

(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2014-33335

(P2014-33335A)

(43) 公開日 平成26年2月20日(2014.2.20)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)		
H03H	9/24	(2006.01)	H03H	9/24	Z	3C081
B81B	3/00	(2006.01)	B81B	3/00		5J108
B81C	1/00	(2006.01)	B81C	1/00		
H03H	3/007	(2006.01)	H03H	3/007	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-172611 (P2012-172611)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成24年8月3日 (2012.8.3)		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 雅誉
		(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	松澤 勇介
			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
		Fターム(参考)	3C081 AA13 BA30 BA43 BA48 CA03 CA15 CA16 EA22 5J108 EE03 KK03 MM04 MM11

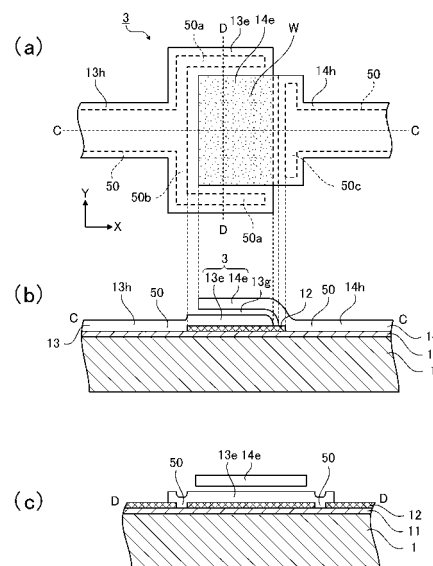
(54) 【発明の名称】 MEMS素子、電子機器、およびMEMS素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】MEMS構造体の寸法精度の変動が抑えられ、特性のパラツキが少ないMEMS素子を提供する。

【解決手段】MEMS素子100は、ウェハー基板1の主面に積層された第1下地部(窒化膜12)に積層し形成される複数のMEMS構成部(13e, 13h, 14e, 14h)を含み構成されるMEMS振動子3を備えるMEMS素子であって、MEMS構成部は、窒化膜12に形成された、窒化膜12が積層される第2下地部(第1酸化膜11)が露出する開口部50を覆い、第1酸化膜11および窒化膜12に積層されている

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板の主面上に積層された第 1 下地部に設けられる M E M S 構成部を含み構成される M E M S 構造体を備える M E M S 素子であって、

前記 M E M S 構成部は、

前記第 1 下地部に設けられた、前記第 1 下地部が積層される第 2 下地部が露出する開口部を覆うことを特徴とする M E M S 素子。

【請求項 2】

前記基板を平面視したときの前記開口部の面積は、前記 M E M S 構成部の面積の 5 % 以上、95 % 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の M E M S 素子。

10

【請求項 3】

前記 M E M S 構造体は、前記 M E M S 構成部として固定下部電極と可動上部電極とを備える M E M S 振動子であって、

前記基板を平面視したときに、前記固定下部電極と前記可動上部電極とは重なる領域を有し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 M E M S 素子。

【請求項 4】

前記開口部は、前記基板を平面視したときに、少なくとも、前記固定下部電極と前記可動上部電極とが重なる領域を取り囲む前記第 1 下地部の領域に形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の M E M S 素子。

【請求項 5】

前記開口部は、前記基板を平面視したときに、少なくとも、前記固定下部電極と前記可動上部電極とが重なる領域と重なる前記第 1 下地部の領域に形成されていることを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の M E M S 素子。

20

【請求項 6】

基板の主面上に積層された第 1 下地部に設けられる固定下部電極と、

前記基板を平面視したときに、前記固定下部電極と重なる領域を有する可動上部電極と、を含み構成される M E M S 振動子を備える M E M S 素子であって、

前記第 1 下地部に積層され、前記固定下部電極と外部回路とを電氣的に接続する下部電極配線部と、

前記第 1 下地部に積層され、前記可動上部電極と前記外部回路とを電氣的に接続する上部電極配線部と、を備え、

30

前記下部電極配線部、および前記上部電極配線部は、延在方向において屈曲部を含み形成されていることを特徴とする M E M S 素子。

【請求項 7】

基板の主面上に積層された第 1 下地部に設けられる固定下部電極と、

前記基板を平面視したときに、前記固定下部電極と重なる領域を有する可動上部電極と、を含み構成される M E M S 振動子を備える M E M S 素子であって、

前記第 1 下地部に積層され、前記固定下部電極と外部回路とを電氣的に接続する下部電極配線部と、

前記第 1 下地部に積層され、前記可動上部電極と前記外部回路とを電氣的に接続する上部電極配線部と、を備え、

40

前記下部電極配線部、および前記上部電極配線部は、延在方向と交差する方向に形成された切り込みを有していることを特徴とする M E M S 素子。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載の M E M S 素子を備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 9】

複数の M E M S 構成部によって構成される M E M S 構造体を備える M E M S 素子の製造方法であって、

基板の主面上に第 1 下地部を積層する工程と、

50

前記第 1 下地部に前記第 1 下地部が積層された第 2 下地部が露出する開口部を形成する工程と、

前記開口部を覆い、前記第 2 下地部および前記第 1 下地部上に M E M S 構成層を積層する工程と、

前記 M E M S 構成層をパターン成形し、前記 M E M S 構成層の前記開口部を覆う領域を含む M E M S 構成部を形成する工程と、

複数の前記 M E M S 構成部によって前記 M E M S 構造体を構成する工程と、を含むことを特徴とする M E M S 素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、M E M S 素子、電子機器、および M E M S 素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 M E M S (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が知られている。例えば、特許文献 1 には、半導体基板上に半導体素子と共に形成された、固定電極（下部 M E M S 構造層）と可動電極（上部 M E M S 構造層）とからなる M E M S 振動子（M E M S 構造体）が記載されている。このような構造の M E M S 振動子は、電極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電極が振動する静電振動子を構成し

20

ており、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。この出力信号の共振周波数や Q 値などは、電極としての M E M S 構造体の寸法精度に依存するため、半導体製造で培われた微細加工技術によって、安定し、優れた特性の M E M S 振動子を得ることができた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 0 9 - 5 1 0 0 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

