

(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2007-150736  
(P2007-150736A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
H03H	9/24	(2006.01)	H03H	9/24	Z	5J108
B81B	3/00	(2006.01)	B81B	3/00		
H03H	9/46	(2006.01)	H03H	9/46		
H02N	13/00	(2006.01)	H02N	13/00	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2005-342518 (P2005-342518)  
(22) 出願日 平成17年11月28日 (2005.11.28)

(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都港区港南1丁目7番1号  
(74) 代理人 100122884  
弁理士 角田 芳末  
(74) 代理人 100133824  
弁理士 伊藤 仁恭  
(72) 発明者 田中 均洋  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
(72) 発明者 木下 隆  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

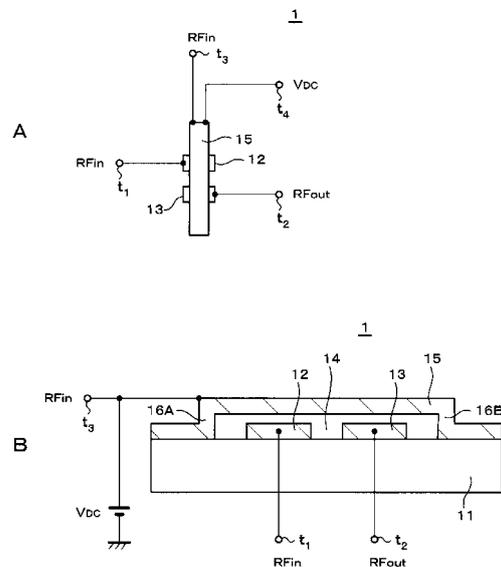
(54) 【発明の名称】 微小電気機械デバイス

(57) 【要約】

【課題】簡単な素子構造で高周波領域の電気信号の加工を行うことができる、微小電気機械デバイスを提供するものである。

【解決手段】基板11上に複数の電極12、13と、この電極12、13に対面して静電駆動で振動する梁15とを有する振動子素子であって、複数の電極12、13と梁15のうちの、何れかの組み合わせに高周波信号の入出力が加えられて成る。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板上に複数の電極と、該電極に対面して静電駆動で振動する梁とを有する振動子素子からなり、

前記複数の電極と前記梁のうちの、何れかの組み合わせに高周波信号の入出力が加えられて成る

ことを特徴とする微小電気機械デバイス。

## 【請求項 2】

前記振動子素子が複数配置され、

前記複数の振動子素子が、前記振動子素子に入力される高周波信号に対して並列に接続されて成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 3】

前記並列接続された振動子素子の共振周波数が、所要の周波数の範囲に分布されて成る

ことを特徴とする請求項 2 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 4】

前記梁に対面して梁を駆動する入力電極が 2 つ以上含むようにして成る

ことを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 5】

前記梁に対面して梁からの出力を取出す出力電極が 2 つ以上含むようにして成る

ことを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 6】

前記梁の、前記電極に対面する部分および該梁への直流電圧印加・信号通過のための配線以外の部分が、絶縁体で形成されて成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 7】

前記振動子素子の出力側に、1 つまたは複数の第 2 の静電駆動型の振動子素子が付加されて成る

請求項 1 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 8】

信号ミキサ・フィルタとして構成されている

ことを特徴とする請求項 1 又は 7 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 9】

前記ミキサ・フィルタは、交流信号入出力端子と前記電極あるいは前記梁との間に、容量を配置して信号を通過させるようにして成る

ことを特徴とする請求項 9 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 10】

前記ミキサ・フィルタは、平衡入力、平衡出力の信号を扱うようにして成る

ことを特徴とする請求項 9 記載の微小電気機械デバイス。

## 【請求項 11】

前記ミキサ・フィルタは、格子形に共振器を接続して、平衡入力、平衡出力の信号を扱うようにして成る

ことを特徴とする請求項 9 記載の微小電気機械デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、静電駆動型の微小電気機械素子（いわゆる振動子素子）を有する微小電気機械デバイスに関する。より詳しくは、機械振動子の共振現象を利用してアナログ電気信号、とりわけ高周波（RF）領域の電気信号を加工する、周波数数変調、フィルタリングを行う、微小電気機械デバイスに関する。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

マイクロマシン(MEMS: Micro Electro Mechanical Systems)技術を用いて作成された微小振動子、例えば静電駆動型のMEMS共振器が知られている。このようなMEMS共振器はミシガン大学を始めとする研究期間から提案されている(非特許文献1参照)。

また、静電駆動型のMEMS共振器を高周波信号の周波数変調に応用する試みもミシガン大学を始めとする研究期間から提案されている(非特許文献2、3参照)。

提案されている周波数変換素子は、縦、あるいは横1次振動モードを用いており、出力が低く、また、形状が複雑のために工業製品としての均質性を保持しつつ生産することは大変な困難を伴う。

10

## 【0003】

【非特許文献1】C. T. Nguyen, Micromechanical components for miniaturized low-power communications (invited plenary), proceedings, 1999 IEEE MTT-S International Microwave Symposium RF MEMS Workshop, June, 18, 1999, pp, 48 - 77

【非特許文献2】A. - C. Wong, H. Ding, and C. T. - C. Nguyen, Microwave mixer + filters Technical Digest, IEEE - IEDM, 1998, PP 47 - 474

20

【非特許文献3】Fang Chen, Jay Brotz, Umut Arslan, Chiung - Cheng Lo, Tamal Mukherjee, Gary K. Fedder, CMOS - MEMS Resonator RF Mixer - Filters IEEE 2005, PP 24 - 27

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

原理研究の立場から提案されている素子、例えば、非特許文献2、3で開示されている素子は、形状が複雑であり、このままのデザインを用いては均質な特性を持つデバイスを安価に生産することは困難である。例えば、1次振動子を用いると、不要信号の透過を防ぐ為に絶縁性の弾性体で連成させた振動子を用いる必要が生ずるが、連成された振動子の共振周波数を正確に一致させることが必要となる。このような素子を均質な性能を有しつつ、大量に作製するには困難が予想され、製造原価の高騰を招く虞れがある。この意味から、工業生産に向く素子の構成方法の案出が要請されている。

30

## 【0005】

また、上記の原理研究の立場から提案されている素子では、出力が低いと予想され、何らかの方法で出力を上げ、この素子の前後段に接地される増幅器の負荷を低減する方策の案出が要請されている。適切な方策があれば、応用製品での性能の向上と共に、製造原価の低減が見込まれるからである。

40

さらに、このような素子が応用される回路と馴染みのよい素子構成の仕方の案出も期待されている。

## 【0006】

本発明は、上述の点に鑑み、簡単な素子構造で高周波領域の電気信号の加工を行うことができる、微小電気機械デバイスを提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明に係る微小電気機械デバイスは、基板上に複数の電極と、該電極に対面して静電駆動で振動する梁とを有する振動子素子からなり、複数の電極と梁のうちの、何れかの組み合わせに高周波信号の入出力が加えられて成ることを特徴とする。

50

## 【 0 0 0 8 】

本発明の微小電気機械デバイスでは、2つの高周波信号の混合を行うことができる。とりわけ、梁で2つの高周波信号の混合がなされ、必要な帯域の信号が選択され、2つの高周波信号の差分の周波数の信号を出力するという、周波数変換とフィルタリングの機能が得られる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明に係る微小電気機械デバイスによれば、簡単な素子構造で高周波領域の電気信号の加工を行うことができる。これにより、回路構成の簡略化ができ、素子の小型化を実現することができる。本発明の微小電気機械デバイスとなる振動子素子を用いることにより、周波数変換とフィルタリングを行う信号ミキサ・フィルタを、小型かつ簡素化された素子で構成することができる。

10

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、静電駆動型の微小電機機械素子、すなわち基板面に垂直な方向に振動面を持つ微小な振動子素子からなり、基板上に2つ以上の複数の電極と、この電極に対面して静電駆動で振動する梁（いわゆるビーム）とを有して、複数の電極および梁のうちの、何れかの組み合わせに高周波信号の入出力を加える、2つの信号入力端子端と1つの信号出力端子を有した構成とする。この構成をとることにより、2つの高周波信号の混合を行うことができる。

