

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4643316号
(P4643316)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 H 59/00 (2006.01) HO 1 H 59/00
 HO 1 H 53/01 (2006.01) HO 1 H 53/01

請求項の数 2 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-70053 (P2005-70053)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成17年3月11日 (2005.3.11)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2006-253039 (P2006-253039A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成18年9月21日 (2006.9.21)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成20年3月11日 (2008.3.11)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100108707
			弁理士 中村 友之
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロマシンスイッチ及びその駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、
 前記基板上の第1の接点部と、
 前記第1の接点部上に対向配設された第2の接点部と、
 前記第2の接点部に一端が接続され、他端が前記基板に支持され、導電性を有し、前記第1の接点部に接触する方向において可撓性を有する第1の可撓体と、
前記基板上に前記第1の可撓体と対向して配設された電極部と、
前記第1の可撓体と前記電極部との間に直流電圧とこの直流電圧の値よりも低い振幅値を有し周波数が前記第1の可撓体の固有振動数となる交流電圧とが印加され、前記第1の接点部に接離する方向において前記第1の可撓体を固有振動数で振動させる振動手段と、
 を有することを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項2】

基板上の第1の接点部上に対向配設された第2の接点部に一端が接続され、他端が前記基板に支持され、導電性を有し、前記第1の接点部に接触する方向において可撓性を有する第1の可撓体に直流電圧を印加し、この第1の可撓体を前記第1の接点部に接触する方向に移動させる工程と、

前記第1の可撓体とこの第1の可撓体と対向して前記基板に配設された電極部との間に、前記直流電圧の値よりも低い振幅値を有し周波数が前記第1の可撓体の固有振動数となる交流電圧を印加し、前記第1の接点部に接離する方向に前記第1の可撓体をその固有共

振振動数において振動させる第1振動工程と、

を有することを特徴とするマイクロマシンスイッチの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロマシンスイッチ及びその駆動方法に関し、特に通信機器に使用されるマイクロスイッチ及びその駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯通信機器を始め、様々な高周波数用の機器の市場拡大や開発促進により、これらの機器を構成する高周波数用の電子部品の製造が活発になっており、携帯通信機器内に組み込まれている高周波信号用の送受信回路において、アンテナを介した送受信信号の切り換えを行うためのスイッチに対して、高性能化の要求が高まっている。このような高性能化の要求としては、スイッチの中を通る高周波信号の低挿入損失と、外部への高周波信号の漏洩を防止するための高アイソレーションとがある。このような要求を実現することができるスイッチとして、マイクロマシンスイッチがある。例えば、2GHz帯で、スイッチオン時の挿入損失が0.1dB、スイッチオフ時のアイソレーションが50dB程度のマイクロマシンスイッチが有効である。

10

【0003】

マイクロマシンスイッチは半導体製造プロセスを利用して製造することができるので、マイクロマシンスイッチの大量製造が可能であるとともに、マイクロマシンスイッチの価格を低く抑えることが可能となる。また、2つの接点を機械的に接触させるか離すことにより、スイッチのオン/オフが決定されるので、スイッチの電気的特性が優れている（例えば、スイッチの中を通る高周波信号の減衰量が少ない、すなわち低挿入損失であることなど）。

20

【0004】

図7は、例えば下記特許文献1に記載される従来のマイクロマシンスイッチの構成を示す図である。マイクロマシンスイッチは、基板100と、基板100の右側に設けられた支持体101と、一端が支持体101に支持され可撓性及び導電性を有する可撓体102とを有する。基板100には、第1の接点部103及び電極部104が設けられている。可撓体102には、第1の接点部103と対向配置された第2の接点部105が設けられている。

30

【0005】

このように構成されたマイクロマシンスイッチにおいて、電極部104と可撓体102との間に直流電圧（正電圧）を印加すると、電極部104と可撓体102との間の静電気力により、可撓体102には、電極部104側に引き寄せられるような引力が働く。これにより、可撓体102においては、電極部104側に変形し、第1の接点部103と、第2の接点部105とが接触する（スイッチオン状態）。一方、電極部104と可撓体102との間に直流電圧が印加されていない場合には、電極部104と可撓体102との間には静電気力が働かないので、第1の接点部103と第2の接点部105とが離れる（スイッチオフ状態）。

