可動電極(25)および前記固定電極(60～80)のパターンを区画す

10

20

るトレンチ（１２０）を形成するトレンチ形成工程と、

前記絶縁層（１３）を除去することにより、前記可動電極（２５）を前記支持基板（１１）からリリースするとともに、前記半導体層（１２）のうち前記圧縮応力層（９０）が形成されている部位を圧縮応力によって前記支持基板（１１）から離れる方向へ反らせるリリース工程とを、実行することを特徴とする半導体力学量センサの製造方法。

【請求項２】

前記固定電極（６０～８０）は、前記支持基板（１１）に片持ち支持された状態で連結されているものであることを特徴とする請求項１に記載の半導体力学量センサの製造方法。

【請求項３】

前記圧縮応力層形成工程では、前記半導体層（１２）のうち前記固定電極（６０～８０）となる部位の表面にも、前記圧縮応力層（９０）を形成し、

前記リリース工程では、前記絶縁層（１３）を除去することによって前記固定電極（６０～８０）を片持ち支持の状態とすることにより、前記固定電極（６０～８０）を前記圧縮応力層（９０）の圧縮応力によって前記支持基板（１１）から離れる方向へ反らせることを特徴とする請求項２に記載の半導体力学量センサの製造方法。

【請求項４】

前記圧縮応力層（９０）は、不純物拡散層であることを特徴とする請求項１ないし３のいずれか１つに記載の半導体力学量センサの製造方法。

【請求項５】

前記不純物拡散層は、N＋拡散層であることを特徴とする請求項４に記載の半導体力学量センサの製造方法。

【請求項６】

前記圧縮応力層（９０）は、熱酸化膜、多結晶シリコン、またはシリコン窒化膜からなるものであることを特徴とする請求項１ないし３のいずれか１つに記載の半導体力学量センサの製造方法。

【請求項７】

前記積層基板（１０）は、前記支持基板（１１）および前記半導体層（１２）がシリコンからなり、前記絶縁層（１３）がシリコン酸化膜からなるシリコンオンインシュレータ基板であることを特徴とする請求項１ないし６のいずれか１つに記載の半導体力学量センサの製造方法。

【請求項８】

支持基板（１１）上にて前記支持基板（１１）に可動な状態で連結された可動電極（２５）と、

前記支持基板（１１）上にて前記支持基板（１１）に固定された状態で連結されるとともに、前記可動電極（２５）と対向して配置された固定電極（６０、７０、８０）とを備え、

力学量が印加されたときの前記可動電極（２５）と前記固定電極（６０～８０）との間の容量変化に基づいて前記力学量を検出する半導体力学量センサにおいて、

前記可動電極（２５）は、前記支持基板（１１）と連結するための梁（４５）を有し、さらに前記可動電極（２５）の梁（４５）と前記支持基板（１１）との間の連結部（５０）を介して前記支持基板（１１）に連結されて、前記支持基板（１１）の基板面に平行な方向に動くことができるようになっており、

前記可動電極（２５）の梁（４５）と前記支持基板（１１）との間の連結部（５０）の表面には、圧縮応力を発生する圧縮応力層（９０）が形成されており、

前記連結部（５０）が前記支持基板（１１）から離れる方向へ反っていることにより、前記可動電極（２５）は、前記固定電極（６０～８０）よりも前記支持基板（１１）から離れる方向へ位置した状態で前記固定電極（６０～８０）とずれて対向していることを特徴とする半導体力学量センサ。

【請求項９】

10

20

30

40

50

前記圧縮応力層（９０）は、不純物拡散層であることを特徴とする請求項８に記載の半導体力学量センサ。

【請求項１０】

前記不純物拡散層は、N + 拡散層であることを特徴とする請求項９に記載の半導体力学量センサ。

【請求項１１】

前記圧縮応力層（９０）は、熱酸化膜、多結晶シリコン、またはシリコン窒化膜からなるものであることを特徴とする請求項８に記載の半導体力学量センサ。

【請求項１２】

前記積層基板（１０）は、前記支持基板（１１）および前記半導体層（１２）がシリコンからなり、前記絶縁層（１３）がシリコン酸化膜からなるシリコンオンインシュレータ基板であることを特徴とする請求項８ないし１１のいずれか１つに記載の半導体力学量センサ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、支持基板上に可動電極およびこれに対向する固定電極を形成し、これら両電極間の容量変化に基づいて力学量を検出するようにした容量式の半導体力学量センサおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

20

【０００２】

一般に、この種の半導体力学量センサは、支持基板上にて支持基板に可動な状態で連結された可動電極と、支持基板上にて支持基板に固定された状態で連結されるとともに可動電極と対向して配置された固定電極とを備え、力学量が印加されたときの可動電極と固定電極との間の容量変化に基づいて力学量を検出するものである。

【０００３】

従来より、このような静電容量の変化によって、力学量を計測する半導体力学量センサとしては、加速度センサや角速度センサ、ジャイロ스코プ、圧力センサなどがある。

【０００４】

そして、この容量式の半導体力学量センサは、たとえば、自動車用エアバックの制御や車両の安定制御、民生用ゲームアミューズメントなどのセンサとして、さまざまな用途に適用されている。

30

【０００５】

このような半導体力学量センサは、半導体技術を適用した製造方法、いわゆるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) といわれる技術を応用した製造方法により製造することができる。その一般的な製造方法は次の通りである。

【０００６】

まず、支持基板の上に絶縁層を介して半導体層が積層されてなる積層基板を用意する。このような積層基板としては、支持基板および半導体層がシリコンからなり、絶縁層がシリコン酸化膜からなるシリコンオンインシュレータ基板（SOI基板）が典型的に用いられる。

40

【０００７】

そして、積層基板の半導体層に対して、半導体層の表面から絶縁層に達し且つ可動電極および固定電極のパターンを区画するトレンチを形成する。その後、可動電極となるべき部位の下に位置する絶縁層を除去することにより、可動電極を支持基板からリリースする。こうして、半導体力学量センサができあがる。

【０００８】

ここで、この種の半導体力学量センサにおいて、容量検出を行うための可動電極や固定電極の電極材料としては、半導体技術を用いるために、半導体材料として安価な単結晶シ

50

リコンや多結晶シリコンが採用される。

【 0 0 0 9 】

特にセンサ感度を良好にするためには、電極間の容量値を増大する目的から、電極厚さの厚肉化を容易に達成することのできる貼り合せＳＯＩウェハを用いて、単結晶シリコン電極とすることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、上記ＭＥＭＳ技術においては、半導体シリコンウェハの表面および裏面加工を駆使して所望の構造体を形成するが、一般的なＬＳＩ製造設備との整合性から、ウェハ表面から加工できれば、なお都合が良い。

【 0 0 1 1 】

たとえば、従来のこの種の半導体力学量センサの製造方法として、ＳＯＩ基板を用いて、絶縁層である埋め込み酸化膜を犠牲層として半導体力学量センサを形成する方法が提案されている（特許文献１参照）。

【特許文献１】特開平６－３４９８０６号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

ところで、上記した特許文献１によれば、「典型的な層厚さは、１マイクロメートルより小さい寸法にある」と記載されているように、可動電極および固定電極とこれら電極の支持体である支持基板との間の空隙の大きさは、薄い埋め込み酸化膜の厚さによって確保されている。

【 0 0 1 3 】

現在のところ、一般的に製造されているＳＯＩウェハの埋め込み酸化膜厚は、厚くてもせいぜい数 μm （２～３ μm ）程度である。したがって、可動電極および固定電極と支持基板との間の空隙の大きさも、せいぜい数 μm 程度と薄いものである。

【 0 0 1 4 】

しかしながら、このような電極と支持基板との間に薄い空隙を有する半導体力学量センサを製造する場合、その製造過程において、その空隙にパーティクルなどの異物が混入することは多かれ少なかれ発生する。

【 0 0 1 5 】

こういった異物の混入が生じると、支持基板上にて上記空隙を介してリリースされているべき可動電極が、当該異物に当たって動きにくくなり、可動電極の正常な動きが阻害される。このように、異物の混入は、センサ特性の阻害を引き起こし、歩留りを低下させる要因となる。

【 0 0 1 6 】

ここにおいて、可動電極と支持基板との間の空隙に異物が混入したとしても、その影響度を抑制するためには、犠牲層すなわち絶縁層である埋め込み酸化膜厚を、より厚くしたＳＯＩウェハを用いる方法などが考えられる。

【 0 0 1 7 】

それによれば、上記空隙を広くして可動電極と異物との干渉を抑制できると考えられる。しかしながら、一般的に、犠牲層としての厚い埋め込み酸化膜を有するＳＯＩウェハは高価なものとなるため、好ましくない。

【 0 0 1 8 】

本発明は、上記問題に鑑み、支持基板上に可動電極およびこれに対向する固定電極を形成してなる容量式の半導体力学量センサにおいて、犠牲層である絶縁層の厚さを厚くすることなく、可動電極と支持基板との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 9 】

上記目的を達成するため、請求項１に記載の発明では、支持基板（１１）上にて支持基

10

20

30

40

50

板（１１）に可動な状態で連結された可動電極（２５）と、支持基板（１１）上にて支持基板（１１）に固定された状態で連結されるとともに可動電極（２５）と対向して配置された固定電極（６０、７０、８０）とを備え、可動電極（２５）は、支持基板（１１）と連結するための梁（４５）を有し、さらに可動電極（２５）の梁（４５）と支持基板（１１）との間の連結部（５０）を介して支持基板（１１）に連結されて、支持基板（１１）の基板面に平行な方向に動くことができるようになっており、力学量が印加されたときの可動電極（２５）と固定電極（６０～８０）との間の容量変化に基づいて力学量を検出する半導体力学量センサの製造方法であって、次のような各工程を備えることを特徴としている。

