

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5454345号  
(P5454345)

(45) 発行日 平成26年3月26日 (2014. 3. 26)

(24) 登録日 平成26年1月17日 (2014. 1. 17)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 4 R 19/00 (2006. 01) HO 4 R 19/00  
 HO 4 R 31/00 (2006. 01) HO 4 R 31/00 C

請求項の数 13 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-109164 (P2010-109164)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成22年5月11日 (2010. 5. 11)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2011-239197 (P2011-239197A)		京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
(43) 公開日	平成23年11月24日 (2011. 11. 24)		801番地
審査請求日	平成25年3月7日 (2013. 3. 7)	(74) 代理人	100094019
			弁理士 中野 雅房
		(72) 発明者	笠井 隆
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	飯田 信行
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	中村 智史
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響センサ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バックチャンバを有する半導体基板と、前記半導体基板の上方に配設された導電性のダイアフラムと、間隙を隔てて前記ダイアフラムを覆うようにして前記半導体基板の上面に固定された絶縁性の固定膜と、前記ダイアフラムと対向する位置において前記固定膜に設けた導電性の固定電極膜と、前記固定電極膜と前記ダイアフラムの間の静電容量の変化を電気信号として外部へ出力するための電極端子とを備えた音響センサであって、

前記半導体基板の上面外周部が前記固定膜と同じ材料からなる保護膜によって覆われていて、前記保護膜の外周が前記半導体基板の上面外周と一致しており、

前記保護膜の外周部は、前記固定膜と異なる材料からなり前記保護膜よりも薄い密着層を介在させて前記半導体基板の表面に固定され、

前記保護膜の内周部は、前記固定膜と異なる材料からなる厚膜層を介在させて前記半導体基板の表面に固定されていることを特徴とする音響センサ。

【請求項 2】

前記電極端子は、前記厚膜層の形成されている領域において前記保護膜に設けられていることを特徴とする、請求項 1 に記載の音響センサ。

【請求項 3】

前記密着層と前記厚膜層は、同じ材料によって形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の音響センサ。

【請求項 4】

前記密着層及び前記厚膜層は、絶縁性材料によって形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の音響センサ。

【請求項 5】

前記保護膜と前記固定膜とは連続しており、前記保護膜と前記固定膜との境界領域は、前記半導体基板の上面に密着していることを特徴とする、請求項 1 に記載の音響センサ。

【請求項 6】

バックチャンバを有する半導体基板と、前記半導体基板の上方に配設された導電性のダイアフラムと、間隙を隔てて前記ダイアフラムを覆うようにして前記半導体基板の上面に固定された絶縁性の固定膜と、前記ダイアフラムと対向する位置において前記固定膜に設けた導電性の固定電極膜と、前記固定電極膜と前記ダイアフラムの間の静電容量の変化を電気信号として外部へ出力するための電極端子とを備えた音響センサの製造方法であって、

10

前記半導体基板の上面に堆積させた犠牲層の内部にダイアフラムを形成する工程と、前記犠牲層をエッチングして表面が前記固定膜の内面形状をした空間成形部を形成する工程と、

前記空間成形部を形成した後、前記半導体基板の上面外周部の少なくとも一部に、前記固定膜と異なる材料からなり前記保護膜よりも薄い密着層を形成する工程と、

整形された前記犠牲層の上に前記固定膜を形成するとともに、前記密着層を介在させて、かつ、外周が前記半導体基板の上面外周と一致するようにして、前記固定膜と同じ材料からなる保護膜によって前記半導体基板の上面外周部を覆う工程と、

20

前記半導体基板に前記バックチャンバを形成する工程と、

前記犠牲層をエッチングにより除去して前記ダイアフラムを空間で支持させるとともに、前記ダイアフラムと前記固定膜の内面との間に間隙を形成する工程と、を有することを特徴とする音響センサの製造方法。

【請求項 7】

前記空間成形部を形成する際、前記犠牲層によって前記空間成形部と分離して前記空間成形部の外側に厚膜層を形成し、ついで、前記厚膜層の外側に前記密着層を形成することを特徴とする、請求項 6 に記載の音響センサの製造方法。

【請求項 8】

前記密着層と前記厚膜層は、同じ材料によって形成されていることを特徴とする、請求項 7 に記載の音響センサの製造方法。

30

【請求項 9】

前記密着層及び前記厚膜層は、絶縁性材料によって形成されていることを特徴とする、請求項 7 に記載の音響センサの製造方法。

【請求項 10】

前記密着層の厚さは、前記固定膜と前記固定電極膜からなるバックプレートの内面と前記ダイアフラムとの間の間隔よりも小さいことを特徴とする、請求項 7 に記載の音響センサの製造方法。