20

## 【 0 0 1 1 】

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、上記の微小な振動子素子を複数設置すると共に、振動子素子に入力される高周波信号に対して並列に接続した構成とする。このような構成をとることにより、信号出力を増大させることができる。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、上記の並列に接続された振動子素子の共振周波数を、所要の幅の範囲で分散した構成とする。このような構成を取ることにより、高周波信号を所要の参照信号を用いて周波数変調をかけたときに、元の高周波搬送信号の信号帯域幅に含まれる、取り出したい信号を漏れなく出力信号として取出すことができる。

30

## 【 0 0 1 3 】

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、上記の振動子素子において、梁に対面して梁を駆動する入力電極を2つ以上含むようにした構成とする。この構成をとることにより、振動子素子の入力インピーダンスを下げることができ、前段のアンプとの回路上の整合をとり易くでき、信号出力を大きくできる。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、上記の振動子素子において、梁に対面して梁からの出力を取出す出力電極を2つ以上含むようにした構成とする。この構成をとることにより、振動子素子の出力インピーダンスを下げるができ、後段のアンプとの回路上の整合をとり易くでき、信号出力を大きくできる。

40

## 【 0 0 1 5 】

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、上記振動子素子において、梁の電極に対面する部分および梁への直流電圧印加・信号通過のための配線以外の部分を、絶縁体で形成した構成とする。このような構成をとることにより、不要雑音を低減することができる。

## 【 0 0 1 6 】

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、振動子素子の出力側に1つまたは複数の第2の静電駆動型の振動子素子を付加した構成とする。すなわち、上記の3つの高周波端子を有する微細な振動子素子の出力を入力とする、静電駆動型の微細な1つないし複数の振動子素子を付加し、この2種の微小な振動子素子を構成部分として含むよう

50

にした構成とする。このような構成をとることにより、不要雑音を低減することができる。

**【 0 0 1 7 】**

本発明の他の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、信号ミキサ・フィルタとして構成する。信号キキサ・フィルタとして構成するときは、高周波信号の搬送周波数を低周波に変換すると同時に必要な帯域内の信号のみを選択的に取出すことができ、高周波信号回路の大幅な簡略化を実現できる。

**【 0 0 1 8 】**

上記信号ミキサ・フィルタは、交流信号の入出力端子と電極あるいは梁との間に容量を設けて信号を通過させることにより、静電駆動型デバイスに必須な直流バイアスと信号線路とを電氣的に分離することができ、優れた特性の素子を実現できる。

**【 0 0 1 9 】**

上記ミキサ・フィルタは、平衡入力、平衡出力の信号を扱う。このために格子形に共振器（一群の並列化された振動子素子）を接続して、平衡入力、平衡出力の信号を扱う。このフィルタ回路を用いることにより、帯域透過特性における、対称性のよい周波数依存性を実現できる。

**【 0 0 2 0 】**

本発明の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、高周波信号を処理するための回路モジュール、例えば静電駆動型の微小電気機械素子（いわゆる振動子素子）を含んでなるSoC（システム・オン・チップ）、或いはSiP（システム・イン・パッケージ）等の半導体デバイスにおいて、搬送波信号から所望の信号を選択的に抜き出す回路部を構成することができる。このような構成を採ることにより、優れた性能を有しつつ、小型、省電力の半導体デバイスを顧客に提供することができる。この微小電気機械デバイスの一例として前述した平衡入力、平衡出力の信号を扱う信号ミキサ・フィルタがある。

**【 0 0 2 1 】**

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳述する。

図1～図8に、本発明に係る微小電気機械デバイスの実施の形態の概念図を示す。本発明の微小電気機械デバイスは、マイクロスケール、ナノスケールの振動子素子で構成される。

**【 0 0 2 2 】**

図1A, Bに、本発明に係る第1実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス1は、基板11上に、下部電極となる2つの電極12、13を形成し、この2つの電極12、13に空間14を挟んで対面する静電駆動により振動する振動子、すなわち梁（ビーム）15を配置して成る微小な振動子素子により構成される。梁15はその両端が支持部（いわゆるアンカー部）16〔16A, 16B〕を介して基板11に支持される。この振動子素子は、2次振動モードの振動子素子である。

**【 0 0 2 3 】**

そして、第1実施の形態においては、梁15に、端子t4を通して直流バイアス電圧（以下、DCバイアス電圧という） $V_{DC}$ を印加すると共に、下部電極の一方の電極12と梁15にそれぞれ周波数の異なる高周波信号を入力し、下部電極の他方の電極13から高周波信号を出力するように構成される。すなわち、電極12と梁15のいずれか一方、本例では第1入力端子t1を通して電極12に情報となる高周波信号（RF）が入力され、梁15に第2入力端子t3を通して高周波信号、この場合参照周波数信号（LO）が入力され、電極13に接続される出力端子t2から高周波信号（RF）と参照周波数信号（LO）の差分の周波数の出力信号が出力される。

**【 0 0 2 4 】**

なお、以下の他の実施の形態においても、下部電極の一方の電極と梁のいずれか一方に情報となる高周波信号が入力され、他方に参照周波数信号が入力されることは同様である。

**【 0 0 2 5 】**

10

20

30

40

50

この微小電気機械デバイス1は、後述するように、情報となる入力信号に対して、所望の帯域を選択し且つ周波数変換して出力する、すなわち周波数変調とフィルタリングを行うミキサ・フィルタ機能を有する。

#### 【0026】

基板11は、シリコン基板等の半導体基板の表面に絶縁膜を形成した基板、あるいは絶縁性基板等で形成される。本例では高抵抗シリコン基板の表面に絶縁膜を形成した基板で形成される。下部電極である2つの電極12、13は、例えば多結晶シリコン層、金属層、その他の導電性層、基板の半導体基板に形成した拡散層等で形成される。本例では多結晶シリコンで形成される。梁15は、導電性膜、本例では多結晶シリコン膜で形成される。

10

#### 【0027】

第1実施の形態の微小電気機械デバイス1では、前述のように梁15にDCバイアス電圧 $V_{DC}$ が印加される。第1及び第2の入力端子 $t_1$ 、 $t_3$ を通して下部電極の一方の電極12と梁15から入力された高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)は、梁15で混合され、下部電極の他方の電極13から出力端子 $t_2$ を通して高周波信号が出力される。すなわち、電極12に高周波信号(RF)が入力され、梁15に参照周波数信号(L0)とDCバイアス電圧 $V_{DC}$ とが重畳して印加されることにより、梁15は高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)との差分の周波数で機械的に共振し、その差分周波数の信号が下部電極の他方の電極13から信号線路を通して出力端子 $t_2$ に出力される。なお、梁15はその固有の共振周波数を上記差分周波数に一致するように形成される。

20

#### 【0028】

本実施の形態の微小電気機械デバイス1は、いわゆるミキサ・フィルタ素子として機能する。ここで、ミキサ・フィルタとは、入力した2つの異なる周波数の信号を混合して、別の周波数の信号を出力する素子、すなわち、入力した情報信号のうち、所望の周波数を選択して、周波数変換する(つまり周波数の選択と変換を同時に行う)素子であると定義する。

#### 【0029】

次に、ミキサ・フィルタの原理を説明する。

通常フィルタは、模式的に図18に示すように、入力情報のうち、所望の周波数帯域の情報を切り出して出力する素子である。

30

一方、ミキサ・フィルタは、模式的に図19に示すように、入力情報のうち、所望の周波数帯域の情報を切り出し、同時に帯域の中心周波数をずらして出力する素子である。つまり、所望の周波数 $f(RF)$ と参照周波数 $f(L0)$ との差分の周波数 $f(IF)$ 〔 $f(IF) = f(RF) - f(L0)$ 〕の信号を出力する。

#### 【0030】

MEMSフィルタと比較してMEMSミキサ・フィルタを、より詳細に説明する。図20は、2次高調波振動モードのMEMSフィルタの模式図であり、梁(ビーム)101に対面して下部電極としての入力電極102と出力電極103が設けられる。梁101にDCバイアス電圧 $V_{DC}$ が印加され、入力電極12に高周波信号(RF)が入力されると、梁101には、

40

$$F = (V_{DC} + V_{RF})^2$$

の(静電気)力 $F$ が印加される。

$$F = \dots + |V_{DC}| \times |V_{RF}| \times \cos(\omega_{RF} t) + \dots$$

梁101の共振周波数を高周波(RF)の周波数に等しく選ぶと、梁101は高周波信号(RF)の周波数で共振現象を起こし、出力電極103からその周波数の高周波信号(RF)が出力される。

