

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-78905

(P2014-78905A)

(43) 公開日 平成26年5月1日(2014.5.1)

(51) Int.Cl.

<b>H03H</b>	<b>9/24</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H03H</b>	<b>3/007</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>B81B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>B81C</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>

F 1

HO 3 H	9/24
HO 3 H	3/007
B 81 B	3/00
B 81 C	1/00

テーマコード(参考)

3 C 0 8 1
5 J 1 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2012-226670 (P2012-226670)

(22) 出願日

平成24年10月12日 (2012.10.12)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅善

(74) 代理人 100127661

弁理士 宮坂 一彦

(74) 代理人 100116665

弁理士 渡辺 和昭

(72) 発明者 稲葉 正吾

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 藤井 正寛

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

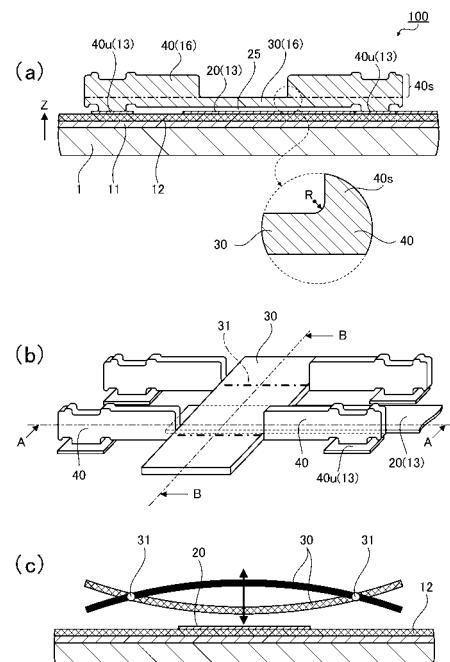
(54) 【発明の名称】振動子、電子機器および振動子の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】製造工程において、可動電極がスティッキングをおこすことがなく、安定して製造される振動子を提供する。

【解決手段】MEMS振動子100は、ウェハー基板1と、ウェハー基板1の主面上に設けられた固定下部電極20(第1の電極)と、一方の端部がウェハー基板1に固定された支持部材40と、支持部材40の他方の端部に継合され、固定下部電極20に対して間隙を介して重なる領域を有する可動上部電極30(第2の電極)と、を備え、支持部材40は、支持部材40のウェハー基板1の厚み方向の厚みが、可動上部電極30のウェハー基板1の厚み方向の厚みより厚い補強領域40sを有している。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、

前記基板の主面上に設けられた第1の電極と、  
一方の端部が前記基板に固定された支持部材と、

前記支持部材の他方の端部に継合され、前記第1の電極に対して間隙を介して重なる領域を有する第2の電極と、を備え、

前記支持部材は、前記支持部材の前記基板の厚み方向の厚みが、前記第2の電極の前記基板の厚み方向の厚みより厚い補強領域を有していることを特徴とする振動子。

## 【請求項 2】

前記第2の電極は、前記基板の厚み方向に、撓み振動する振動板であり、

前記第2の電極の前記撓み振動の節部分が前記支持部材の前記他方の端部に継合されていることを特徴とする請求項1に記載の振動子。

## 【請求項 3】

前記第2の電極の前記撓み振動の節部分の両端が一対の前記支持部材によって支持され、

前記第2の電極が、複数の前記一対の支持部材によって支持されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の振動子。

## 【請求項 4】

前記補強領域は、前記支持部材の前記基板の厚み方向の厚みが、前記第2の電極の前記基板の厚み方向の厚みより、前記基板の主面から離れる方向に厚い領域であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載の振動子。

## 【請求項 5】

前記補強領域の前記基板の厚み方向の厚みが、前記支持部材の他方の端部から離れるに従い厚くなっていることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか一項に記載の振動子。

## 【請求項 6】

請求項1ないし請求項5に記載の振動子の製造方法であって、

前記支持部材、または、前記支持部材および前記第2の電極を形成する第1導電層を積層する工程と、

前記支持部材が形成される領域を残して、前記第1導電層の少なくとも一部を除去する工程と、

前記支持部材および前記第2の電極を形成する第2導電層を積層する工程と、を含むことを特徴とする振動子の製造方法。

## 【請求項 7】

請求項1ないし請求項5に記載の振動子の製造方法であって、

前記支持部材および前記第2の電極を形成する導電層を積層する工程と、

前記支持部材が形成される領域を残して、前記導電層の一部を除去する工程と、を含むことを特徴とする振動子の製造方法。

## 【請求項 8】

請求項1ないし請求項5のいずれか一項に記載の振動子を備えていることを特徴とする電子機器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、振動子、電子機器および振動子の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、微細加工技術を利用して形成されたMEMS (Micro Electro Mechanical System) デバイスと呼ばれる機械的に可動な構造体を備えた電気機械系構造体 (例えば、振

10

20

30

40

50

動子、フィルター、センサー、モーターなど)が知られている。この中で、MEMS振動子は、これまで主に使用されてきた水晶や誘電体を使用した振動子・共振子と比較して、半導体回路を組み込んで製造することが容易であり、微細化、高機能化に対し有利であるために、その利用が活発になってきている。

#### 【0003】

従来のMEMS振動子の代表例としては、基板面と平行な方向に振動する櫛型振動子と、基板の厚さ方向に振動する梁型振動子とが知られている。梁型振動子は、基板上に形成された下部電極(固定電極)と、この下部電極の上方に間隙を介して配置された上部電極(可動電極)などからなる振動子で、上部電極の支持の仕方により、片持ち梁型(clamped-free beam)、両持ち梁型(clamped-clamped beam)、両端自由梁型(free-free beam)などが知られている。