【請求項 11】

前記厚膜層の厚さは、前記固定膜と前記固定電極膜からなるバックプレートの内面と前記ダイアフラムとの間の間隔よりも大きいことを特徴とする、請求項 7 に記載の音響センサの製造方法。

40

【請求項 12】

前記厚膜層の厚さは、前記固定膜と前記固定電極膜からなるバックプレートの内面と前記ダイアフラムとの間の間隔と、前記半導体基板の上面と前記ダイアフラムとの間の間隔との和の距離に等しいことを特徴とする、請求項 7 に記載の音響センサの製造方法。

【請求項 13】

前記保護膜と前記固定膜を連続させて同時に形成するとともに、前記保護膜と前記固定膜との境界領域を前記半導体基板の上面に密着させることを特徴とする、請求項 7 に記載の音響センサの製造方法。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は音響センサ及びその製造方法に関し、具体的には、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いて製造されるMEMS方式の音響センサと、その製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

MEMS方式の音響センサとしては、特許文献1に開示されたものや特許文献2に開示されたものがある。

10

## 【0003】

(特許文献1について)

図1(A)及び図1(B)は、特許文献1の図7及び図8に開示された音響センサをパッケージ内に実装した状態を示す概略断面図である。この音響センサ11は、バックチャンバ13を開口されたシリコン基板12の上にダイアフラム14(振動薄膜)を張り、ダイアフラム14を覆うようにしてシリコン基板12の上にバックプレート15を設けている。また、このような音響センサ11は、通常は、図1(A)及び図1(B)に示すように、IC回路16とともにパッケージ17内に実装し、音響センサ11の電極パッド18とIC回路16とをボンディングワイヤ19で結線し、またIC回路16をボンディングワイヤ20でパッケージ17の電極部21に結線する。

20

## 【0004】

しかし、この音響センサ11では、シリコン基板12の上面外周部が完全に露出している。従って、図1(A)に示すように、音響センサ11とIC回路16をつないでいるボンディングワイヤ19が何らかの負荷によって下方へ曲がった場合には、ボンディングワイヤ19がシリコン基板12に接触して音響センサ11に短絡が発生するおそれがある。また、ボンディングワイヤ19が曲がっていない場合でも、図1(B)に示すように、ボンディングワイヤ19とシリコン基板12の上面の間に異物22(たとえば、微細な埃など)が挟まると、異物22を介して電極パッド18とシリコン基板12の間に短絡が発生するおそれがあった。

30

## 【0005】

IC回路16では、樹脂23で全体を封止しているため、ボンディングワイヤ19が樹脂23によって固定され、ボンディングワイヤ19が曲がったり、異物が侵入したりするおそれがないが、受音部である音響センサ11では、樹脂封止すると音響振動を遮断することになるため樹脂で封止することができない。

## 【0006】

また、特許文献1の図4及び図5に開示された音響センサでは、シリコン基板の表面を絶縁被膜(SiO<sub>2</sub>膜)で覆っているが、絶縁被膜は薄いものであるため、短絡防止のためには信頼性が低かった。なお、特許文献1の図6に示された断面図では、バックプレートがシリコン基板の縁まで延びている。しかし、これは特許文献1の図4の断面図であることから分かるように、上面が露出しているシリコン基板の外周部を省略した図であり、実際にバックプレートがシリコン基板の縁まで延びている訳ではない。

40

## 【0007】

(特許文献2について)

特許文献2の図2には、シリコン基板の上面の外周縁まで構造物を設けてシリコン基板の上面を覆ったものが開示されている。しかし、この音響センサでは、バックプレート(上層導電膜を設けたプレート)とは別な部材(表層保護膜など)によってシリコン基板の上面外周部を覆っている。そのため、製造時の工数が増加し、生産性が悪いという問題があった。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

50

【0008】

【特許文献1】特開2008-301434号公報

【特許文献2】特開2009-89097号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上記のような技術的課題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、バックプレートを利用した保護膜でシリコン基板の上面外周部を保護することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【0010】

本発明に係る音響センサは、バックチャンバを有する半導体基板と、前記半導体基板の上方に配設された導電性のダイアフラムと、間隙を隔てて前記ダイアフラムを覆うようにして前記半導体基板の上面に固定された絶縁性の固定膜と、前記ダイアフラムと対向する位置において前記固定膜に設けた導電性の固定電極膜と、前記固定電極膜と前記ダイアフラムの間の静電容量の変化を電気信号として外部へ出力するための電極端子とを備えた音響センサであって、前記半導体基板の上面外周部が前記固定膜と同じ材料からなる保護膜によって覆われていて、前記保護膜の外周が前記半導体基板の上面外周と一致しており、前記保護膜の外周部は、前記固定膜と異なる材料からなり前記保護膜よりも薄い密着層を介在させて前記半導体基板の表面に固定され、前記保護膜の内周部は、前記固定膜と異なる材料からなる厚膜層を介在させて前記半導体基板の表面に固定されていることを特徴としている。

