

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4155209号
(P4155209)

(45) 発行日 平成20年9月24日(2008.9.24)

(24) 登録日 平成20年7月18日(2008.7.18)

(51) Int.Cl.		F I			
H03H	9/24	(2006.01)	H03H	9/24	Z
H03H	3/007	(2006.01)	H03H	3/007	M

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-49133 (P2004-49133)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成16年2月25日(2004.2.25)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2005-244406 (P2005-244406A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成17年9月8日(2005.9.8)	(74) 代理人	100086298
審査請求日	平成17年2月4日(2005.2.4)		弁理士 船橋 國則
		(72) 発明者	難波田 康治
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		審査官	佐藤 聡史
		(56) 参考文献	国際公開第01/082479 (WO, A1)
		(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)	H03H 3/007-9/76

(54) 【発明の名称】 マイクロ電気機械システムの共振器およびその製造方法および周波数フィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

信号を入力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、前記入力電極に平衡で信号が入力され、前記出力電極は平衡で信号が出力され、

前記入力電極は第1入力電極と第2入力電極とからなり、

前記出力電極は第1出力電極と第2出力電極とからなり、

前記第1入力電極と前記第1出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

第2入力電極と第2出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相の位置でかつ前記第1入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となるように配置されている

ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器。

【請求項2】

前記第1入力電極、前記第2出力電極、前記第1出力電極、前記第2入力電極の順に配置されている

ことを特徴とする請求項1記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

10

20

【請求項 3】

前記第 1 入力電極、前記第 2 入力電極、前記第 1 出力電極、前記第 2 出力電極の順に配置されている

ことを特徴とする請求項 1 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

【請求項 4】

前記入力電極は複数個の入力電極からなり、

前記出力電極は複数個の出力電極からなり、

前記各入力電極のうちの第 1 入力電極と前記各出力電極のうちの第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

前記各入力電極のうちの第 2 入力電極と前記各出力電極のうちの第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ前記第 1 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置され、

前記入力電極のうち残りの入力電極は前記第 1 入力電極もしくは前記第 2 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相と同位相となるように配置され、

前記出力電極のうち残りの出力電極は前記第 1 出力電極もしくは前記第 2 出力電極の位置における前記振動子の振幅の位相と同位相となるように配置される

ことを特徴とする請求項 1 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

【請求項 5】

信号を入力する入力電極と、

信号を出力する出力電極と、

前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法において、

前記入力電極と前記出力電極とは同時に形成され、

前記入力電極には第 1 入力電極と第 2 入力電極とを形成し、

前記出力電極には第 1 出力電極と第 2 出力電極とを形成し、

前記第 1 入力電極と前記第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

第 2 入力電極と第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ前記第 1 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置される

ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法。

【請求項 6】

信号を入力する入力電極と、

信号を出力する出力電極と、

前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子と

を備えたマイクロ電気機械システムの共振器を備えた周波数フィルタにおいて、

前記入力電極に平衡で信号が入力され、前記出力電極は平衡で信号が出力され、

前記入力電極は第 1 入力電極と第 2 入力電極とからなり、

前記出力電極は第 1 出力電極と第 2 出力電極とからなり、

前記第 1 入力電極と前記第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

第 2 入力電極と第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相の位置でかつ前記第 1 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置されている

ことを特徴とする周波数フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、平衡入力により平衡出力が容易なマイクロ電気機械システムの共振器およびその製造方法および周波数フィルタに関するものである。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

情報通信技術の発展に伴って、近年ネットワークを利用するデバイスの数は飛躍的に増加しており、使い勝手の面からも、無線ネットワーク技術に対する需要が高まっている。

【0003】

無線通信で用いられるRF（ラジオ周波）フロントエンドモジュールには、半導体チップのほかに、RFフィルタ、IF（中間周波）フィルタ用に表面弾性波（SAW）フィルタや誘電体フィルタなど、比較的サイズの大きな部品が存在しており、これらの存在がRFフロントエンドの小型化と低コスト化を阻んできた。これらのフィルタ機能を半導体チップの中に取り込むことが現在求められている。