10

#### 【0004】

両端自由梁型のMEMS振動子は、振動する上部電極の振動の節の部分が支持部材によって支持されるため、基板への振動洩れが少なく振動の効率が高い。特許文献1には、この支持部材の長さを振動の周波数に対して適切な長さとすることにより振動特性を改善する技術が提案されている。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

#### 【特許文献1】米国特許第6930569B2号明細書

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

しかしながら、特許文献1に記載のMEMS振動子を含め、上述した従来の技術では、小型化、薄型化、省電力化、高周波数化などのニーズに充分に応えられないという課題があった。具体的には、小型化、薄型化、省電力化、高周波数化などに対応するためには、両端自由梁型のMEMS振動子を用いて、その上部電極や支持部のスティフネスを小さくしたり、電極間の間隙を小さくしたりすることが有効であったが、その結果、製造工程における上部電極のスティッキングを誘発し、充分な製造歩留まりが得られなくなってしまうという課題があった。スティッキングとは、MEMS構造体を形成するために、犠牲層をエッティング除去したときに、微細な構造体が基板や他の構造体に付着してしまう現象である。つまり、従来技術では、製造工程において、上部電極が下部電極にスティッキングしてしまうという課題が、上述のニーズへの対応と共に顕在化してきた。

30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の適用例または形態として実現することが可能である。

#### 【0008】

[適用例1] 本適用例に係る振動子は、基板と、前記基板の主面上に設けられた第1の電極と、一方の端部が前記基板に固定された支持部材と、前記支持部材の他方の端部に継合され、前記第1の電極に対して間隙を介して重なる領域を有する第2の電極と、を備え、前記支持部材は、前記支持部材の前記基板の厚み方向の厚みが、前記第2の電極の前記基板の厚み方向の厚みより厚い補強領域を有していることを特徴とする。

40

#### 【0009】

本適用例によれば、第1の電極に対して間隙を介して重なる領域を有する第2の電極を支持する支持部材は、基板の厚み方向において、支持部材の厚みが第2の電極の厚みより厚い補強領域を有している。この補強領域により、基板の厚み方向における支持部材の剛性が増す。その結果、第2の電極を第1の電極に近づける方向に外力が働いた場合であっても、第2の電極は第1の電極に近づきにくくなる。従って、例えば、第2の電極と第1の電極とを形成するために、犠牲層をエッティング除去したとき、第2の電極と第1の電極

50

間に、エッティング液や洗浄液の表面張力などが働いた場合であっても、第2の電極が第1の電極に付着してしまうステイッキング現象が起こりにくくなる。その結果、ステイッキングによる歩留まり低下を抑制することができる。

【0010】

[適用例2] 上記適用例に係る振動子において、前記第2の電極は、前記基板の厚み方向に、撓み振動する振動板であり、前記第2の電極の前記撓み振動の節部分が前記支持部材の前記他方の端部に継合されていることを特徴とする。

【0011】

本適用例によれば、第2の電極は、基板の厚み方向に、撓み振動する振動板であり、第2の電極の撓み振動の節部分が支持部材の他方の端部に継合されている。また、支持部材は、補強領域により基板の厚み方向においてその剛性が高められている。従って、支持部材の剛性が増し、そのスティフネスが大きくなても、支持部材は第2の電極の振動の節部分を支えているため、振動を大きく妨げることがない。つまり、第2の電極に対し、振動特性に悪影響を与えることなく、より有効に支持することで、ステイッキング現象を抑制することができる。

10

【0012】

[適用例3] 上記適用例に係る振動子において、前記第2の電極の前記撓み振動の節部分の両端が一対の前記支持部材によって支持され、前記第2の電極が、複数の前記一対の支持部材によって支持されていることを特徴とする。

20

【0013】

本適用例によれば、第2の電極の振動の節部分の両端が一対の支持部材によって支持され、また、第2の電極は、複数の箇所において、この一対の支持部材によって支持されている。第2の電極は、複数の支持部材によって支えられることにより、より効果的にステイッキング現象が抑制される。また、第2の電極は、振動の節部分が支えられているため、その振動特性が劣化することもない。

【0014】

[適用例4] 上記適用例に係る振動子において、前記補強領域は、前記支持部材の前記基板の厚み方向の厚みが、前記第2の電極の前記基板の厚み方向の厚みより、前記基板の正面から離れる方向に厚い領域であることが好ましい。

30

【0015】

本適用例のように、補強領域が、支持部材に対して基板の正面から離れる方向に厚い領域によって構成されることで、第2の電極と第1の電極との間隙の大きさ(距離)を変えることなく、支持部材の剛性を高めることができる。つまり、振動子としての特性を劣化させることなくステイッキング現象を抑制することができる。

【0016】

[適用例5] 上記適用例に係る振動子において、前記補強領域の前記基板の厚み方向の厚みが、前記支持部材の他方の端部から離れるに従い厚くなっていることを特徴とする。

【0017】

本適用例によれば、補強領域の基板の厚み方向の厚みが、支持部材の他方の端部から離れるに従い厚くなっている。このように構成することで、支持部材と第2の電極との継合部分に支持部材からの応力が集中してしまうことが抑制されるため、振動や衝撃に伴って発生する継合部分のクラックの発生を抑えることができる。

40

【0018】

[適用例6] 本適用例に係る振動子の製造方法は、上記適用例に係る振動子の製造方法であって、前記支持部材、または、前記支持部材および前記第2の電極を形成する第1導電層を積層する工程と、前記支持部材が形成される領域を残して、前記第1導電層の少なくとも一部を除去する工程と、前記支持部材および前記第2の電極を形成する第2導電層を積層する工程と、を含むことを特徴とする。