20

【0011】

本発明の音響センサにあっては、半導体基板の上面外周部からその外周（端縁）までを固定膜と同材料からなる絶縁性の保護膜で覆っているため、保護膜の厚さを大きくできて半導体基板の上面外周部における絶縁性を向上させることができる。従って、電極端子につないだボンディングワイヤが曲がって半導体基板の上面に接触したり、ボンディングワイヤと半導体基板の上面との間に異物が挟まったりして短絡を発生させるのを防止することができる。また、保護膜は固定膜と同材料であって、保護膜を固定膜と同一工程において形成することができるので、保護膜を設けることによって音響センサの製造工数が増加

30

【0012】

また、本発明に係る音響センサにあっては、前記保護膜の少なくとも一部が、前記固定膜と異なる材料からなり前記保護膜よりも薄い密着層を介在させて前記半導体基板の表面に固定されているので、保護膜と半導体基板の間に保護膜よりも薄い薄膜の密着層を形成することで、保護膜に発生する膜応力を低減させることができ、膜応力による保護膜の剥離を軽減することができる。しかも、保護膜を薄膜としているので、製造工程においてウエハ上に複数個の音響センサを作製した後、密着層の形成されている箇所ではレーザーダイシングによって個々の音響センサに切り離す場合でもスループットが低下しにくい。

40

【0013】

さらに、本発明に係る音響センサにあっては、前記保護膜の外周部が、前記密着層を介在させて前記半導体基板の表面に固定され、前記保護膜の内周部が、前記固定膜と異なる材料からなる厚膜層を介在させて前記半導体基板の表面に固定されているので、保護膜の剥離を軽減することができる。しかも、ウエハに形成された音響センサをレーザーダイシングによって個々に切り離す場合でもスループットが低下しにくい。さらに、内周部には厚膜部を形成してあって保護膜表面の高さが高くなっているため、この部分に電極端子を設けることができる。なお、前記厚膜層は、前記密着層と同じ材料によって形成されていることが好ましい。

【0014】

本発明に係る音響センサのある実施態様は、前記電極端子が、前記厚膜層の形成されて

50

いる領域において前記保護膜に設けられていることを特徴としている。かかる実施態様によれば、電極端子と半導体基板の上面との距離を大きくすることができるので、電極端子と半導体基板との間の寄生容量を小さくでき、寄生容量による音響センサの感度低下を小さくできて音響特性が向上する。

【0015】

本発明に係る音響センサの別な実施態様は、前記密着層及び前記厚膜層が、絶縁性材料によって形成されていることを特徴としている。かかる実施態様によれば、保護膜と半導体基板との間の絶縁性を向上させることができる。

【0016】

本発明に係る音響センサのさらに別な実施態様は、前記保護膜と前記固定膜とが連続しており、前記保護膜と前記固定膜との境界領域は、前記半導体基板の上面に密着していることを特徴としている。かかる実施態様によれば、保護膜と固定膜が連続していても密着層や厚膜層を空洞部分から分離することができ、音響センサの製造を容易にできる。

【0017】

本発明に係る音響センサの製造方法は、バックチャンバを有する半導体基板と、前記半導体基板の上方に配設された導電性のダイアフラムと、間隙を隔てて前記ダイアフラムを覆うようにして前記半導体基板の上面に固定された絶縁性の固定膜と、前記ダイアフラムと対向する位置において前記固定膜に設けた導電性の固定電極膜と、前記固定電極膜と前記ダイアフラムとの間の静電容量の変化を電気信号として外部へ出力するための電極端子とを備えた音響センサの製造方法であって、前記半導体基板の上面に堆積させた犠牲層の内部にダイアフラムを形成する工程と、前記犠牲層をエッチングして表面が前記固定膜の内面形状をした空間成形部を形成する工程と、前記空間成形部を形成した後、前記半導体基板の上面外周部の少なくとも一部に、前記固定膜と異なる材料からなり前記保護膜よりも薄い密着層を形成する工程と、整形された前記犠牲層の上に前記固定膜を形成するとともに、前記密着層を介在させて、かつ、外周が前記半導体基板の上面外周と一致するようにして、前記固定膜と同じ材料からなる保護膜によって前記半導体基板の上面外周部を覆う工程と、前記半導体基板に前記バックチャンバを形成する工程と、前記犠牲層をエッチングにより除去して前記ダイアフラムを空間で支持させるとともに、前記ダイアフラムと前記固定膜の内面との間に間隙を形成する工程とを有することを特徴としている。特に、前記密着層の厚さは、前記固定膜と前記固定電極膜からなるバックプレートの内面と前記ダイアフラムとの間の間隔よりも小さいことが好ましい。