しかしながら、近年ますます M E M S デバイスの小型化が進む中で、特許文献 1 に記載の M E M S 振動子では、製造プロセスにおける寸法精度の管理だけでは安定した特性が得られないという課題が発生した。具体的には、半導体基板に積層され、固定電極と可動電極とからなる M E M S 振動子が形成される下地部に残留、あるいは発生する応力によって、固定電極と可動電極とのギャップ（間隙）や重なり長さなどの位置関係が僅かに変動し、M E M S 振動子としての出力特性が変動してしまうという課題であった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

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。

40

【0006】

〔適用例 1〕本適用例に係る M E M S 素子は、基板の主面上に積層された第 1 下地部に設けられる M E M S 構成部を含み構成される M E M S 構造体を備える M E M S 素子であって、前記 M E M S 構成部は、前記第 1 下地部に設けられた、前記第 1 下地部が積層される第 2 下地部が露出する開口部を覆うことを特徴とする。

【0007】

本適用例によれば、M E M S 素子は、複数の M E M S 構成部を含み構成され、M E M S 構成部は、第 1 下地部が積層される第 2 下地部が露出する開口部を覆い、第 2 下地部および第 1 下地部に積層されている。従って、第 1 下地部に残留応力がある場合や、熱ストレ

50

スにより第1下地部が膨張あるいは収縮する場合などにおいても、MEMS構成部は、第2下地部に積層する部分を有するため、第1下地部の応力によって容易に移動することがなくなる。つまり、MEMS構成部は、第1下地部にのみ積層される（フロートする）のではなく、アンカー（碇）として機能する第2下地部に積層する部分を有するため、第1下地部の応力による動きが抑制される。その結果、MEMS素子が、複数のMEMS構成部によって構成される場合、その位置関係が第1下地部の応力によって、容易に変動することが無くなり、MEMS素子の所定の特性が維持される。従って、より特性の安定したMEMS素子を提供することができる。

【0008】

〔適用例2〕上記適用例に係るMEMS素子において、前記基板を平面視したときの前記開口部の面積は、前記MEMS構成部の面積の5%以上、95%以下であることを特徴とする。

10

【0009】

本適用例によれば、基板を平面視したときの開口部の面積は、MEMS構成部の面積の5%以上、95%以下である。複数のMEMS構成部によって構成されるMEMS素子であっても、その位置関係を維持するために、必ずしも、MEMS構成部の全ての部分が、第2下地部に積層される構成とする必要はない。複数のMEMS構成部の位置関係が、所定の部位、および所定の範囲で維持される場合であれば、アンカー（碇）として機能する第2下地部に積層する部分の面積は、MEMS構成部の面積の5%以上であれば、所定の範囲でその効果を得ることができる。また、第2下地部を露出させない目的において、第1下地部を第2下地部に積層させる場合、開口部の面積が、MEMS構成部の面積の95%以下であれば、MEMS構成部によって、開口部を覆い尽くす十分なカバーレッジを得ることができる。

20

【0010】

〔適用例3〕上記適用例に係るMEMS素子において、前記MEMS構造体は、前記MEMS構成部として固定下部電極と可動上部電極とを備えるMEMS振動子であって、前記基板を平面視したときに、前記固定下部電極と前記可動上部電極とは重なる領域を有していることを特徴とする。

【0011】

本適用例によれば、MEMS構造体は、MEMS構成部として固定下部電極と可動上部電極とを備えるMEMS振動子であって、基板を平面視したときに、固定下部電極と可動上部電極とは重なる領域を有している。このような構成のMEMS振動子の場合、固定下部電極と可動上部電極との位置関係が変動した場合に、MEMS振動子の共振周波数特性が変動してしまう。従って、本適用例のように、固定下部電極と可動上部電極とは、第1下地部にのみ積層される（フロートする）のではなく、アンカー（碇）として機能する第2下地部に積層する部分を有するため、第1下地部の応力による動きが抑制される。その結果、固定下部電極と可動上部電極との位置関係が第1下地部の応力によって、容易に変動することが無くなり、MEMS振動子の共振周波数特性が維持される。従って、より特性の安定したMEMS構造体としてのMEMS振動子が得られることにより、より特性の安定したMEMS素子を提供することができる。

30

40

【0012】

〔適用例4〕上記適用例に係るMEMS素子において、前記開口部は、前記基板を平面視したときに、少なくとも、前記固定下部電極と前記可動上部電極とが重なる領域を取り囲む前記第1下地部の領域に形成されていることを特徴とする。

【0013】

本適用例のように、開口部は、基板を平面視したときに、固定下部電極と可動上部電極とが重なる領域を取り囲む第1下地部の領域に形成されていることが好ましい。アンカーとして機能する部分が、固定下部電極と可動上部電極とが重なる領域を取り囲む領域に形成されていることで、固定下部電極と可動上部電極とが重なる領域の位置変動が、より効果的に抑制され、MEMS振動子の共振周波数特性の変動を効果的に抑制することができ

50

る。

【0014】

[適用例5] 上記適用例に係るMEMS素子において、前記開口部は、前記基板を平面視したときに、少なくとも、前記固定下部電極と前記可動上部電極とが重なる領域と重なる前記第1下地部の領域に形成されていることを特徴とする。

【0015】

本適用例のように、開口部は、基板を平面視したときに、少なくとも、固定下部電極と可動上部電極とが重なる領域と重なる第1下地部の領域に形成されていることが好ましい。つまり、開口部は、固定下部電極と可動上部電極とが重なる領域の固定下部電極の位置変動を抑制することができるため、より効果的にMEMS振動子の共振周波数特性の変動を効果的に抑制することができる。

10

【0016】

[適用例6] 本適用例に係るMEMS素子は、基板の主面上に積層された第1下地部に設けられる固定下部電極と、前記基板を平面視したときに、前記固定下部電極と重なる領域を有する可動上部電極と、を含み構成されるMEMS振動子を備えるMEMS素子であって、前記第1下地部に積層され、前記固定下部電極と外部回路とを電気的に接続する下部電極配線部と、前記第1下地部に積層され、前記可動上部電極と前記外部回路とを電気的に接続する上部電極配線部と、を備え、前記下部電極配線部、および前記上部電極配線部は、延在方向において屈曲部を含み形成されていることを特徴とする。