#### 【0031】

一方、図21は2次高調波振動モードのMEMSミキサ・フィルタの模式図である。構造は前述の図20と同様であり、梁101に対面して下部電極としての入力電極102と出力電極103が設けられる。梁101にDCバイアス電圧 $V_{DC}$ が印加される。入力電

50

極 1 0 2 と梁 1 0 1 に高周波信号 ( R F ) と参照低周波数信号 ( L 0 ) が入力されると、  
梁 1 0 1 には

$$F ( V_{D C} + V_{R F} - V_{L 0} )^2$$

の ( 静電気 ) 力 F が印加される。

$$( V_{D C} + V_{R F} - V_{L 0} )^2 = \dots + | V_{R F} | \times | V_{L 0} | \times \cos ( R F - L 0 ) t + \dots$$

力 F は、高周波信号 ( R F ) と参照低周波信号 ( L 0 ) の差分周波数で印加される力を含んでいる。梁 1 0 1 の固有な共振周波数を差分周波数に等しく選ぶと、梁 1 0 1 は差分信号周波数で共振現象を起こし、下部電極 1 0 3 からその差分周波数信号 ( I F ) が出力される。

10

#### 【 0 0 3 2 】

上述の第 1 実施の形態においては、電極 1 2 に高周波信号 ( R F ) を、梁 1 5 に参照周波数信号 ( L 0 ) を、梁 1 5 に D C バイアス電圧を、それぞれ印加する。梁 1 5 の 2 次モード共振周波数が差分周波数 ( R F - L 0 ) に一致するように設計されているので、梁 1 5 の振動に見合う周波数 ( 上記差分周波数 ) の信号 ( I F ) が下部電極 1 3 より出力される。

#### 【 0 0 3 3 】

第 1 実施の形態に係る微小電気機械デバイス 1、すなわち振動子素子によれば、2 つの高周波信号の混合を行うことができ、出力として 2 つの高周波信号の差分の周波数の信号を取出すことができる。この振動子素子は、いわゆるミキサ・フィルタ機能を有する。本実施の形態では、1 つの微小電気機械デバイスでミキサ・フィルタ機能を持つ回路構成を構成することができ、高周波回路の大幅な簡略化を実現できる。

20

#### 【 0 0 3 4 】

図 2 A, B に、本発明に係る第 2 実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス 2 は、図 1 の微小電気機械デバイス ( 振動子素子 ) 1 を複数並列に接続して並列化した振動子素子により構成される。すなわち、本振動子素子 2 は、同一基板 1 1 に複数の振動子素子 1 を各梁 1 5 が平行になるように配列し、各振動子素子 1 の対応する下部電極となる電極 1 2 同志、電極 1 3 同志をそれぞれ共通に接続して構成される。各梁 1 5 は共通接続されて第 2 入力端子 t 3 と D C バイアス電圧  $V_{D C}$  の供給端子 t 4 が導出される。共通の一方の電極 1 2 からは第 1 入力端子 t 1 が導出され、共通の他方の電極 1 3 から出力端子 t 2 が導出される。この微小電気機械デバイス 2 も、前述と同様に 2 次振動モードの振動子素子である。

30

#### 【 0 0 3 5 】

第 2 実施の形態の微小電気機械デバイス 2 では、第 1 実施の形態と同様に、例えば下部電極の一方の電極 1 2 と梁 1 5 に高周波信号 ( R F ) と参照周波数信号 ( L 0 ) が入力され、この入力された高周波信号 ( R F ) と参照周波数信号 ( L 0 ) が梁 1 5 で混合され、高周波信号 ( R F ) と参照周波数 ( L 0 ) との差分周波数の信号が下部電極の他方の電極 1 3 から出力される。

#### 【 0 0 3 6 】

第 2 実施の形態に係る微小電気機械デバイス 2、すなわち並列化した振動子素子によれば、前述と同様に、2 つの高周波信号の混合を行うことができ、出力として 2 つの高周波信号の差分の周波数の信号を取出すことができる。この振動子素子は、いわゆるミキサ・フィルタ機能を有する。本実施の形態では、1 つの微小電気機械デバイスにミキサ・フィルタ機能を持つ回路構成を簡略化することができ、高周波回路の大幅な簡略化を実現できる。

40

そして、複数の振動子素子を並列化した構成であるので、信号出力を増大させることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

上述の第 2 実施の形態において、並列接続した複数の振動子素子 1 の各梁 1 5 の共振周波数を、所要の周波数の範囲に分布するようにした構成とすることができる。すなわち、

50

図10に示すように、1つの振動子素子1の共振ピークP1と反共振ピークP2間の幅wの範囲内で、各梁15の共振周波数を僅かずつ違えるようにする。

このような構成とすることにより、高周波信号を所要の参照周波数信号で周波数変調をかけたときに、元の高周波搬送信号の信号帯域幅に含まれる、取り出したい信号を漏れなく出力信号として取出すことができる。

#### 【0038】

図3A, Bに、本発明に係る第3実施の形態を示す。本実施の形態の微小電気機械デバイス3は、3次振動モードの振動子素子で構成した場合である。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス3は、基板11上に下部電極として3つの電極21、22、23を例えば等間隔に形成し、3つの電極21~23に対面するように空間14を挟んで静電駆動で振動する梁15を配置して成る振動子素子25を、複数並列に接続して並列化した振動子素子により構成される。すなわち、本振動子素子3は、同一基板11に複数の3次振動モードの振動子素子25を各梁15が平行するように配列し、各振動子素子25の対応する下部電極となる電極21同志、電極22同志、電極23同志をそれぞれ共通に接続して構成される。各梁15は共通接続されて第2入力端子t3とDCバイアス電圧 $V_{DC}$ の供給端子t4が導出される。共通接続された電極21同志と電極23同志は共通接続されて第1入力端子t1が導出される。共通接続された電極22同志からは出力端子t2が導出される。

10

#### 【0039】

第3実施の形態の微小電気機械デバイス3では、前述と同様に、例えば下部電極の電極21および23に入力された高周波信号(RF)と梁15から入力された参照周波数信号(L0)とが、梁15で混合され、高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)との差分周波数の信号が下部電極の電極22から出力される。

20

#### 【0040】

第3実施の形態に係る微小電気機械デバイス3、すなわち並列化された振動子素子によれば、前述と同様に、2つの高周波信号の混合を行うことができ、出力として2つの高周波信号の差分の周波数の信号を取出すことができる。この振動子素子は、いわゆるミキサ・フィルタ機能を有する。本実施の形態では、1つの微小電気機械デバイスにミキサ・フィルタ機能を持つ回路構成を簡略化することができ、高周波回路の大幅な簡略化を実現できる。

30

そして、複数の振動子素子を並列化した構成であるので、信号出力を増大させることができる。

また、梁15に対面して振動子素子を駆動する入力側電極として2つの電極21、23を形成した構成であるので、振動子素子の入力インピーダンスを下げることができ、前段のアンプとの回路上の整合をとり易くでき、信号出力を大きくすることができる。

#### 【0041】

図3の並列化した振動子素子構造において、下部電極の電極22を入力とし、電極21、23を出力とし、その他は図3と同様にした構成とすることもできる。この場合は、出力電極が2つの電極21、23で構成されるので、本振動子素子の出力インピーダンスを下げることができ、後段のアンプとの回路上に整合をとり易くでき、信号出力を大きくできる。その他、図3と同様の作用、効果を奏する。

40

#### 【0042】

図4A, Bに、本発明に係る第4実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス4は、図2の構成において、さらに各梁15の2次振動モードの節に当たる部分(梁15の両端側の部分)を共通のアンカー部27で連結して構成される。その他の構成は図2と同様である。

#### 【0043】

第4実施の形態に係る微小電気機械デバイス4によれば、複数の振動子素子の梁がアンカー部27で連結されるので、各梁15を連結することで梁のあいだで振動エネルギーの伝達が成され易くなり、振動群の集団的共振による効果を出力として取り出すことができ

50

る。その他、図2と同様の作用、効果を奏する。

【0044】

図5A, Bに、本発明に係る第5実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス5は、図3の構成において、さらに各梁15の3次振動モードの節の部分、共通のポスト部27(梁15の中央)と両端側の部分で連結して構成される。その他の構成は図3と同様である。