【0018】

本発明に係る音響センサの製造方法にあつては、半導体基板の上面外周部からその外周（端縁）までを固定膜と同材料からなる絶縁性の保護膜で覆っているため、保護膜の厚さを大きくできて半導体基板の上面外周部における絶縁性を向上させることができる。従って、電極端子につないだボンディングワイヤが曲がって半導体基板の上面に接触したり、ボンディングワイヤと半導体基板の上面との間に異物が挟まったりして短絡を発生させるのを防止することができる。また、保護膜は固定膜と同材料であつて、保護膜を固定膜と同一工程において形成することができるので、保護膜を設けることによって音響センサの製造工数が増加することがなく、生産性を低下させることがない。

【0019】

さらに、本発明に係る音響センサの製造方法にあつては、前記空間成形部を形成した後、前記半導体基板の上面外周部の少なくとも一部に、前記固定膜と異なる材料からなり前記保護膜よりも薄い密着層を形成しているため、保護膜と半導体基板の間に保護膜よりも薄い薄膜の密着層を形成することで、保護膜に発生する膜応力を低減させることができ、膜応力による保護膜の剥離を軽減することができる。しかも、密着層を薄膜としているため、製造工程においてウエハ上に複数個の音響センサを作製した後、密着層の形成されている箇所ではレーザーダイシングによって個々の音響センサに切り離す場合でもスループットが低下しにくい。また、密着膜は、空間成形部形成後に空間成形部とは別に設けられているので、密着膜を容易に薄膜状に形成することができる。

## 【0020】

本発明に係る音響センサの製造方法のある実施態様は、前記空間成形部を形成する際、前記犠牲層によって前記空間成形部と分離して前記空間成形部の外側に厚膜層を形成し、ついで、前記厚膜層の外側に前記密着層を形成することを特徴としている。かかる実施態様によれば、空間成形部と同時に犠牲層から厚膜層を形成することができるので、音響センサの製造工程を簡略にすることができる。なお、前記密着層と前記厚膜層は、同じ材料によって形成されていることが好ましい。

## 【0021】

本発明に係る音響センサの製造方法の別な実施態様は、前記密着層及び前記厚膜層が、絶縁性材料によって形成されていることを特徴としている。かかる実施態様によれば、保護膜と半導体基板との間の絶縁性を向上させることができる。

10

## 【0022】

本発明に係る音響センサの製造方法のさらに別な実施態様は、前記厚膜層の厚さが、前記固定膜と前記固定電極膜からなるバックプレートの内面と前記ダイアフラムとの間の間隔よりも大きいことを特徴としている。特に、前記厚膜層の厚さは、前記固定膜と前記固定電極膜からなるバックプレートの内面と前記ダイアフラムとの間の間隔と、前記半導体基板の上面と前記ダイアフラムとの間の間隔との和の距離に等しいことが望ましい。かかる実施態様によれば、固定膜内に空洞部分を形成するための犠牲層を用いて厚膜層を形成することができ、音響センサの製造を容易にできる。

## 【0023】

20

本発明に係る音響センサの製造方法のさらに別な実施態様は、前記保護膜と前記固定膜を連続させて同時に形成するとともに、前記保護膜と前記固定膜との境界領域を前記半導体基板の上面に密着させることを特徴としている。かかる実施態様によれば、保護膜と固定膜が連続していても密着層や厚膜層を空洞部分から分離することができ、犠牲層をエッチングして空洞部分を形成する際に密着層や厚膜層がエッチングされるのを防ぐことができ、音響センサの製造を容易にできる。

## 【0024】

なお、本発明における前記課題を解決するための手段は、以上説明した構成要素を適宜組み合わせた特徴を有するものであり、本発明はかかる構成要素の組合せによる多くのバリエーションを可能とするものである。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0025】

【図1】図1(A)及び図1(B)は、特許文献1に開示された音響センサをパッケージ内に実装した状態を示す断面図である。

【図2】図2は、本発明の実施形態1に係る音響センサの分解斜視図である。

【図3】図3は、実施形態1の音響センサの断面図である。

【図4】図4(A)～図4(D)は、実施形態1の音響センサの製造工程を説明する概略断面図である。

【図5】図5(A)～図5(C)は、実施形態1の音響センサの製造工程を説明する概略断面図であって、図4(D)に続く工程を表す。

40

## 【発明を実施するための形態】

## 【0026】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明する。但し、本発明は以下の実施形態に限定されるものでなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々設計変更することができる。

## 【0027】

まず、図2及び図3を参照して本発明の実施形態1による音響センサ31の構造を説明する。図2は音響センサ31を一部分解して示す斜視図である。図3は、音響センサ31の構造を示す対角方向における断面図である。

## 【0028】

50

この音響センサ 3 1 は MEMS 技術を利用して作製された微小な静電容量型素子であり、図 3 に示すように、シリコン基板 3 2 (半導体基板)の上面にアンカー 3 7 を介してダイアフラム 3 3 を設け、その上に微小ギャップ (空隙) を介してバックプレート 3 4 を固定したものである。