【0017】

本適用例によれば、MEMS素子は、基板の主面に積層された第1下地部に積層し形成される固定下部電極と、基板を平面視したときに、固定下部電極と重なる領域を有する可動上部電極と、それぞれの電極と外部回路を接続する下部電極配線部および上部電極配線部をそなえており、それぞれの配線部は、その延在方向において屈曲部を含み形成されている。そのため、それぞれの配線部が積層される第1下地部に残留応力がある場合や、熱ストレスにより第1下地部が膨張あるいは収縮する場合などにおいても、それらの応力が、配線の屈曲部において吸収され、固定下部電極や可動上部電極に作用する割合が軽減される。つまり、固定下部電極と可動上部電極との位置関係を変動させる第1下地部の応力が緩和される。その結果、MEMS振動子の共振周波数特性の変動が抑制される。従って、より特性の安定したMEMS構造体としてのMEMS振動子が得られることにより、より特性の安定したMEMS素子を提供することができる。

20

30

【0018】

[適用例7] 本適用例に係るMEMS素子は、基板の主面上に積層された第1下地部に設けられる固定下部電極と、前記基板を平面視したときに、前記固定下部電極と重なる領域を有する可動上部電極と、を含み構成されるMEMS振動子を備えるMEMS素子であって、前記第1下地部に積層され、前記固定下部電極と外部回路とを電気的に接続する下部電極配線部と、前記第1下地部に積層され、前記可動上部電極と前記外部回路とを電気的に接続する上部電極配線部と、を備え、前記下部電極配線部、および前記上部電極配線部は、延在方向と交差する方向に形成された切り込みを有していることを特徴とする。

【0019】

本適用例によれば、MEMS素子は、基板の主面に積層された第1下地部に積層し形成される固定下部電極と、基板を平面視したときに、固定下部電極と重なる領域を有する可動上部電極と、それぞれの電極と外部回路を接続する下部電極配線部および上部電極配線部をそなえており、それぞれの配線部は、その延在方向と交差する方向に形成された切り込みを有している。そのため、それぞれの配線部が積層される第1下地部に残留応力がある場合や、熱ストレスにより第1下地部が膨張あるいは収縮する場合などにおいても、それらの応力が、形成された切り込み部分に吸収され、固定下部電極や可動上部電極に作用する割合が軽減される。つまり、固定下部電極と可動上部電極との位置関係を変動させる第1下地部の応力が緩和される。その結果、MEMS振動子の共振周波数特性の変動が抑制される。従って、より特性の安定したMEMS構造体としてのMEMS振動子が得られ

40

50

ることにより、より特性の安定したMEMS素子を提供することができる。

【0020】

〔適用例8〕本適用例に係る電子機器は、上記適用例に係るMEMS素子を備えていることを特徴とする。

【0021】

本適用例によれば、所定の特性がより安定して得られる電子機器を提供することができる。

【0022】

〔適用例9〕本適用例に係るMEMS素子の製造方法は、複数のMEMS構成部によって構成されるMEMS構造体を備えるMEMS素子の製造方法であって、基板の主面上に第1下地部を積層する工程と、前記第1下地部に前記第1下地部が積層された第2下地部が露出する開口部を形成する工程と、前記開口部を覆い、前記第2下地部および前記第1下地部上にMEMS構成層を積層する工程と、前記MEMS構成層をパターン成形し、前記MEMS構成層の前記開口部を覆う領域を含むMEMS構成部を形成する工程と、複数の前記MEMS構成部によって前記MEMS構造体を構成する工程と、を含むことを特徴とする。

【0023】

本適用例によれば、MEMS素子は、複数のMEMS構成部によって構成され、MEMS構成部は、第1下地部が積層される第2下地部が露出する開口部を覆い、第2下地部および第1下地部に積層される。従って、第1下地部に残留応力がある場合や、熱ストレスにより第1下地部が膨張あるいは収縮する場合などにおいても、MEMS構成部は、第2下地部に積層する部分を有するため、第1下地部の応力によって容易に移動することがなくなる。つまり、MEMS構成部は、第1下地部にのみ積層される（フロートする）のではなく、アンカー（碇）として機能する第2下地部に積層する部分を有するため、第1下地部の応力による動きが抑制される。その結果、MEMS素子が、複数のMEMS構成部によって構成される場合、その位置関係が第1下地部の応力によって、容易に変動することがなくなり、MEMS素子の所定の特性が維持される。従って、より特性の安定したMEMS素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】（a）実施形態1に係るMEMS素子の平面図、（b）A-A断面図。

【図2】（a）実施形態1に係るMEMS振動子の平面図、（b）C-C断面図、（c）D-D断面図。

【図3】（a）～（g）実施形態1に係るMEMS素子の製造方法を示す工程図。

【図4】（a）実施形態2に係るMEMS振動子の平面図、（b）E-E断面図、（c）F-F断面図。

【図5】（a）実施形態3に係るMEMS振動子の平面図、（b）I-I断面図。

【図6】（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7】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8】（a）、（b）変形例に係るMEMS振動子の平面図。

【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MEMS素子100の平面図、図1（b）は、図1（a）のA-A断面図である。なお、図1（a）は、図1（b）のB-B平面図である。

MEMS素子100は、ウェハー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空洞部に配置されたMEMS構造体としてのMEMS振動子を備えるMEMS素子である。

MEMS素子100は、ウェハー基板1、空洞部2、MEMS振動子3、第2下地部としての第1酸化膜11、第1下地部としての窒化膜12、第1半導体層13、第2半導体層14、第2酸化膜15、第3酸化膜16、保護膜17、側壁部20、配線層21、第1被覆層30、エッチングホール31、第2被覆層32などから構成されている。

【0027】

ウェハー基板1は、シリコン基板であり、MEMS振動子3は、ウェハー基板1に積層された下地層としての第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として説明している。