【0019】

本適用例によれば、支持部材を形成する領域に選択的に第1導電層および第2導電層を

50

積層することで、支持部材に補強領域を形成することができる。その結果、上述した適用例の振動子を簡便に製造することができる。

【0020】

[適用例7] 本適用例に係る振動子の製造方法は、上記適用例に係る振動子の製造方法であって、前記支持部材および前記第2の電極を形成する導電層を積層する工程と、前記支持部材が形成される領域を残して、前記導電層の一部を除去する工程と、を含むことを特徴とする。

【0021】

本適用例によれば、支持部材を形成する領域に積層された導電層が選択的に除去されずに残ることで、支持部材に補強領域を形成することができる。その結果、上述した適用例の振動子を簡便に製造することができる。

10

【0022】

[適用例8] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に係る振動子を備えていることを特徴とする。

【0023】

本適用例によれば、電子機器として、より高性能な特性を劣化させることなく、また、製造歩留まりを高く安定させた振動子が活用されることにより、より高性能で安価な電子機器を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】(a)：実施形態1に係る振動子としてのMEMS振動子を示す側断面図、(b)：同、斜視図、(c)：可動上部電極(第2の電極)の振動の様子を示す断面図。

【図2】(a), (b)：従来技術によるMEMS振動子を示す側断面図。

【図3】(a)～(f)：MEMS振動子の製造方法を順に示す工程図。

【図4】(a)電子機器の一例としてのモバイル型のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図、(b)電子機器の一例としての携帯電話機の構成を示す斜視図。

【図5】電子機器の一例としてのデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図。

【図6】(a), (b)：変形例1, 2に係るMEMS振動子の側断面図。(c)：変形例3に係るMEMS振動子の可動上部電極(第2の電極)の振動の様子を示す概念図。

30

【図7】変形例4として、MEMS振動子の製造方法の変形例を順に示す工程図。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下に本発明を具体化した実施形態について、図面を参照して説明する。以下は、本発明の一実施形態であって、本発明を限定するものではない。なお、以下の各図においては、説明を分かりやすくするため、実際とは異なる尺度で記載している場合がある。

【0026】

(実施形態1)

図1(a)は、実施形態1に係る振動子としてのMEMS振動子100を示す側断面図、図1(b)は、同、斜視図である。図1(a)は、図1(b)のA-A断面を示している。

40

MEMS振動子100は、基板の主面に積層された犠牲層がエッチングされることにより形成される両端自由梁型の可動電極を備えたMEMS振動子であり、ウェハー基板1、第1の電極としての固定下部電極20、第2の電極としての可動上部電極30、支持部材40などを含み構成されている。

なお、犠牲層とは、その上下や周囲に必要な層を形成した後にエッチングにより除去される層であり、犠牲層が除去されることによって、上下や周囲の各層間に必要な隙間や空洞が形成されたり、必要な構造体が遊離して形成されたりする。

【0027】

ウェハー基板1には、好適例としてシリコン基板を用いている。

固定下部電極20、可動上部電極30、支持部材40は、ウェハー基板1に積層された

50

第1酸化膜11、窒化膜12の上部に形成されている。

なお、ここでは、ウェハー基板1の厚み方向において、ウェハー基板1の主面に順に第1酸化膜11および窒化膜12が積層される方向を上方向、あるいは図1(a)に示すようにZ方向として説明している。

#### 【0028】

固定下部電極20は、矩形状にパターニングされた固定電極であり、窒化膜12に積層された下部導電層13が、フォトリソグラフィーによりパターニングされることで形成されている。

可動上部電極30は、矩形板状の可動電極であり、下部導電層13の上層に積層された犠牲層を介して積層された上部導電層16が、フォトリソグラフィーによりパターニングされることで形成されている。

可動上部電極30は、ウェハー基板1を平面視したときに、可動上部電極30の中央領域が、固定下部電極20に交差して重なるように配置されている。また、可動上部電極30は、2対の支持部材40によって長手方向側面の4点を継合され、ウェハー基板1の主面上に支持されている。可動上部電極30と固定下部電極20、および可動上部電極30と窒化膜12との間には、犠牲層がエッチング除去されることで形成された間隙25が形成されている。

下部導電層13および上部導電層16は、それぞれ好適例として導電性のポリシリコンを用いているが、これに限定するものではない。

#### 【0029】

支持部材40は、上部導電層16をフォトリソグラフィーによりパターニングして得られる略長方形の板状体であり、その長手方向は、ウェハー基板1の主面と略平行な方向に、短手方向は、ウェハー基板1の厚み方向（主面と略垂直な方向）を向くように配置されている。

支持部材40は、長手方向の一方の端部領域の下面が、固定部40u、窒化膜12、第1酸化膜11を介してウェハー基板1に固定されている。また、支持部材40の長手方向の他方の端部の側面は、可動上部電極30の長手方向側面に継合されている。

また、4つの支持部材40が、2対の支持部材40として、2つずつ、その間に可動上部電極30を挟んで支持している。つまり、4つの支持部材40は、2つずつ、その短手方向の側面（支持部材40の他方の端部）が互いに向かい合うように位置し、支持部材40のそれぞれの短手方向の側面が、可動上部電極30の長手方向側面に継合されている。

#### 【0030】

支持部材40の短手方向の長さ（支持部材40のZ方向の幅）は、可動上部電極30の厚みより厚く形成されており、短手方向の側面の最下部において、支持部材40と可動上部電極30とが継合するようにしている。つまり、支持部材40は、支持部材40のウェハー基板1の厚み方向（つまりZ方向）の厚みが、可動上部電極30のZ方向の厚みより厚い領域（以下補強領域40s）を有している。また、図1(a)に示すように、補強領域40sは、支持部材40のZ方向の厚みが、可動上部電極30のZ方向の厚みより、ウェハー基板1の主面から離れる方向に厚い領域となるようにしている。