【 0 0 2 9 】

シリコン基板 3 2 は、単結晶シリコンからなる。図 2 に示すように、シリコン基板 3 2 は矩形板状に形成されており、表面から裏面に貫通した角孔状のバックチャンバ 3 5 を有している。バックチャンバ 3 5 は内周面が垂直面となってもよく、テーパ状に傾斜していてもよい。なお、バックチャンバ 3 5 の下面開口は、音響センサ 3 1 をパッケージ内に実装したときに、パッケージによって塞がれる (図 1 参照)。

10

【 0 0 3 0 】

また、シリコン基板 3 2 の上面には、ダイアフラム 3 3 の梁部 3 6 a を下面から支持するための 4 つのアンカー 3 7 が設けられており、さらにバックチャンバ 3 5 及びアンカー 3 7 を囲むようにして土台部 4 1 (厚膜層) が形成されている。特に、アンカー 3 7 は、バックチャンバ 3 5 の対角方向において土台部 4 1 の内周縁を切り込むように形成された凹所内に位置している。さらに、シリコン基板 3 2 の上面の、土台部 4 1 よりも外側の領域は土台部 4 1 よりも薄い密着層 4 7 によって覆われており、密着層の外周 (端縁) はシリコン基板 3 2 の端縁と一致している。アンカー 3 7 及び土台部 4 1 は、 $SiO_2$  によって形成されている。密着層 4 7 は、 $SiO_2$  又はポリシリコンによって形成されている。

【 0 0 3 1 】

20

ダイアフラム 3 3 は、膜厚の小さなポリシリコン薄膜によって形成されており、導電性を有している。ダイアフラム 3 3 は、矩形状をした振動薄膜 3 6 b の四隅から対角方向外側に向けて梁部 3 6 a を延出したものである。さらに、梁部 3 6 a の一つからは、引出し配線 4 3 が延びている。

【 0 0 3 2 】

図 3 に示すように、ダイアフラム 3 3 は、振動薄膜 3 6 b がバックチャンバ 3 5 の上面を覆うようにしてシリコン基板 3 2 の上面に配置されている。ダイアフラム 3 3 の各梁部 3 6 a は土台部 4 1 の凹所内に位置し、各梁部 3 6 a の先端部下面がアンカー 3 7 に固定されている。従って、ダイアフラム 3 3 の振動薄膜 3 6 b は、バックチャンバ 3 5 の上方で宙空に浮いており、音響振動 (空気振動) に感応して膜振動可能になっている。

30

【 0 0 3 3 】

バックプレート 3 4 は、窒化膜 ( $SiN$ ) からなるプレート部 3 9 (固定膜) の下面にポリシリコンからなる固定電極膜 4 0 を設けたものである。バックプレート 3 4 は、天蓋状をしていてその下に空洞部分を有しており、ダイアフラム 3 3 を覆っている。バックプレート 3 4 の下の空洞部分の高さ a (シリコン基板 3 2 の上面から固定電極膜 4 0 の下面までの高さ) は、シリコン基板 3 2 の上面に形成された土台部 4 1 の厚み c と等しくなっている。バックプレート 3 4 の下面 (すなわち、固定電極膜 4 0 の下面) とダイアフラム 3 3 の上面との間には微小な空隙が形成されている。また、バックプレート 3 4 の隅部に形成されている梁部カバー領域 4 9 は、微小な空隙をあけて梁部 3 6 a を覆っている。固定電極膜 4 0 は、可動電極膜である振動薄膜 3 6 b と対向してキャパシタを構成している。

40

【 0 0 3 4 】

バックプレート 3 4 には、上面から下面に貫通するようにして、音響振動を通過させるためのアコースティックホール 3 8 が多数穿孔されている。また、振動薄膜 3 6 b の外周部下面とシリコン基板 3 2 の上面との間にも、小さな隙間 (音響振動の通路) があいている。従って、アコースティックホール 3 8 を通ってバックプレート 3 4 内に入った音響振動は、振動薄膜 3 6 b を振動させるとともに、振動薄膜 3 6 b の外周部とシリコン基板 3 2 の間の隙間を通してバックチャンバ 3 5 へ抜けてゆく。

【 0 0 3 5 】

また、バックプレート 3 4 の内面には微小なストッパ 4 2 が多数突出しており、ダイア

50

フラム 33 がバックプレート 34 の下面に吸着又は固着（スティック）して戻らなくなるのを防いでいる。

【0036】

天蓋状をしたプレート部 39 の外周縁からは、全周にわたって保護膜 53 が連続的に延出している。したがって、保護膜 53 はプレート部 39 と同じく窒化膜（SiN）によって形成されており、プレート部 39 とほぼ同じ膜厚を有している。保護膜 53 の内周部は断面逆溝状をした土台被覆部 51 となっており、保護膜 53 の外周部は平坦部 52 となっている。また、バックプレート 34 の外周と保護膜 53 の内周との間の境界領域 50 は断面 V 溝状となっている。