【００２０】

・支持基板（１１）の上に絶縁層（１３）を介して半導体層（１２）が積層されてなる積層基板（１０）を用意する工程。

【００２１】

・半導体層（１２）のうち可動電極（２５）の梁（４５）と支持基板（１１）との間の連結部（５０）となる部位の表面に、圧縮応力を発生する圧縮応力層（９０）を形成する圧縮応力層形成工程。

【００２２】

・半導体層（１２）に対して、半導体層（１２）の表面から絶縁層（１３）に達し且つ可動電極（２５）および固定電極（６０～８０）のパターンを区画するトレンチ（１２０）を形成するトレンチ形成工程。

【００２３】

・絶縁層（１３）を除去することにより、可動電極（２５）を支持基板（１１）からリリースするとともに、半導体層（１２）のうち圧縮応力層（９０）が形成されている部位を圧縮応力によって支持基板（１１）から離れる方向へ反らせるリリース工程。本発明の製造方法は、上記の各工程を実行することを特徴としている。

【００２４】

それによれば、絶縁層（１３）を除去することにより可動電極（２５）を支持基板（１１）からリリースしたとき、圧縮応力層（９０）に生じる圧縮応力により可動電極（２５）と支持基板（１１）との連結部（５０）が支持基板（１１）から離れる方向へ反るため、可動電極（２５）と支持基板（１１）との間の距離が大きくなる。

【００２５】

つまり、本発明によれば、犠牲層である絶縁層（１３）の厚さを厚くしなくても、可動電極（２５）と支持基板（１１）との間の空隙が広がるため、当該空隙に異物が混入したとしても、可動電極（２５）が異物に干渉しにくくなり、可動電極（２５）の正常な動作が阻害されにくくなる。

【００２６】

よって、本発明によれば、支持基板（１１）上に可動電極（２５）およびこれに対向する固定電極（６０～８０）を形成してなる容量式の半導体力学量センサにおいて、犠牲層である絶縁層（１３）の厚さを厚くすることなく、可動電極（２５）と支持基板（１１）との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することができる。

【００２７】

また、請求項２に記載の発明のように、請求項１に記載の半導体力学量センサの製造方法においては、固定電極（６０～８０）は、支持基板（１１）に片持ち支持された状態で連結されているものにできる。

【００２８】

さらに、請求項３に記載の発明では、請求項２に記載の半導体力学量センサの製造方法において、圧縮応力層形成工程では、半導体層（１２）のうち固定電極（６０～８０）となる部位の表面にも、圧縮応力層（９０）を形成し、リリース工程では、絶縁層（１３）を除去することによって固定電極（６０～８０）を片持ち支持の状態とすることにより、固定電極（６０～８０）を圧縮応力層（９０）の圧縮応力によって支持基板（１１）から

10

20

30

40

50

離れる方向へ反らせることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

上記請求項 2 に記載の製造方法により製造された半導体力学量センサにおいては、可動電極 (2 5) だけでなく固定電極 (6 0 ~ 8 0) と支持基板 (1 1) との間も空隙が存在する。このような構成の場合、本発明の製造方法によれば、固定電極 (6 0 ~ 8 0) も反ることにより、固定電極 (6 0 ~ 8 0) と支持基板 (1 1) との間の距離が大きくなり、当該間の空隙が広がる。

【 0 0 3 0 】

また、請求項 4 に記載の発明のように、請求項 1 ~ 請求項 3 に記載の半導体力学量センサの製造方法においては、圧縮応力層 (9 0) は、不純物拡散層からなるものにすることが

10

【 0 0 3 1 】

さらに、請求項 5 に記載の発明のように、請求項 4 に記載の半導体力学量センサの製造方法において、不純物拡散層は、N + 拡散層であるものにできる。

【 0 0 3 2 】

また、請求項 6 に記載の発明のように、請求項 1 ~ 請求項 3 に記載の半導体力学量センサの製造方法においては、圧縮応力層 (9 0) は、熱酸化膜、多結晶シリコン、またはシリコン窒化膜からなるものにできる。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 7 に記載の発明のように、請求項 1 ~ 請求項 6 に記載の半導体力学量センサの製造方法においては、積層基板 (1 0) としては、支持基板 (1 1) および半導体層 (1 2) がシリコンからなり、絶縁層 (1 3) がシリコン酸化膜からなるシリコンオンインシュレータ基板を採用することができる。

20

【 0 0 3 4 】

請求項 8 に記載の発明では、支持基板 (1 1) 上にて支持基板 (1 1) に可動な状態で連結された可動電極 (2 5) と、支持基板 (1 1) 上にて支持基板 (1 1) に固定された状態で連結されるとともに可動電極 (2 5) と対向して配置された固定電極 (6 0 、 7 0 、 8 0) とを備え、力学量が印加されたときの可動電極 (2 5) と固定電極 (6 0 ~ 8 0) との間の容量変化に基づいて力学量を検出する半導体力学量センサにおいて、可動電極 (2 5) は、支持基板 (1 1) と連結するための梁 (4 5) を有し、さらに可動電極 (2 5) の梁 (4 5) と支持基板 (1 1) との間の連結部 (5 0) を介して支持基板 (1 1) に連結されて、支持基板 (1 1) の基板面に平行な方向に動くことができるようになっており、可動電極 (2 5) の梁 (4 5) と支持基板 (1 1) との間の連結部 (5 0) の表面には、圧縮応力を発生する圧縮応力層 (9 0) が形成されており、連結部 (5 0) が支持基板 (1 1) から離れる方向へ反っていることにより、可動電極 (2 5) は、固定電極 (6 0 ~ 8 0) よりも支持基板 (1 1) から離れる方向へ位置した状態で固定電極 (6 0 ~ 8 0) とずれて対向していることを特徴としている。

30

【 0 0 3 5 】

本発明の半導体力学量センサは、請求項 1 に記載の製造方法により適切に製造されるものであり、請求項 1 に記載の発明と同様、容量式の半導体力学量センサにおいて、犠牲層である絶縁層 (1 3) の厚さを厚くすることなく、可動電極 (2 5) と支持基板 (1 1) との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することができる。

40

【 0 0 3 6 】

また、本発明の半導体力学量センサによれば、支持基板 (1 1) の基板面と垂直な方向すなわち厚さ方向の力学量を適切に検出することができる。このことは、次に示される通りである。

【 0 0 3 7 】

本センサでは、支持基板 (1 1) 上にて、可動電極 (2 5) は、固定電極 (6 0 ~ 8 0) よりも支持基板 (1 1) から離れる方向へ位置した状態で固定電極 (6 0 ~ 8 0) とずれて対向している。このことは、固定電極のうちの力学量検出用の固定電極 (7 0) と可

50

動電極（２５）との関係においても同様であることはもちろんである。

【００３８】

そのため、支持基板（１１）の厚さ方向の力学量が印加され、可動電極（２５）が支持基板（１１）から離れる方向へ変位したとき、可動電極（２５）と力学量検出用の固定電極（７０）との対向面積は減少する。このことは、これら両電極（２５、７０）間の容量が減少したことに相当する。

【００３９】

一方、支持基板（１１）の厚さ方向の力学量が印加され、可動電極（２５）が支持基板（１１）に近づく方向へ変位したとき、可動電極（２５）と力学量検出用の固定電極（７０）との対向面積は増加する。このことは、これら両電極（２５、７０）間の容量が増加したことに相当する。

10

【００４０】

このように、可動電極（２５）と力学量検出用の固定電極（７０）との間の容量の増減の方向およびその割合を検出することにより、支持基板（１１）の厚さ方向における可動電極（２５）の変位の方向および大きさ、すなわち印加された力学量の方向および大きさを適切に検出することができる。

【００４１】

ちなみに、従来の一般的な容量式の半導体力学量センサにおいては、可動電極と力学量検出用の固定電極とは支持基板から同一の高さすなわち同一平面内にて対向していた。そのため、支持基板の厚さ方向の力学量が印加されたとき、可動電極が支持基板から離れる方向へ変位しても、近づく方向へ変位しても、どちらの場合にも、可動電極と固定電極との対向面積は減少する。

20

【００４２】

つまり、従来の一般的な容量式の半導体力学量センサでは、可動電極と固定電極との間の容量変化の割合は検出できるが、当該容量変化の増減の方向はわからないため、支持基板の厚さ方向における可動電極の変位の方向、すなわち印加された力学量の方向は検出することができない。

【００４３】

その点、本発明の半導体力学量センサによれば、犠牲層である絶縁層（１３）の厚さを厚くすることなく、可動電極（２５）と支持基板（１１）との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制できることに加えて、支持基板（１１）の基板面と垂直な方向すなわち厚さ方向の力学量を適切に検出することができる。

30

【００４４】

また、請求項９に記載の発明のように、請求項８に記載の半導体力学量センサにおいて、圧縮応力層（９０）は、不純物拡散層からなるものにすることができる。

【００４５】

さらに、請求項１０に記載の発明のように、請求項９に記載の半導体力学量センサにおいては、前記不純物拡散層は、 N^+ 拡散層であるものにできる。

【００４６】

また、請求項１１に記載の発明のように、請求項８に記載の半導体力学量センサにおいては、圧縮応力層（９０）としては、熱酸化膜、多結晶シリコン、またはシリコン窒化膜からなるものを採用することができる。