40

【特許文献1】特開2001-266727号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述した従来技術では、以下のような問題があった。即ち、電極部104と可撓体102との間に働く静電気力が、第1の接点部103と第2の接点部105とが接触する程度の力となるためには、電極部104と可撓体102との間には、例えば、約数十V以上の高電圧を印加する必要があるがあった。一般的に、マイクロマシンスイッチが設けられている機器（例えば、携帯電話機、携帯無線通信機など）内に設けられている電源

50

はバッテリーや電池であるために、約3V～4V程度の低電圧しか供給することができないので、従来の機器（マイクロマシンスイッチが設けられている機器）においては、電源から供給される低電圧を、上記高電圧までに昇圧するための昇圧回路が必要であった。この昇圧回路を別途必要とするので、例えば、マイクロマシンスイッチが設けられている機器のコストが高く、又上記機器内において消費される電力が高くなる。

【0007】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、マイクロマシンスイッチが設けられている機器の簡素化や、上記機器内において消費される電力を低減することができるマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

以上の問題点を解決するために、本発明に係るマイクロマシンスイッチは、基板と、基板上の第1の接点部と、第1の接点部上に対向配設された第2の接点部と、第2の接点部に一端が接続され、他端が基板に支持され、導電性を有し、第1の接点部に接触する方向において可撓性を有する第1の可撓体と、基板上に第1の可撓体と対向して配設された電極部と、第1の可撓体と電極部との間に直流電圧とこの直流電圧の値よりも低い振幅値を有し周波数が第1の可撓体の固有振動数となる交流電圧とが印加され、第1の接点部に接触する方向において第1の可撓体を固有振動数で振動させる振動手段とを有することを特徴とするものである。

【0009】

また、本発明に係るマイクロマシンスイッチの駆動方法は、基板上の第1の接点部上に対向配設された第2の接点部に一端が接続され、他端が前記基板に支持され、導電性を有し、前記第1の接点部に接触する方向において可撓性を有する第1の可撓体に直流電圧を印加し、この第1の可撓体を前記第1の接点部に接触する方向に移動させる工程と、前記第1の可撓体とこの第1の可撓体と対向して前記基板に配設された電極部との間に、前記直流電圧の値よりも低い振幅値を有し周波数が前記第1の可撓体の固有振動数となる交流電圧を印加し、前記第1の接点部に接触する方向に前記第1の可撓体とその固有共振振動数において振動させる第1振動工程とを有することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0010】

以上説明したように、本発明によれば、マイクロマシンスイッチが設けられている機器の簡素化や、上記機器内において消費される電力を低減することができるマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0012】

[マイクロマシンスイッチの構成]

図1に示すように、本実施の形態のマイクロマシンスイッチは、オン/オフ制御部1と、駆動部2と、スイッチ部3とを有する。駆動部2には、電源部4（例えば、3Vの低電圧を供給する電源部4）が接続されている。

【0013】

オン/オフ制御部1は、スイッチ部3をオンにする場合（即ち、後述する下側接点部と上側接点部とを接触させる場合）には、直流電圧及び交流電圧をスイッチ部3に印加するように駆動部2に指示する印加指示信号を出力し、スイッチ部3をオフにする場合には、直流電圧及び交流電圧をスイッチ部3に印加しないように駆動部2に指示する不印加指示信号を出力する。駆動部2は、印加指示信号が入力された場合には、電源部4からの直流電圧（例えば、3Vの直流低電圧）と、交流電圧（例えば、2.5Vの交流電圧）とをスイッチ部3（後述の可撓部材と駆動電極部との間）に印加する。ここで、駆動部2は、スイッチ部3に、周波数が可撓部材の固有共振振動数となる交流電圧を印加する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