また、支持部材40と可動上部電極30との継合部分は、図1(a)の破線円で拡大視しているように、曲率半径Rをもって交わるように形成している。曲率半径Rの大きさは特に指定するものではないが、このように補強領域40sからの応力が、可動上部電極30との継合部分に集中しないようにすることが好ましい。

#### 【0031】

図1(c)は、図1(b)で示す可動上部電極30のB-B断面図であり、可動上部電極30の振動の様子を示している。

MEMS振動子100は、電極間（固定下部電極20と可動上部電極30との間）に印加される交流電圧に伴い発生する電荷の静電力により、可動上部電極30が振動し、電極間には、振動子に固有の共振周波数信号が出力される。なお、図1(a)～(c)では、固定下部電極20、および可動上部電極30に接続する電気配線の図示を省略している。

10

20

30

40

50

可動上部電極 30 は、固定下部電極 20 と可動上部電極 30 とが重なる中央部分、および可動上部電極 30 の両端部が振動の腹となり、また、振動の腹の間に振動の節 31 を有する撓み振動を行なう。

#### 【0032】

可動上部電極 30 は、振動の節 31 の部分が支持部材 40 によって支持されている。具体的には、図 1 (b) の一点鎖線で示される振動の節 31 の両端部が 1 対の支持部材 40 によって支持されている。

#### 【0033】

ここで、従来技術による MEMS 振動子の構成例について説明する。

図 2 (a), (b) は、従来技術による MEMS 振動子 99 を示す側断面図である。

10

MEMS 振動子 99 は、MEMS 振動子 100 と同様に両端自由梁型の可動電極を備えた MEMS 振動子であり、ウェハー基板 1、固定下部電極 20、可動上部電極 30、支持部材 409などを含み構成されている。

支持部材 409 は、支持部材 40 と異なり、補強領域 40s を有していない。つまり、支持部材 409 の Z 方向の厚みは、可動上部電極 30 の Z 方向の厚みと同じ厚みである。この点を除き、MEMS 振動子 99 は、MEMS 振動子 100 と同じである。

#### 【0034】

支持部材 409 は可動上部電極 30 を形成する層と同じ層で形成され、フォトリソグラフィーによるパターニングを行なうことで同時に形成される。従って、それぞれの厚みは、略同じくなっている。

20

一般に、小型化、薄型化、省電力化、高周波数化などに対応するために、可動上部電極や支持部材のスティフネスを小さくしたり、可動上部電極と固定下部電極との間隙を小さくしたりすることが有効である。しかしながら、その結果、MEMS 振動子 99 は、図 2 (b) に示すように、製造工程において可動上部電極 30 が固定下部電極 20 にスティッキングしやすくなり、充分な製造歩留まりが得られなくなってしまうという課題があった。MEMS 振動子 100 は、上述した構成により、このような課題に対応している。

#### 【0035】

次に、MEMS 振動子 100 の製造方法について説明する。

図 3 (a) ~ (f) は、MEMS 振動子 100 の製造方法を順に示す工程図である。

30

MEMS 振動子 100 の製造方法は、支持部材 40、または、支持部材 40 および可動上部電極 30 を形成する上部導電層 16 のうちの第 1 導電層 16a を積層する工程と、支持部材 40 が形成される領域を残して、第 1 導電層 16a の少なくとも一部を除去する工程と、支持部材 40 および可動上部電極 30 を形成する上部導電層 16 のうちの第 2 導電層 16b を積層する工程とを含む。

以下、図 3 (a) ~ (f) を順に参照して具体的に説明する。

#### 【0036】

図 3 (a) : ウェハー基板 1 を準備し、正面に第 1 酸化膜 11 を積層する。第 1 酸化膜 11 は、好適例として、半導体プロセスの素子分離層として一般的な LOCOS (Local Oxidation of Silicon) 酸化膜で形成しているが、半導体プロセスの世代によって、例えば、STI (Shallow Trench Isolation) 法による酸化膜などであっても良い。

40

次に窒化膜 12 を積層する。窒化膜 12 は、エッチング液としてのバッファードフッ酸に対して耐性があり、エッチングストッパーとして機能する。

次に、窒化膜 12 の上に下部導電層 13 を積層する。下部導電層 13 は、固定下部電極 20 および固定部 40u を構成するポリシリコン層であり、積層後にイオン注入をして所定の導電性を持たせる。

次に、下部導電層 13 をフォトリソグラフィーによりパターニングして固定下部電極 20 および固定部 40u を形成する。

#### 【0037】

図 3 (b) : CVD (Chemical Vapor Deposition) 酸化膜 14 を積層し、フォトリソグラフィーによりパターニングして固定部 40u の一部が露出する開口 15 を形成する。

50

開口 15 は、支持部材 40 を基板に固定する部分であり、後に形成される支持部材 40 の一方の端部領域の下面に対応する領域である。

この CVD 酸化膜 14 は、犠牲層として後にエッチング除去されることで、固定下部電極 20 と可動上部電極 30 と、および可動上部電極 30 と窒化膜 12 との間などに間隙 25 を形成する。

【0038】

図 3 (c)：第 1 導電層 16a を積層する。第 1 導電層 16a は、ポリシリコン層であり、支持部材 40、または、支持部材 40 および可動上部電極 30 を形成する上部導電層 16 のうちの第 1 層を構成する。

【0039】

図 3 (d)：第 1 導電層 16a をフォトリソグラフィーによりパターニングして支持部材 40 の下層部分を形成する。具体的には、ウェハー基板 1 を平面視したときに、支持部材 40 が形成される領域を除き、第 1 導電層 16a を除去する。支持部材 40 の一方の端部領域の下面に対応する領域は、開口 15 により固定部 40u に積層されるように形成される。