40

【００４７】

また、請求項１２に記載の発明のように、請求項８～請求項１１に記載の半導体力学量センサにおいては、積層基板（１０）としては、支持基板（１１）および半導体層（１２）がシリコンからなり、絶縁層（１３）がシリコン酸化膜からなるシリコンオンインシュレータ基板であるものを採用することができる。

【００５０】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関

50

係を示す一例である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0051】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。以下の各実施形態は、本発明の容量式の半導体力学量センサを、容量式の角速度センサに適用したものとして説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、説明の簡略化を図るべく、図中、同一符号を付してある。

【0052】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る容量式の角速度センサ100の模式的な平面図である。また、図2は、図1中のA-A線に沿った概略断面図であり、図3は、図1中のB-B線に沿った概略断面図である。

10

【0053】

[構成等]

本角速度センサ100は、シリコン基板等の半導体基板10よりなり、この半導体基板10に、エッチング等の周知の半導体製造技術を用いて溝を形成することにより、図1に示されるように、外周部に枠部20、その内周部に振動子30、40を含む可動電極25、および各固定電極60、70、80が区画形成されている。

【0054】

具体的には、図2に示されるように、半導体基板10は、支持基板11の上に絶縁層13を介して半導体層12が積層されてなる積層基板10である。具体的には、この積層基板10は、支持基板11としてのシリコン基板11と半導体層12としてのSOI層12との間に絶縁層13としての埋め込み酸化膜13を挟んでなるSOI(シリコンオンインシュレータ)基板である。

20

【0055】

そして、この半導体基板としての積層基板10において、SOI層12の表面から、トレンチエッチングを施すことにより、SOI層12に対して、上記したような区画された枠部20、可動電極25、および各固定電極60～80が形成されている。

【0056】

これら各部のうち枠部20および各固定電極60～80は、図2に示されるように、絶縁層13を介して、支持基板としてのシリコン基板11に支持され固定されている。このように、枠部20および各固定電極60～80は、支持基板11に固定された固定部に相当する。

30

【0057】

可動電極25は、駆動用振動子30と、角速度検出用振動子40と、これら両振動子30、40を連結する駆動梁35と、角速度検出用振動子40と支持基板としてのシリコン基板11とを連結する検出梁45とを備えて構成されている。

【0058】

これら可動電極25と支持基板11との結合関係をみると、図2、図3に示されるように、可動電極25全体と支持基板11の間には絶縁層13が無く、空隙が存在しており、この空隙を介して可動電極25は支持基板11からリリースされている。

40

【0059】

そして、本例では、図1に示されるように、可動電極25全体としては、4個の検出梁45のそれぞれにおいて検出梁リード50を介して支持基板であるシリコン基板11に連結されている。つまり、この検出梁リード50が可動電極25と支持基板11との連結部である。

【0060】

検出梁リード50は、後述するパッド50aが形成されている平面矩形状の支持部51(図1参照)にて、上記の各固定電極60～80や枠部20と同様に、絶縁層13を介してシリコン基板11に支持されている。

50

【 0 0 6 1 】

そして、図 3 に示されるように、検出梁リード 5 0 のうち上記支持部 5 1 の先から検出梁 4 5 との連結部に渡る部位は、その下の絶縁層 1 3 が無い部位であり、空隙をもってシリコン基板 1 1 からリリースされている。

【 0 0 6 2 】

駆動用振動子 3 0 は、図 1 中の x 方向に延びる錘部 3 1 とこの錘部 3 1 の両側において y 方向に延びる延設部 3 2 とを備えて構成されている。本例では、延設部 3 2 は錘部 3 1 の上側に 4 本、下側に 4 本の計 8 本設けられている。

【 0 0 6 3 】

また、角速度検出用振動子 4 0 は、図 1 中の x 方向（以下、第 1 の方向 x という）において駆動用振動子 3 0 の錘部 3 1 の両外側に 2 個設けられており、y 方向（以下、第 2 の方向 y という）へ沿って延びる細長形状をなしている。

10

【 0 0 6 4 】

ここで、駆動用振動子 3 0 の錘部 3 1 の両端部は、駆動梁 3 5 を介して角速度検出用振動子 4 0 に連結されている。図 1 に示されるように、本例では 4 個の駆動梁 3 5 により駆動用振動子 3 0 と角速度検出用振動子 4 0 とが連結されている。そして、角速度検出用振動子 4 0 は、上述したように、シリコン基板 1 1 への連結部である検出梁リード 5 0 に対して検出梁 4 5 を介して連結されている。

【 0 0 6 5 】

上述したように、可動電極 2 5 は、本例では 4 個の検出梁リード 5 0 を介して支持基板であるシリコン基板 1 1 に支持されるとともに、この支持の状態にあっては、シリコン基板 1 1 から空隙をもってリリースされ、シリコン基板 1 1 に対して可動な状態となっている。

20

【 0 0 6 6 】

さらに言うならば、角速度検出用振動子 4 0 は、検出梁 4 5、検出梁リード 5 0 を介してシリコン基板 1 1 に連結支持されており、駆動用振動子 3 0 は、角速度検出用振動子 4 0 および検出梁 4 5 を介在させてはいるが、駆動梁 3 5、検出梁リード 5 0 を介してシリコン基板 1 1 に連結されている。

【 0 0 6 7 】

ここで、駆動梁 3 5 は、第 1 の方向 x へ自由度を持つ。本例では、駆動梁 3 5 は、図 1 に示されるように、複数の梁を有しており、実質的に第 1 の方向 x のみへバネ変形可能なものである。

30

【 0 0 6 8 】

また、検出梁 4 5 は、第 2 の方向 y へ自由度を持つ。本例では、検出梁 4 5 は、図 1 に示されるように、x 方向へ延びる梁形状をなすものであり、実質的に第 2 の方向 y のみへバネ変形可能なものである。なお、駆動梁 3 5 と検出梁 4 5 とでは共振周波数は異なっている。

【 0 0 6 9 】

このような各梁 3 5、4 5 の構成により、駆動用振動子 3 0 は、第 1 の方向 x に振動可能な状態で支持基板であるシリコン基板 1 1 に支持された形となり、角速度検出用振動子 4 0 は、第 1 の方向 x とは直交する第 2 の方向 y に振動可能な状態でシリコン基板 1 1 に支持された形となる。そのため、可動部 2 5 は、シリコン基板 1 1 の基板面に平行な方向に動くことができる。

40

【 0 0 7 0 】

また、可動電極 2 5 の検出梁 4 5 が連結されている各アンカー部 5 0 において、上記シリコン基板 1 1 への固定部である支持部 5 1 には、角速度検出用の上記パッド 5 0 a が形成されている。

【 0 0 7 1 】

この角速度検出用のパッド 5 0 a と検出梁 4 5 とは電氣的に接続されており、このパッド 5 0 a を通じて、駆動用振動子 3 0 および角速度検出用振動子 4 0 に対して所定電圧が

50

印加できるようになっている。

【0072】

また、図1に示されるように、駆動用振動子30の各延設部32の側面には、シリコン基板11に固定された駆動用固定電極60が対向して配置されている。そして、駆動用振動子30の延設部32と駆動用固定電極60とが対向する部位においては、たがいの対向面から相手側に向かって櫛歯状に突出する櫛歯部が、互いの櫛歯がかみ合うように設けられている。

【0073】

各駆動用固定電極60は、枠部20の近傍に設けられた駆動用パッド60aに電氣的に接続されている。そして、この駆動用パッド60aを通して、駆動用固定電極60に駆動電圧が印加されるようになっている。

10

【0074】

また、図1に示されるように、角速度検出用振動子40の外側の側面には、シリコン基板11に固定された角速度検出用固定電極70が対向して配置されている。ここでは、各角速度検出用振動子40の1個につき上下に2個ずつの角速度検出用固定電極70が設けられている。この角速度検出用固定電極70は、本発明でいう力学量検出用の固定電極に相当する。

【0075】

そして、角速度検出用振動子40と角速度検出用固定電極70とが対向する部位においては、たがいの対向面から相手側に向かって櫛歯状に突出する櫛歯部が、互いの櫛歯がかみ合うように設けられている。

20

【0076】

各角速度検出用固定電極70は、枠部20の近傍に設けられた角速度検出用パッド70aに電氣的に接続されている。そして、この角速度検出用パッド70aを通して、角速度検出用固定電極70の電位が測れるようになっている。

【0077】

また、図1に示されるように、駆動用振動子30には、シリコン基板11に固定された振動検出用固定電極80が対向して配置されている。ここでは、振動検出用固定電極80は、駆動用固定電極60よりも外側の位置において、上下に2つずつ、合計4個備えられている。

30

【0078】

そして、駆動用振動子30と振動検出用固定電極80とが対向する部位においては、たがいの対向面から相手側に向かって櫛歯状に突出する櫛歯部が、互いの櫛歯がかみ合うように設けられている。

【0079】

各振動検出用固定電極80は、枠部20の近傍に設けられた振動検出用パッド80aに電氣的に接続されている。そして、この振動検出用パッド80aを通して、振動検出用固定電極80の電位が測れるようになっている。

【0080】

なお、枠部20は、上記振動子30、40を含む可動電極25および各固定電極60、70、80を囲むように構成されているが、この枠部20は、図示しないパッドなどを介して、GND電位に保持されるようになっている。また、上述した各パッドは、アルミニウムなどにより形成されている。

40

【0081】

このように、本実施形態の角速度センサ100は、支持基板であるシリコン基板11上にてシリコン基板11に可動な状態で連結された可動電極25と、シリコン基板11上にてシリコン基板11に固定された状態で連結されるとともに可動電極25と対向して配置された固定電極60、70、80とを備えて構成されている。本実施形態では、さらに次のような構成上の特徴点を有する。

