

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5812660号
(P5812660)

(45) 発行日 平成27年11月17日(2015.11.17)

(24) 登録日 平成27年10月2日(2015.10.2)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4R 19/00	(2006.01)	HO4R 19/00	330		
HO4R 31/00	(2006.01)	HO4R 31/00	330		
B81B 3/00	(2006.01)	B81B 3/00			
B81C 3/00	(2006.01)	B81C 3/00			

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-93370 (P2011-93370)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成23年4月19日(2011.4.19)	(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男
(65) 公開番号	特開2012-227718 (P2012-227718A)	(72) 発明者	虎島 和敏 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(43) 公開日	平成24年11月15日(2012.11.15)	(72) 発明者	加藤 綾子 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
審査請求日	平成26年4月18日(2014.4.18)	審査官	松田 直也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気機械変換装置及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の電極として機能する基板と、第二の電極として機能する部分を含む振動膜と、前記基板と前記振動膜との間に間隙が形成されるように前記振動膜を支持する振動膜支持部と、から構成されるセルと、前記基板上に配された絶縁物と、該絶縁物上に該絶縁物と接して配置され前記セルより幅が小さく形成された前記セルの引き出し配線と、を有し、前記絶縁物は前記振動膜支持部の厚さよりも厚いことを特徴とする電気機械変換装置。

【請求項2】

前記基板は第一の電極として機能するシリコン基板であり、前記振動膜は第二の電極として機能する単結晶シリコン振動膜であり、前記引き出し配線は前記単結晶シリコン振動膜と電氣的に接続されている請求項1に記載の電気機械変換装置。

【請求項3】

前記絶縁物は、熱酸化物である請求項1または2に記載の電気機械変換装置。

【請求項4】

前記絶縁物の厚さは、前記振動膜支持部の厚さと前記振動膜の厚さとを合わせた厚さ以上である請求項1乃至3のいずれか1項に記載の電気機械変換装置。

【請求項5】

前記セルを複数含む素子の周囲のシリコン層に形成された溝により各素子間の電氣的絶縁をする請求項2乃至4のいずれか1項に記載の静電容量型電気機械変換装置。

【請求項6】

基板と、振動膜と、前記基板と前記振動膜との間に間隙が形成されるように前記振動膜を支持する振動膜支持部と、から構成されるセルを有する電気機械変換装置の作製方法であって、

第一のシリコン基板の一方の表面に絶縁層を形成し、前記間隙となる凹部と前記振動膜支持部となる部分を形成する工程と、

第二のシリコン基板を前記絶縁層に接合する工程と、

前記第二のシリコン基板を薄化し少なくとも前記振動膜となる部分を含むシリコン層を形成する工程と、

前記振動膜となる部分以外のシリコン層の部分の酸化を行う工程と、

前記酸化工程で生成された酸化物の上に導電層を形成し前記セルの引き出し配線を形成する工程と、を有することを特徴とする電気機械変換装置の作製方法。

10

【請求項 7】

前記第二のシリコン基板として S O I 基板を用いる請求項 6 に記載の電気機械変換装置の作製方法。

【請求項 8】

前記酸化工程の前に、前記シリコン層の前記振動膜となる部分を少なくとも保護する保護膜を形成する工程と、

前記酸化工程の後に、前記保護膜を除去する工程と、をさらに有し、

前記酸化工程では、前記保護膜を形成した前記振動膜となる部分以外のシリコン層の部分の熱酸化を行うことで、前記酸化物を形成する請求項 6 又は 7 に記載の電気機械変換装置の作製方法。

20

【請求項 9】

前記保護膜として、窒化シリコン膜を形成する請求項 8 に記載の電気機械変換装置の作製方法。

【請求項 10】

前記第二のシリコン基板として S O I 基板を用い、前記第二のシリコン基板を薄化する際、前記 S O I 基板の酸化シリコン層と表面シリコン層とを残し、

前記保護膜として、前記酸化シリコン層と、前記酸化シリコン層の上に形成する前記窒化シリコン膜とからなる二層構造を形成する請求項 9 に記載の電気機械変換装置の作製方法