10

【0040】

図 3 (e)：第 2 導電層 16b を積層する。第 2 導電層 16b は、第 1 導電層 16a と同じポリシリコン層であり、支持部材 40 および可動上部電極 30 を形成する上部導電層 16 のうちの第 2 層を構成する。次に、第 2 導電層 16b をフォトリソグラフィーによりパターニングして支持部材 40 の上層部分および可動上部電極 30 を形成する。具体的には、ウェハー基板 1 を平面視したときに、支持部材 40 および可動上部電極 30 が形成される領域を除き、第 2 導電層 16b を除去する。

20

なお、第 1 導電層 16a、第 2 導電層 16b には、それぞれ積層後にイオン注入をして所定の導電性を持たせている。

【0041】

第 1 導電層 16a、第 2 導電層 16b の積層とパターニングにより、支持部材 40 の厚みは、第 1 導電層 16a と第 2 導電層 16b の積層厚みとなり、可動上部電極 30 の厚みは、第 2 導電層 16b のみの厚みとなる。この厚みの差分が、支持部材 40 の補強領域 40s (図 1 (a)) を形成する。

【0042】

30

図 3 (f)：ウェハー基板 1 をエッチング液に晒し、犠牲層としての CVD 酸化膜 14 をエッチング除去することで、固定下部電極 20 と可動上部電極 30 との間隙 25 や、可動上部電極 30 と窒化膜 12 との間などに間隙 25 を形成する。以上の工程により MEMS 振動子 100 が形成される。

なお、MEMS 振動子 100 のように振動子を含む MEMS 構造体は、良好な振動特性を発揮し、また維持するため、減圧空間に配置されることが好ましい。そのため、上記の工程を含む半導体製造プロセスにより、MEMS 振動子 100 を取り囲む側壁や、側壁により形成される空間を覆う被服層 (封止層) や表面保護層などを形成し、MEMS 振動子 100 を減圧が維持された空洞内に配置することが好ましい。

【0043】

40

以上述べたように、本実施形態による振動子および振動子の製造方法によれば、以下の効果を得ることができる。

固定下部電極 20 に対して間隙 25 を介して重なる領域を有する可動上部電極 30 を支持する支持部材 40 は、Z 方向において、支持部材 40 の厚みが可動上部電極 30 の厚みより厚い補強領域 40s を有している。この補強領域 40s により、Z 方向における支持部材 40 の剛性が増す。その結果、可動上部電極 30 を固定下部電極 20 に近づける方向に外力が働いた場合であっても、可動上部電極 30 は固定下部電極 20 に近づきにくくなる。従って、例えば、可動上部電極 30 と固定下部電極 20 とを形成するために、犠牲層 (CVD 酸化膜 14) をエッチング除去したとき、可動上部電極 30 と固定下部電極 20 の間に、エッチング液や洗浄液の表面張力などが働いた場合であっても、可動上部電極 3

50

0が固定下部電極20に付着してしまうスティッキング現象が起こりにくくなる。その結果、スティッキングによる歩留まり低下を抑制することができる。

【0044】

また、可動上部電極30は、Z方向に、撓み振動する振動板であり、可動上部電極30の撓み振動の節部分（振動の節31）が支持部材40の他方の端部に継合されている。また、支持部材40は、補強領域40sによりZ方向においてその剛性が高められている。従って、支持部材40の剛性が増し、スティフネスが大きくなっても、支持部材40は可動上部電極30の振動の節部分を支えているため、振動を大きく妨げることがない。つまり、可動上部電極30に対し、振動特性に悪影響を与えることなく、より有効に支持することで、スティッキング現象を抑制することができる。

10

【0045】

また、補強領域40sが、支持部材40に対してウェハー基板1の正面から離れる方向に厚い領域によって構成されている。このように構成することで、可動上部電極30と固定下部電極20との間隙25の大きさ（距離）を変えることなく、支持部材40の剛性を高めることができる。つまり、振動子としての特性を劣化させることなくスティッキング現象を抑制することができる。

【0046】

また、支持部材40と可動上部電極30との継合部分は、曲率半径Rをもって交わるように形成している。このように構成することで、支持部材40と可動上部電極30との継合部分に支持部材40からの応力が集中してしまうことが抑制されるため、振動や衝撃に伴って発生する継合部分のクラックの発生を抑えることができる。

20

【0047】

[電子機器]

次いで、本発明の一実施形態に係る電子部品としてのMEMS振動子100を適用した電子機器について、図4(a), (b)、図5に基づき説明する。

【0048】

図4(a)は、本発明の一実施形態に係る電子部品を備える電子機器としてのモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピューターの構成の概略を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピューター1100は、キーボード1102を備えた本体部1104と、表示部1000を備えた表示ユニット1106とにより構成され、表示ユニット1106は、本体部1104に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピューター1100には、フィルター、共振器、基準クロック等として機能する電子部品としてのMEMS振動子100が内蔵されている。

30

【0049】

図4(b)は、本発明の一実施形態に係る電子部品を備える電子機器としての携帯電話機（PHSも含む）の構成の概略を示す斜視図である。この図において、携帯電話機1200は、複数の操作ボタン1202、受話口1204および送話口1206を備え、操作ボタン1202と受話口1204との間には、表示部1000が配置されている。このような携帯電話機1200には、フィルター、共振器、角速度センサー等として機能する電子部品（タイミングデバイス）としてのMEMS振動子100が内蔵されている。

40

【0050】

図5は、本発明の一実施形態に係る電子部品を備える電子機器としてのデジタルスチールカメラの構成の概略を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。デジタルスチールカメラ1300は、被写体の光像をCCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