【0082】

50

すなわち、図2、図3に示されるように、本角速度センサ100においては、支持基板であるシリコン基板11の上にて、可動電極25全体すなわち各振動子30、40などが、固定電極60、70、80よりもシリコン基板11から離れる方向へ位置した状態で固定電極60～80とずれて対向している。

【0083】

これは、可動電極25全体をシリコン基板11に連結する検出梁リード50が、その支持部51側から可動電極25との連結部側に向かって、シリコン基板11から離れる方向へ反った状態となっていることにより実現されている。

【0084】

つまり、可動電極25は、4個の検出梁リード50における支持部51を固定部として、その全体が、固定電極60～80よりもシリコン基板11から上方へ略平行に浮き上がった形となっている。

【0085】

すなわち、可動電極25は、絶縁層である埋め込み酸化膜13の厚さよりも高い状態となるように、シリコン基板11から上方へ略平行に浮き上がった形となっており、可動電極25とシリコン基板11との間の空隙の高さは、埋め込み酸化膜13の厚さよりも大きくなっている。

【0086】

この検出梁リード50の表面には、圧縮応力層90が設けられている。この圧縮応力層90は、可動電極25や固定電極60～80を構成するSOI層12よりも大きな圧縮応力を発生する層である。

【0087】

圧縮応力層90は、大きな圧縮応力を発生する層であれば、特に限定されるものではないが、具体的には、イオン注入・熱拡散などによりSOI層12の表面に形成された不純物拡散層、たとえば、N⁺（プラス）拡散層とすることができる。このN⁺拡散層を圧縮応力層90として適用できることは、本発明者が実験的に見出したことである。

【0088】

また、圧縮応力層90としては、SOI層12の表面を熱酸化することで形成される熱酸化膜、CVD法などにより成膜される多結晶シリコン、または、シリコン窒化膜などを採用することができる。なお、シリコン窒化膜としては、低圧プラズマ法により形成されるLP-SiNが、圧縮応力が大きいと、好ましい。

【0089】

[製造方法等]

本実施形態の角速度センサ100の製造方法について、図4、図5を参照して説明する。図4、図5は、本実施形態の角速度センサ100の製造方法を示す工程図であり、上記図3に対応した断面にて示される断面図である。

【0090】

まず、図4(a)に示されるように、支持基板11の上に絶縁層13を介して半導体層12が積層されてなる積層基板10として、上記したSOI基板からなる積層基板10を用意する。このSOI基板は、可動電極25や固定電極60～80が形成される半導体層としてのSOI層12の厚さを比較的所望の厚さに制御しやすい貼り合わせSOIウェハである。

【0091】

たとえば、このようなSOIウェハとしては、一般的に比較的安価に製造可能な、埋め込み酸化膜13の厚さ：2～3μm、SOI層12の厚さ：10～30μm、シリコン基板11の厚さ：400～650μm程度のものを採用することができる。

【0092】

ここで、SOIウェハすなわち積層基板10において、SOI層12から成る上記可動構造体をシリコン基板11からリリースするため、埋め込み酸化膜13は犠牲層として機能する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

次に、図 4 (b) および (c) に示されるように、積層基板 1 0 における半導体層としての S O I 層 1 2 のうち、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との連結部となる部位すなわち上記検出梁リード 5 0 となる部位の表面に、上記圧縮応力層 9 0 を形成する (圧縮応力層形成工程) 。

【 0 0 9 4 】

ここでは、圧縮応力層 9 0 として N + 拡散層を形成する場合を示す。具体的には、図 4 (b) に示されるように、積層基板 1 0 における S O I 層 1 2 の表面に、圧縮応力層 9 0 を形成すべき部位に開口部を有するマスク 1 1 0 を形成する。ここでは、マスク 1 1 0 は熱酸化膜からなるものとする。

10

【 0 0 9 5 】

続いて、図 4 (c) に示されるように、N + 拡散を実施する。N + 拡散層の形成方法は、一般的な半導体製造方法である熱拡散やイオン注入による。そして、N + 拡散層からなる圧縮応力層 9 0 を形成した後、熱酸化膜からなるマスク 1 1 0 を除去する。

【 0 0 9 6 】

なお、ここでは図示していないが、N + 拡散層からなる圧縮応力層 9 0 を形成した後、アルミニウムなどからなる上記パッドや信号を取り出し用の電極などを形成する。

【 0 0 9 7 】

次に、図 5 (a) に示されるように、半導体層である S O I 層 1 2 に対して、当該 S O I 層 1 2 の表面から埋め込み酸化膜 1 3 に達し且つ可動電極 2 5 および固定電極 6 0 ~ 8 0 のパターンを区画するトレンチ 1 2 0 を形成する (トレンチ形成工程) 。

20

【 0 0 9 8 】

具体的には、S O I 層 1 2 に、埋め込み酸化膜 1 3 をエッチングストップとしてトレンチ 1 2 0 を形成する。このトレンチ 1 2 0 の幅は、静電容量変化を検出する可動電極 2 5 と固定電極 6 0 ~ 8 0 との間で、2 ~ 3 μ m 程度である。

【 0 0 9 9 】

このトレンチエッチング用マスクは図示しないが、一般的なレジストや酸化膜などを用いることができる。また、トレンチエッチングにおいては、垂直にエッチング可能な製造装置を用いる。たとえば、I C P (イオンカップルドプラズマ) などの製造装置にを用いてトレンチ加工を行うことができる。

30

【 0 1 0 0 】

次に、上記したトレンチエッチング用マスクを除去した後、図 5 (b) に示されるように、リリース工程を行う。

【 0 1 0 1 】

このリリース工程では、絶縁層としての埋め込み酸化膜 1 3 を除去することにより、可動電極 2 5 を支持基板としてのシリコン基板 1 1 からリリースする。具体的には、埋め込み酸化膜 1 3 を犠牲層として可動電極 2 5 をリリースするため、H F ガスを用いて埋め込み酸化膜 1 3 をエッチングして除去する。

【 0 1 0 2 】

ここで、本エッチングは等方性エッチングであるため、リリースエッチングされにくい幅のある錘部 3 1 などには、上記トレンチ形成工程において複数個のエッチングホールを形成しておいてもよい。それによれば、幅広の部分においても容易にリリースすることが可能である。

40

【 0 1 0 3 】

そして、本リリース工程においては、可動電極 2 5 のリリースの完了に伴い、N + 拡散層からなる圧縮応力層 9 0 に発生する圧縮応力によって、4 本の検出梁リード 5 0 がシリコン基板 1 1 から離れる方向に反ることになる。

【 0 1 0 4 】

この検出梁リード 5 0 の反りによって、可動電極 2 5 は、支持基板であるシリコン基板 1 1 から離れる方向に持ち上げられるため、可動電極 2 5 においては、埋め込み酸化膜 1

50

3によって生じる空隙の高さよりも高い空隙（クリアランス）が確保される。こうして、本実施形態の角速度センサ100ができてあがる。

【0105】

なお、上記例における本実施形態の製造方法では、圧縮応力形成工程の後に、トレンチ形成工程を行ったが、可能ならば、トレンチ形成工程を行って、可動電極25および固定電極60～80をパターンニングした後に、圧縮応力形成工程を行ってもよい。

【0106】

ここで、上記圧縮応力層形成工程において、検出梁リード50の表面に、圧縮応力層90としてのN+拡散層を一定条件で形成する場合、検出梁リード50の長さL（図1参照）により、可動電極25とシリコン基板11との間の空隙の高さを、所望の高さに制御することが可能となる。

10

【0107】

たとえば、圧縮応力層90を形成するにあたって、リン（P）をデポジションさせるN+拡散を行う場合、1000、20分程度のデポジションを行った後、スランピングを1000、20分程度実施する。これにより、表面抵抗率が $8\Omega/\square$ 程度のN+拡散層が得られる。

【0108】

ここにおいて、本発明者の検討によれば、各検出梁リード50の長さLを0.4mmとした場合、検出梁リード50においては、1 μ m程度の反りが得られることが実験的に見出された。

20

【0109】

このように、圧縮応力層90としてN+拡散層を採用することにより、埋め込み酸化膜13の厚さのみに依存するクリアランスに対して、可動電極25とシリコン基板11との空隙の大きさを十分増加させることが可能となっている。

【0110】

なお、圧縮応力層90としてのN+拡散層を形成するにあたっては、半導体層であるSOI層12はN型であっても、P型であってもよいが、本例ではSOI層12はN-（マイナス）シリコン層である。また、圧縮応力層90としては、N+拡散層以外の不純物拡散層も採用可能であると考えられる。

【0111】

30

また、圧縮応力層90として上記N+拡散層以外の大きな圧縮応力を得られる膜、たとえば熱酸化膜を形成した場合には、図6に示されるような計算結果が得られる。図6は、圧縮応力層90として熱酸化膜を形成した場合において熱酸化膜の膜応力 σ を変えたときの膜厚dと検出梁リードの反り量xとの関係を示す図である。

【0112】

検出梁リードの反り量xの計算式は、次の数式1に示される。

【0113】

（数1）

$$x = 3 \times (L \times 0.001)^2 \times d \times 0.000001 \times (1 - \nu) / \{ E \times 1000000 \times (D \times 0.000001)^2 \} \times (\sigma \times 1000000) \times 1000000$$

40

上記数式1においては、検出梁リード長さ：L（mm）、圧縮応力層としての熱酸化膜の厚さ：d（ μ m）、SOI層のポアソン比： ν 、SOI層のヤング率：E（GPa）、SOI層の厚さ：D（ μ m）、熱酸化膜の膜応力： σ （MPa）である。