10

【0004】

半導体プロセス技術を用いて形成された微小振動子は、デバイスの占有面積が小さいこと、高いQ値を実現できること、他の半導体デバイスとの集積が可能であること等の特徴により、無線通信デバイスの中でもIFフィルタ、RFフィルタとしての利用がミシガン大学を始めとする研究機関から提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

【0005】

しかし、これまでに提案され、検証された微小振動子の共振周波数は最高でも200MHzを超えず、従来の表面弾性波（SAW）あるいは薄膜弾性波（FBAR）によるGHz（ギガヘルツ）領域のフィルタに対して、微小振動子の特性である高いQ値をGHz帯周波数領域で提供することは困難となっている。

20

【0006】

現在のところ、一般に高い周波数領域では出力信号としての共振ピークが小さくなる傾向があり、良好なフィルタ特性を得るためには、共振ピークのSN比を向上する必要がある。ミシガン大学の文献（Disk型の例）（例えば、非特許文献1参照）によれば、出力信号のノイズ成分は、入出力電極間に構成される寄生容量を直接透過する信号によっており、この信号を小さくするために、直流（DC）を印加した振動電極を入出力電極間に配置することで、ノイズ成分の低減が図れるとされている。

【0007】

一方でDisk型の振動子で、十分な出力信号を得るには、30Vを超えるDC電圧が必要であるために、実用的な構造としては両持ち梁を用いたビーム型の構造が望ましい。上記のノイズ成分の低減方法をビーム型の構造に対して適用した場合、一例として図9に示すような電極配置となる。

30

【0008】

図9に示すように、シリコン基板上に酸化シリコン膜および窒化シリコン膜の積層膜を形成した基板310上に、離間した状態で入力電極311と出力電極312とが平行に配設され、その上空に微小な空間321を介して上記入力電極311および上記出力電極312を横切るようにビーム型振動子313が配設されているものである。また、図面に示した曲線はビーム型振動子313の振動曲線を示す。

【0009】

このような共振器では、振動子313は2次モードの振動となり、不平衡入力で不平衡出力となる。このような共振器を平衡入力の周波数フィルタに用いた場合、図10に示すように、前段デバイス（例えば集積回路）421からの出力信号（平衡入力）を、周波数フィルタ411にとって不平衡入力とするためのバラン素子431と、周波数フィルタ411の出力段に周波数フィルタ411からの不平衡出力を平衡出力とするためのバラン素子432を接続する必要がある。これによって、周波数フィルタ411に接続されている後段デバイス（例えば集積回路）422に平衡入力信号が入力できるようになる。

40

【0010】

【非特許文献1】フランクDボノン3世（Frank D. Bonnon III）他著 「High-Q HF Microelectromechanical Filters」 I E E E（The Institute of Electrical and Electronics Engineers） JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 35, NO. 4, APRIL 2000年 p

50

. 5 1 2 - 5 2 6

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

解決しようとする問題点は、従来のマイクロ電気機械システムの共振器は、不平衡入力し、不平衡出力するデバイスである点である。現在の通信機器では、集積回路内は平衡信号が主流となっており、従来のMEMS共振器を使うためには、例えばIFフィルタなどへの応用のためには、不平衡平衡変換器(Balun)が必要である点である。これはコストの増加と、サイズの増加を意味し、MEMS共振器の採用を困難にしていた。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器は、信号を入力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、前記入力電極に平衡で信号が入力され、前記出力電極は平衡で信号が出力され、前記入力電極は第1入力電極と第2入力電極とからなり、前記出力電極は第1出力電極と第2出力電極とからなり、前記第1入力電極と前記第1出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、第2入力電極と第2出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相の位置でかつ前記第1入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となるように配置されていることを最も主要な特徴とする。

【0013】

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法は、信号を入力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法において、前記入力電極と前記出力電極とは同時に形成され、前記入力電極には第1入力電極と第2入力電極とを形成し、前記出力電極には第1出力電極と第2出力電極とを形成し、前記第1入力電極と前記第1出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、第2入力電極と第2出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ前記第1入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となるように配置されることを最も主要な特徴とする。