【0028】

MEMS振動子3は、MEMS構成部として、固定下部電極（下部電極13e）と可動部を有する可動上部電極（上部電極14e）とを備えており、空洞部2に配置されている。下部電極13eおよび上部電極14eは、第1酸化膜11および窒化膜12に積層された第1半導体層13および第2半導体層14をフォトリソグラフィーによりパターニングすることで形成される。第1半導体層13および第2半導体層14は、それぞれ好適例として導電性のポリシリコンで構成されているが、これに限定するものではない。下部電極13eと上部電極14eとの間には、上部電極14eの可動空間を構成する間隙（空隙部13g）が形成されている。空洞部2および空隙部13gは、MEMS振動子3に積層した第2酸化膜15、第3酸化膜16、および下部電極13eと上部電極14eとの間に形成した第4酸化膜13f（後述する図3（c）に図示）をエッチングにより除去（リリースエッチング）することによって形成されている。第2酸化膜15、第3酸化膜16、および第4酸化膜13fは、いわゆる犠牲層であり、この犠牲層がリリースエッチングされることで、上部電極14eが下部電極13eから遊離した片持ち構造の可動電極構造（MEMS構造体）が形成されている。

【0029】

図2（a）は、MEMS振動子3の平面図、図2（b）は、図2（a）のC-C断面図、図2（c）は、図2（a）のD-D断面図である。

MEMS振動子3は、MEMS構成部としての、下部電極13e、上部電極14e、下部電極配線部13h、上部電極配線部14hなどから構成されている。

下部電極13eは、上部電極14eより広い幅（図2（a）において上部電極14eのY方向前後に長い幅）を有している。上部電極14eは、空隙部13gを介して下部電極13eを覆うように形成されており、ウェハー基板1を平面視したときに、下部電極13eと上部電極14eとは重なる領域Wを有している。

【0030】

下部電極13eは、下部電極配線部13hによって外部回路（図示省略）と電気的に接続される。下部電極13eおよび下部電極配線部13hは、積層した第1半導体層13をフォトリソグラフィーによりパターニングすることによって、一体に形成される。

また、上部電極14eは、上部電極配線部14hによって外部回路と電気的に接続される。上部電極14eおよび上部電極配線部14hは、積層した第2半導体層14をフォトリソグラフィーによりパターニングすることによって、一体に形成される。

下部電極13e、下部電極配線部13h、上部電極14e、上部電極配線部14hは、第1下地部としての窒化膜12に形成された開口部50を覆うように積層されている。つまり、開口部50は、第1半導体層13および第2半導体層14が積層される前に、フォトリソグラフィーによるパターニングによって形成されている。

【0031】

開口部50は、第1半導体層13および第2半導体層14を積層させたときに、それぞれの一部の領域が、直接、第1酸化膜11に密着するように窒化膜12に形成した開口領

10

20

30

40

50

域である。開口部 50 は、ウェハー基板 1 を平面視したときに、少なくとも、下部電極 13 e と上部電極 14 e とが重なる領域 W を取り囲む領域に形成されている。具体的には、図 2 (a) に示すように、Y 方向において、上部電極 14 e より下部電極 13 e が長く形成されている 2 辺の部分 (領域 50 a) と、その 2 辺と交差する 2 辺 (内一方の辺は、下部電極 13 e の下部電極配線部 13 h に接続する辺 (領域 50 b) 、他方の辺は、上部電極 14 e が片持ち状に支持される固定部で、上部電極配線部 14 h に接続する辺 (領域 50 c)) に形成されている。また、開口部 50 は、延在する下部電極配線部 13 h と上部電極配線部 14 h の下方にも形成されている。

【 0032 】

ウェハー基板 1 を平面視したときの開口部 50 の面積は、下部電極 13 e 、上部電極 14 e の領域では、少なくとも下部電極 13 e 、上部電極 14 e の面積の 5 % 以上としている。また、第 1 半導体層 13 および第 2 半導体層 14 は、開口部 50 において第 1 酸化膜 11 が露出しないように、確実に開口部 50 が覆われるようにパターニングされている。これは、後述するリリースエッチングにおいて、第 1 酸化膜 11 がエッチングされることを防ぐためである。この理由において、開口部 50 の面積は、MEMS 構成部の面積としての、下部電極 13 e 、上部電極 14 e 、下部電極配線部 13 h 、上部電極配線部 14 h の面積の 95 % 以下としている。

【 0033 】

次に、MEMS 素子 100 の製造方法について説明する。

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

MEMS 素子 100 の製造方法は、ウェハー基板 1 の主面に第 1 下地部 (窒化膜 12) を積層する工程と、窒化膜 12 に窒化膜 12 が積層された第 2 下地部 (第 1 酸化膜 11) が露出する開口部 50 を形成する工程と、開口部 50 を覆い、第 1 酸化膜 11 および窒化膜 12 に MEMS 構成層としての第 1 半導体層 13 および第 2 半導体層 14 を積層する工程と、第 1 半導体層 13 および第 2 半導体層 14 をパターン成形し、第 1 半導体層 13 および第 2 半導体層 14 の開口部 50 を覆う領域を含む MEMS 構成部としての、下部電極 13 e 、上部電極 14 e 、下部電極配線部 13 h 、上部電極配線部 14 h を形成する工程と、犠牲層をエッチングすることで、MEMS 振動子 3 を構成する工程とを含んでいる。

以下、図を参照して具体的に説明する。

【 0034 】

図 3 (a) : ウェハー基板 1 を準備し、主面に第 2 下地部 (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) 法による酸化膜であっても良い。

次に第 1 下地部 (窒化膜 12) を積層する。窒化膜 12 は、犠牲層をリリースエッチングする際に使用する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。

【 0035 】

図 3 (b) : 窒化膜 12 をフォトリソグラフィーによりパターニングすることで、第 1 酸化膜 11 が露出する開口部 50 を形成する。

次に、第 1 酸化膜 11 および窒化膜 12 に第 1 半導体層 13 を積層する。第 1 半導体層 13 は、下部電極 13 e 、および下部電極配線部 13 h 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、第 1 半導体層 13 をフォトリソグラフィーによりパターニングして、開口部 50 を覆うように、下部電極 13 e 、および下部電極配線部 13 h を形成する。

【 0036 】

図 3 (c) : 下部電極 13 e を熱酸化して第 4 酸化膜 13 f を形成する。熱酸化による酸化膜の形成は、選択的に第 1 半導体層 13 (ポリシリコン層) に対して行なわれる。この第 4 酸化膜 13 f は、犠牲層として下部電極 13 e と上部電極 14 e とのギャップを形