図 2 は、スイッチ部 3、駆動部 2 を、側面から見た場合の模式的な構成図である。図 2 に示すように、スイッチ部 3 は、第 1 の信号線（図示せず）及び第 2 の信号線（図示せず）が形成された基板 3 0 を備えている。第 1 の信号線及び第 2 の信号線は、例えば、高周波信号を伝送する信号線である。但し、第 1 信号線、第 2 信号線は、いずれも高周波信号以外の信号の信号線であってもよい。

【 0 0 1 5 】

基板 3 0 上面の右側には、支持部材 3 1 が取り付けられ、中央には、駆動電極部 3 2 が配設されている。基板 3 0 上面において、駆動電極部 3 2 の左側には、第 1 の信号線と導通する下側接点部 3 3（第 1 の接点部）が配設されている。

10

【 0 0 1 6 】

支持部材 3 1 の上部には、可撓部材（カンチレバー）3 4 が、駆動電極部 3 2 と対向するように取り付けられている。可撓部材 3 4 の一端には、上側接点部 3 5（第 2 の接点部）が接続されており、他端は、支持部材 3 1 を介して、基板 3 0 に支持されている。可撓部材 3 4 は、下側接点部 3 3 に接離する方向に可撓性を有するとともに、導電性を有する。可撓部材 3 4 の撓む範囲は、可撓部材 3 4 の弾性範囲にあり、可撓部材 3 4 に力を加えて変形させた後、力を加えることを停止すると、可撓部材 3 4 は変形前の状態に戻るようになっている。

【 0 0 1 7 】

可撓部材 3 4 が支持部材 3 1 に取り付けられた状態で、可撓部材 3 4 には、下側接点部 3 3 と対向する位置に、第 2 の信号線と導通する上側接点部 3 5（第 2 の接点部）が配設されている。即ち、上側接点部 3 5 は、下側接点部 3 3 上に対向配設されている。また、駆動電極部 3 2 及び可撓部材 3 4 には、駆動部 2 が接続されている。

20

【 0 0 1 8 】

[マイクロマシンスイッチの動作]

次に、このマイクロマシンスイッチを用いた駆動方法（駆動動作）について説明する。オン/オフ制御部 1 は、スイッチ部 3 をオンにする場合（即ち、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 とを接触させる場合）には、印加指示信号を駆動部 2 に出力する。駆動部 2 は、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、直流電圧と、直流電圧の値より低い振幅値を有し周波数が可撓部材 3 4 の固有共振振動数となる交流電圧を印加する。ここで、駆動部 2 が印加する直流電圧と交流電圧との関係を、図 3 に示す。図 3 において、縦軸は電圧値、横軸は時間を示す。図 3 に示すように、交流電圧の振幅値は、直流電圧の値より小さくなっている。そして、交流電圧の周波数は、可撓部材 3 4 の固有共振振動数 f_0 としている。

30

【 0 0 1 9 】

可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、直流電圧が印加されると、例えば、可撓部材 3 4 には、正電荷が発生するとともに、対向する駆動電極部 3 2 には、負電荷が発生する。このため、正電荷と負電荷との間に静電力が発生し、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間には、引力が働くが、可撓部材 3 4 が駆動電極部 3 2 に接触するほどの引力は働かない。ここで、駆動部 2 による直流電圧の印加は、上記引力を発生させるので、上側接点部 3 5 が、下側接点部 3 3 に接触する方向に、可撓部材 3 4 を移動させる工程に相当する。この場合において、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、直流電圧 V_1 が印加されているときに、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間の電界 E_1 を、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間の距離によらず、一定であると考え、直流電圧 V_1 による可撓部材 3 4 にかかる静電力 F_1 は以下の（1）式において表すことができる。

40

【 0 0 2 0 】

$$F_1 = q * E_1 = q * (V_1 / r) = \epsilon_1 * V_1 \dots \quad (1)$$

ここで、 q は、直流電圧 V_1 の印加により可撓部材 3 4 に発生する電荷であり、 r は可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間の距離である。 ϵ_1 は、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間の距離 r と、可撓部材 3 4 に発生する電荷 q とに関する係数である。