【0014】

本発明の周波数フィルタは、信号を入力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器を備えた周波数フィルタにおいて、前記入力電極に平衡で信号が入力され、前記出力電極は平衡で信号が出力され、前記入力電極は第1入力電極と第2入力電極とからなり、前記出力電極は第1出力電極と第2出力電極とからなり、前記第1入力電極と前記第1出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、第2入力電極と第2出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相の位置でかつ前記第1入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となるように配置されていることを最も主要な特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器(以下MEMS共振器と記す)は、平衡で入力する入力電極と平衡で出力する出力電極とを備えていることから、平衡入力、平衡出力が可能になる。このため、本発明のMEMS共振器を用いている周波数フィルタ、特にRFフィルタやIFフィルタにおいては、従来のビーム式共振器を用いたRFフィルタやIFフィルタで必要であったバラン素子が必要なくなり、回路の単純化、小型化、低コス

10

20

30

40

50

ト化が可能となるという利点がある。

【0016】

また、本発明のMEMSの共振器の製造方法では、入力電極と出力電極とは同時に形成され、入力電極には第1入力電極と第2入力電極とを形成し、出力電極には第1出力電極と第2出力電極とを形成し、第1入力電極と第1出力電極とはそれぞれの位置における振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、第2入力電極と第2出力電極とはそれぞれの位置における振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ第1入力電極の位置における振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となるように配置されることから、MEMSの共振器は各入力電極に対して平衡入力したものは、各出力電極により平衡出力が可能となるものとなる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

平衡入力を平衡出力で出力するという目的を、平衡入力信号を入力する入力電極と平衡出力信号を出力する出力電極とを同位相の位置に配置することで、 balan素子を用いずに実現した。

【実施例1】

【0018】

本発明のMEMS共振器1に係る実施例1を、図1(1)の概略構成断面図および図1(2)の平面レイアウト図によって説明する。

【0019】

20

図1に示すように、表面に絶縁膜52が形成された基板10上には、平衡で信号を入力する第1入力電極11と第2入力電極12および平衡で信号を出力する第1出力電極21と第2出力電極22が、第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21、第2入力電極12の順に並行に、かつ上記第1入力電極11と第1出力電極21のそれぞれの位置における後述する振動子31の振幅の位相が同位相となるように、また上記第2入力電極12と第2出力電極22のそれぞれの位置における振動子31の振幅の位相が同位相となるとともに上記第1入力電極11の位置における振動子31の位相とは180度異なる位相となるような位置に配置されている。

【0020】

また、上記第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21および第2入力電極12を挟むように振動子の電極33、34が形成されている。上記第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21および第2入力電極12上には、空間41を介して対向するように、かつ電極33、34に接続するように振動子31が形成されている。上記第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21および第2入力電極12と、振動子13との間の空間41は、例えば0.1 μ m程度に形成されている。

30

【0021】

このように構成されたMEMS共振器1は、図2に示すような振動曲線を描いて振動子31は3次モードで振動する。この結果、MEMS共振器1は、入力in1から第1入力電極11に平衡で信号を入力し、その入力信号は第1出力電極21から出力out1へ信号を平衡で出力する。同様に、入力in2から第2入力電極12に平衡で信号を入力し、その入力信号は第2出力電極22から出力out2へ信号を平衡で出力する。このように、平衡で入力された信号は平衡で出力される。

40

【実施例2】

【0022】

次に、本発明のMEMS共振器2に係る実施例2を、図3(1)の概略構成断面図および図3(2)の平面レイアウト図によって説明する。

【0023】

図3に示すように、表面に絶縁膜(図示せず)が形成された基板10上には、平衡で信号を入力する第1入力電極11と第2入力電極12および平衡で信号を出力する第1出力電極21と第2出力電極22が、第1入力電極11、第2入力電極12、第1出力電極2

50

1、第2出力電極22の順に並行に、かつ上記第1入力電極11と第1出力電極21のそれぞれの位置における後述する振動子31の振幅の位相が同位相となるように、また上記第2入力電極12と第2出力電極22のそれぞれの位置における振動子31の振幅の位相が同位相となるとともに上記第1入力電極11の位置における振動子31の位相とは180度異なる位相となるような位置に配置されている。