【0045】

第5実施の形態に係る微小電気機械デバイス5によれば、複数の振動子素子の梁がポスト部27で連結されるので、各梁15の振動を揃えることができ、全体的に共振し易くなる。その他、図3と同様の作用、効果を奏する。また、ポストを設けることで長い梁の製作が、電極と梁との犠牲層の形成過程での貼り付きを抑制できることから、容易となる。

10

【0046】

本発明の他の実施の形態の微小電気機械デバイスとしては、図示しないが、4次以上の高次振動モードの微小電気機械デバイスを構成することも可能である。この場合、それぞれの高次振動モードに応じて、下部電極の入力電極を2つ以上含むように構成することができる。また、下部電極の出力電極を2つ以上含むように構成することができる。

【0047】

本発明の他の実施の形態の微小電気機械デバイスとしては、図11に示すように、その振動子素子の梁15の下部電極12, 13に対面する部分、及び梁15へのDCバイアス電圧印加・信号透過のための配線以外の部分を絶縁体101で形成して構成することができる。本例では梁15の下部電極12及び13間に対応する中央部分を絶縁体101で形成して構成される。DCバイアス電圧 $V_{DC}$ は、絶縁体101で分離された両梁部分15a, 15bに印加するようになされる。この構成を採ることにより、実効的に容量として働く梁15は下部電極12, 13と対面する部分の梁15a, 15bである。それ以外の梁の部分は絶縁体101で形成されるので、余計な浮遊容量が低減し、不要雑音が低減し、例えば共振器に適用した場合に、共振器としての能率を向上することができる。また、入力高周波信号、参照高周波信号の出力電極への通りぬけを抑制することができるので出力ミキサ・フィルタ信号の信号/雑音比を改善することができる。

20

【0048】

図6に、本発明に係る第6実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス6は、2つの2次振動モード振動子素子31および32を直列化して構成される。第1の振動子素子31は、基板上に下部電極となる2つの電極12a, 13aを形成し、これら2つの電極12a, 13aに対面するように空間を挟んで梁15aを形成して構成される。第2の振動子素子32も同様の構成を採り、共通の基板上に下部電極となる2つの電極12b, 13bを形成し、これら2つの電極12b, 13bに対面するように空間を挟んで梁15bを形成して構成される。そして、両振動子素子31, 32のそれぞれ対応する電極13a, 13bを互いに接続して、微小電気機械デバイス6となる振動子素子が構成される。

30

【0049】

第1の振動子素子31では、一方の電極12aが入力電極となり電極12aから第1入力端子t1が導出され、梁15から第2入力端子t3が導出される。他方の電極13aは出力電極となる。第1入力端子t1と第2入力端子t3には前述と同様に、互いに異なる周波数の高周波信号が入力されるようになされる。

40

第2の振動子32では、一方の電極12bが出力電極となり、電極12bから出力端子t2が導出される。第1の振動子素子31の出力電極13aに接続された他方の電極13bは入力電極となる。

また、第1及び第2の振動子素子31及び32の梁15a, 15bは共通に接続されて、DCバイアス電圧 $V_{DC}$ の供給端子t4が導出される。また、第1の振動子素子31と第2の振動子素子32の梁15a, 15bは、その固有の共振周波数を後述する差分周波数に一致するように形成される。

50

## 【0050】

第6実施の形態の微小電気機械デバイス6では、第1の振動子素子31において、前述と同様に、例えば下部電極の入力電極12aと梁15aに高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)が入力され、この入力された高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)が梁15aで混合され、梁15aの共振を経て下部電極の出力電極13aから出力される。この出力された信号は、第2の振動子素子32の下部電極である入力電極13bに入力され、梁15bの共振を経て出力電極12bを通して出力される。すなわち、第1の振動子素子31において、梁15aが高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)の差分周波数の信号が電極13bから出力され、この出力信号が第2の振動子素子32に入力されて、梁15bが共振し、電極13bから上記差分周波数の信号が出力される。

10

## 【0051】

第6実施の形態に係る微小電気機械デバイス6によれば、ミキサ・フィルタ機能を有する第1の振動子素子31と、フィルタ機能を有する第2の振動子素子32を直列化して構成されるので、不要雑音を低減することができる。また、入力高周波信号、参照高周波信号の出力電極への通りぬけを抑制することができるので出力ミキサ・フィルタ信号の信号/雑音比を改善することができる。その他、図1で説明したと同様の作用、効果を奏する。

なお、図6では第1の振動子素子31の後段に1つの第2の振動子素子32を付加したが、第2の振動子素子32として複数の振動子素子を直列化、すなわち、順次、前段振動子素子の出力電極を後段振動子素子の入力電極に接続するようにして、複数段の振動子素子で構成することもできる。

20

## 【0052】

図7に、本発明に係る第7実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス7は、2種の振動子素子、すなわち2次モード振動を用いる振動子素子31および1次モード振動を用いる振動子素子33を直列化して構成される。第1の振動子素子の31は、基板上に下部電極となる2つの電極12a, 13aを形成し、これら2つの電極12a, 13aに対面するように空間を挟んで梁15aを形成して構成される。第2の振動子素子33は、共通の基板上に1つの下部電極12cと、この下部電極12cに対面するように空間を挟んで梁15cを形成して構成される。そして、振動子素子31の電極13aと振動子素子33の電極12cを接続して、微小電気機械デバイス7となる振動子素子が構成される。

30

## 【0053】

第1の振動子素子31では、一方の電極12aが入力電極となり電極12aから容量C1を経て第1入力端子t1が導出され、梁15aから容量C3を経て第2入力端子t3が導出される。他方の電極13aは出力電極となる。第1入力端子t1と第2入力端子t3には前述と同様に、互いに異なる周波数の高周波信号が入力されるようになされる。

第2の振動子素子33では、下部電極12cが入力電極となり、梁15cが出力電極となり、出力端子t2との間に容量C2が接続される。

また、第1及び第2の振動子素子31及び33の梁15a, 15cは共通に接続されて、DCバイアス電圧 $V_{DC}$ の供給端子t4, t4'が導出される。第1の振動子素子31と第2の振動子素子33の梁15a, 15cは、その固有の共振周波数を後述する差分周波数に一致するように形成される。

40

## 【0054】

第7実施の形態の微小電気機械デバイス7では、第1の振動子素子31において、前述と同様に、例えば下部電極である電極12aと梁15aに高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)が入力され、この入力された高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)が梁15aで混合され、梁15aの共振を経て出力電極13aから出力される。この出力された信号は、第2の振動子素子33の下部電極である入力電極12cに入力され、梁15cの共振を経て梁15cから出力される。すなわち、第1の振動子素子31において、梁15aが高周波信号(RF)と参照周波数信号(L0)の差分周波数の信号が電極1

50

3 a から出力され、この出力信号が第 2 の振動子素子 3 3 の下部電極 1 2 c に入力されて、梁 1 5 c が共振し、梁 1 5 c から上記差分周波数の信号が出力される。

【 0 0 5 5 】

第 7 実施の形態に係る微小電気機械デバイス 7 によれば、ミキサ・フィルタ機能を有する第 1 の振動子素子 3 1 と、フィルタ機能を有する第 2 の振動子素子 3 3 を直列化して構成されるので、入力高周波信号、参照高周波信号の出力電極への通りぬけを抑制することができ、出力ミキサ・フィルタ信号の信号 / 雑音比を改善することができる。また、容量 C 1、C 3 は梁 1 5 a の共振周波数領域の信号 ( 雑音 ) を抑制する、と同時に DC 電流が高周波線路に漏洩するのを阻止する。容量 C 2 は、高周波線路への DC 電流の漏洩を阻止し、低周波領域の信号 ( 雑音 ) を抑制する。このように、振動子素子の直列化と高周波線路への容量の挿入により不要雑音の抑制が実現できる。その他、図 1 で説明したと同様の作用、効果を奏する。

10

なお、図 7 では第 1 の振動子素子 3 1 の後段に 1 つの第 2 の振動子素子 3 3 を付加したが、第 2 の振動子素子 3 3 として複数の振動子素子を直列化、すなわち、順次、前段振動子素子の出力電極を後段振動子素子の入力電極に接続するようにして、複数段の振動子素子で構成することもできる。