【0037】

バックプレート 34 はシリコン基板 32 の上面に固定されており、保護膜 53 は土台部 41 及び密着層 47 を介在させてシリコン基板 32 の上面外周部を覆っている。保護膜 53 の土台被覆部 51 は土台部 41 を覆っており、平坦部 52 は密着層 47 の上面を覆っており、平坦部 52 の外周（端縁）は密着層 47 の外周及びシリコン基板 32 の上面外周と一致している。また、バックプレート 34 と保護膜 53 の間の境界領域 50 の下面は、土台部 41 の内周の露出面 48 に密着しており、バックプレート 34 の下の空洞部分と土台部 41 とは、境界領域 50 によって分離されている。

【0038】

ダイアフラム 33 の上面とバックプレート 34 の下面との間の空隙（air gap）の厚さ  $b$  は、 $2\mu\text{m}$  程度となっている。土台部 41 の厚さ  $c$  は、アンカー 37 とバックプレート 34 の空隙の厚さ  $b$  よりも大きく、 $2\mu\text{m}$  以上となっている。一方、密着層 47 の厚さ  $d$  は、アンカー 37 とバックプレート 34 の空隙の厚さ  $b$  よりも小さく、 $2\mu\text{m}$  以下となっている。また、保護膜 53 の幅  $e$  は  $400\mu\text{m}$  以下であって、平坦部 52 の幅  $f$  は  $150\mu\text{m}$  程度が好ましい。

【0039】

土台被覆部 51 には開口が明けられており、当該開口を通して引出し配線 43 の上面に可動側電極パッド 46（電極端子）が形成され、可動側電極パッド 46 は引出し配線 43 に（したがって、ダイアフラム 33 に）導通している。また、プレート部 39 の上面に設けられた固定側電極パッド 45（電極端子）は、スルーホールなどを介して引出し配線 44 に（したがって、固定電極膜 40 に）導通している。

【0040】

しかして、この音響センサ 31 にあっては、音響振動がアコースティックホール 38 を通過してバックプレート 34 とダイアフラム 33 との間の空間に入ると、薄膜であるダイアフラム 33 が音響振動に励起されて膜振動する。ダイアフラム 33 が振動してダイアフラム 33 と固定電極膜 40 との間のギャップ距離が変化すると、ダイアフラム 33 と固定電極膜 40 との間の静電容量が変化する。この結果、この音響センサ 31 においては、ダイアフラム 33 が感知している音響振動（音圧の変化）がダイアフラム 33 と固定電極膜 40 との間の静電容量の変化となり、電気的な信号として出力される。

【0041】

また、この音響センサ 31 によれば、シリコン基板 32 の上面外周部（ウエハから断裁するための領域であって、ダイシングストリート部と言われることがある。）が保護膜 53 の平坦部 52 によって覆われている。保護膜 53 は、プレート部 39 と同様、SiN 膜によって形成されており、また比較的厚い膜厚に形成されているので、絶縁性に優れている。したがって、固定側電極パッド 45 や可動側電極パッド 46 に接続されたボンディングワイヤが曲がって下に下がってもボンディングワイヤは保護膜 53 に触れるだけでシリコン基板 32 に直接接触れることはない。また、ボンディングワイヤの下に異物が挟まっても異物は保護膜 53 によって遮られて直接シリコン基板 32 に触れることはない。よって、音響センサ 31 の短絡を効果的に防止することが可能になる。

【0042】

また、密着層 47 は、空隙の厚さ  $b$  より薄い  $\text{SiO}_2$  又はポリシリコンからなり、平坦

10

20

30

40

50

部52はこの密着層47を介してシリコン基板32の上面に形成されているので、保護膜53に発生する膜応力を低減させることができ、膜応力による保護膜53の剥離を軽減することができる。また、 $SiO_2$ 又は $SiN$ からなる密着層47を介することによって平坦部52の密着性を向上させることができる。

【0043】

さらに、土台部41は空隙の厚さbよりも厚い $SiO_2$ からなり、固定側電極パッド45は、この土台部41の上方において保護膜53（土台被覆部51）に設けているので、固定側電極パッド45とシリコン基板32の上面との距離を大きくすることができる。その結果、電極パッド45、46とシリコン基板32との間の寄生容量を小さくできるので、寄生容量による音響センサ31の感度低下を小さくでき、音響センサ31の音響特性を向上させることができる。また、 $SiO_2$ からなる土台部41の上に土台被覆部51を形成しているため、土台被覆部51の密着性を向上させることができる。