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波トランスデューサなどとして用いられる静電容量型の電気機械変換装置等の電気機械変換装置、及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、マイクロマシニング技術によって製造される微小機械部材はマイクロメートルオーダの加工が可能であり、これらを用いて様々な微小機能素子の実現されている。このような技術を用いた CMUT (Capacitive Micromachined Ultrasoni
c Transducer) 等の静電容量型の電気機械変換装置は、圧電素子の代替品として研究されている。こうした静電容量型電気機械変換装置によると、振動膜の振動を用いて超音波を送信、受信することができ、特に液中において優れた広帯域特性を容易に得ることができる。

40

【0003】

こうした静電容量型電気機械変換装置として、シリコン基板上に接合等により形成した単結晶シリコン振動膜を用い、複数の上部電極を接続する配線と下部電極との間の寄生容量を低減した装置が提案されている(特許文献 1 参照)。特許文献 1 では、シリコン基板を下部電極として用い、単結晶シリコン振動膜上に上部電極を有する。各振動膜上の上部電極は配線によって接続されており、下部電極と配線との間の振動膜支持部が空洞を有する

50

ことによって、配線と下部電極との間に発生する寄生容量を低減している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-098454号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の如きシリコン基板上に単結晶シリコン振動膜を接合等により形成した静電容量型電気機械変換装置において、単結晶シリコン振動膜を含むシリコン層を電極として用い、さらに、シリコン基板も他方の電極として用いることができる。しかしながら、このような構成では、単結晶シリコン振動膜を有するシリコン層とシリコン基板との間に寄生容量が発生しやすい。特に、引き出し配線をシリコン層上に形成して装置の電気信号の受け渡しを行う場合、引き出し配線とシリコン基板との間に大きな寄生容量が発生しやすい。この寄生容量により、ノイズの増大、広帯域特性の劣化や感度の低下が発生することになる。

10

【0006】

また、上記の如き単結晶シリコン振動膜を用いる静電容量型電気機械変換装置において、引き出し配線下に絶縁物を形成することにより寄生容量を低減できるが、振動膜を形成した後に前記絶縁物を形成すると、振動膜上に絶縁物が堆積してしまう。この絶縁物は単結晶シリコン部分と一緒に振動膜として機能するため、振動膜全体として厚みバラツキが発生する可能性がある。また、振動膜上の絶縁物を除去する場合は、除去の際に振動膜の厚みバラツキが発生することがある。これによって、単結晶シリコン振動膜のバネ定数バラツキやたわみバラツキが発生し、静電容量型電気機械変換装置の均一性が低下するため、装置の性能バラツキが大きくなることがある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題に鑑み、本発明の電気機械変換装置は、第一の電極として機能する基板と、第二の電極として機能する部分を含む振動膜と、前記基板と前記振動膜との間に隙間が形成されるように前記振動膜を支持する振動膜支持部と、から構成されるセルと、前記基板上に配された絶縁物と、該絶縁物上に該絶縁物と接して配置され前記セルより幅が小さく形成された前記セルの引き出し配線と、を有し、前記絶縁物は前記振動膜支持部の厚さよりも厚いことを特徴とする。

30

【0008】

また、上記課題に鑑み、本発明の作製方法は、基板と、振動膜と、前記基板と前記振動膜との間に隙間が形成されるように前記振動膜を支持する振動膜支持部と、から構成されるセルを有する電気機械変換装置の作製方法であって、次の工程を有する。第一のシリコン基板の一方の表面に絶縁層を形成し、前記隙間となる凹部と前記振動膜支持部となる部分を形成する工程。第二のシリコン基板を前記絶縁層に接合する工程。前記第二のシリコン基板を薄化し少なくとも前記振動膜となる部分を含むシリコン層を形成する工程。前記振動膜となる部分以外のシリコン層の部分の酸化を行う工程。前記酸化工程で生成された酸化物の上に導電層を形成し引き出し配線を形成する工程。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明の振動膜を有する電気機械変換装置では、引き出し配線下に振動膜支持部よりも厚い絶縁物を有しているため、引き出し配線と基板側の電極間の寄生容量を低減することができる。従って、ノイズの増大、帯域幅の減少や感度の低下を防止することができる。

【0010】

また、本発明の電気機械変換装置の作製方法では、振動膜となる部分以外のシリコン層を酸化し、その酸化物上に引き出し配線を形成する。従って、熱酸化物の存在により、引き出し配線とシリコン基板側の電極間の寄生容量を低減することができるため、ノイズの増

50

大、帯域幅の減少や感度の低下を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施形態及び実施例1の電気機械変換装置を説明する図。