【0024】

また、上記第1入力電極11、第2入力電極12、第1出力電極21および第2出力電極22を挟むように振動子の電極33、34が形成されている。上記第1入力電極11、第2入力電極12、第1出力電極21および第2出力電極22上には、空間41を介して対向するように、かつ電極33、34に接続するように振動子31が形成されている。上記第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21および第2入力電極12と、振動子13との間の空間41は、例えば0.1 μ m程度に形成されている。

10

【0025】

このように構成されたMEMS共振器2は、図4に示すような振動曲線を描いて振動子31は3次モードで振動する。この結果、MEMS共振器1は、入力in1から第1入力電極11に平衡で信号を入力し、その入力信号は第1出力電極21から出力out1へ信号を平衡で出力する。同様に、入力in2から第2入力電極12に平衡で信号を入力し、その入力信号は第2出力電極22から出力out2へ信号を平衡で出力する。このように、平衡で入力された信号は平衡で出力される。

【実施例3】

20

【0026】

上記実施例1および実施例2では4次モードのMEMS共振器を説明したが、本発明のMEMS共振器は、2n次モード(nは2以上の自然数)の振動を得るものともできる。例えば、6次モードの振動を得るMEMS共振器の一例を、図5の概略構成断面図によって説明する。

【0027】

図5に示すように、表面に絶縁膜(図示せず)が形成された基板10上には、平衡で信号を入力する第1入力電極11と第2入力電極12と第3入力電極13と第4入力電極14、および平衡で信号を出力する第1出力電極21と第2出力電極22が、第1入力電極11、第2入力電極12、第1出力電極21、第2出力電極22、第3入力電極13、第4入力電極14の順に並行に、かつ上記第1入力電極11と第1出力電極21と第3入力電極13のそれぞれの位置における後述する振動子31の振幅の位相が同位相となるような位置に、また上記第2入力電極12と第2出力電極22と第4入力電極14のそれぞれの位置における振動子31の振幅の位相が同位相となるとともに上記第1入力電極11の位置における振動子31の位相とは180度異なる位相となるような位置に配置されている。

30

【0028】

また、上記第1入力電極11、第2入力電極12、第3入力電極13、第4入力電極14、第1出力電極21および第2出力電極22を挟むように振動子の電極33、34が形成されている。上記第1入力電極11、第2入力電極12、第3入力電極13、第4入力電極14、第1出力電極21および第2出力電極22上には、空間41を介して対向するように、かつ電極33、34に接続するように振動子31が形成されている。上記第1入力電極11、第1入力電極11、第1出力電極21、第2出力電極22、第3入力電極13および第4入力電極14と、振動子13との間の空間41は、例えば0.1 μ m程度に形成されている。

40

【0029】

このように構成されたMEMS共振器3は、図5に示すような振動曲線を描いて振動子31は6次モードで振動する。この結果、MEMS共振器1は、入力in1から第1入力電極11および第3入力電極13に平衡で信号を入力し、その入力信号は第1出力電極21から出力out1へ信号を平衡で出力する。同様に、入力in2から第2入力電極12

50

および第4入力電極14に平衡で信号を入力し、その入力信号は第2出力電極22から出力out2へ信号を平衡で出力する。このように、平衡で入力された信号は平衡で出力される。

【0030】

2n (nは2以上の自然数とする。) 次の振動モードとなる本発明のMEMS共振器における各入力電極(第1入力電極、第2入力電極、第3入力電極、...) および各出力電極(第1出力電極、第2出力電極、第3出力電極、...) の配置位置は、下記ようになる。

【0031】

第1入力電極は2n個内の奇数番目に配置され、第1入力電極に入力された信号を出力する第1出力電極は2n個内の上記第1入力電極が配置された以外の奇数番目に配置される。また、第2入力電極は2n個内の偶数番目に配置され、第2入力電極に入力された信号を出力する第2出力電極は2n個内の上記第2入力電極が配置された以外の偶数番目に配置される。そして6次モード以上の場合には、さらに第3入力電極以降(第3入力電極、第4入力電極、...) の入力電極は上記第1入力電極と同一位相の場合には2n個内の空いている奇数番目に配置し、上記第2入力電極と同一位相の場合には2n個内の空いている偶数番目に配置し、第3出力電極以降(第3出力電極、第4出力電極、...) の出力電極は上記第1出力電極と同一位相の場合には2n個内の空いている奇数番目に配置し、上記第2出力電極と同一位相の場合には2n個内の空いている偶数番目に配置すればよい。