10

【0044】

なお、図2の例では、可動側電極パッド46は、ダイアフラム33の梁部36aの端部に作製されているため、土台部41を厚くすることによって寄生容量を低減するという効果を得ることはできない。しかし、可動側電極パッド46を固定側電極パッド45と同じ様な構造とする場合、すなわちプレート部39の上面にスルーホールなどを介して引出し配線を設けて導通を図る場合には、土台部41を厚くすることによる寄生容量低減効果を得ることができる。

【0045】

また、この音響センサ31は最表面を耐吸湿性の高い $SiN$ 層（すなわち、プレート部39及び保護膜53）で覆われているので、耐吸湿性も良好になる。

20

【0046】

（音響センサの製造方法）

つぎに、音響センサ31のMEMS技術による製造方法を説明する。図4(A) - 図4(D)及び図5(A) - 図5(C)は、音響センサ31の製造工程を示す概略断面図である。

【0047】

まず、図4(A)に示すように、単結晶シリコン基板32の表面に熱酸化やCVD法などによってシリコン酸化膜( $SiO_2$ )からなる犠牲層61を成膜する。ついで、犠牲層61の上にポリシリコン層を形成し、このポリシリコン層をエッチングによってパターンニングし、振動薄膜36bの四隅から梁部36aが延出したフラットなダイアフラム33を形成する。

30

【0048】

ダイアフラム33の上から犠牲層61の上にさらに犠牲層61を堆積させて犠牲層61によりダイアフラム33を覆い、図4(B)に示すように、ダイアフラム33を犠牲層61内に埋め込む。

【0049】

ついで、図4(C)に示すように、犠牲層61をエッチングして犠牲層61によりバックプレート34の内面形状をした空洞成形部62と土台部41を作製する。このとき、空洞成形部62と土台部41は溝63によって分離し、溝63内にシリコン基板32の上面を露出させる（溝63の底が露出面48となる。）とともに土台部41の外側でもシリコン基板32の上面を露出させる。また、空洞成形部62の上面にはストッパ42を形成するための穴部64を掘っておく。

40

【0050】

この後、土台部41の外側においてシリコン基板32の上面に、土台部41の外周面と連続するようにして、 $SiO_2$ 又はポリシリコンによって薄い密着層47を成膜する。

【0051】

図5(A)に示すように、空洞成形部62の上面にポリシリコン膜を成膜し、ポリシリコン膜をエッチングしてパターンニングすることにより固定電極膜40を作製する。このと

50

き固定電極膜40にはアコースティックホール38を開口するとともに、穴部64に合わせて通孔を開口しておく。さらに、固定電極膜40の上から耐フッ酸性を有するSiN層を堆積させてプレート部39を形成する。このとき、穴部64内に堆積したSiN層により固着防止用のストッパ42が形成される。また、プレート部39にも、固定電極膜40のアコースティックホール38と位置合わせしてアコースティックホール38を形成し、バックプレート34にアコースティックホール38を貫通させる。さらに、土台被覆部51の上には電極パッド45、46を設ける。

【0052】

こうしてバックプレート34が完成したら、シリコン基板32の中央部を下面側からエッチングし、図5(B)に示すようにシリコン基板32にバックチャンバ35を貫通させ、バックチャンバ35の上面に空洞成形部62を露出させる。

10

【0053】

この後、バックプレート34のアコースティックホール38やシリコン基板32のバックチャンバ35などからフッ酸を導いて空洞成形部62を選択的にウェットエッチングし、図5(C)に示すように、梁部36aの下の犠牲層61だけをアンカー37として残し、他の空洞成形部62を除去する。この結果、ダイアフラム33は、アンカー37によってシリコン基板32の上面から浮かせられ、バックチャンバ35の上で振動が可能なように支持され、固定電極膜40とダイアフラム33の間にエアギャップが形成される。ただし、土台部41と空洞成形部62の間は境界領域50で仕切られているので、土台部41はフッ酸でエッチングされず、土台部41及び密着層47はそのまま残る。こうして、音響センサ31が製作される。

20

【0054】

音響センサ31において土台部41の厚さをダイアフラム33の上面とバックプレート34の下面との間の空隙の厚さbよりも大きくしているのは、工法的には次のような意義を有する。上記製造方法のように、土台部41は、同じ犠牲層61から空洞成形部62と同じ工程で作製できれば、最も生産性が良好となる。このような工法を可能にするためには、土台部41の厚さcは、空隙の厚さbよりも厚く(c > b)なければならない。

【0055】

ダイアフラム33とバックプレート34の間の空隙を狭くすると、ブルイン現象(電圧印加時に静電引力でダイアフラム33と固定電極膜40がくっつく現象)やスティック現象(空隙に浸入した水分などでダイアフラム33と固定電極膜40がくっつく現象)などを防ぐためには、この空隙はできるだけ広いことが好ましい。また、ノイズ源となる熱雑音を軽減させるためにも、この空隙はできるだけ広いことが望ましい。そのため、ダイアフラム33とバックプレート34の間の空隙を2μm以下に薄くすることはできず、一般に空隙の厚さbは2μm以上である。