50

【 0 0 2 1 】

また、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、上記直流電圧に加えて交流電圧 V_2 ($= V_0$ (振幅値) * \sin (t)) が重畳されると、例えば、可撓部材 3 4 には、正電荷と負電荷とが時間の経過に従って交互に発生する。この場合、交流電圧 V_2 による可撓部材 3 4 にかかる静電力 F_2 は以下の (2) 式において表すことができる。

【 0 0 2 2 】

$$F_2 = \epsilon_2 * V_0 * \sin (t) \dots (2)$$

ここで、 ϵ_2 は、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間の距離と、可撓部材 3 4 に発生する電荷とに関する係数であり、 (t) は、交流電圧の角振動数である。また、 $\epsilon_1 * V_1$ は、 $\epsilon_2 * V_0$ よりも大きくなっている。

10

【 0 0 2 3 】

ここで、駆動部 2 による交流電圧の印加は、可撓部材 3 4 が駆動電極部 3 2 側に引きつけられる力と、可撓部材 3 4 が駆動電極部 3 2 側に対して反発する力とを交互に発生させるので、上側接点部 3 5 が、下側接点部 3 3 に接離する方向に、可撓部材 3 4 を振動させる工程に相当する。即ち、駆動部 2 は、可撓部材 3 4 を、下側接点部 3 3 に接触する方向及び離れる方向において振動させる振動手段に相当する。

【 0 0 2 4 】

また、可撓部材 3 4 の撓む範囲は、可撓部材 3 4 の弾性範囲である。このため、静電力により、可撓部材 3 4 に変形が加えられると、可撓部材 3 4 の運動は、ばねの先端に可撓部材 3 4 の質量を持つ質点が運動する場合と等価なので、以下の (3) 式において表すことができる弾性力 F_0 を発生することができる。

20

【 0 0 2 5 】

$$F_0 = - k x \dots (3)$$

ここで、 k は可撓部材 3 4 の弾性係数、 x は変形していない可撓部材 3 4 の所定の位置を原点とした場合の可撓部材 3 4 の変形量を示すものである。

【 0 0 2 6 】

以上の (1) 式 ~ (3) 式に基づき、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に直流電圧と交流電圧とを印加した、可撓部材 3 4 の質量を持つ質点の運動は、以下の (4) 式に示す運動方程式において表すことができる。

【 0 0 2 7 】

$$m d^2 x / d t^2 = - k x + \epsilon_2 * V_0 * \sin (t) + \epsilon_1 * V_1 \dots (4)$$

30

ここで、 m は、可撓部材 3 4 の質量である。そして、 (t) が可撓部材 3 4 の固有共振振動数の角振動数 w_0 ($= 2 \pi f_0 = (k / m)^{1/2}$) の場合には、交流電圧による可撓部材 3 4 の振幅は、時間とともに大きくなる (いわゆる共振現象)。駆動部 2 により交流電圧が印加されてからの可撓部材 3 4 の変位を図 4 に示す。図 4 において、縦軸は可撓部材 3 4 の変位を示し、可撓部材 3 4 が駆動電極部 3 2 に近づく方向を正方向としており、横軸は時間を示す。

【 0 0 2 8 】

そして、図 4 に示すように、交流電圧による可撓部材 3 4 の変位は、時間とともに大きくなっていった結果、可撓部材 3 4 の変位が所定の閾値に達すると、直流電圧の印加により、可撓部材 3 4 は駆動電極部 3 2 に急速に引き寄せられ近接する。ここで、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とは閾値を越える程度に近接すればよく、必ずしも接触する必要はない。これにより、上側接点部 3 5 と、下側接点部 3 3 とが接触し、スイッチ部 3 がオンの状態になる。この場合、共振現象が発生しなくなる。