【 0 0 5 6 】

図 8 に、本発明に係る第 8 実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小電気機械デバイス 8 は、前述した微小電気機械デバイス、すなわちミキサ・フィルタ機能を持つ振動子素子を用いてフィルタを構成した例である。本実施の形態のミキサ・フィルタ 8 は、平衡入力、平衡出力の信号を扱うフィルタであって、前述の振動子素子、好ましくは一群の並列化された振動子素子による共振器を格子型に接続して、平衡入力、平衡出力の信号を扱うフィルタに構成される。

20

【 0 0 5 7 】

格子型に共振器を接続したフィルタは、ラティス型フィルタと呼ばれる。ラティス型フィルタは、共振周波数の異なる 2 種類の共振器を用いて構成されるもので、図 9 の等価回路で示すように、2 つの信号線路 4 1 と 4 2 の夫々に高い共振周波数を持つ共振器 4 3、4 4 が接続され、信号線路 4 1 側の共振器 4 3 の入力側と信号線路 4 2 の共振器 4 4 の出力側との間と、信号線路 4 2 側の共振器 4 4 の入力側と信号線路 4 1 側の共振器 4 3 の出力側との間に、夫々同じ低い共振周波数を持つ共振器 4 5、4 6 が接続されて成る。信号線路 4 1 の入力端と信号線路 4 2 の入力端に夫々 1 8 0 ° 位相が異なる信号が入力されるようになされる。

30

【 0 0 5 8 】

すなわち、本実施の形態に係る微小電気機械デバイス、いわゆるミキサ・フィルタ 8 は、共振周波数の異なる 2 種類の振動子素子として、例えば図 6 に示す振動子素子 6 による高い共振周波数を持つ 2 つの共振器 4 3、4 4 と、同じく振動子素子 6 による低い共振周波数を持つ 2 つの共振器 4 5、4 6 を、共通の基板上に配列形成して構成される。この例では、高い共振周波数を持つ 2 つの共振器 4 3 と 4 4 の間に、低い共振周波数を持つ 2 つの共振器 4 5、4 6 が、その梁 1 5 の延長方向に沿って配列形成される。

【 0 0 5 9 】

そして、共振器 4 3 を構成する並列化した振動子素子 6 の入力側の下部電極 1 2 a と出力側の下部電極 1 2 b が信号線路 4 1 に接続される。同様に、共振器 4 4 における振動子素子 6 の入力側の下部電極 1 2 a と出力側の下部電極 1 2 b が信号線路 4 2 に接続される。また、信号線路 4 1 と 4 2 の間をたすき掛けするように、共振器 4 5 における振動子素子 6 と共振器 4 6 における振動子素子 6 が接続される。

40

【 0 0 6 0 】

t 1 1 及び t 1 2 は信号線路 4 1 側の入力端子及び出力端子、t 1 3 及び t 1 4 は信号線路 4 2 側の入力端子及び出力端子、t 1 5、および t ' 1 5 はそれぞれ信号線路 4 1 側、4 2 側の参照高周波信号用の入力端子、t 1 6 および t ' 1 6 は DC バイアス電圧  $V_D$  の供給端子である。

50

## 【0061】

各共振器43～46における梁15a同志、梁15b同志は、高周波信号が漏洩しないように抵抗Rを介して共通に接続され、夫々にDCバイアス電圧 $V_{DC}$ が印加される。共振器43～46におけるミキシングするための前段の振動子素子31の梁15aには入力端子t15から参照周波数信号(L0)が入力される。また、信号線路41に接続された共振器43と、信号線路42に接続された共振器44における入力側の電極12aには、それぞれ180°位相を異にした高周波信号(RF)が入力される。

## 【0062】

ここで、参照周波数信号(L0)の入力端t15と梁15aとの間には、DCバイアス電圧 $V_{DC}$ が入力端t15側に漏洩しないように容量C1が接続される。また、高周波信号の入力端子t11、t13と入力側の電極12a、12aの間には、差分周波数と同じ周波数信号(実質的なノイズ)の入力を抑制し、DC電流の入力端子側への漏洩を阻止するための容量C2が接続される。さらにまた、高周波信号の出力端子t12、t14と出力側の電極12b、12bの間には、DC電流の出力端子への漏洩を阻止するための容量C3が接続される。ノイズ阻止のために、インダクタンスLと容量CとによるLC回路を接続してもよい。

## 【0063】

第8実施の形態に係る微小電気機械デバイス8によれば、信号ミキサ・フィルタとして構成されるので、高周波信号(RF)の搬送周波数を低周波に変換すると同時に必要な帯域内の信号のみを取出すことができ、高周波信号回路の大幅な簡略化を実現できる。

この信号ミキサ・フィルタ8は、交流信号入出力端子と電極12a、12bあるいは梁15aとの間に容量C1、C3、あるいはC2を設けて信号を通過させることにより、静電駆動型のデバイスに必要なDCバイアスと信号線路とを電氣的に分離することができ、優れた特性の信号ミキサ・フィルタが実現できる。

信号ミキサ・フィルタとして、平衡入力、平衡出力の信号を扱うラティス型フィルタ回路を用いることにより、帯域透過特性における対称性のよい周波数依存性を実現することができる。

以上に説明した図においてはDC給電線路の詳細は示されていないが、DC給電線路にはDC電流が選択的に流れるよう、工夫が成されているものとする。

## 【0064】

本発明に係る微小電気機械デバイスの他の実施の形態としては、図示しないが、上述した各微小電気機械デバイスを構成する振動子素子をパッケージ処理して構成することが好ましい。例えば、振動子素子を形成した半導体ウェハに対する、別の半導体ウェハの接合を含む一連の加工工程において振動子素子をパッケージ処理することができる。パッケージ処理は、その他の各種のパッケージ処理を用いることができる。

また、パッケージ処理が成された後の振動子素子を、水分あるいは有極性の分子を可能な限り除去した雰囲気を取り囲むようにすることが好ましい。

## 【0065】

このようにパッケージ処理した構成とすることにより、振動子素子の性能維持に必要な雰囲気を確保することができ、安価に信頼性の高い製品を製造することができる。

また、振動子素子を取り囲む雰囲気をより低い雰囲気圧力にすれば、より高いQ値の振動子素子を得ることが可能になる。

## 【0066】

次に、図12～図18を参照して、上述した微小電気機械デバイス、特に1つの振動子素子の部分の製造方法の一実施の形態を説明する。工程の仕様は、通常のCMOS作製プロセスで用いられるものと同様である。

## 【0067】

まず、図12に示すように、高抵抗のシリコン基板51の表面に、酸化シリコン薄膜(HDP膜: High Density Plasma酸化膜)と窒化シリコン膜との所要膜厚の複合膜52を成膜する。複合絶縁膜52の膜厚は、本例ではトータルで200nm

10

20

30

40

50

とする。続けて、複合絶縁膜 5 2 上に導電性を有する多結晶シリコン薄膜 ( P D A S : P h o s p h o r u s d o p e d a m o r p h o u s s i l i c o n ) 5 3 を所要膜厚に成膜する。多結晶シリコン薄膜 5 3 の膜厚は、本例では 3 8 0 n m とする。

【 0 0 6 8 】

次に、図 1 3 に示すように、多結晶シリコン薄膜 5 3 上に下部電極、配線層となる梁を固定する台を成す形状のレジストマスク ( 図示せず ) を形成し、ドライエッチング法により多結晶シリコン薄膜 5 3 の不要部分を除去して、多結晶シリコン薄膜による下部電極 5 4、5 5 と梁の固定台 ( 配線層を兼ねる ) 5 6 [ 5 6 A , 5 6 B ] とを形成する。

【 0 0 6 9 】

次に、図 1 4 に示すように、下部電極 5 4、5 5 および梁の固定台 5 6 を犠牲層 ( 例えば、酸化シリコン薄膜 ( H D P 膜 ) ) 5 7 で埋め戻し、化学機械研磨法 ( C M P : C h e m i c a l M e c h a n i c a l P o l i s h i n g ) により犠牲層 5 7 を平坦化し、下部電極 5 4、5 5、固定台 5 6 の面を露出させる。

【 0 0 7 0 】

次に、図 1 5 に示すように、平坦化した薄膜上に、電極 5 4、5 5 と後で形成する梁との間隔に応じた厚さの犠牲層 5 8 を形成する。この犠牲層 5 8 は、例えば酸化シリコン薄膜 ( L P - T E O S : L o w P r e s s u r e T e t r a e t h o x y S i l a n e ) 5 8 を形成することができる。この犠牲層 5 8 の膜厚は、本例では 5 0 n m 程度とする。