【図2】本発明の実施例2の電気機械変換装置を説明する。

【図3】本発明の実施形態及び実施例3の電気機械変換装置の作製方法の断面図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の趣旨は、シリコン基板などの基板上のセルの引き出し配線が配置される部分に、振動膜支持部より厚い絶縁物を設けて、引き出し配線と基板側の電極間の寄生容量を低減することにある。

10

【0013】

以下、本発明の一実施形態について図1を用いて説明する。図1(a)は、本実施形態の静電容量型の電気機械変換装置の上面図であり、図1(b)は、図1(a)のA-B断面図である。本実施形態は、セル1と引き出し配線12を有する。ここで、セルとは、シリコン基板と、振動膜と、シリコン基板と振動膜との間に空隙などの間隙を形成するように振動膜を支持する振動膜支持部と、から構成されるメンブレン構造体の一つ一つをいう。図1の構成では、それぞれセル1を含む4つの変換素子(エレメント)から構成されるアレイ形状であるが、素子の数は幾つでも構わない。また、各素子は、9個のセル1から構成されているが、その個数は幾つであっても構わない。

20

【0014】

本実施形態のセル1は、単結晶シリコン振動膜4、空隙5、単結晶シリコン振動膜4を支持する振動膜支持部6、およびシリコン基板7で構成されている。単結晶シリコン振動膜4は、積層成膜した振動膜(例えば、窒化シリコン膜)と比較して、残留応力が殆どなく、厚みバラツキも小さく、振動膜のバネ定数のバラツキが小さい。従って、複数の素子間、あるいはセル間の性能バラツキが小さい。振動膜支持部6は、絶縁体が望ましく、酸化シリコン、窒化シリコン等である。絶縁体でない場合は、シリコン基板7と単結晶シリコン振動膜4との絶縁を行うため、シリコン基板7上に絶縁層を形成する必要がある。後述するように、シリコン基板7は、複数の素子間の共通電極として用いるので、オーミックをとり易くするため、低抵抗基板が望ましく、抵抗は 0.1 cm 以下がよい。オーミックとは、電流の方向と電圧の大きさによらず抵抗値が一定であることである。

30

【0015】

引き出し配線12下部は、シリコン基板7の表面から引き出し配線下部まで絶縁物11で形成されており、引き出し配線下部の絶縁物11の厚さ13は支持部6の厚さ8より厚い構成となっている。絶縁物11は、熱酸化膜であることが望ましい。複数の素子から構成されるトランスデューサアレイの場合、この絶縁物11は、各素子の周囲にも配置することによって、各素子間の電氣的分離も行うことができる。図1では、絶縁物11の厚さ13は、支持部6の厚さ8と振動膜4(後述のアルミ薄膜10を含む)の厚さとを合わせた厚さとほぼ同じに描いているが、絶縁物の厚さを、振動膜支持部の厚さと振動膜の厚さとを合わせた厚さ以上とすることもできる。

40

【0016】

本構成によって、貫通配線を形成せずに、引き出し配線を通してトランスデューサアレイの電気信号の受け渡しをすることができる。また、引き出し配線12と共通電極(第一の電極)として機能するシリコン基板7との距離を離すことができるので、寄生容量を低減することができる。従って、寄生容量によるノイズの増大、感度の低下や帯域の減少を防止できる。特に、アレイ形状の場合、各素子の引き出し配線の長さが異なることがある。その場合、素子ごとに寄生容量、抵抗が異なるため、素子ごとに感度、帯域、ノイズ量が異なることになる。本実施形態の静電容量型電気機械変換装置では、引き出し配線12と共通電極となるシリコン基板7との距離を離すことができるので、アレイ形状であっても、ノイズの増大、感度の低下や帯域の減少を防止することができる。

50

【 0 0 1 7 】

本実施形態の駆動原理を説明する。各素子は、共通のシリコン基板 7 上に形成されており、これを共通の電極（第一の電極）として用いることができる。また、単結晶シリコン振動膜は素子毎の電極（第二の電極）として機能する。単結晶シリコン振動膜と引き出し配線 1 2 とが電氣的に接続されていることで、素子毎の電気信号は引き出し配線 1 2 を通して引き出すことができる。静電容量型電気機械変換装置で超音波を受信する場合、図示しない電圧印加手段で、直流電圧（例えば、1 0 0 V 以下の直流電圧）をシリコン基板 7 に印加しておく。超音波を受信すると、単結晶シリコン振動膜 4 が変形するため、振動膜 4 とシリコン基板 7 との間の間隙 5 の距離が変わり、静電容量が変化する。この静電容量変化によって、引き出し配線 1 2 に電流が流れる。この電流を、図示しない電流 - 電圧変換素子によって、電圧として検出し超音波を受信することができる。また、シリコン基板 7 あるいは単結晶シリコン振動膜 4 に直流電圧と交流電圧を印加し、静電気力によって、単結晶シリコン振動膜 4 を振動させることができる。これによって、超音波を送信することができる。