40

【 0 0 2 9 】

また、交流電圧の振幅値 V_0 は、直流電圧の値 V_1 よりも大きい。即ち、 $\epsilon_1 * V_1$ (直流電圧の印加によって可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とが引き合う力) は、 $\epsilon_2 * V_0$ (交流電圧の印加によって可撓部材 3 4 を駆動電極部 3 2 から引き離そうとする最大の力) よりも大きいので、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とが近接した後は、直流電圧の印加により、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とが近接した状態が維持され、交流電圧が可撓部

50

材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に印加されることにより、可撓部材 3 4 が駆動電極部 3 2 から離されてしまうことにはならない。

【 0 0 3 0 】

また、オン/オフ制御部 1 は、スイッチ部 3 をオフにする場合には、不印加指示信号を駆動部 2 に出力する。駆動部 2 は、不印加信号が入力された場合には、電源部 4 からの直流電圧と交流電圧とをスイッチ部 3 に印加することを停止する。これにより、直流電圧及び交流電圧による可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に働く引力、斥力がなくなることにより、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 とは離れた状態になり、スイッチ部 3 がオフの状態になる。なお、駆動部 2 は、不印加信号が入力された場合には、電源部 4 からの直流電圧の値と交流電圧の振幅値を低くするようにして、スイッチ部をオフ状態にしてもよい

10

【 0 0 3 1 】

以上説明したように、本実施の形態のマイクロマシンスイッチによれば、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 とを近接させる状態（スイッチ部 3 のオンの状態）にする場合、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、直流電圧を印加する。これにより、上側接点部 3 5 が、下側接点部 3 3 に接触する方向に、可撓部材 3 4 を移動させることができる。また、駆動部 2 は、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、周波数が可撓部材 3 4 の固有共振振動数となる交流電圧とを印加する。これにより、上側接点部 3 5 が、下側接点部 3 3 に接触する方向に、可撓部材 3 4 を振動させることができるとともに、スイッチ部 3 において共振現象を発生させることができる。

20

【 0 0 3 2 】

この結果、直流電圧の値や交流電圧の振幅値が低い値（例えば、3 V 程度）でも、共振現象が発生し、交流電圧による可撓部材 3 4 の変位が時間とともに大きくなり、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とを近接させることが可能となり、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 とを接触させることができる。そして、直流電圧の印加により、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とが近接した状態が維持される。一方、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 とを接触させない状態にする場合（スイッチ部 3 のオフの状態）、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に、電圧を印加させないことにより、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 とを離れた状態にすることができる。

【 0 0 3 3 】

従って、マイクロマシンスイッチのオン/オフの切り換えのために、バッテリーや電池等の電源から供給される低電圧を、高電圧までに昇圧するための昇圧回路が必要でない。このため、マイクロマシンスイッチが設けられている機器内に、上記昇圧回路を設ける必要がなく、上記機器の簡素化を図ることができる。また、上記機器のハードウェア構成を簡略化することができるので、機器の小型化を図ることができる。また、高電圧による動作が不必要なので、上記機器内において消費される電力を低減することができる。特に、本実施の形態に係るマイクロマシンスイッチにおいては、電源から供給される電圧値が非常に低くても、オン/オフの繰り返しが可能になるので、上記機器の簡素化の効果や、上記機器のハードウェア構成の簡略化の効果が大きくなる。また、スイッチ部 3 の可撓部材 3 4、接点部の機構及び形状等の基本構造を変更する必要がないので、基本構造の変更

30

40

【 0 0 3 4 】

（変更例 1）

本発明に係るマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法は、前述の実施の形態に限定されものではなく、以下の変形例において説明するように変更することができる。なお、変形例の説明において前述の実施の形態に係るマイクロマシンスイッチの構成と同一の構成には同一符号を付け、この同一の構成の説明は重複するので省略する。

【 0 0 3 5 】

最初に、前述のマイクロマシンスイッチにおいて、駆動部 2 により、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に印加する交流電圧としては、正弦波の交流電圧に限定されず、例え