【0114】

ここで、計算の一例として、検出梁リードの長さL = 0.4mm、熱酸化膜の厚さd = 0.5 μ m、SOI層のポアソン比 ν = 0.3、ヤング率E = 170GPa、SOI層の厚さD = 15 μ m、熱酸化膜の膜応力 σ を一般的な大きさである300MPa、とした場合には、検出梁リードの反り量xは1.3 μ mとなる。

【0115】

50

また、図 6 では、膜応力が 300 MPa である場合以外にも、50 MPa、100 MPa、500 MPa の場合が示されている。いずれの場合にも、熱酸化膜の膜厚が増加するにつれて、比例的に反り量も増加している。

【0116】

実際の傾向も、この図 6 に示される傾向と同様であり、この熱酸化膜の膜厚と検出梁リードの反り量との関係を利用して、検出梁リード 50 の反り量を予測し、制御することができる。

【0117】

このように、熱酸化膜を圧縮応力層 90 として採用した場合にも、埋め込み酸化膜 13 の厚さのみに依存するクリアランスに対して、可動電極 25 とシリコン基板 11 との空隙の大きさを十分増加させることが可能である。

10

【0118】

[作動等]

次に、本実施形態の角速度センサ 100 の作動について説明する。

【0119】

本実施形態の角速度センサ 100 は、駆動用固定電極 60 が電氣的に接続された駆動用パッド 60a に対して所望の駆動電圧を印加することによって駆動される。

【0120】

駆動電圧が駆動用パッド 60a に印加されると、駆動電圧の交流成分の周期的な変動に伴って、駆動用固定電極 60 と駆動用振動子 30 の延設部 32 との間に形成される容量による静電引力が発生する。これにより、駆動梁 35 がたわみ、駆動用振動子 30 が第 1 の方向 x に振動、すなわち駆動振動させられる。

20

【0121】

このとき、この駆動振動に応じて、支持基板であるシリコン基板 11 の基板面と平行な方向において、振動検出用固定電極 80 における櫛歯部と駆動用振動子 30 における櫛歯部とのオーバーラップ量の変動することから、これら両櫛歯部によって形成される容量が変化する。

【0122】

この容量変化を振動検出用固定電極 80 が接続された振動検出用パッド 80a の電位から測定することで、駆動振動の大きさをモニタリングすることが可能となる。このため、駆動振動の大きさが所望の値となるように、駆動振動の大きさに合わせて駆動電圧をフィードバック制御する。

30

【0123】

この駆動振動が行われている状態において、方向 x および y と直交する回転軸 z 回りの角速度 Ω が入力されると、コリオリ力が発生し、検出梁 45 のたわみにより、駆動用振動子 30 および角速度検出用振動子 40 を含む可動電極 25 全体が、第 2 の方向 y に沿って検出振動を行う。

【0124】

これにより、支持基板であるシリコン基板 11 の基板面と平行な方向において、角速度検出用振動子 40 に備えられた櫛歯部と角速度検出用固定電極 70 に備えられた櫛歯部との間の間隔が変化し、これら両櫛歯部によって形成される容量が変化する。そして、この容量の変化に伴って角速度検出用固定電極 70 の電位が変化するため、この電位を測定することにより、角速度 Ω を検出することが可能となる。

40

【0125】

以上が、本角速度センサ 100 における基本的な検出動作、すなわち回転軸 z 回りの角速度 Ω の検出動作である。

【0126】

ここで、本角速度センサ 100 においては、支持基板であるシリコン基板 11 上にて、可動電極 25 は、固定電極 60 ~ 80 よりもシリコン基板 11 から離れる方向へ位置した状態で固定電極 60 ~ 80 とずれて対向している。

50

【 0 1 2 7 】

このことは、固定電極のうちの力学量検出用の固定電極である角速度検出用固定電極 7 0 とこれに対向する可動電極 2 5 の部分である角速度検出用振動子 7 0 との関係においても同様であることはもちろんである。

【 0 1 2 8 】

つまり、本角速度センサ 1 0 0 においては、図 2、図 3 に示されるように、角速度検出用振動子 4 0 と角速度検出用固定電極 7 0 とは、上記回転軸 z 方向においてずれて対向している。

【 0 1 2 9 】

そのため、このずれた分、角速度検出用振動子 4 0 に備えられた櫛歯部と角速度検出用固定電極 7 0 に備えられた櫛歯部との間の対向面積が減少し、これら対向する両櫛歯部によって形成される静電容量値も減少する。

10

【 0 1 3 0 】

しかしながら、本実施形態においては、積層基板 1 0 として、比較的容易に S O I 層 1 2 の厚さを制御可能な貼り合せ S O I ウェハを用いているので、所望の静電容量値を得るように S O I 層 1 2 を厚くするなど、S O I 層 1 2 を所望の厚さに加工するしておけば、簡単に上記対向面積を増加させることができる。

【 0 1 3 1 】

[効果等]

次に、本実施形態の効果について、多少、上述の部分と重複するところもあるが、述べておく。

20

【 0 1 3 2 】

本実施形態によれば、シリコン基板 1 1 上にシリコン基板 1 1 に可動な状態で連結された可動電極 2 5 と、シリコン基板 1 1 上にシリコン基板 1 1 に固定された状態で連結されるとともに可動電極 2 5 と対向して配置された固定電極 6 0、7 0、8 0 とを備え、角速度が印加されたときの可動電極 2 5 と固定電極 6 0 ~ 8 0 との間の容量変化に基づいて角速度を検出する半導体角速度センサ 1 0 0 の製造方法において、次のような各工程を備えることを特徴としている。

【 0 1 3 3 】

・シリコン基板 1 1 の上に埋め込み酸化膜 1 3 を介して S O I 層 1 2 が積層されてなる積層基板 1 0 を用意する工程（図 4（a）参照）。

30

【 0 1 3 4 】

・S O I 層 1 2 のうち可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との連結部である検出梁リード 5 0 となる部位の表面に、圧縮応力を発生する圧縮応力層 9 0 を形成する圧縮応力層形成工程（図 4（b）、（c）参照）。

【 0 1 3 5 】

・S O I 層 1 2 に対して、S O I 層 1 2 の表面から埋め込み酸化膜 1 3 に達し且つ可動電極 2 5 および固定電極 6 0 ~ 8 0 のパターンを区画するトレンチ 1 2 0 を形成するトレンチ形成工程（図 5（a）参照）。

【 0 1 3 6 】

・埋め込み酸化膜 1 3 を除去することにより、可動電極 2 5 をシリコン基板 1 1 からリリースするとともに、S O I 層 1 2 のうち圧縮応力層 9 0 が形成されている部位すなわち連結部である検出梁リード 5 0 を圧縮応力によってシリコン基板 1 1 から離れる方向へ反らせるリリース工程。本実施形態の製造方法は、上記の各工程を実行することによって特徴としている。

40

【 0 1 3 7 】

それによれば、埋め込み酸化膜 1 3 を除去することにより可動電極 2 5 をシリコン基板 1 1 からリリースしたとき、圧縮応力層 9 0 に生じる圧縮応力により可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との連結部である検出梁リード 5 0 がシリコン基板 1 1 から離れる方向へ反るため、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との間の距離が大きくなる。

50

【 0 1 3 8 】

つまり、本実施形態の製造方法によれば、犠牲層である埋め込み酸化膜 1 3 の厚さを厚くしなくても、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との間の空隙が広がるため、当該空隙に異物が混入したとしても、可動電極 2 5 が異物に干渉しにくくなり、可動電極 2 5 の正常な動作が阻害されにくくなる。

【 0 1 3 9 】

よって、本実施形態の製造方法によれば、シリコン基板 1 1 上に可動電極 2 5 およびこれに対向する固定電極 6 0 ~ 8 0 を形成してなる容量式の角速度センサ 1 0 0 において、犠牲層である埋め込み酸化膜 1 3 の厚さを厚くすることなく、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することができる。

10

【 0 1 4 0 】

また、上述したが、本実施形態の製造方法においては、圧縮応力層 9 0 として、不純物拡散層からなるもの、たとえば N + 拡散層を採用したり、熱酸化膜、多結晶シリコン、またはシリコン窒化膜を採用することも特徴点である。

【 0 1 4 1 】

また、本実施形態によれば、シリコン基板 1 1 上にてシリコン基板 1 1 に可動な状態で連結された可動電極 2 5 と、シリコン基板 1 1 上にてシリコン基板 1 1 に固定された状態で連結されるとともに可動電極 2 5 と対向して配置された固定電極 6 0、7 0、8 0 とを備え、角速度が印加されたときの可動電極 2 5 と固定電極 6 0 ~ 8 0 との間の容量変化に基づいて角速度を検出する半導体角速度センサ 1 0 0 において、シリコン基板 1 1 の上に

20

【 0 1 4 2 】

このような特徴点を有する本実施形態の角速度センサ 1 0 0 は、上記の本実施形態の製造方法により適切に製造されるものであり、その効果は、上述したとおり、犠牲層である埋め込み酸化膜 1 3 の厚さを厚くすることなく、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することができる。

【 0 1 4 3 】

また、本実施形態の角速度センサ 1 0 0 によれば、シリコン基板 1 1 の基板面と垂直な方向すなわち厚さ方向すなわち上記回転軸 z 方向の力学量を適切に検出することができる。具体的に、回転軸 z 方向に印加される加速度を検出する場合について、図 7 および図 8 を参照して説明する。