10

【 0 0 1 8 】

本実施形態は、上述した様に、引き出し配線 1 2 の下のシリコン層を絶縁物 1 1 にしているため、引き出し配線 1 2 とシリコン基板 7 との間に発生する寄生容量を低減できる。よって、寄生容量により発生するノイズの増大、感度の低下や帯域の減少を防止することができる。また、積層して作製する振動膜、例えば窒化シリコン膜を振動膜として用いた装置と比較して、単結晶シリコン振動膜を用いることにより、膜厚制御が容易になり、残留応力が少なくなる。また、単結晶シリコン振動膜上に、残留応力の大きな材料が堆積せず、振動膜の主材料が残留応力の少ない単結晶シリコンである。従って、振動膜のバネ定数のバラツキ、振動膜のたわみバラツキを低減できるので、セル間、素子間の性能バラツキが非常に小さく、送信、受信特性を安定にすることができる。

20

【 0 0 1 9 】

また、第一の基板に振動膜支持部、間隙を作製し、ここへの第二の基板の接合によって作製することができるため、単結晶シリコン振動膜とシリコン基板との距離バラツキを低減することができる。従って、セル間、素子間の受信、送信感度バラツキを低減することができる。また、絶縁物は、熱酸化物であることが望ましい。熱酸化物は、シリコンも消費されて熱酸化膜を形成するため、例えば、1 μm のシリコン層を熱酸化すると、約 2 μm の熱酸化物を形成することができる。従って、引き出し配線 1 2 とシリコン基板 7 との間隙の寄生容量を一層低減することができる。

30

【 0 0 2 0 】

さらに、セルを複数含む素子の周囲のシリコン層に溝を形成し、複数の素子間の電氣的分離を行う構造とすることもできる。引き出し配線下部となるシリコン層の部分を熱酸化等により酸化物にする際に応力が発生するが、この素子分離構造によって、その応力によるシリコン振動膜 4 のたわみを抑制することができる。

【 0 0 2 1 】

図 3 を用いて、本実施形態の作製方法の一例を説明する。図 3 は、静電容量型電気機械変換装置の断面図であり、図 1 の構成とほぼ同様の構成である。図 3 (a) に示すように、第一のシリコン基板 5 0 上に絶縁層 5 1 を形成し、間隙 5 2 となる凹部及び振動膜支持部となる部分を形成する。第一のシリコン基板 5 0 の抵抗率は、0 . 1 $\cdot\text{cm}$ 以下程度が望ましい。絶縁層 5 1 は、本工程の後工程において、単結晶シリコン振動膜を形成するための第二のシリコン基板 5 3 との直接接合を実施する場合、熱酸化による酸化シリコン膜が望ましい。直接接合では、接合される基板の高い平坦性、低い表面粗さなどが必要であり、熱酸化による酸化シリコン膜は平坦性が高く、基板の表面粗さを増大させない材料であり、直接接合が容易なためである。間隙 5 2 は、フォトリソグラフィ、エッチングにより形成する。

40

【 0 0 2 2 】

次に、図 3 (b) に示すように、単結晶シリコン振動膜を形成するための第二のシリコン

50

基板 53 を直接接合により接合する。直接接合では、基板表面を活性化させて接合する方法や、水分子を介して接合し、その後加熱することによって、接合強度を向上する方法等がある。図 3 (b) に図示するように、本工程で、単結晶シリコン振動膜を形成する第二のシリコン基板 53 として、silicon on insulator (SOI) 基板を用いることもできる。SOI 基板は、シリコン基板 (ハンドル層) 56 と表面シリコン層 (活性層) 54 の間に酸化シリコン層 (BOX 層) 55 を挿入した構造の基板である。SOI 基板を用いた場合は、SOI 基板の活性層 54 を、単結晶シリコン振動膜を含むシリコン層として用いることができるため、活性層側を接合する。