50

ば、矩形波の交流電圧、鋸歯状波の交流電圧、三角波の交流電圧、又はこれらの波の高調波成分の交流電圧であってもよい。

【 0 0 3 6 】

また、前述の実施の形態においては、駆動部 2 は、スイッチ部 3 をオンにする場合、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とが近接した後でも、交流電圧を印加するようにしているが、以下のようにしてもよい。図 5 (a) は、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 との間に印加する交流電圧を示し、図 5 (b) は、可撓部材 3 4 の変位を示し、図 5 (c) は、駆動部 2 に流れる交流電流を示す図である。上側接点部 3 5 と下側接点部 3 3 とが接触した後 (図 5 (b) の X 点以降)、駆動部 2 に流れる交流電流の振幅範囲が所定範囲内になったとき (図 5 (c) の Y 点) に、駆動部 2 は、交流電圧の印加を停止するようにしてもよい (図 5 (a) の Y 点)。また、駆動部 2 は、可撓部材 3 4 と駆動電極部 3 2 とが近接した直後に、交流電圧の印加を停止するようにしてもよい。また、直流電圧及び交流電圧の印加の開始から、上側接点部 3 5 と下側接点部 3 3 とが接触するまでに必要な時間が予め計測されており、駆動部 2 は、上記必要な時間が経過したら、交流電圧の印加を停止するようにしてもよい。また、前述の実施の形態においては、1つの駆動部 2 は、交流電圧及び直流電圧を印加するようにしていたが、これに限定されず、交流電圧を印加する駆動部 2、直流電圧を印加する駆動部 2 は、別個のものであってもよい。

10

【 0 0 3 7 】

また、前述の実施の形態においては、第 1 の信号線及び第 2 の信号線は基板 3 0 上に形成されていたが、第 1 の信号線及び第 2 の信号線は基板上に形成されていなくともよい。例えば、第 1 の信号線及び第 2 の信号線は基板 3 0 とは別の部材上に形成されており、第 1 の信号線は導線を通して下側接点部 3 3 に接続され、第 2 の信号線は他の導線を通して上側接点部 3 5 と接続されるようにしてもよい。

20

【 0 0 3 8 】

(変更例 2)

図 6 は、前述の実施の形態に係るマイクロマシンスイッチの変更例 2 を示しており、スイッチ部 3 を側面から見た場合の図である。変更例 2 に係るマイクロマシンスイッチのスイッチ部 3 においては、前述の実施の形態に係る支持部材 3 1 が上下 2 つ設けられており (以下、第 1 の支持部材 3 1 a、第 2 の支持部材 3 1 b という)、可撓部材 3 4 が上下 2 つ設けられている (以下、第 1 の可撓部材 3 4 a、第 2 の可撓部材 3 4 b という)。すなわち、スイッチ部 3 においては、基板 3 0 上面の右側には、第 1 の支持部材 3 1 a が取り付けられている。この第 1 の支持部材 3 1 a の上部には、下側接点部 3 3 に一端が接続され他端が第 1 の支持部材 3 1 a に支持された第 2 の可撓部材 3 4 b (第 2 の可撓体) が取り付けられている。第 2 の可撓部材 3 4 b の上面の中央には駆動電極部 3 2 が配設されており、駆動電極部 3 2 は下側接点部 3 3 が配設された第 2 の可撓部材 3 4 b の上面と同一上面に配設されている。

30

【 0 0 3 9 】

また、第 1 の支持部材 3 1 a の上部には、第 2 の可撓部材 3 4 b を介して、第 2 の支持部材 3 1 b が取り付けられている。第 2 の支持部材 3 1 b の上部には、第 1 の可撓部材 3 4 a が、駆動電極部 3 2 と対向するように取り付けられている。この第 1 の可撓部材 3 4 a (第 1 の可撓体) は、前述の実施の形態において説明した可撓部材 3 4 と同じものである。

40

【 0 0 4 0 】

第 1 の可撓部材 3 4 a が第 2 の支持部材 3 1 b に取り付けられるとともに、第 2 の可撓部材 3 4 b が第 1 の支持部材 3 1 a に取り付けられた状態において、第 1 の可撓部材 3 4 a には、下側接点部 3 3 と対向する位置に、上側接点部 3 5 (第 2 の接点部) が配設されている。即ち、上側接点部 3 5 は、下側接点部 3 3 上に対向配設されている。また、第 1 の可撓部材 3 4 a、第 2 の可撓部材 3 4 b には、前述の図 1 及び図 2 に示す駆動部 2 が接続されている。