【 0 0 7 1 】

次に、図 1 6 に示すように、酸化シリコン薄膜 5 8 に対して梁と固定台 5 6 [ 5 6 A , 5 6 B ] とを繋ぐ貫通孔 6 0 [ 6 0 A , 6 0 B ] を例えばドライエッチング法により形成する。

【 0 0 7 2 】

次に、図 1 7 に示すように、貫通孔 6 0 内を含み酸化シリコン薄膜 5 8 上に多結晶シリコン薄膜 ( P D A S ) 6 1 を所望膜厚になるまで成膜した後、例えばドライエッチング法によりパターンニングして梁 ( ビーム ) 6 2 を形成する。この梁 6 2 の両端は、支持部 6 3 [ 6 3 A , 6 3 B ] を介して固定台 5 6 [ 5 6 A , 5 6 B ] に固定される。

【 0 0 7 3 】

次に、図示しないが、基板の他部の積層膜 5 2 上に配線、パッドとなる例えば A l - S i 薄膜を形成し、この A l - S i 薄膜上に配線、パッドに対応したパターンのレジストマスクを形成する。そして、エッチング処理して、例えばフッ化水素の溶液を用いて、不要な A l - S i 薄膜、及び犠牲層 5 7、5 8 を選択的に除去する。これにより、図 1 8 に示すように、下部電極 5 4、5 5 と梁 6 2 間に所望の間隔、本例では 5 0 n m 程度の間隔の空間 6 4 が形成され、目的の微小な振動子素子 6 5 を得る。

【 0 0 7 4 】

一具体例として、上記振動子素子 6 5 の概略寸法を図 1 8 に示す。2 次の高調波が励振された時の共振周波数がおよそ 1 0 0 M H z とするように設計されている。試作した振動子素子 6 5 の、梁 6 2 の長さは 1 3 . 2  $\mu$  m、下部電極 5 4、5 5 間隔は 2  $\mu$  m、梁の長さ方向の電極 5 4、5 5 の幅は 4  $\mu$  m である。

【 0 0 7 5 】

上記と同等の工程を経て第 2 の実施の形態、図 2 に対応して、共振周波数が 5 2 . 7 M H z とするように設計した振動子素子を 3 6 0 個並列接続 ( 1 2 行、3 0 列に配置 ) した微小電気機械デバイスを作製した。このデバイスに電力を投入し、スペクトラムアナライザを用いて出力信号を評価した。図 2 3 は出力スペクトルの一例を示す。測定は 1 気圧の窒素雰囲気中で成された。

この例では、t 1 に印加する R F 信号にはネットワークアナライザからのサイン波を用いた。R F 周波数は 1 2 0 M H z - 1 6 0 M H z の間で周期的に走査した。信号強度は 0 d B m である。t 3 に印加する参照信号 L 0 には、信号発生器からのサイン波を用いた。参照信号の周波数は 9 0 M H z、信号強度は + 3 d B m である。t 4 には、D C バイアス

10

20

30

40

50

電圧 - 4 . 5 V を印加した。

【 0 0 7 6 】

結果として、出力端子 t 2 には、ピーク周波数 = 5 2 . 7 M H z 、ピーク値 = - 5 0 d B m 、雑音レベル = - 6 6 d B m 、ピーク幅 ( ピーク値 - 3 d B m での ) = 0 . 4 M H z ( 実行的な Q 値は 1 2 5 となる ) の出力信号が得られた。この結果から、上記ピーク値に対応する ( I F / R F 透過 S パラメータが略 - 5 0 d B である ) 。

出力レベルの増大は、デバイスを構成する振動子素子の Q 値、D C バイアス電圧、参照 R F 信号電力を上げることにより、実現することができる。出力信号における帯域の更なる制限、フィルタリング形状の改善が成されたミキサ・フィルタは、例えば、図 8 に記載したように振動子素子を格子型に接続する ( ラティス型の接続する ) ことにより実現できる。

10

上記の微小電気機械デバイスが商品に応用される場合、R F 信号強度は、外部からの入力に対応し、L O 信号及び D C バイアス電圧は、このミキサ・フィルタに付置される信号発生器及び電源から供給される。また、出力信号強度は、C M O S 集積回路を用いて増幅される。従って、商品設計にあたっては、増幅後の信号強度から逆算して、微小電気機械デバイスの振動子素子の構造、その並列数、Q 値 ( 雰囲気圧力に依存する ) 、バイアス電圧の値、L O 信号強度、C M O S 集積回路の増幅度が決められる。

【 0 0 7 7 】

上述の実施の形態に係る微小電気機械デバイスは、振動子素子を用いて信号ミキサ・フィルタ及びそれらが含まれる S o C ( システム・オン・チップ ) デバイスマジュール、S i P ( システム・イン・パッケージ ) デバイスマジュール等の半導体デバイスとして構成することができる。

20

【 0 0 7 8 】

上述した本発明の実施の形態に係る微小電気機械デバイスを用いることにより、例えば高周波信号の混合を行うことができる。インダクタ、ダイオードなどの部品が不要となるので回路の簡略化ができ、素子の小型化が実現できる。

振動子素子の梁に印加する D C バイアス電圧の印加のみ ( 電流は殆ど流れない ) で機能の実現ができるので、従来の回路構成による素子に比較すれば、消費電力は低減される。

【 0 0 7 9 】

上述した本発明の実施に係る形態の振動子素子が並列化した微小電気機械デバイスを用いることにより、静電駆動型の振動子素子 ( すなわち微小電気機械振動子 ) の出力を向上することができる。

30

また、微小電気機械デバイスの前後に配置されるアンプとのインピーダンス整合がより容易になる、このことによっても更に消費電力の低減が図れる。

【 0 0 8 0 】

上述した本発明の実施の形態に係る微小電気機械デバイスを信号ミキサ・フィルタとして用いることにより、高周波搬送信号に含まれた所望の信号を十分な帯域を確保しつつ取出すことができる。

また、上述した本発明の実施の形態に係る微小電気機械デバイスを用いることにより、工業生産が容易になる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 1 】

【 図 1 】 A , B 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 1 実施の形態を示す概略構成図である。

【 図 2 】 A , B 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 2 実施の形態を示す概略構成図である。

【 図 3 】 A , B 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 3 実施の形態を示す概略構成図である。

【 図 4 】 A , B 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 4 実施の形態を示す概略構成図である。

50

【図 5】 A , B 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 5 実施の形態を示す概略構成図である。

【図 6】 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 6 実施の形態を示す概略構成図である。

【図 7】 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 7 実施の形態を示す概略構成図である。

【図 8】 本発明に係る微小電気機械デバイスの第 8 実施の形態を示す概略構成図である。

【図 9】 第 8 実施の形態の等価回路図である。

【図 10】 本発明の他の実施の形態の説明に供する説明図である。

【図 11】 本発明の他の実施の形態を示す構成図である。

【図 12】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 1）である。

【図 13】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 2）である。

【図 14】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 3）である。

【図 15】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 4）である。

【図 16】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 5）である。

【図 17】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 6）である。

【図 18】 本発明に係る微小電気機械デバイスの振動子素子部分の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 7）である。

【図 19】 通常のフィルタの模式的な説明図である。

【図 20】 ミキサ・フィルタの模式的な説明図である。

【図 21】 通常の MEMS フィルタの動作原理の説明に供する振動子素子の概念図である。

【図 22】 MEMS ミキサ・フィルタの動作原理の説明に供する振動子素子の概念図である。

【図 23】 微小電気機械デバイスの出力スペクトルの一例を示す出力スペクトル図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 2 】