30

【 0 1 4 4 】

図 7 は、従来の一般的な容量式の半導体力学量センサの模式的な断面構成を示す図であり、図 8 は、本実施形態の角速度センサ 1 0 0 の模式的な断面構成を示す図であり、回転軸 z 方向に印加される加速度を検出する場合の検出動作の説明図である。

【 0 1 4 5 】

図 7 に示されるように、従来 of 半導体力学量センサにおいては、支持基板 1 1 上に可動電極 1 およびこれに対向する力学量検出用の固定電極 2 が形成されている。これら可動電極 1 と固定電極 2 とは、支持基板 1 1 から絶縁層 1 3 の厚さの分に相当する同一の高さに位置しており、これら両電極 1、2 は同一平面内にて対向している。

40

【 0 1 4 6 】

そのため、支持基板 1 1 の厚さ方向すなわち z 方向の加速度が印加されたとき、可動電極 1 が支持基板 1 1 から離れる方向（図 7 中の上方向）へ変位しても、近づく方向（図 7 中の下方向）へ変位しても、どちらの場合にも、可動電極 1 と固定電極 2 との対向面積は減少し、容量変化はマイナスの値（ $-\Delta C$ ）にシフトする、すなわち、容量値が減少することになる。

【 0 1 4 7 】

つまり、従来の一般的な容量式の半導体力学量センサでは、可動電極 1 と固定電極 2 と

50

の間の容量変化の度合は検出できるが、当該容量変化の増減の方向はわからないため、支持基板 11 の厚さ方向における可動電極 1 の変位の方向、すなわち印加された加速度の方向は判定することができない。

【0148】

それに対して、本実施形態の角速度センサ 100 では、上述したように、支持基板 11 上に、可動電極 25 は、固定電極 60 ~ 80 よりも支持基板 11 から離れる方向へ位置した状態で固定電極 60 ~ 80 とずれて対向している。

【0149】

このことは、可動電極 25 および固定電極 60 ~ 80 における角速度検出用の部位すなわち角速度検出用振動子 40 と角速度検出用固定電極 70 とが、z 方向の加速度が印加されてい

10

ない状態で、図 8 (a) に示されるように、ずれ幅 A の分だけずれていることを意味している。

【0150】

そのため、図 8 (b) に示されるように、本実施形態の角速度センサ 100 によれば、支持基板 11 の厚さ方向すなわち z 方向の加速度が印加され、可動電極 25 が支持基板 11 から離れる方向 (図 8 中の上方向) へ変位したとき、角速度検出用振動子 40 と角速度検出用固定電極 70 との対向面積は減少する。

【0151】

このことは、これら両電極 40 (25)、70 間の容量が減少したこと、すなわち当該容量変化がマイナスの値 ($-\Delta C$) にシフトしたことに相当するものである。

20

【0152】

一方、図 8 (c) に示されるように、z 方向の加速度が印加され、可動電極 25 が支持基板 11 に近づく方向 (図 8 中の下方向) へ変位したとき、角速度検出用振動子 40 と角速度検出用固定電極 70 との対向面積は増加する。

【0153】

このことは、これら両電極 40 (25)、70 間の容量が増加したこと、すなわち当該容量変化がプラスの値 ($+\Delta C$) にシフトしたことに相当するものである。

【0154】

このように、角速度検出用振動子 40 と角速度検出用固定電極 70 との間の容量の増減の方向およびその度合を検出することにより、支持基板 11 の厚さ方向すなわち回転軸 z 方向における可動電極 25 の変位の方向および大きさ、すなわち印加された加速度の方向および大きさを適切に検出することができる。

30

【0155】

このように、本実施形態の角速度センサ 100 によれば、犠牲層である埋め込み酸化膜 13 の厚さを厚くすることなく、可動電極 25 とシリコン基板 11 との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制できることに加えて、従来のこの種の容量式の半導体力学量センサではなしえなかったシリコン基板 11 の基板面と垂直な方向すなわち厚さ方向の力学量の検出を、適切に行うことができる。

【0156】

ここで、本実施形態の角速度センサ 100 について、さらに特徴点を述べるならば、本角速度センサ 100 においては、可動電極 25 とシリコン基板 11 との連結部である検出梁リード 50 の表面に、上記圧縮応力層 90 が形成されており、検出梁リード 50 がシリコン基板 11 から離れる方向へ反っていることにより、可動電極 25 は、固定電極 60 ~ 80 とずれて対向している。

40

【0157】

また、上記した本実施形態の製造方法から製造された本実施形態の角速度センサ 100 においても、圧縮応力層 90 として、不純物拡散層からなるもの、たとえば N + 拡散層を採用したり、熱酸化膜、多結晶シリコン、またはシリコン窒化膜を採用することは特徴点である。

【0158】

50

(第2実施形態)

図9は、本発明の第2実施形態に係る容量式の角速度センサ200の模式的な断面構成を示す図である。上記第1実施形態との相違点を中心に述べる。

【0159】

本実施形態の角速度センサ200は、その平面構成は上記図1に示される構成と同様であり、図9は、上記図2に示される断面すなわち上記図1中のA-A断面に相当する断面にて本実施形態の角速度センサ200を示している。

【0160】

上記図1～図3に示される上記第1実施形態の角速度センサ100においては、固定電極60、70、80は、そのほぼ全体において埋め込み酸化膜13を介してシリコン基板11に支持固定されていた(図2、図3参照)。

10

【0161】

それに対して、本実施形態の角速度センサ200では、固定電極60～80は、それぞれシリコン基板11の周辺部に位置する部位すなわちパッド60a～80aが形成されている部位にて、埋め込み酸化膜13を介して支持されている。そして、各固定電極60～80は、この支持部にて片持ちの状態となっている。

【0162】

具体的には、図9に示されるように、可動電極25である駆動用振動子30の延設部32の櫛歯部に対向する駆動用固定電極60の部分や、角速度検出用振動子40の櫛歯部に対向する角速度検出用固定電極70の部分や、駆動用振動子30に対向する振動検出用固定電極80の部分は、シリコン基板11との間に埋め込み酸化膜13が無く、浮遊状態となっている。

20

【0163】

このように、本実施形態の角速度センサ200においては、固定電極60～80は、支持基板であるシリコン基板11に片持ち支持された状態で連結されているものとなっていることを特徴としている。

【0164】

また、本実施形態の角速度センサ200を製造する製造方法も、上記第1実施形態の製造方法と同様に、積層基板10を用意する工程、圧縮応力層形成工程、トレンチ工程、リリース工程を行うものである。

30

【0165】

ここにおいて、本実施形態の製造方法では、固定電極60～80が上記のように片持ち支持されているため、リリース工程では、この片持ち状態を実現するように、固定電極60～80の下に埋め込み酸化膜13をエッチングして除去する。

【0166】

もちろん、本実施形態においても、リリース工程において、検出梁リード50を圧縮応力によってシリコン基板11から離れる方向へ反らせることは、上記第1実施形態と同様である。このように、本実施形態の製造方法によれば、図9に示される角速度センサ200を適切に製造することができる。

40

【0167】

そして、本実施形態によれば、シリコン基板11上に可動電極25およびこれに対向する固定電極60～80を形成してなる容量式の角速度センサ200において、犠牲層である埋め込み酸化膜13の厚さを厚くすることなく、可動電極25とシリコン基板11との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することができる。

【0168】

また、本実施形態の角速度センサ200においても、可動電極25は、固定電極60～80よりもシリコン基板11から離れる方向へ位置した状態で固定電極60～80とずれて対向しているため、上記実施形態の角速度センサと同様に、シリコン基板11の基板面と垂直な方向すなわち厚さ方向すなわち上記回転軸z方向の力学量を適切に検出することができる。

50

【 0 1 6 9 】

(第 3 実施形態)

図 1 0 は、本発明の第 3 実施形態に係る容量式の角速度センサ 3 0 0 の模式的な断面構成を示す図である。上記第 1、第 2 実施形態との相違点を中心に述べる。

【 0 1 7 0 】

本実施形態の角速度センサ 3 0 0 は、その平面構成は上記図 1 に示される構成と同様であり、図 1 0 は、上記図 2 に示される断面すなわち上記図 1 中の A - A 断面に相当する断面にて本実施形態の角速度センサ 3 0 0 を示している。

【 0 1 7 1 】

本実施形態の角速度センサ 3 0 0 は、上記図 9 に示される第 2 実施形態の角速度センサ 2 0 0 と同様に、固定電極 6 0 ~ 8 0 は、それぞれシリコン基板 1 1 の周辺部に位置する部位すなわちパッド 6 0 a ~ 8 0 a が形成されている部位にて、埋め込み酸化膜 1 3 を介して片持ちの状態となっている。

10

【 0 1 7 2 】

つまり、本実施形態の角速度センサ 3 0 0 においても、固定電極 6 0 ~ 8 0 は、支持基板であるシリコン基板 1 1 に片持ち支持された状態で連結されているものとなっていることを特徴としている。

【 0 1 7 3 】

さらに、本実施形態の角速度センサ 3 0 0 では、固定電極 6 0 ~ 8 0 を圧縮応力層 9 0 の圧縮応力によって支持基板であるシリコン基板 1 1 から離れる方向へ反らせている。それにより、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との間の空隙の高さだけでなく、固定電極 6 0 ~ 8 0 とシリコン基板 1 1 との間の空隙の高さも、埋め込み酸化膜 1 3 の厚さよりも大きくなっている。

20

【 0 1 7 4 】

具体的には、図 1 0 に示されるように、駆動用固定電極 6 0、角速度検出用固定電極 7 0 の部分および振動検出用固定電極 8 0 に相当する S O I 層 1 2 の表面に、圧縮応力層 9 0 が形成されている。