【0032】

上記説明したように、本発明のMEMS共振器は、入力電極に平衡で信号を入力し、その信号が出力電極から平衡で出力されるように、各入力電極、各出力電極が配置されるものであれば、2n次(nは2以上の自然数)のMEMS共振器とすることができる。このように高次モードのMEMS共振器では、振動子の長さが長くなるので、振動子の加工精度を高めることができる。なお、高次モードのMEMS共振器とするには、振動子やその支持部の耐久性を考慮して入力電極および出力電極の数を決定する必要がある。

【実施例4】

【0033】

次に、本発明のMEMS共振器1に係る製造方法の一例を、図6および図7の製造工程断面図によって説明する。

【0034】

図6(1)に示すように、半導体基板51に絶縁膜52を形成する。半導体基板51には、例えばシリコン基板を用い、絶縁膜52には、例えば窒化シリコン(SiN)膜を用いる。この窒化シリコン膜は、例えば1μmの厚さに形成する。なお、窒化シリコン膜の代わりに酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層膜を用いてもよい。このように基板10は、一例としてシリコン基板51上に絶縁膜52が形成されたものからなる。さらに、絶縁膜52上に電極形成膜53を形成する。この電極形成膜53は、例えばポリシリコン膜で形成され、例えば0.5μmの厚さに形成される。

【0035】

次いで、図6(2)に示すように、レジスト塗布、リソグラフィ技術により入力電極形状および出力電極形状に上記電極形成膜53を加工するためのレジストマスクを形成した後、このレジストマスクを用いたエッチング加工により、上記電極形成膜53〔前記図6(1)参照〕で第1入力電極11と第2出力電極22と第1出力電極21と第2入力電極12とを形成する。同時に、上記電極形成膜53〔前記図6(1)参照〕で振動子の電極33、34も形成する。このとき、上記第1入力電極11と第1出力電極21とはそれぞれの位置における後に形成される振動子の振幅の位相が同位相となる位置に配置されるとともに、上記第2入力電極12と第2出力電極22とはそれぞれの位置における後に形成する振動子の振幅の位相が同位相となる位置でかつ上記第1入力電極11が形成される位置における後に形成する振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となる位置に配置される。例えば、第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21、第2入力電極12の順に形成される。また、上記振動子の電極33、34は、第1入力電極11、第

10

20

30

40

50

2出力電極22、第1出力電極21および第2入力電極12の電極群を、間隔を置いて挟むように形成される。上記第1、第2入力電極11、12、第1、第2出力電極21、22の配置は、入力信号が各入力電極に平衡入力され、出力信号が各出力電極より平衡出力される位置であればよい。

【0036】

次いで、図6(3)に示すように、上記第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21、第2入力電極12および振動子の電極34を被覆する様にかつ上記第1、第2入力電極11、12および第1、第2出力電極21、22よりも厚く犠牲層54を形成する。この犠牲層54は、例えば酸化シリコン膜で形成され、その厚さは例えば0.5 μ mとする。この犠牲層54は、上記絶縁膜52、各電極に対して選択的にエッチングされる材料であればよい。

10

【0037】

次いで、図6(4)に示すように、化学的機械研磨を用いて、上記犠牲層54の表面を平坦化する。このとき、上記第1、第2入力電極11、12上および第1、第2出力電極21、22上に、犠牲層54が薄く残るようにする。この残す厚さは、その後に形成される振動子と上記第1、第2入力電極11、12および第1、第2出力電極21、22との間隔を決定することになるので、その間隔分だけ残す。例えば、第1、第2入力電極11、12上および第1、第2出力電極21、22に犠牲層54が0.1 μ mの厚さだけ残るようにする。同様に、電極33、34上にも犠牲層54が残される。