デジタルスチールカメラ1300におけるケース（ボディー）1302の背面には、表示部1000が設けられ、CCDによる撮像信号に基づいて表示を行なう構成になっており、表示部1000は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース1302の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）やCCD

50

等を含む受光ユニット 1304 が設けられている。

撮影者が表示部 1000 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1306 を押下すると、その時点における C C D の撮像信号が、メモリー 1308 に転送・格納される。また、このデジタルスチールカメラ 1300 においては、ケース 1302 の側面に、ビデオ信号出力端子 1312 と、データ通信用の入出力端子 1314 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1312 にはテレビモニター 1430 が、データ通信用の入出力端子 1314 にはパーソナルコンピューター 1440 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー 1308 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1430 や、パーソナルコンピューター 1440 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチールカメラ 1300 には、フィルター、共振器、角速度センサー等として機能する電子部品としての M E M S 振動子 100 が内蔵されている。10

#### 【0051】

上述したように、電子機器として、より高性能な特性を劣化させることなく、また、製造歩留まりを高く安定させた M E M S 振動子 100 が活用されることにより、より高性能で安価な電子機器を提供することができる。

#### 【0052】

なお、本発明の一実施形態に係る電子部品としての M E M S 振動子 100 は、図 4 (a) のパーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、図 4 (b) の携帯電話機、図 5 のデジタルスチールカメラの他にも、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、カーナビゲーション装置、ページヤー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、P O S 端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、ライトシミュレーター等の電子機器に適用することができる。20

#### 【0053】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加えることが可能である。変形例を以下に述べる。ここで、上述した実施形態と同一の構成部位については、同一の符号を使用し、重複する説明は省略している。30

#### 【0054】

##### （変形例 1）

図 6 (a) は、変形例 1 に係る M E M S 振動子 101 の側断面図である。

M E M S 振動子 101 は、M E M S 振動子 100 と同様に両端自由梁型の可動電極を備えた M E M S 振動子であり、ウェハー基板 1、固定下部電極 20、可動上部電極 30、支持部材 40a などを含み構成されている。

支持部材 40a は、支持部材 40 と異なり、補強領域の位置が異なる補強領域 40s a を有している。M E M S 振動子 100 では、補強領域 40s は、支持部材 40 の Z 方向の厚みが、可動上部電極 30 の Z 方向の厚みより、ウェハー基板 1 の正面から離れる方向に厚い領域となるようにしている。これに対して、M E M S 振動子 101 では、補強領域 40s a は、支持部材 40a の Z 方向の厚みが、可動上部電極 30 の Z 方向の厚みより、ウェハー基板 1 の正面に近い方向に厚い領域となるようにしている。換言すると、M E M S 振動子 100 では、可動上部電極 30 が支持部材 40 の下部で支えられていたのに対し、M E M S 振動子 101 では、可動上部電極 30 が支持部材 40 の上部で支えられている。この点を除き、M E M S 振動子 101 は、M E M S 振動子 100 と同じである。40

#### 【0055】

本変形例に係る M E M S 振動子 101 のように、所望の振動特性を得るために、もともと間隙 25 の大きさに補強領域 40s a を配置するだけの余裕がある場合には、補強領域 40s a を可動上部電極 30 の位置より下に位置させることで、M E M S 振動子 101 の50

厚さ（高さ）を変えずに、支持部材を補強することができる。

【0056】

（变形例2）

図6（b）は、变形例2に係るMEMS振動子102の側断面図である。

MEMS振動子102は、MEMS振動子100と同様に両端自由梁型の可動電極を備えたMEMS振動子であり、ウェハー基板1、固定下部電極20、可動上部電極30、支持部材40bなどを含み構成されている。

支持部材40bは、支持部材40と異なり、補強領域の形状が異なる補強領域40sbを有している。補強領域40sbの形状は、補強領域40sbのZ方向の厚みが、可動上部電極30と継合する部分（支持部材40bの他方の端部）から離れるに従い上方向（ウェハー基板1の正面から離れる方向）に厚くなっている。この点を除き、MEMS振動子102は、MEMS振動子100と同じである。

【0057】

本变形例のように、補強領域40sbのZ方向の厚みが、可動上部電極30と継合する部分から離れるに従い厚くなっている。このように構成することで、支持部材40bと可動上部電極30との継合部分に支持部材40bからの応力が集中してしまうことが抑制されるため、振動や衝撃に伴って発生する継合部分のクラックを少なくすることができる。

【0058】

（变形例3）

図6（c）は、变形例3に係るMEMS振動子103（図示省略）の可動上部電極30の振動の様子を示す概念図である。

MEMS振動子103は、MEMS振動子100と同様に両端自由梁型の可動電極を備えたMEMS振動子であり、ウェハー基板1、固定下部電極20、可動上部電極30、支持部材40などを含み構成されている。

MEMS振動子100は、図1（b）に示すように、可動上部電極30が、2対の支持部材40によって支えられているとして説明したが、支持部材40は2対に限定するものではない。例えば、図6（c）に示すように、振動の節31が、4つある振動の場合には、4対の支持部材40によって支えられる構成であっても良い。つまり、振動の節31の数が3つ以上有る場合には、振動の節31の数までの支持部材40の対で支える構成であっても良い。

【0059】

本变形例のように、可動上部電極30が、複数箇所において、この一対の支持部材によって支持されることにより、よりZ方向の剛性が増すために、効果的にステイッキング現象が抑制される。また、可動上部電極30は、可動上部電極30の振動の節31の部分の両端が一対の支持部材によって支持されているため、その振動特性が大きく劣化することもない。

【0060】

（变形例4）

図7（a）～（e）は、变形例4として、MEMS振動子100の製造方法の变形例を順に示す工程図である。

本製造方法の变形例には、支持部材40および可動上部電極30を形成する導電層を積層する工程と、支持部材40が形成される領域を残して、導電層の一部を除去する工程とを含んでいる。