【 0 1 7 5 】

もちろん、図 1 0 では示されていないが、本実施形態の角速度センサ 3 0 0 においても、検出梁リード 5 0 に圧縮応力層 9 0 が形成されており、その圧縮応力により可動電極 2 5 全体が浮き上がっていることは、上記実施形態と同様である。

30

【 0 1 7 6 】

ただし、可動電極 2 5 がシリコン基板 1 1 から上方へ略平行に浮き上がった形となっているのに対して、各固定電極 6 0、7 0、8 0 は、固定電極 6 0 ~ 8 0 のうちのパッド 6 0 a ~ 8 0 a が形成されている部位すなわち埋め込み酸化膜 1 3 を介して支持されている部位から連続的に空隙の高さが増加するように、浮き上がっている。

【 0 1 7 7 】

本実施形態の角速度センサ 3 0 0 を製造する製造方法も、上記第 1 実施形態の製造方法と同様に、積層基板 1 0 を用意する工程、圧縮応力層形成工程、トレンチ工程、リリース工程を行うものである。

40

【 0 1 7 8 】

さらに、本実施形態の製造方法では、圧縮応力層形成工程において、半導体層である S O I 層 1 2 のうち検出梁リード 5 0 となる部位の表面だけでなく、固定電極 6 0 ~ 8 0 となる部位の表面にも、圧縮応力層 9 0 を形成する。

【 0 1 7 9 】

そして、本実施形態のリリース工程では、絶縁層である埋め込み酸化膜 1 3 を除去することによって検出梁リード 5 0 を圧縮応力によってシリコン基板 1 1 から離れる方向へ反らせるとともに、固定電極 6 0 ~ 8 0 を片持ち支持の状態とすることにより、固定電極 6 0 ~ 8 0 を圧縮応力層 9 0 の圧縮応力によってシリコン基板 1 1 から離れる方向へ反らせるようにする。

50

【 0 1 8 0 】

このようにして、本実施形態の角速度センサ 3 0 0 ができあがる。そして、上記第 2 実施形態と同様に、本実施形態の製造方法により製造された角速度センサ 3 0 0 においては、可動電極 2 5 だけでなく、固定電極 6 0 ~ 8 0 とシリコン基板 1 1 との間も空隙が存在することになる。

【 0 1 8 1 】

このような構成の場合、本実施形態の製造方法によれば、固定電極 6 0 ~ 8 0 も反ることにより、図 1 0 に示されるように、固定電極 6 0 ~ 8 0 とシリコン基板 1 1 との間の距離が大きくなり、当該間の空隙が広がっている。

【 0 1 8 2 】

そして、本実施形態によっても、シリコン基板 1 1 上に可動電極 2 5 およびこれに対向する固定電極 6 0 ~ 8 0 を形成してなる容量式の角速度センサ 3 0 0 において、犠牲層である埋め込み酸化膜 1 3 の厚さを厚くすることなく、可動電極 2 5 とシリコン基板 1 1 との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制することができる。

【 0 1 8 3 】

また、本実施形態の角速度センサ 3 0 0 においては、図 1 0 に示されるように、可動電極 2 5 と固定電極 6 0 ~ 8 0 とは同一平面内にて対向していることから、上記実施形態の角速度センサのように、シリコン基板 1 1 の基板面と垂直な方向すなわち厚さ方向すなわち上記回転軸 z 方向の力学量を検出することはできない。

【 0 1 8 4 】

しかしながら、本実施形態の角速度センサ 3 0 0 においては、角速度検出用振動子 4 0 と角速度検出用固定電極 7 0 とは、上記回転軸 z 方向においてずれて対向していないため、角速度検出用振動子 4 0 に備えられた櫛歯部と角速度検出用固定電極 7 0 に備えられた櫛歯部との間の対向面積を十分に確保し、これら対向する両櫛歯部によって形成される静電容量値を十分に確保することが容易である。

【 0 1 8 5 】

(他の実施形態)

なお、上記各実施形態では、S O I 基板からなる積層基板 1 0 を用いて、その表面すなわち S O I 層 1 2 の表面から加工して角速度センサを製造する方法を示したが、裏面加工型の製造方法であってもよい。

【 0 1 8 6 】

具体的には、リリース工程において、積層基板 1 0 の裏面すなわちシリコン基板 1 1 の外面から異方性エッチングなどを行うことによって、埋め込み酸化膜 1 3 まで達する凹部を形成し、さらに、この凹部から露出する埋め込み酸化膜 1 3 をエッチングして除去し、可動電極 2 5 のリリースを行うようにしてもよい。

【 0 1 8 7 】

また、上記実施形態では、積層基板 1 0 として、支持基板 1 1 および半導体層 1 2 がシリコンからなり、絶縁層 1 3 がシリコン酸化膜からなる S O I (シリコンオンインシュレータ) 基板を採用していたが、積層基板 1 0 としては、支持基板 1 1 の上に絶縁層 1 3 を介して半導体層 1 2 が積層されているものであればよく、S O I 基板に限定されるものではない。

【 0 1 8 8 】

また、上記実施形態に示される角速度センサにおける可動電極 2 5 や固定電極 6 0 ~ 8 0 の形状や配置などは、上記各図に示される例に限定されるものではないことは、もちろんである。

【 0 1 8 9 】

また、半導体力学量センサとしては、上記した角速度センサ (ジャイロスコープ) に限定されるものではなく、加速度センサあるいは圧力センサなどであってもよい。たとえば、加速度センサとしては、測定すべき加速度の印加方向に可動な可動電極とこれに対向する固定電極とを備え、加速度の印加による可動および固定の両電極間の容量変化に基づい

10

20

30

40

50

て検出するものにできる。

【 0 1 9 0 】

つまり、本発明は、支持基板上に可動電極およびこれに対向する固定電極を形成し、これら両電極間の容量変化に基づいて力学量を検出するようにした容量式の半導体力学量センサおよびその製造方法であるならば、適用可能なものである。

【 0 1 9 1 】

そして、本発明は、このようなセンサを製造する製造方法としては、支持基板の上に絶縁層を介して半導体層が積層されてなる積層基板を用意し、半導体層のうち可動電極と支持基板との連結部となる部位の表面に、上記圧縮応力層を形成し、半導体層に対して、その表面から絶縁層に達し且つ可動電極および固定電極のパターンを区画するトレンチを形成した後、絶縁層を除去することにより、可動電極を支持基板からリリースするとともに、半導体層のうち圧縮応力層が形成されている部位を圧縮応力によって支持基板から離れる方向へ反らせるようにしたことを要部とするものであり、それ以外の部分については、適宜変更可能である。

10

【 0 1 9 2 】

また、本発明は、このような容量式の半導体力学量センサにおいて、支持基板の上にて、可動電極は、固定電極よりも支持基板から離れる方向へ位置した状態で固定電極とずれて対向していることを要部とするものであり、それ以外の部分については、適宜変更可能である。

【 0 1 9 3 】

20

また、本発明における犠牲層である絶縁層の厚さを厚くすることなく、可動電極と支持基板との間の異物の混入による歩留まりの低下を抑制できるという効果について、さらに言うならば、本発明では、より安価に製造できうる埋め込み酸化膜厚範囲の貼り合せSOIウェハを用いて、上記歩留まりの低下を抑制できることから、信頼性の高いセンサを安価に提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 9 4 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る容量式の角速度センサの模式的な平面図である。