【0023】

次に、図 3 (c) に示すように、第二のシリコン基板 53 を薄化し、単結晶シリコン振動膜を有するシリコン層上に保護膜 58 を形成する。単結晶シリコン振動膜を形成するシリコン層は、数 μm 以下が望ましいため、第二のシリコン基板 53 に対してエッチングあるいはグラインディング、Chemical Mechanical Polishing (CMP) を行って、薄化を行う。

【0024】

図 3 (c) に図示するように、第二のシリコン基板として、SOI 基板を用いる場合、SOI 基板の薄化は、ハンドル層 56、BOX 層 55 を除去することによって行う。ハンドル層 56 の除去は、グラインディング、CMP、エッチングで行うことができる。また、BOX 層 55 の除去は、酸化膜のエッチング (ドライエッチングやフッ酸) により、実施
20
することができる。フッ酸のようなウェットエッチングは、シリコンがエッチングされることを防止できるので、エッチングによる単結晶シリコン振動膜 57 の厚みバラツキを低減できるため、より望ましい。単結晶シリコン振動膜を形成する SOI 基板の活性層は、低い厚みバラツキで作製できるため、単結晶シリコン振動膜 57 の厚みバラツキを低減することができる。従って、静電容量型電気機械変換装置の振動膜のバネ定数バラツキを低減することができるので、送信、受信時の周波数バラツキを低減することができる。また、単結晶シリコン振動膜を形成する第二のシリコン基板として、SOI 基板を用いない場合、バックグラインディング、CMP によって、 $2\mu\text{m}$ 程度まで削ることが可能である。

【0025】

保護膜 58 は、本工程の後工程で実施する引き出し配線の下に絶縁物を形成する工程において、単結晶シリコン振動膜上に、その絶縁物が直接接触しないようにするためである。絶縁物として、熱酸化による酸化シリコン膜を用いる場合、単結晶シリコン振動膜は酸化されてしまい、厚みバラツキが発生する。熱酸化によって形成される酸化シリコン膜は、シリコン表面が所望の成膜量の 50% 程度酸化されることによって形成される。従って、保護膜としては、熱酸化されない材料である窒化シリコン膜等がよい。

【0026】

図 3 (c) に図示するように、保護膜は、SOI 基板の BOX 層 55 を除去せずに残して利用するとともに、BOX 層 55 と、その上に形成した窒化シリコン膜 58 とから構成される二層構造にすることができる。SOI 基板を用いない場合、Chemical Vapor Deposition (CVD) により、酸化膜を形成し、その上に形成した窒化シリコン膜から構成される二層構造にすることができる。単結晶シリコン振動膜上に形成された膜を除去するときに、単結晶シリコン振動膜がエッチングされると、厚みバラツキが発生するので、振動膜のバネ定数バラツキや、振動膜のたわみバラツキが発生する。従って、単結晶シリコン振動膜がエッチングされないフッ酸等のウェットエッチングにより保護膜を除去するのが望ましいので、酸化シリコン膜を単結晶シリコン振動膜直上に形成し、その上に窒化シリコン膜等を形成しておくことが望ましい。これによって、単結晶シリコン振動膜 57 の厚みバラツキを発生させずに、振動膜を形成することができる。

【0027】

次に、図 3 (d) に示すように、酸化するシリコン層の箇所の保護膜を除去し、図 3 (e) に図示するように、シリコン層の一方の表面から他方の表面まで熱酸化を行い、絶縁物
40
50

59を形成する。次に、図3(f)に示すように、シリコン振動膜上の保護膜58を除去し、絶縁物59上に引き出し配線50を形成する。振動膜57上にアルミ薄膜51等を成膜してもよい。

【0028】

この作製方法では、単結晶シリコン振動膜の厚みバラツキやバネ定数のバラツキを低減し、性能バラツキの小さな静電容量型電気機械変換装置を容易に作製することができる。また、引き出し配線50と共通電極であるシリコン基板50との間の寄生容量を低減することができるので、寄生容量による感度の低下、帯域の減少やノイズの増大を防止することができる。上記バルクマイクロマシニングの作製方法は、図1に示す様な構成の装置を作製するのに好ましい方法であるが、勿論、こうした装置は他の作製方法(犠牲層エッチングを用いるサーフェスマイクロマシニングの作製方法など)で作製することもできる。ただし、振動膜を保護膜で保護して、引き出し配線下の部分となる絶縁物を含む絶縁物を形成した後に、必要としない絶縁物と保護膜を除去する工程を適切に行う必要がある。