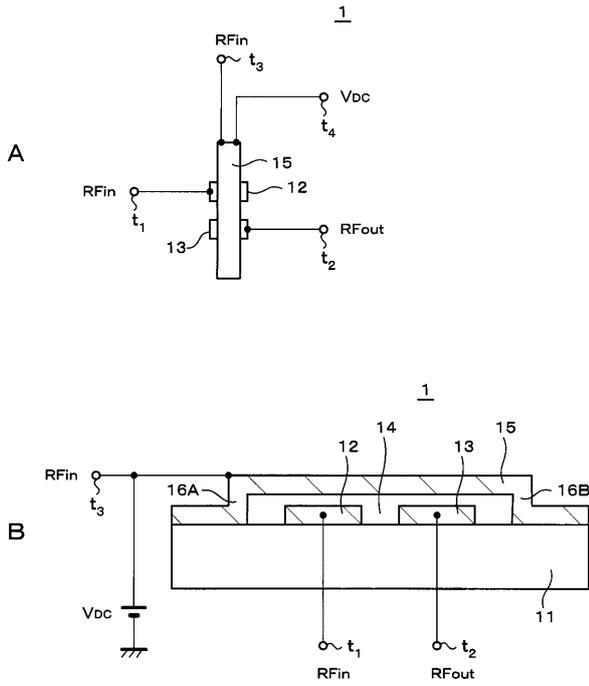
1 ~ 8 . . . 微小電気機械デバイス、 11 . . . 基板、 12、 13 . . . 下部電極、 14 . . . 空間、 15 . . . 梁、  $V_{DC}$  . . . DC バイアス電圧、 16 [ 16 A , 16 B ] . . . 支持部、 21 ~ 23 . . . 下部電極、 25 . . . 振動子素子、 27 . . . ポスト、 31、 32、 33 . . . 振動子素子、 41 . . . 信号線路、 42 . . . 信号線路、 43 ~ 46 . . . 共振器

10

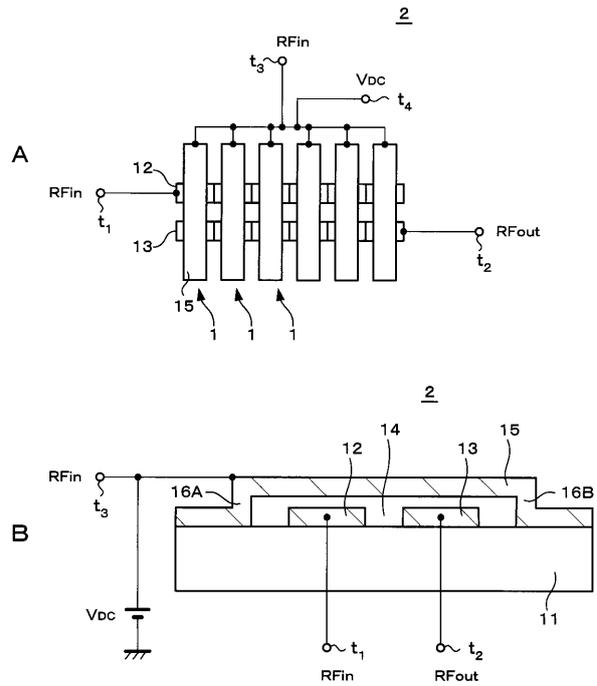
20

30

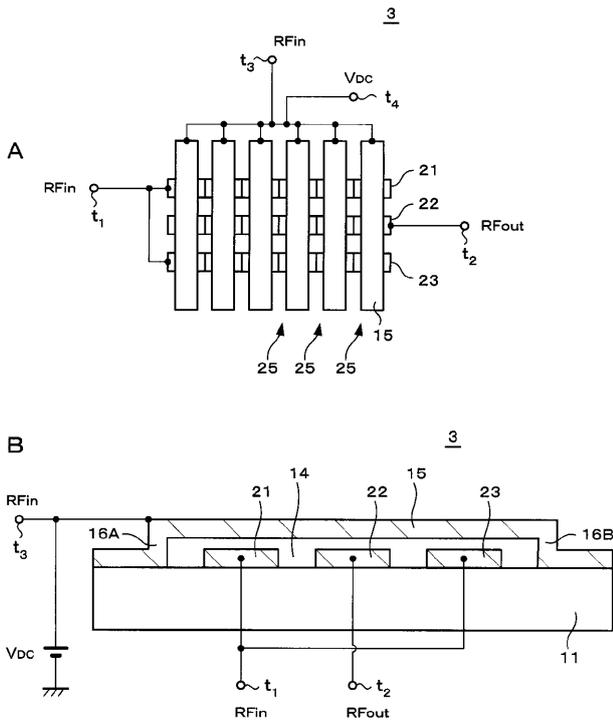
【 図 1 】



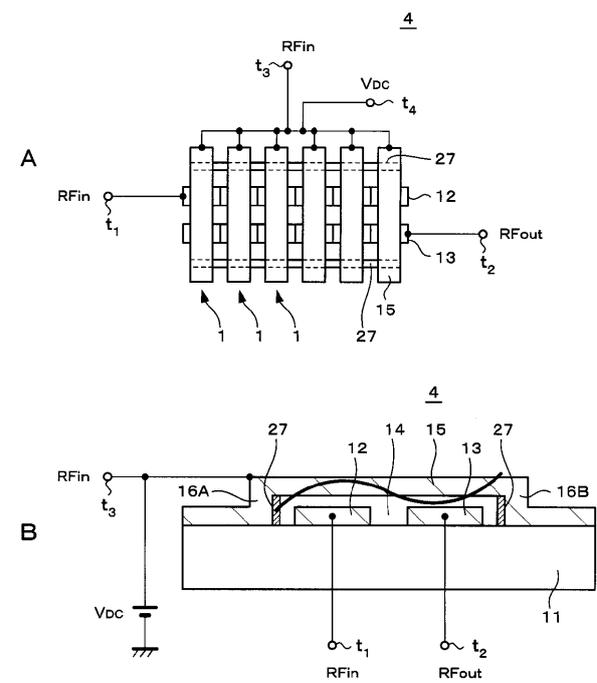
【 図 2 】



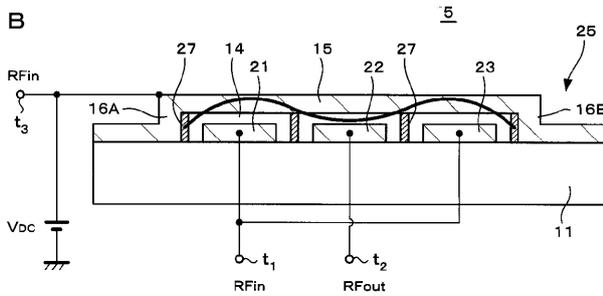
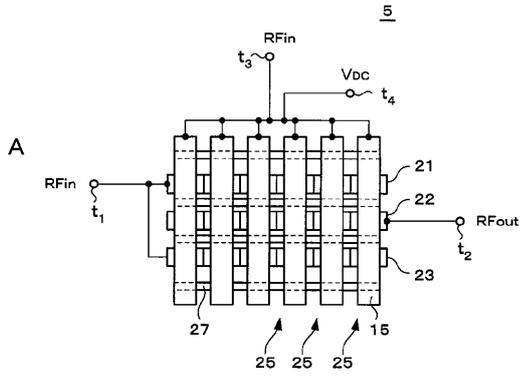
【 図 3 】