図7（a）, (b)で説明する工程は、図3（a）, (b)と同様である。以下、図7（c）～（e）を順に説明する。

【0061】

図7（c）：第1導電層16cを積層する。第1導電層16cは、ポリシリコン層であり、支持部材40および可動上部電極30を形成する層である。第1導電層16cを積層する工程は、第1導電層16aを積層する工程と同じであるが、積層させる厚みが異なる。実施形態1で説明した製造方法では、図3（e）に示すように、支持部材40が第1導

10

20

30

40

50

電層 16 a と第 2 導電層 16 b とを積層することによって形成されたが、本変形例による製造方法では、支持部材 40 は、第 1 導電層 16 c で形成される。

【0062】

図 7 (d)：第 1 導電層 16 c をフォトリソグラフィーによりパターニングして可動上部電極 30 となる部分および支持部材 40 を形成する。具体的には、ウェハー基板 1 を平面視したときに、可動上部電極 30 および支持部材 40 が形成される領域を除き、第 1 導電層 16 c を除去する。支持部材 40 の一方の端部領域の下面に対応する領域は、開口 15 により固定部 40 u に積層されるように形成される。

【0063】

図 7 (e)：残された第 1 導電層 16 c をさらにフォトリソグラフィーによりパターニングして可動上部電極 30 となる部分を形成する。具体的には、ウェハー基板 1 を平面視したときに、支持部材 40 の領域を除く可動上部電極 30 の領域の第 1 導電層 16 c をハーフエッチングする。ハーフエッチングは、可動上部電極 30 の厚みが、所望の厚みとなるところで終了する。

10

【0064】

図 7 (e)：ウェハー基板 1 をエッチング液に晒し、犠牲層としての CVD 酸化膜 14 をエッチング除去することで、固定下部電極 20 と可動上部電極 30 との間隙 25 や、可動上部電極 30 と窒化膜 12 との間などに間隙 25 を形成する。以上の工程により MEMS 振動子 100 が形成される。

20

【0065】

本変形例の製造方法によれば、支持部材 40 を形成する領域に積層された第 1 導電層 16 c が選択的に除去されずに残ることで、支持部材 40 に補強領域 40 s を形成することができる。その結果、上述した適用例の振動子を簡便に製造することができる。

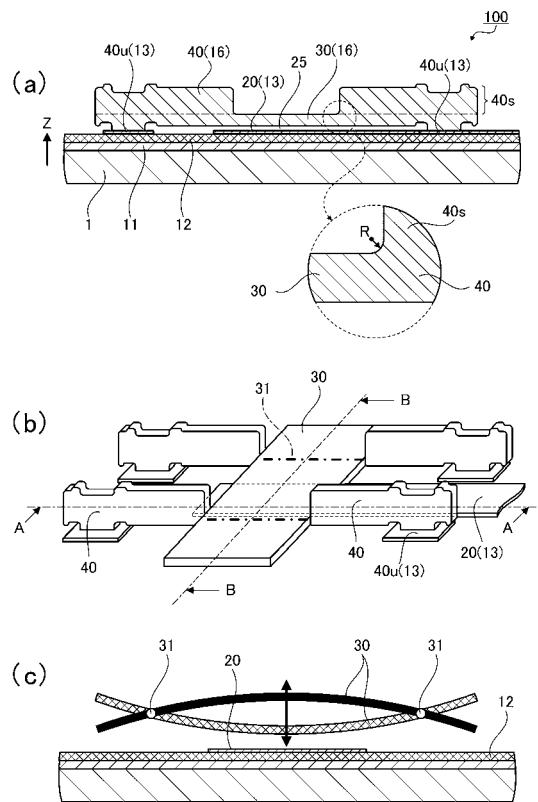
【符号の説明】

【0066】

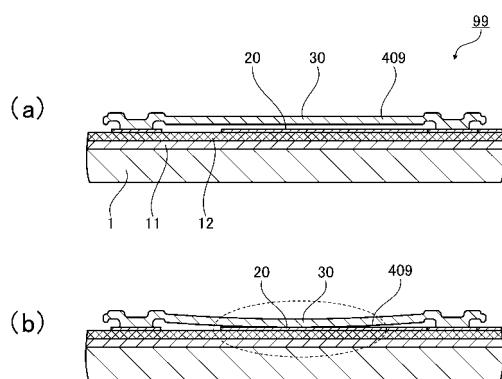
1 … ウェハー基板、11 … 第 1 酸化膜、12 … 窒化膜、13 … 下部導電層、14 … CVD 酸化膜、15 … 開口、16 … 上部導電層、16 a, 16 c … 第 1 導電層、16 b … 第 2 導電層、20 … 固定下部電極、25 … 間隙、30 … 可動上部電極、31 … 振動の節、40 … 支持部材、40 s … 補強領域、40 u … 固定部、99, 100 … MEMS 振動子、409 … 支持部材。