10

20

30

40

50

成する。なお、第4酸化膜13fはCVD (Chemical Vapor Deposition) 酸化膜によって形成しても良い。

次に、第2半導体層14を積層する。第2半導体層14は、上部電極14e、上部電極配線部14h、および側壁部20 (図1(a), (b)) の最下層を構成するポリシリコン層である。第2半導体層14をフォトリソグラフィによりパターニングして、開口部50を覆うように、上部電極14e、上部電極配線部14h、および側壁部20の最下層を形成する。

上部電極14eおよび上部電極配線部14hを構成する第2半導体層14には、積層後にイオン注入をして所定の導電性を持たせる。

【0037】

図3(d) : 犠牲層を構成する第2酸化膜15を積層する。第2酸化膜15は、半導体プロセスでは、層間膜 (IMD (Inter Metal Dielectric)) として形成され、好適例としてTEOS (Tetraethoxysilane) を用いて平坦化している。半導体プロセスの世代によっては、CMP (Chemical Mechanical Polishing) などによる平坦化を行なっても良い。

次に、第1配線層21aの積層に先立ち、第1配線層21aと第2半導体層14とを電氣的に接続させるための露出部 (穴) をフォトリソグラフィにより第2酸化膜15に形成する。次に第1配線層21aを積層し、フォトリソグラフィによりパターニングする。第1配線層21aには、好適例としてアルミニウムをスパッタリングにより積層している。

なお、電気回路の図示を省略しているため、第1配線層21aは、側壁部20 (図3(f)) を構成する第2層部分のみに図示している。

【0038】

図3(e) : 犠牲層を構成する二番目の層として、第3酸化膜16を積層する。第3酸化膜16は、半導体プロセスでは、層間膜 (ILD (Inter Layer Dielectrics)) として形成される。半導体プロセスの世代によっては、CMPなどによる平坦化を行なっても良い。

次に、第2配線層21bの積層に先立ち、第1配線層21aと第2配線層21bとを電氣的に接続させるための露出部 (穴) をフォトリソグラフィにより第3酸化膜16に形成する。次に第2配線層21bを積層し、フォトリソグラフィによりパターニングする。第2配線層21bは、側壁部20の最上層を構成すると共に、MEMS素子100の犠牲層をリリースエッチングするためのエッチングホール31を備えて犠牲層 (第3酸化膜16) を覆う。つまり、第2配線層21bは、第1被覆層30を構成している。

なお、第2配線層21bには、好適例としてアルミニウムをスパッタリングにより積層している。

【0039】

図3(f) : 保護膜17を積層し、エッチングホール31が露出するように開口領域を設けてフォトリソグラフィによりパターニングする。保護膜17は、半導体プロセスで一般的な保護膜 (例えばSiO₂膜やSiNの2層膜) であれば良く、ポリイミド膜などであっても良い。

次に、ウェハ基板1をエッチング液に晒し、エッチングホール31から導入されるエッチング液により犠牲層としての第2酸化膜15、第3酸化膜16、および第4酸化膜13fをリリースエッチングすることで、MEMS構造体としてのMEMS振動子3を形成する。

なお、ここで、開口部50によって一旦露出した第1酸化膜11は、第1半導体層13および第2半導体層14によって覆われているため、エッチング液に晒されることはない。

【0040】

図3(g) : リリースエッチング終了後、洗浄した後に第2被覆層32を積層し、保護膜17に覆われていない部分が封止されるようにフォトリソグラフィによりパターニン

10

20

30

40

50

グする。第2被覆層32により、エッチングホール31が封止され、犠牲層がリリースエッチング除去された空間は密閉状態に維持される。第2被覆層32には、好適例としてアルミニウムを用いているがこれに限定するものではなく、その他の金属層であっても良い。

【0041】

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

MEMS素子100は、複数のMEMS構成部として、下部電極13e、上部電極14e、下部電極配線部13h、上部電極配線部14hを含み構成され、これらのMEMS構成部は、第1下地部(窒化膜12)が積層される第2下地部(第1酸化膜11)が露出する開口部50を覆い、第1酸化膜11および窒化膜12に積層されている。従って、窒化膜12に残留応力がある場合や、熱ストレスにより窒化膜12が膨張あるいは収縮する場合などにおいても、MEMS構成部(特に、下部電極13e、上部電極14e)は、第1酸化膜11に積層する部分を有するため、窒化膜12の応力によって容易に移動することがなくなる。つまり、下部電極13e、上部電極14eは、窒化膜12にのみ積層される(フロートする)のではなく、アンカー(碇)として機能する第1酸化膜11に積層する部分を有するため、窒化膜12の応力による動きが抑制される。その結果、下部電極13e、および上部電極14eの位置関係が窒化膜12の応力によって、容易に変動することがなくなり、MEMS振動子3の共振周波数特性、延いては、MEMS素子100の所定の特性が維持される。従って、より特性の安定したMEMS素子を提供することができる。

【0042】

また、ウェハー基板1を平面視したときの開口部50の面積は、MEMS構成部の面積の5%以上、95%以下である。開口部50を、少なくともMEMS構成部の面積の5%以上の面積で形成することにより、アンカーとしてより効果的に機能させることができる。

また、第1酸化膜11を露出させない目的において、窒化膜12を第1酸化膜11に積層させる場合、開口部50の面積が、MEMS構成部の面積の95%以下であれば、MEMS構成部を構成する第1半導体層13および第2半導体層14によって、開口部50を覆い尽くす十分なカバーレッジを得ることができる。

【0043】

また、開口部50は、ウェハー基板1を平面視したときに、下部電極13eと上部電極14eとが重なる領域Wを取り囲む窒化膜12の領域に形成されている。アンカーとして機能する部分が、領域Wを取り囲む領域に形成されていることで、領域Wの位置変動が、より効果的に抑制され、MEMS振動子3の共振周波数特性の変動を効果的に抑制することができる。

【0044】

(実施形態2)

次に、実施形態2に係るMEMS素子101について説明する。なお、説明にあたり、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する。