30

【0056】

一方、土台部41は、固定側電極パッド45とシリコン基板32の間の寄生容量を小さくするためには、できるだけ厚さの厚いことが望ましい。よって、土台部41の厚さcを空隙の厚さbよりも大きくしておけば、土台部41は一定以上の厚さ(すなわち2μm以上の厚さ)を確保することができ、当然に寄生容量を小さくできる。なお、よりよい形態では、土台部41の厚さcは、空隙の厚さbとアンカー37の厚さgの合計と同じである。これは、土台部41を作製する工程を空隙やアンカー厚を作製する工程と同期させると最も生産性が良いためであり、その結果土台部41の厚さcが空隙の厚さbとアンカー37の厚さgの合計と等しくなるからである。

40

【0057】

また、密着層47の厚さをダイアフラム33の上面とバックプレート34の下面との間の空隙の厚さbよりも小さくしているのは、工法的には次のような意義がある。ダイシングストリート部に設けた密着層47は、レーザーダイシングを用いる場合には、その厚さが薄い方が望ましい。しかし、空洞成形部62や土台部41を作製するための犠牲層61を利用して密着層47を同時に作製しようとする、密着層47の厚さが厚くなってしまう

50

う。そのため、密着層 4 7 は、図 4 ( D ) のように土台部 4 1 や空洞成形部 6 2 とは別な工程で作製することが望ましい。図 4 ( D ) の工程で作製される密着層 4 7 の厚さ  $d$  はできるだけ薄い方がよいので、例えば厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  程度の  $\text{SiO}_2$  膜によって作製するのが望ましい。

【 0 0 5 8 】

なお、密着層 4 7 は空洞成形部 6 2 や土台部 4 1 を作製した後の工程で作製されるので、密着層 4 7 の作製方法によっては、密着層 4 7 と同じ膜が空洞成形部 6 2 や土台部 4 1 の表面にも付与されることがある。その結果、空洞成形部 6 2 や土台部 4 1 の厚みが密着層 4 7 の厚さ分だけ増加することになる。このような場合には、図 4 ( B ) の工程で作製される犠牲層 6 1 の厚さを、狙いとする空洞成形部 6 2 や土台部 4 1 の厚さよりも密着層 4 7 の厚さ分だけ薄くしておけばよい。

10

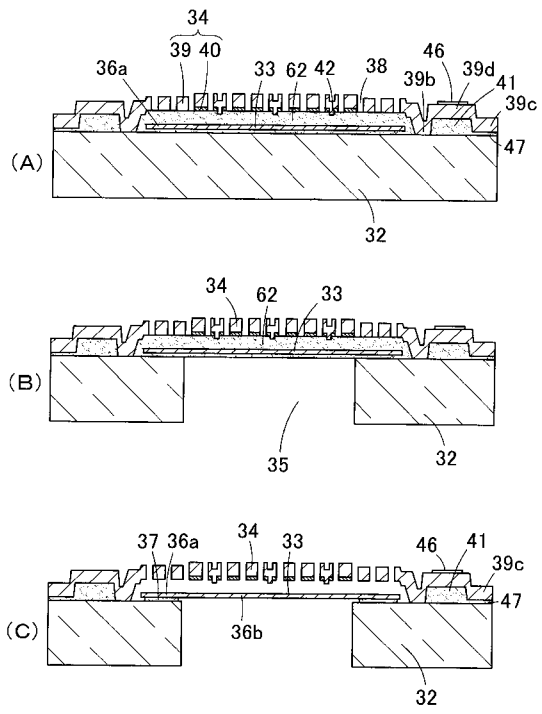
【符号の説明】

【 0 0 5 9 】

3 1	音響センサ	
3 2	シリコン基板	
3 3	ダイアフラム	
3 4	バックプレート	
3 5	バックチャンバ	
3 7	アンカー	
3 8	アコースティックホール	20
3 9	プレート部	
4 0	固定電極膜	
4 1	土台部	
4 5	固定側電極パッド	
4 6	可動側電極パッド	
4 7	密着層	
4 9	梁部カバー領域	
5 0	境界領域	
5 1	土台被覆部	
5 2	平坦部	30
5 3	保護膜	
6 1	犠牲層	
6 2	空洞成形部	



【図5】



---

フロントページの続き

審査官 菊池 充

- (56)参考文献 特開2009-038732(JP,A)  
特開2009-089097(JP,A)  
特開2009-147798(JP,A)  
特開2010-103701(JP,A)  
特開2010-056745(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 11/14 - 19/04  
H04R 21/00 - 31/00