30

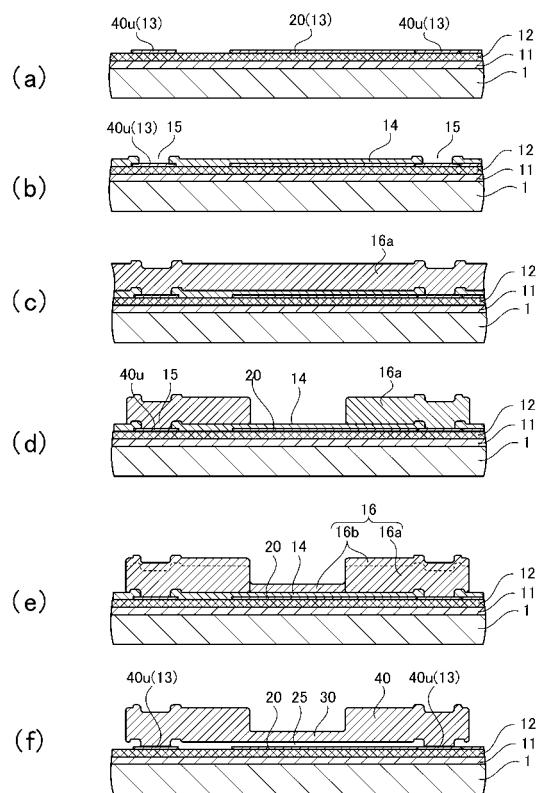
【図1】



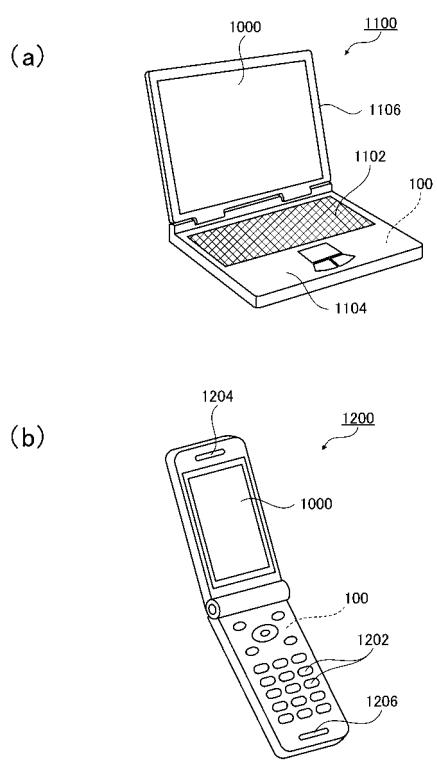
【図2】



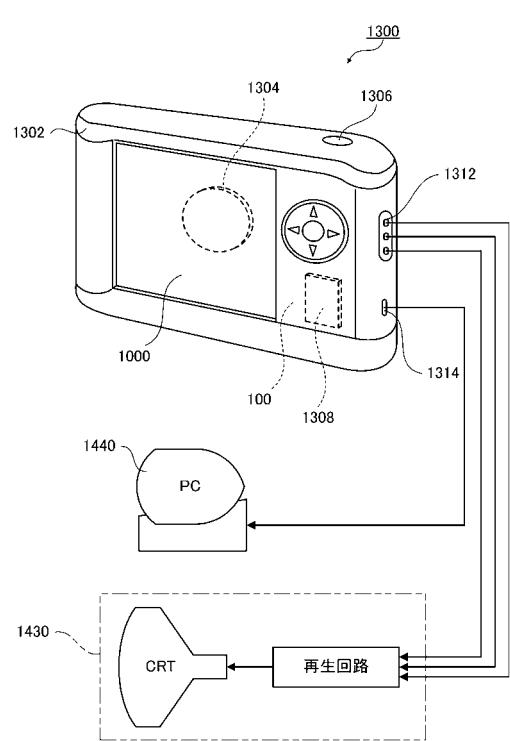
【図3】



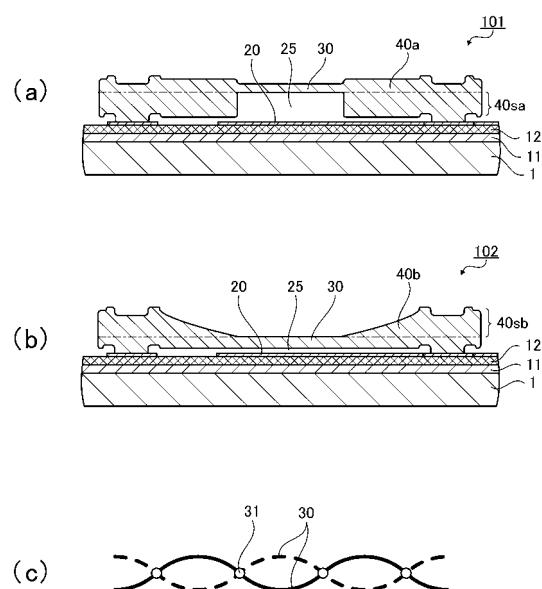
【図4】



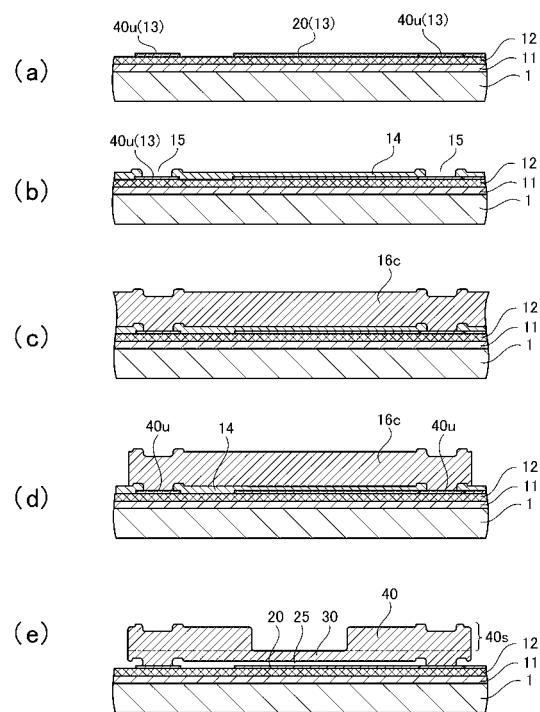
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 3C081 AA02 BA44 BA48 BA53 CA03 CA15 CA29 EA02 EA22  
5J108 BB08 EE03 KK03 MM11