【0045】

図4は、MEMS素子101(図示省略)が備えるMEMS振動子3xの平面図、図4(b)は、図4(a)のE-E断面図、図4(c)は、図4(a)のF-F断面図である。

実施形態2は、開口部50が、ウェハー基板1を平面視したときに、下部電極13eと上部電極14eとが重なる領域Wと重なる第1下地部(窒化膜12)の領域に形成されていることを特徴としている。

【0046】

MEMS振動子3xは、MEMS構成部として、固定下部電極(下部電極13ex)と

可動部を有する可動上部電極（上部電極 1 4 e x）とを備えている。

本実施形態は、実施形態 1 に対して、開口部 5 0 の位置、形状が異なる。つまり、アンカーとして機能する位置、形状が異なる。また、これに伴い、下部電極 1 3 e x および上部電極 1 4 e x の断面形状が異なる。これらの点を除き、本実施形態は、実施形態 1 と同様である。

【 0 0 4 7 】

開口部 5 0 は、図 4（a）に示すように、下部電極 1 3 e x の領域において、MEMS 振動子 3 の場合の開口部 5 0（領域 5 0 a ~ 5 0 c）に代わり、領域 5 0 d に形成されている。領域 5 0 d は、ウェハー基板 1 を平面視したときに、下部電極 1 3 e x と重なる窒化膜 1 2 の領域の略全面（下部電極 1 3 e x の面積の約 8 5 % を占める範囲）に形成されている。

10

開口部 5 0 として領域 5 0 d に、つまり領域 W に掛かる部分に窒化膜 1 2 の開口部を形成しているため、図 4（b）に示すように、窒化膜 1 2 の段差部の形状が、下部電極 1 3 e x および上部電極 1 4 e x の断面形状に反映している。

【 0 0 4 8 】

なお、本実施形態においては、実施形態 1 の上部電極 1 4 e において領域 5 0 c に形成した開口部 5 0 は省略している。これは、領域 5 0 d が、上部電極配線部 1 4 h の下に形成された開口部 5 0 の位置と近い位置に形成され、アンカー効果が充分であったため、省略しているものである。従って、実施形態 1 と同様に、領域 5 0 c に開口部 5 0 を形成しても良い。

20

【 0 0 4 9 】

本実施形態による MEMS 素子によれば、開口部 5 0 は、ウェハー基板 1 を平面視したときに、下部電極 1 3 e x と上部電極 1 4 e x とが重なる領域 W と重なる第 1 下地部（窒化膜 1 2）の領域 5 0 d に形成されている。つまり、領域 5 0 d における開口部 5 0 のアンカー機能により、下部電極 1 3 e x の位置変動を直接抑制することができるため、より効果的に MEMS 振動子の共振周波数特性の変動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 5 0 】

（実施形態 3）

次に、実施形態 3 に係る MEMS 素子 1 0 2 について説明する。なお、説明にあたり、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する。

30

【 0 0 5 1 】

図 5（a）は、MEMS 素子 1 0 2（図示省略）が備える MEMS 振動子 3 y の平面図、図 5（b）は、図 5（a）の I - I 断面図である。

実施形態 3 は、実施形態 1、2 のようなアンカー構造を持たず、下部電極配線部、および上部電極配線部が、延在方向において屈曲部を含み形成されていることを特徴としている。

【 0 0 5 2 】

MEMS 素子 1 0 2 は、ウェハー基板 1 の主面に積層された第 1 下地部（窒化膜 1 2）に積層し形成される下部電極 1 3 e y と上部電極 1 4 e y とを含み構成される MEMS 振動子 3 y を備える MEMS 素子である。ウェハー基板 1 を平面視したときに、下部電極 1 3 e y と上部電極 1 4 e y とは、重なる領域を有している。

40

下部電極配線部 1 3 h y は、窒化膜 1 2 に積層され、下部電極 1 3 e y と外部回路（図示省略）とを電氣的に接続している。上部電極配線部 1 4 h y は、窒化膜 1 2 に積層され、上部電極 1 4 e y と外部回路とを電氣的に接続している。下部電極配線部 1 3 h y、および上部電極配線部 1 4 h y は、図 5（a）に示すように、延在方向において屈曲部 Z を含み形成されている。

【 0 0 5 3 】

MEMS 素子 1 0 2 は、開口部 5 0 を有しておらず、下部電極 1 3 e y、上部電極 1 4 e y、下部電極配線部 1 3 h y、上部電極配線部 1 4 h y のそれぞれが、開口部 5 0 を介

50

して第１酸化膜１１に積層するアンカー構造を持たない。それに代わり、下部電極１３ey、上部電極１４eyが、延在方向において屈曲部Ｚを含み形成されている。これらの点を除き、ＭＥＭＳ素子１０２は、ＭＥＭＳ素子１００と同様である。

【００５４】

本実施形態によるＭＥＭＳ素子によれば、下部電極配線部１３hy、および上部電極配線部１４hyが積層される窒化膜１２に残留応力がある場合や、熱ストレスにより窒化膜１２が膨張あるいは収縮する場合などにおいても、それらの応力が、配線の屈曲部Ｚにおいて吸収され、下部電極１３eyや上部電極１４eyに作用する割合が軽減される。つまり、下部電極１３eyと上部電極１４eyとの位置関係を変動させる窒化膜１２の応力が緩和される。その結果、ＭＥＭＳ振動子３yの共振周波数特性の変動が抑制される。従って、より特性の安定したＭＥＭＳ構造体としてのＭＥＭＳ振動子が得られることにより、より特性の安定したＭＥＭＳ素子を提供することができる。

【００５５】

[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素子１００、１０１、１０２を適用した電子機器について、図６（a）、（b）、図７に基づき説明する。なお、説明では、電子部品としてのＭＥＭＳ素子１００を用いた例を示している。

【００５６】

図６（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（又はノート型）のパーソナルコンピュータ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素子１００が内蔵されている。

【００５７】

図６（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素子１００が内蔵されている。

【００５８】

図７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ＣＣＤ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 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 MEMS 素子 100 が内蔵されている。

【0059】

なお、本発明の一実施形態に係る電子部品としての MEMS 素子 100 は、図 6 (a) のパーソナルコンピュータ (モバイル型パーソナルコンピュータ)、図 6 (b) の携帯電話機、図 7 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、テレビ、ビデオカメラ、カーナビゲーション装置、ページャー、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、POS 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)、フ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。