10

【0029】

以下、より具体的な実施例を挙げて本発明を詳細に説明する。ただし、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

(実施例1)

実施例1の静電容量型電気機械変換装置の構成を図1を用いて説明する。本実施例の静電容量型電気機械変換装置は、セル1と引き出し配線12を有する変換素子を複数有するアレイ形状である。図1では、4つの素子のみ記載しているが、素子の数は幾つでも構わない。

20

【0030】

セル1は、厚さ1 μ mの単結晶シリコン振動膜4、間隙5、抵抗率が0.01 Ω cmの単結晶シリコン振動膜4を支持する振動膜支持部6、およびシリコン基板7で構成されている。シリコン基板7は、厚さが300 μ mで、抵抗率が0.01 Ω cmである。本実施例のセル1は、円形であるが、形状は四角形、六角形等でも構わない。単結晶シリコン振動膜4は単結晶シリコンが主材料であり、単結晶シリコン振動膜4上に残留応力の大きな層が形成されていないので、各素子間の均一性が高く、送受信性能のバラツキを低減できる。単結晶シリコン振動膜の導電特性を向上するため、200nm程度のアルミ薄膜10等を成膜することもできる。アルミ薄膜を単結晶シリコン振動膜上に形成する場合、セル1間のシリコン層を絶縁物にすることもできる。本構成により、電極間の寄生容量を低減することができる。本構成では、セル1の直径が30 μ mの円形であり、振動膜支持部6は酸化シリコンであり、支持部高さは300nmであり、間隙5のギャップは200nmである。

30

【0031】

引き出し配線12は、絶縁物11上に形成される。引き出し配線12下部の絶縁物の厚さ13は、単結晶シリコン振動膜4を支持する振動膜支持部6の厚さ8より厚い構成である。引き出し配線12はアルミであり、その幅は10 μ m、高さは0.2 μ mである。絶縁物11は熱酸化物であり、シリコン層9の一方の表面から他方の表面まで全て熱酸化された酸化物の厚みは約2 μ mである。従って、シリコン層が熱酸化されていない場合と比較して、引き出し配線12と共通電極であるシリコン基板7との間の距離を広げることができる。シリコン層が熱酸化されていない場合、引き出し配線とシリコン基板間の寄生容量は約10pFであるが、絶縁体11を引き出し配線12の下部に設けることにより、約1pFに低減することができる。本構成により、引き出し配線下部のシリコン層を熱酸化しない場合と比較して、感度を4%、帯域を13%増加でき、ノイズを35%低減できる。このように、寄生容量を小さくすることができるため、感度の低下、帯域幅の減少やノイズの増大を防止することができる。

40

【0032】

本実施例の駆動原理は上記実施形態のところで説明した通りである。液中と同程度の音響インピーダンスを持つ材料の中で本実施例を用いる場合、中心周波数が7MHz程度であ

50

り、3 dB周波数帯域は、2.5 MHzから11.5 MHz程度であり、広帯域特性を有する。本実施例の電気機械変換装置は、引き出し配線の下シリコン層の一方の表面から他方の表面までが熱酸化されているため、引き出し配線と共通電極であるシリコン基板との間の寄生容量を低減できる。従って、本構成によって、寄生容量によるノイズの増大、感度の低下や帯域幅の減少を防止することができる。

【0033】

(実施例2)

実施例2の静電容量型電気機械変換装置の構成を図2を用いて説明する。図2(a)は上面図であり、図2(b)は、図2(a)のA-B断面図である。実施例2の静電容量型電気機械変換装置の構成は、実施例1とほぼ同様である。実施例2では、複数のセル21を有する各素子の周囲のシリコン層29に溝を形成し、分離構造31を形成することによって、各素子間の電氣的絶縁を行う。さらに、引き出し配線22の下シリコン層を熱酸化することによって、引き出し配線21と共通電極となるシリコン基板27との間の寄生容量を低減している。セル21では、振動膜支持部26により支持された振動膜24下に間隙25が形成されている。振動膜24上には、アルミ薄膜30等を成膜することもできる。