【図 2】図 1 中の A - A 線に沿った概略断面図である。

【図 3】図 1 中の B - B 線に沿った概略断面図である。

30

【図 4】図 1 に示される角速度センサの製造方法を示す工程図である。

【図 5】図 4 に続く角速度センサの製造方法を示す工程図である。

【図 6】圧縮応力層として熱酸化膜を形成した場合において熱酸化膜の膜応力を変えたときの膜厚と反り量との関係を示す図である。

【図 7】従来の一般的な容量式の半導体力学量センサの模式的な断面構成を示す図である。

【図 8】上記第 1 実施形態の角速度センサの作動を説明するための同角速度センサの模式的な断面図である。

【図 9】本発明の第 2 実施形態に係る容量式の角速度センサの模式的な断面図である。

【図 10】本発明の第 3 実施形態に係る容量式の角速度センサの模式的な断面図である。

40

【符号の説明】

【 0 1 9 5 】

1 0 ... 積層基板、 1 1 ... 支持基板としてのシリコン基板、

1 2 ... 半導体層としての SOI 層、

1 3 ... 絶縁層としての埋め込み酸化膜、 2 5 ... 可動電極、

5 0 ... 可動電極と支持基板との連結部としての検出梁リード、

6 0 ... 固定電極としての駆動用固定電極、

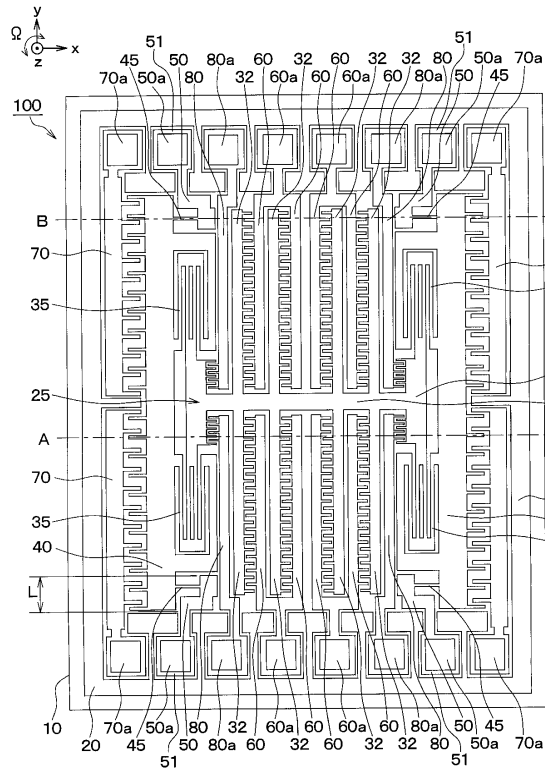
7 0 ... 固定電極としての角速度検出用固定電極、

8 0 ... 固定電極としての振動検出用固定電極、 9 0 ... 圧縮応力層、

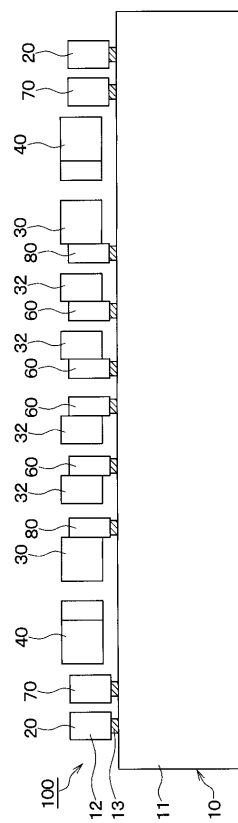
1 2 0 ... トレンチ。

50

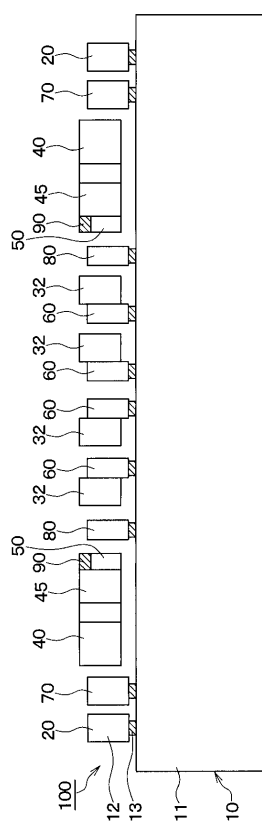
【図 1】



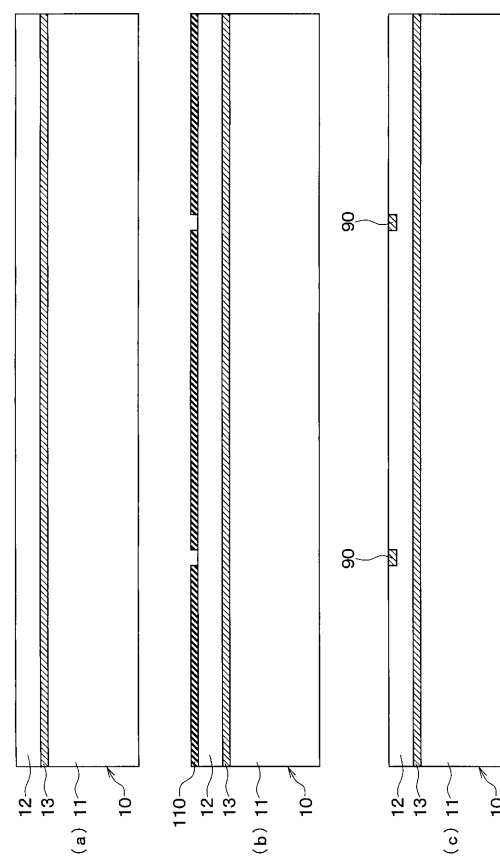
【図 2】



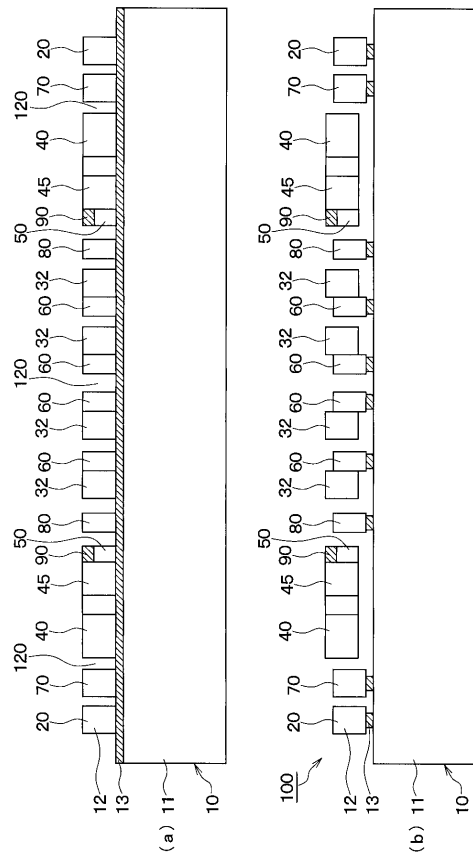
【図 3】



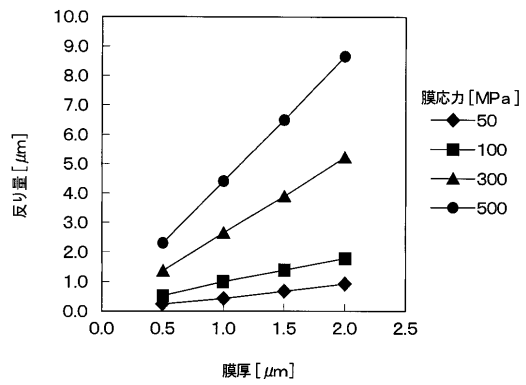
【図 4】



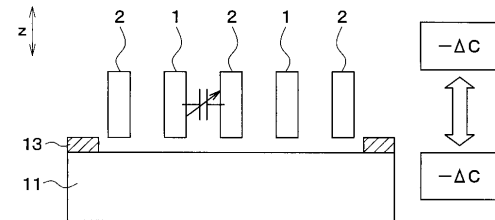
【 図 5 】



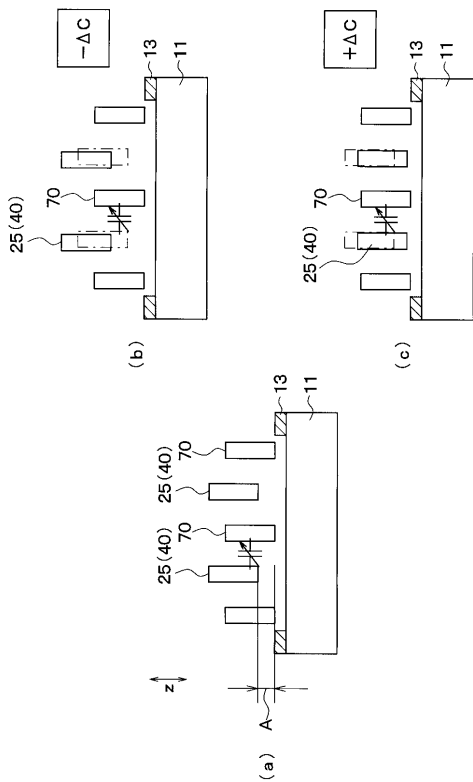
【 図 6 】



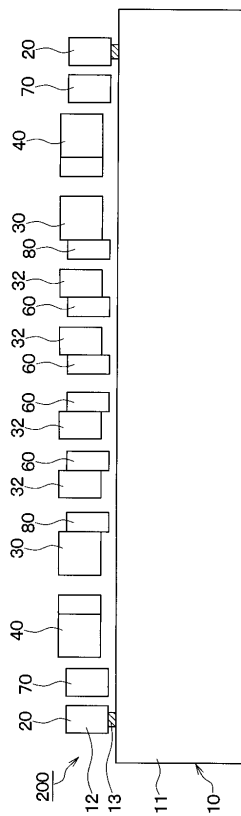
【 図 7 】



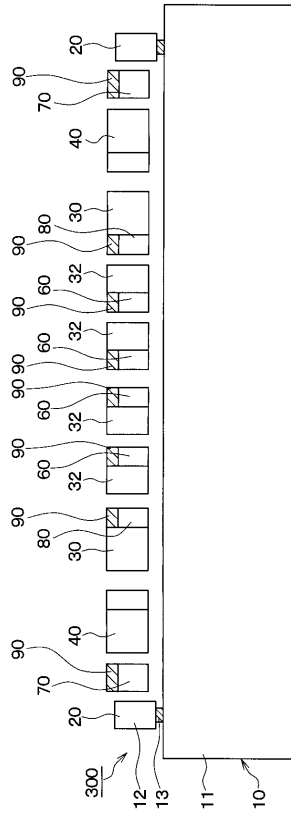
【圖 8】



【 図 9 】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 6 - 3 4 9 8 0 6 (J P , A)

特開平 0 7 - 1 0 3 9 9 6 (J P , A)

特表 2 0 0 3 - 5 1 7 6 1 1 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 3 2 3 5 1 3 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 0 4 9 3 5 8 (J P , A)

特開平 0 6 - 0 5 0 9 8 6 (J P , A)

Ki-Hun Jeong, et al. , “ A novel fabrication method of a vertical comb drive using a single SOI wafer for optical MEMS applications ” , The 12th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, TRANSDUCERS'03 , 2 0 0 3 年 6 月 8 日 , Vol.2 , p.1462-1465

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C 1 9 / 0 0 - 1 9 / 7 2

G 0 1 P 9 / 0 0 - 9 / 0 4

G 0 1 P 1 5 / 0 0 - 1 5 / 1 8

H 0 1 L 2 9 / 8 4