【0038】

20

次いで、図7(5)に示すように、通常のレジスト塗布、リソグラフィ技術によるエッチングマスクの形成およびそのエッチングマスクを用いたエッチングにより、犠牲層54の一部をエッチング加工して上記電極33、34の一部を露出させる開口部55、56を形成する。

【0039】

次いで、図7(6)に示すように、犠牲膜54が形成されている側の全面に振動子形成膜57を形成する。この振動子形成膜57は、例えばポリシリコン膜で形成し、例えば0.5 μ mの厚さに形成する。

【0040】

次いで、図7(7)に示すように、通常のレジスト塗布、リソグラフィ技術によるエッチングマスクの形成およびそのエッチングマスクを用いたエッチング加工により、振動子形成膜57をエッチング加工してビーム状の振動子31を形成する。この振動子31は、上記開口部55、56を通して電極33、34に接続されている。

30

【0041】

次いで、図7(8)に示すように、ウェットエッチングによって、犠牲層54〔前記図7(7)参照〕をエッチング除去する。ここでは、犠牲層54を酸化シリコンで形成しているので、フッ酸を用いた。この結果、第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21、第2入力電極12の各両側、および第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21、第2入力電極12と振動子31との各間に空間41が形成される。この空間41は、第1入力電極11、第2出力電極22、第1出力電極21および第2入力電極12と振動子14との間の距離が0.1 μ m程度となっている。このようにして、MEMS共振器1が形成される。

40

【0042】

上記製造方法において成膜される各膜の成膜方法は、CVD法、スパッタリング法、蒸着法等を採用することができる。また、上記した各膜厚は適宜設計されるものである。また、上記絶縁膜52の最表面を酸化シリコンで形成し、各電極をポリシリコンで形成した場合には、上記犠牲膜54は窒化シリコンで形成することができる。この場合の犠牲膜54のウェットエッチングは熱リン酸を用いればよい。

【0043】

上記製造方法によれば、平衡入力を平衡出力することができる4次モードのMEMS共

50

振器 1 を得ることができる。

【実施例 5】

【0044】

次に、本発明の MEMS 共振器 2 に係る製造方法は、前記図 6 および図 7 の製造工程断面図によって説明した本発明の MEMS 共振器 1 に係る製造方法において、第 1 入力電極 1 1 はそのまま第 1 入力電極とし、第 2 出力電極 2 2 の位置に第 2 入力電極を形成し、第 1 出力電極 2 1 はそのまま第 1 出力電極とし、第 2 入力電極 1 2 の位置に第 2 出力電極を形成すればよい。その他の工程は、実施例 3 で説明した製造工程と同様である。

【実施例 6】

【0045】

次に、本発明の MEMS 共振器 1 もしくは MEMS 共振器 2 を周波数フィルタに用いた実施例を、図 8 のブロック図によって説明する。

【0046】

上記説明したように、本発明の MEMS 共振器 1 は平衡入力平衡出力となつて出力されるため、この共振器 1 を周波数フィルタに用いた場合、不平衡出力を平衡出力とする平衡素子を用いる必要がない。すなわち、図 8 に示すように、本発明の MEMS 共振器 1 を用いた周波数フィルタ 7 1 によって、前段デバイス（例えば集積回路）8 1 からの出力信号（平衡入力）は平衡出力として出力される。そのため、周波数フィルタ 7 1 に直接、後段デバイス（例えば集積回路）8 2 を接続することができる。

【0047】

上記 MEMS 共振器 2、3 も上記 MEMS 共振器 1 と同様に、前記図 8 によって説明した周波数フィルタに用いることができる。

【0048】

上記各実施例では、第 1 入力電極 1 1、第 2 入力電極 1 2、第 1 出力電極 2 1、第 2 出力電極 2 2、電極 3 4 等の各電極はポリシリコン以外に金属を用いることができる。この金属としては、例えばアルミニウム、金、銅、タングステン等の半導体装置に金属配線として用いる材料を用いることができる。