10

【0060】

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。

20

【0061】

(変形例 1)

図 8 (a), (b) は、実施形態 3 における MEMS 素子 102 の変形例に係る MEMS 振動子 3y a, 3y b を示す平面図である。

MEMS 素子 102 における MEMS 振動子 3y は、図 5 (a) に示すように、下部電極配線部 13h y、および上部電極配線部 14h y が、延在方向において屈曲部 Z を含み形成されており、窒化膜 12 により発生する応力が、配線の屈曲部 Z において吸収され、下部電極 13e y や上部電極 14e y に作用する割合が軽減されるとして説明したが、配線の形状により応力を緩和する方法は、この構成に限定するものではない。本変形例に係る MEMS 振動子は、下部電極配線部および上部電極配線部のそれぞれに延在方向と交差する方向に形成された切り込みを有していることを特徴としている。

30

【0062】

MEMS 振動子 3y a, 3y b は、下部電極 13e y、上部電極 14e y、および配線部として、下部電極配線部 13h y a, 13h y b、上部電極配線部 14h y a, 14h y b を備えている。MEMS 振動子 3y a, 3y b は、配線部のパターン形状が異なる点を除き、MEMS 振動子 3y と同様である。

【0063】

MEMS 振動子 3y a が備える下部電極配線部 13h y a、および上部電極配線部 14h y a は、それぞれの延在方向と交差する方向に形成された複数の切り込み K a を有している。

切り込み K a は、第 1 半導体層 13、および第 2 半導体層 14 に対するフォトリソグラフィによるパターンニングにより、下部電極配線部 13h y a、および上部電極配線部 14h y a の幅の約 3 分の 1 程度の切り込みが配線パターンの側辺から配線パターンの中央に向かうように対向して形成されている。つまり、例えるならば、下部電極配線部 13h y a、および上部電極配線部 14h y a は魚の骨状にパターンニングされている。

40

【0064】

MEMS 振動子 3y b が備える下部電極配線部 13h y b、および上部電極配線部 14h y b は、それぞれの延在方向と交差する方向に形成された複数の切り込み K b を有している。

切り込み K b は、第 1 半導体層 13、および第 2 半導体層 14 に対するフォトリソグラフィによるパターンニングにより、下部電極配線部 13h y b、および上部電極配線部

50

1 4 h y b の幅の約 2 分の 1 程度の切り込みが配線パターンの側辺から配線パターンの中央に向かうように交互に形成されている。つまり、例えるならば、下部電極配線部 1 3 h y b、および上部電極配線部 1 4 h y b は蛇腹状にパターニングされている。

【 0 0 6 5 】

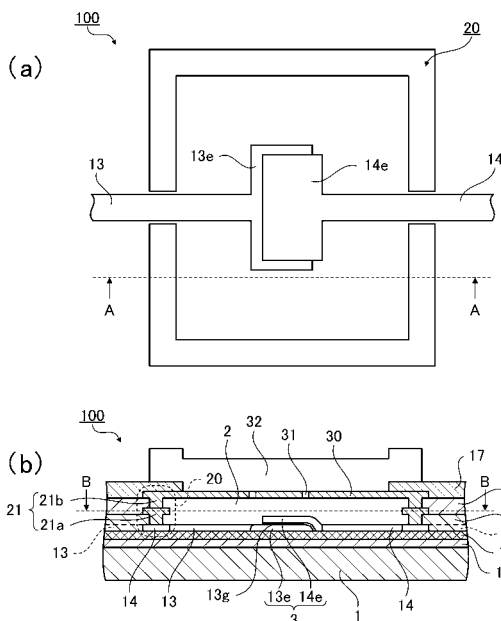
これらの変形例のように、それぞれの配線部が積層される窒化膜 1 2 による応力働いた場合であっても、それぞれの配線部に形成された切り込み K a、K b の部分に吸収され、固定下部電極（下部電極 1 3 e y）や可動上部電極（上部電極 1 4 e y）に作用する割合が軽減される。つまり、固定下部電極と可動上部電極との位置関係を変動させる窒化膜 1 2 の応力が緩和される。その結果、M E M S 振動子 3 y a、3 y b の共振周波数特性の変動が抑制される。従って、より特性の安定した M E M S 構造体としての M E M S 振動子が得られることにより、より特性の安定した M E M S 素子を提供することができる。

【 符号の説明 】

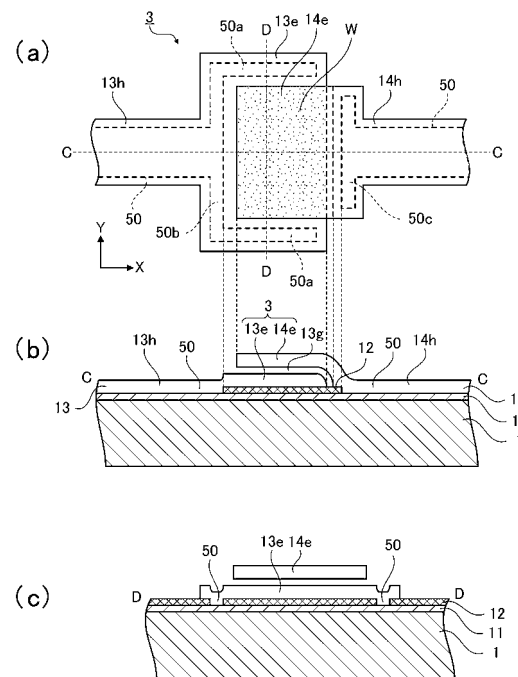
【 0 0 6 6 】

1 ... ウェハー基板、2 ... 空洞部、3 ... M E M S 振動子、1 1 ... 第 1 酸化膜、1 2 ... 窒化膜、1 3 ... 第 1 半導体層、1 3 e ... 下部電極、1 3 f ... 第 4 酸化膜、1 3 g ... 空隙部、1 3 h ... 下部電極配線部、1 4 ... 第 2 半導体層、1 4 e ... 上部電極、1 4 h ... 上部電極配線部、1 5 ... 第 2 酸化膜、1 6 ... 第 3 酸化膜、1 7 ... 保護膜、2 0 ... 側壁部、2 1 ... 配線層、2 1 a ... 第 1 配線層、2 1 b ... 第 2 配線層、3 0 ... 第 1 被覆層、3 1 ... エッチングホール、3 2 ... 第 2 被覆層、5 0 ... 開口部、5 0 a、5 0 b、5 0 c、5 0 d ... 領域、1 0 0、1 0 1、1 0 2 ... M E M S 素子。