10

【0034】

本構成により、引き出し配線22とシリコン基板7との間の寄生容量を低減して、寄生容量によるノイズの増大、感度の低下や帯域幅の減少を防止することができる。また、熱酸化する箇所を引き出し配線22の下部のシリコン層のみにして、素子周囲のシリコン層29を除去し分離構造31を形成している。従って、引き出し配線22の下部のシリコン層を酸化する場合に発生する応力の影響が各素子に及ばない構成となっている。本実施例では、各素子の周囲のシリコン層を除去しているが、配線22周囲のシリコン層を除去しても構わない。このような構成とすることによって、各素子には、シリコン層の酸化により発生する応力によるシリコン振動膜の変形等が発生しないため、セル間、素子間のバラツキを抑制することができる。

20

【0035】

(実施例3)

実施例3の静電容量型電気機械変換装置の作製方法を図3を用いて説明する。図3(a)に示すように、厚さ300 μmの第一のシリコン基板50上に熱酸化によって酸化シリコンの絶縁層51を形成し、フォトリソグラフィ、エッチングにより、間隙52を形成する。第一のシリコン基板50の抵抗率は、0.01 Ω・cm程度である。

30

【0036】

次に、図3(b)に示すように、第二のシリコン基板53を接合し、薄化を行う。ここで、第二のシリコン基板53はSOI基板である。SOI基板の活性層54の厚みは1 μmであり、BOX層55の厚みは0.4 μm、ハンドル層56の厚みは525 μmである。SOI基板の活性層54の抵抗率は、0.1 Ω・cmである。厚みバラツキが±5%以下の活性層54を用い、活性層側を直接接合する。SOI基板53の活性層は、厚みバラツキが小さいため、単結晶シリコン振動膜の厚みバラツキを低減することができる。従って、静電容量型電気機械変換装置の振動膜のパネ定数バラツキを低減することができる。SOI基板の薄化は、ハンドル層56を除去することによって行う。ハンドル層の除去は、バックグラインディングおよびアルカリエッチングで行う。

40

【0037】

次に、図3(c)に示すように、振動膜57となる活性層54上に保護膜58を形成する。保護膜58は、窒化シリコン膜である。本実施例では、保護膜は、SOI基板のBOX層55を利用するとともに、その上に形成した窒化シリコン膜から構成される。本工程の後工程で実施するシリコン層の熱酸化工程において、保護膜は、単結晶シリコン振動膜57上が熱酸化されないようにするためである。

【0038】

次に、図3(d)に示すように、各素子の上に保護膜58を残すため、保護膜のフォトリ

50

ソグラフィ、エッチングを行い、図3(e)に図示するように、保護膜で覆われていない箇所(振動膜となる部分以外のシリコン層の部分)を酸化する。ここでは、熱酸化する。保護膜58は、熱酸化されない窒化シリコン膜であるため、保護膜で保護している振動膜57を含むシリコン層は熱酸化されない。

【0039】

次に、図3(f)に示すように、保護膜を除去し、生成された熱酸化物59上にA1配線50を形成する。保護膜の除去は、ドライエッチングにより窒化シリコン膜を除去し、フッ化水素を含むウェットエッチングによりBOX層55を除去する。シリコン層をエッチングしないウェットエッチングによりBOX層55を除去し、単結晶シリコン振動膜を露出させるため、振動膜の厚みバラツキなど機械特性の変化を発生させない。A1配線50の形成では、A1のスパッタリング、蒸着を行って導電層を形成し、フォトリソグラフィ、エッチングを行う。これによって、各素子との電気信号のやり取りが可能となる。

10

【0040】

この作製方法では、単結晶シリコン振動膜の厚みバラツキやバネ定数のバラツキを低減し、性能バラツキの小さな静電容量型電気機械変換装置を容易に作製することができる。さらに、引き出し配線と共通電極であるシリコン基板との間の寄生容量を低減できるので、寄生容量による感度の低下、帯域の低下やノイズの増大を防止することができる。