【産業上の利用可能性】

【0049】

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器およびその製造方法は、周波数フィルタ（RF フィルタ、IF フィルタ等）、発振器等の用途に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図 1】本発明の MEMS 共振器に係る第 1 実施例を示す概略構成断面図である。

【図 2】図 1 に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振動曲線図である。

【図 3】本発明の MEMS 共振器に係る第 2 実施例を示す概略構成断面図である。

【図 4】図 3 に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振動曲線図である。

【図 5】本発明の MEMS 共振器に係る第 3 実施例を示す概略構成断面図である。

【図 6】本発明に係る MEMS 共振器の製造方法の一例を示す製造工程断面図である。

【図 7】本発明に係る MEMS 共振器の製造方法の一例を示す製造工程断面図である。

【図 8】本発明のフィルタの入出力を説明するブロック図である。

【図 9】従来の MEMS 共振器の概略構成断面図である。

【図 10】従来の MEMS 共振器を用いたフィルタの入出力を説明するブロック図である。

【符号の説明】

【0051】

1 ... MEMS 共振器、1 1 ... 第 1 入力電極、1 2 ... 第 2 入力電極、2 1 ... 第 1 出力電極、2 2 ... 第 2 出力電極、3 1 ... 振動子、4 1 ... 空間

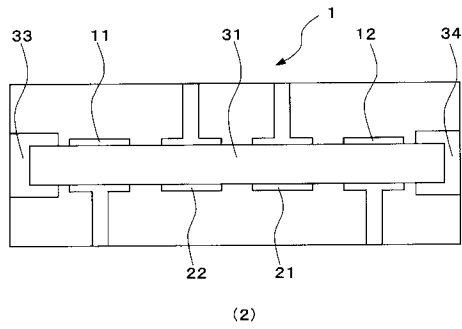
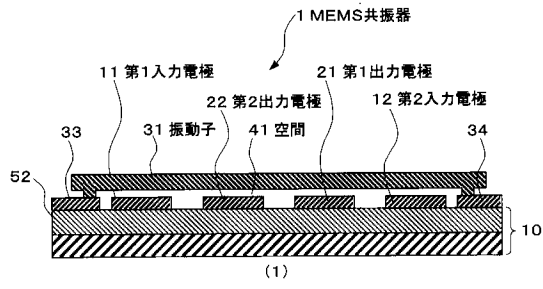
10

20

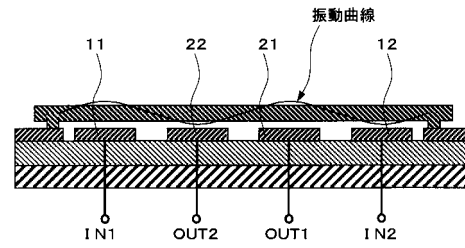
30

40

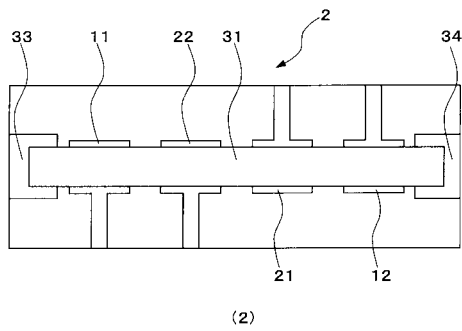
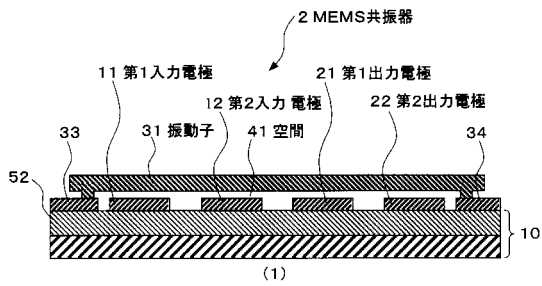
【図1】