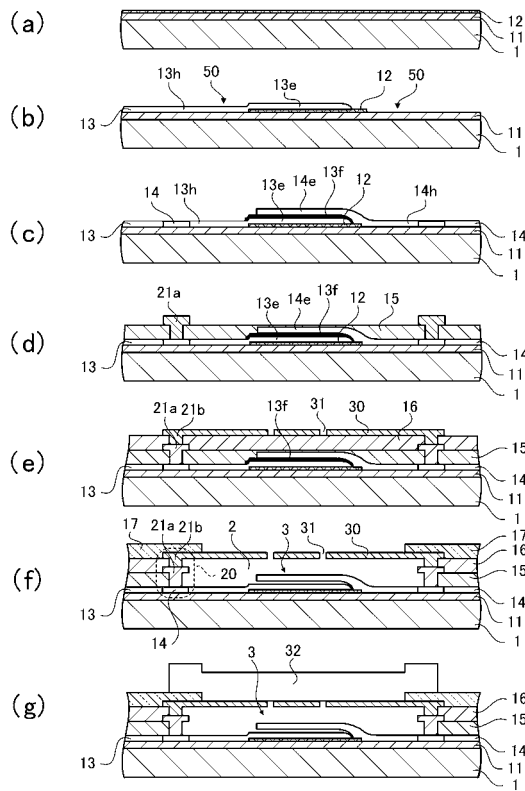
【 図 1 】



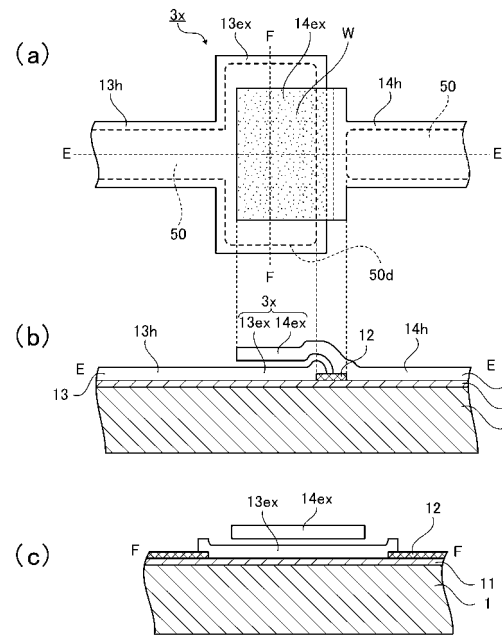
【 図 2 】



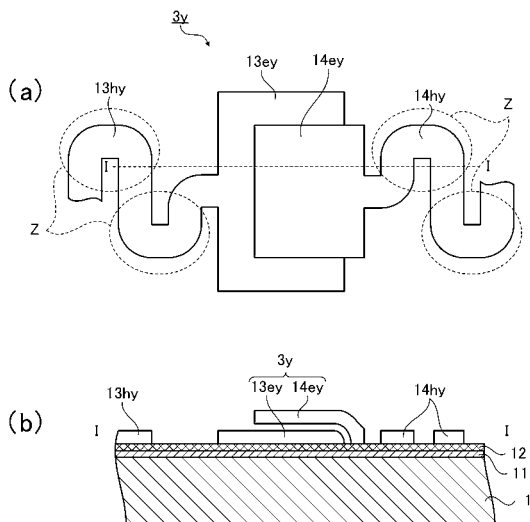
【図 3】



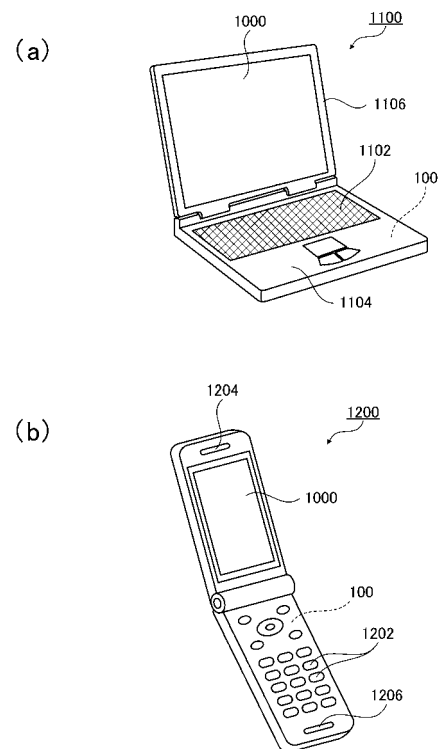
【図 4】



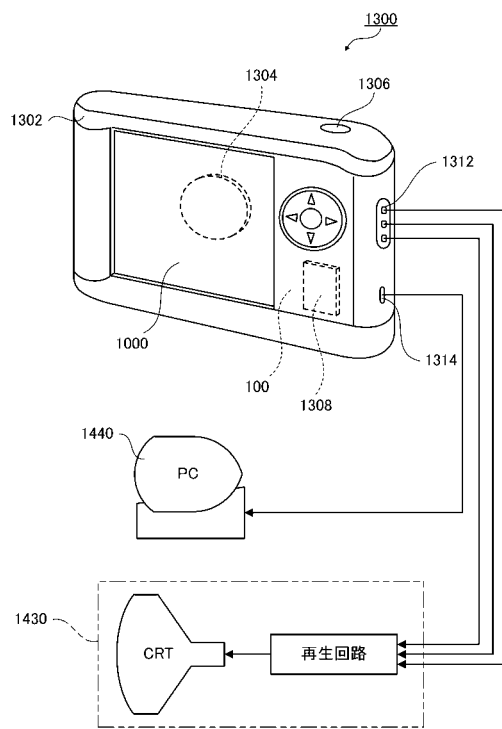
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