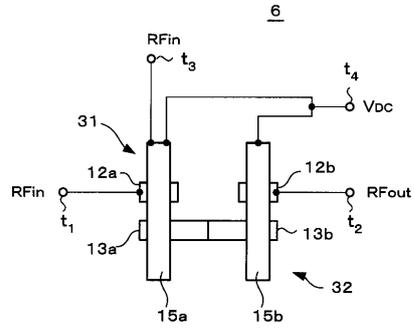
【 図 4 】



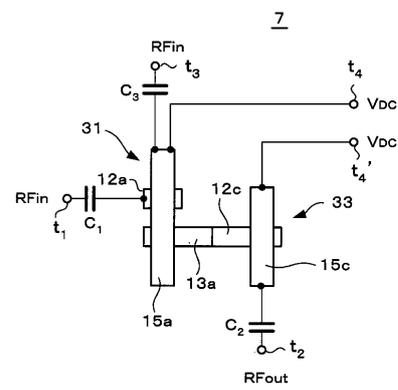
【 図 5 】



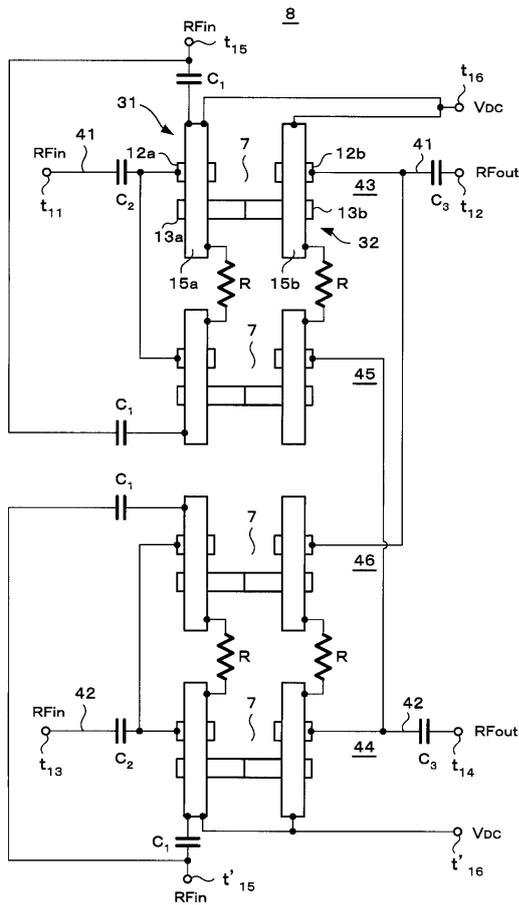
【 図 6 】



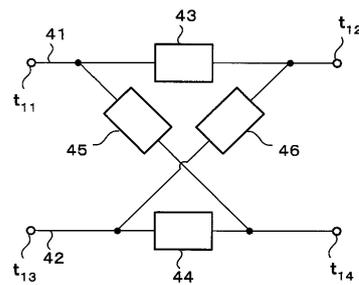
【 図 7 】



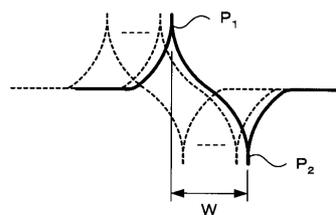
【 図 8 】



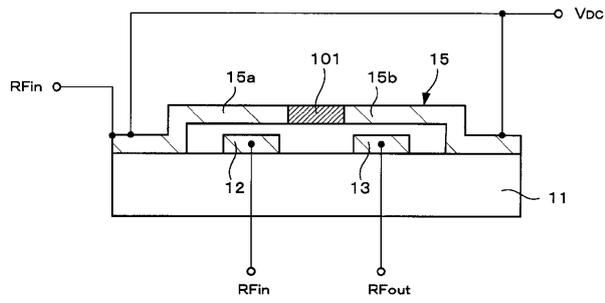
【 図 9 】



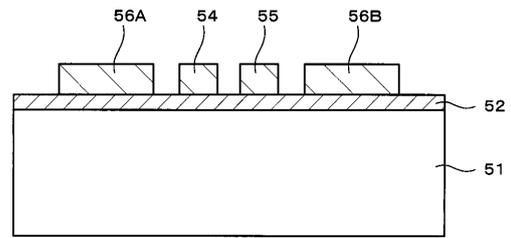
【 図 10 】



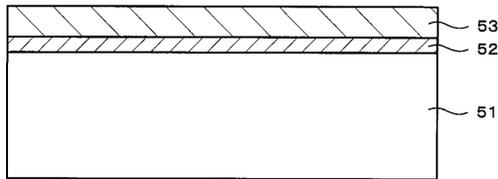
【図 1 1】



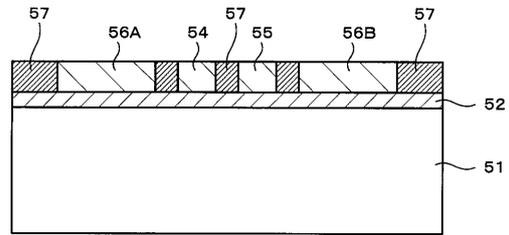
【図 1 3】



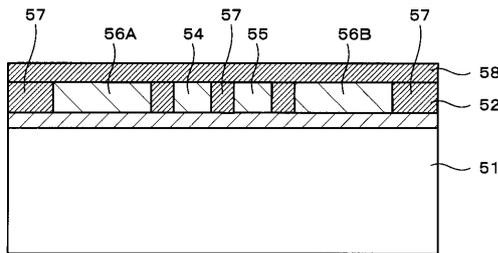
【図 1 2】



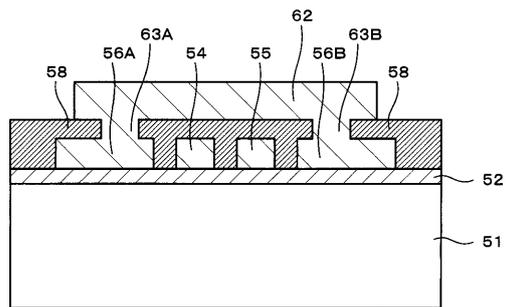
【図 1 4】



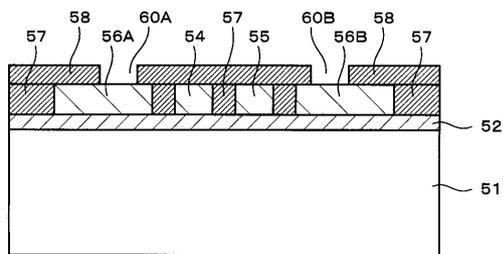
【図 1 5】



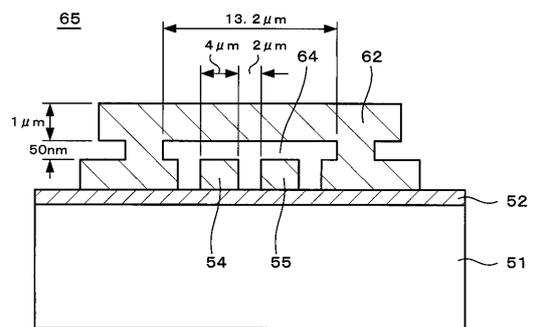
【図 1 7】



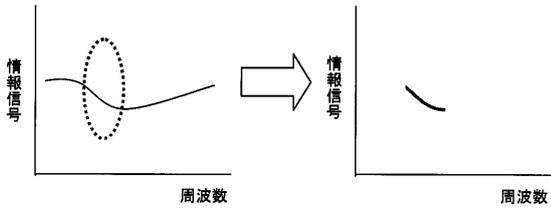
【図 1 6】



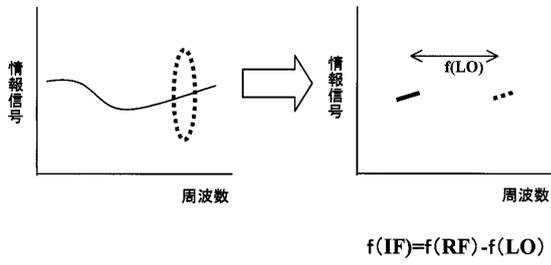
【図 1 8】



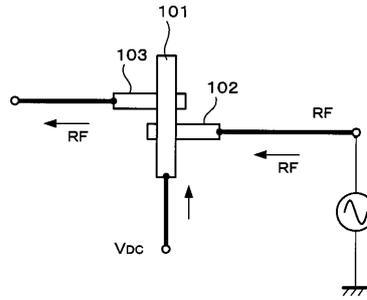
【图 19】



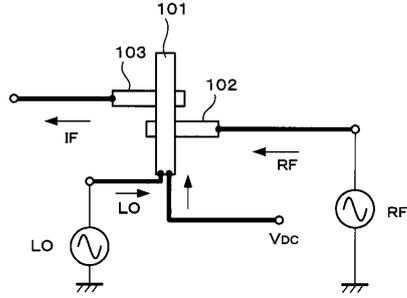
【图 20】



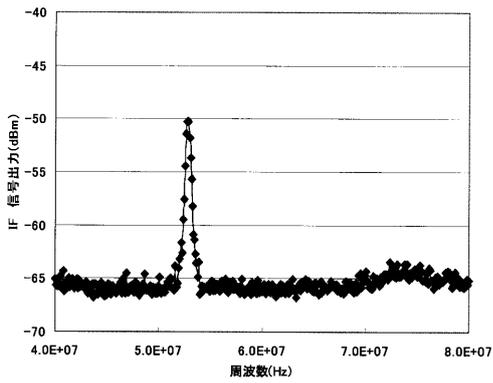
【图 21】



【图 22】



【图 23】



フロントページの続き

(72)発明者 山下 啓太郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 5J108 AA07 CC00