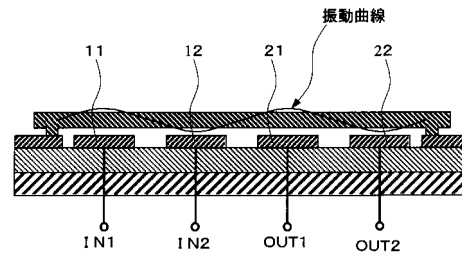
【図2】



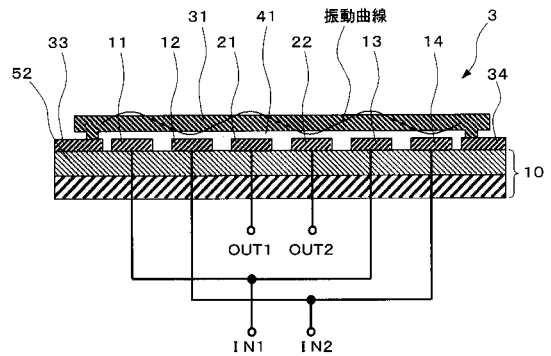
【図3】



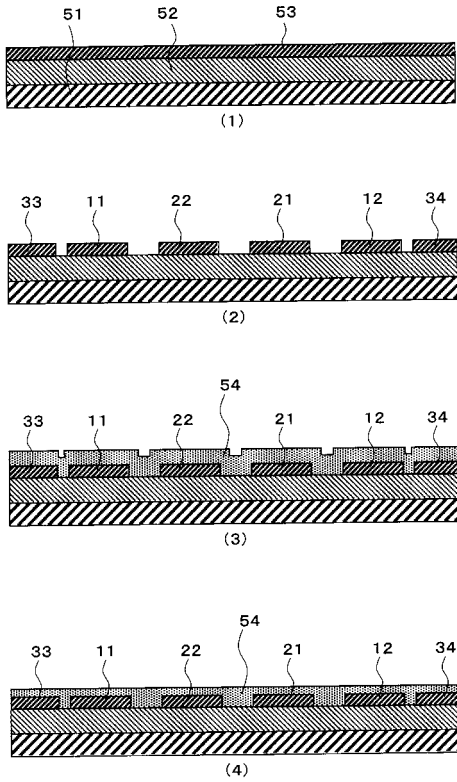
【図4】



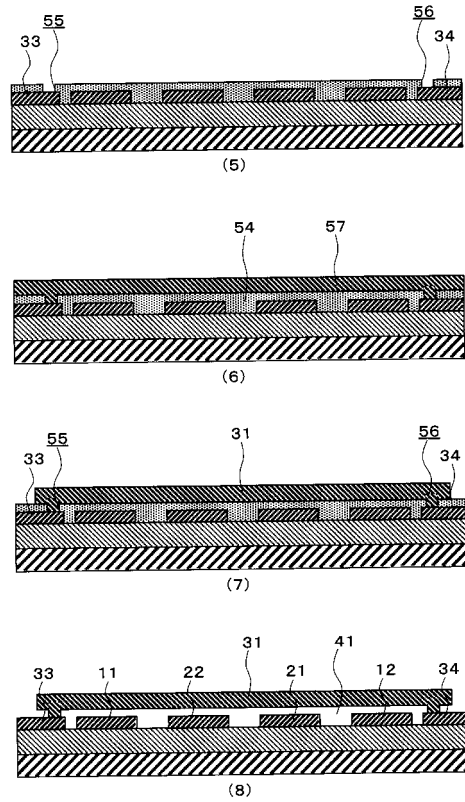
【図5】



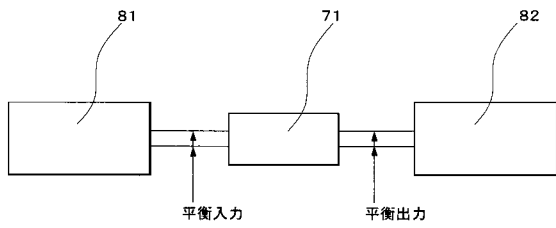
【図6】



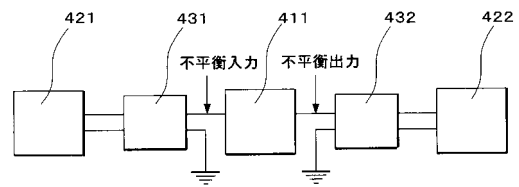
【図7】



【図8】



【図10】



【図9】