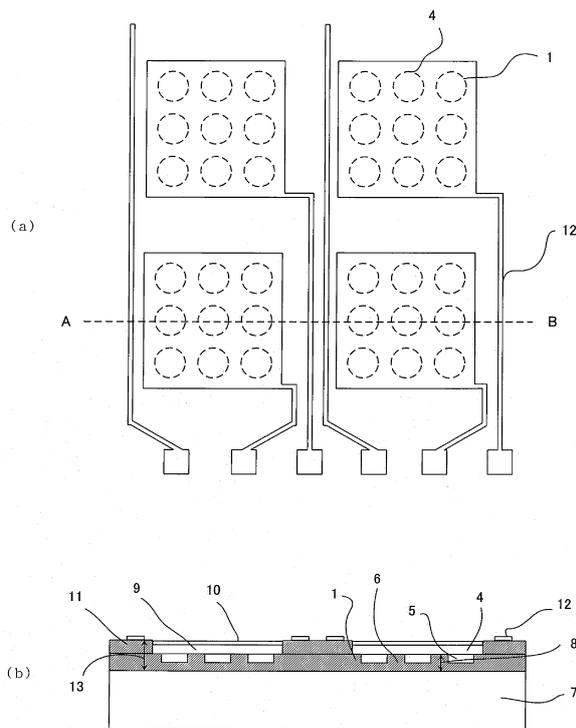
【符号の説明】

【0041】

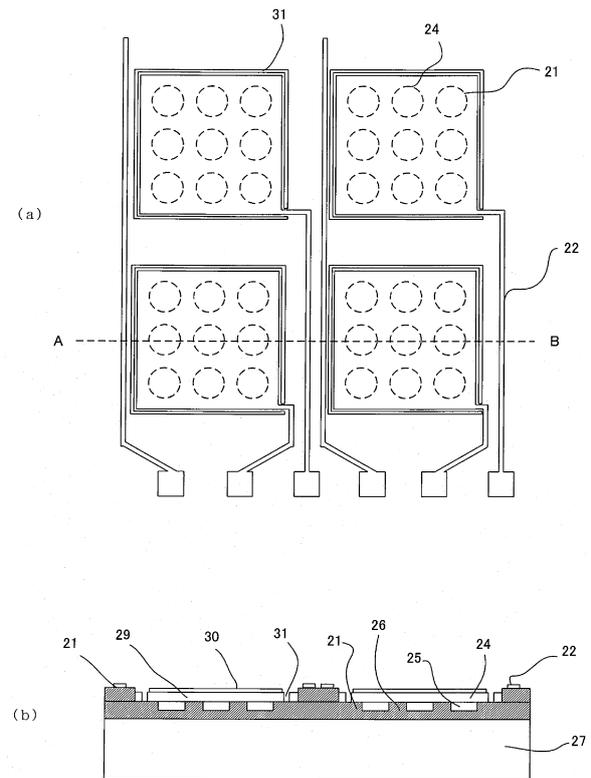
1...セル、4...単結晶シリコン振動膜、5...間隙、6...振動膜支持部、7...シリコン基板(基板)、8...振動膜支持部の厚さ、9...シリコン振動膜を含むシリコン層、10...アルミ薄膜、11...絶縁物、12...引き出し配線、13...絶縁物の厚さ

20

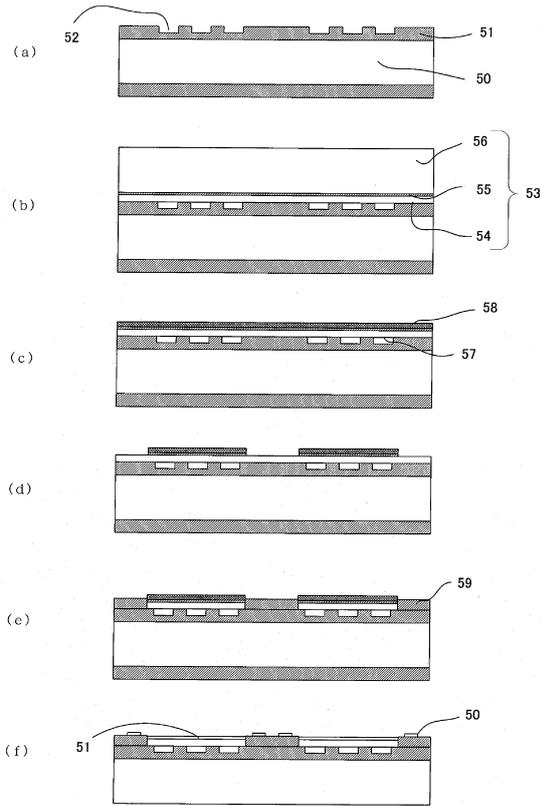
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-027595(JP,A)
特開2010-035156(JP,A)
特表2006-516368(JP,A)
特開2003-153393(JP,A)
特開2010-098454(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 8 1 B	3 / 0 0
B 8 1 C	3 / 0 0
H 0 4 R	1 9 / 0 0
H 0 4 R	3 1 / 0 0