【 0 0 4 1 】

50

次に、マイクロマシンスイッチの動作を説明する。駆動部 2 は、上側接点部 3 5 と、下側接点部 3 3 とが接触する方向に、第 1 の可撓部材 3 4 a 及び第 2 の可撓部材 3 4 b を振動させる。この振動を行わせる処理の具体的な説明の一例は以下の通りである。

【 0 0 4 2 】

駆動部 2 は、第 1 の可撓部材 3 4 a と第 2 の可撓部材 3 4 b との間に前述の実施の形態において説明した直流電圧及び交流電圧を印加する。ここで、第 1 の可撓部材 3 4 a だけでなく第 2 の可撓部材 3 4 b も、振動可能であるので、第 1 の可撓部材 3 4 a だけでなく第 2 の可撓部材 3 4 b の変位も時間とともに大きくなる。また、第 1 の可撓部材 3 4 a に印加される交流電圧の電位と、第 2 の可撓部材 3 4 b に印加される交流電圧の電位とは、例えば、互いの位相を 180° ずらすことが可能である。この場合、第 1 の可撓部材 3 4 a の振動方向と、第 2 の可撓部材 3 4 b の振動方向とが反対方向になり、実施の形態の場合に比べて、第 1 の可撓部材 3 4 a と第 2 の可撓部材 3 4 b との接触時間を短縮することができる。この結果、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 との接触のために要する交流電圧の印加時間の低減化を図ることが可能となる。

10

【 0 0 4 3 】

なお、変更例 2 において、第 1 の可撓部材 3 4 a、第 2 の可撓部材 3 4 b のそれぞれに個別に駆動電極部 3 2 が配設されてもよい。そして、駆動電極部 3 2 間に、上述の直流電圧及び交流電圧が印加されるようにしてもよい。

【 0 0 4 4 】

(変更例 3)

前述の実施の形態、変更例 1 及び変形例 2 においては、下側接点部 3 3 と上側接点部 3 5 との間の接触が静電気力に基づいて行われていたが、これに限定されず、静磁気力に基づいて行ってもよい。変更例 3 に係るマイクロマシンスイッチは以下のように変更される。

20

【 0 0 4 5 】

前述の図 2 に示す実施の形態若しくは変形例 1 に係る可撓部材 3 4、又は前述の図 6 に示す変形例 2 に係る第 1 の可撓部材 3 4 a 及び第 2 の可撓部材 3 4 b は、導電性材料に代えて導磁性材料により形成されている。更に、スイッチ部 3 は、駆動電極部 3 2 に代えて駆動磁極部により形成されている。

【 0 0 4 6 】

そして、駆動部 2 にはコイルが含まれており、このコイルに電流を流すことにより磁界を発生することができる。このコイルに、例えば、直流電流と、直流電流の値より低い振幅値を有し周波数が第 1 の可撓部材 3 4 a の固有共振周波数となるような交流電流を印加する。そして、コイルの一端に生じる磁位を、第 1 の可撓部材 3 4 a に印加し、コイルの他端に生じる磁位を、駆動磁極部に印加する。これにより、駆動部 2 は、第 1 の可撓部材 3 4 a と磁極部との間に、一定の磁位の差と、上記一定の磁位の差より低い振幅値を有し周波数が第 1 の可撓部材 3 4 a の固有共振周波数となるように、振幅の大きさと方向が時間とともに変化する磁位の差（以下、変化磁位差という）とを印加することになる。

30

【 0 0 4 7 】

そして、上述した実施の形態の説明において、静電力を静磁力に置き換え、直流電圧を、一定の磁位の差に置き換え、交流電圧を変化磁位差に置き換え、電界を磁界に置き換え、電荷を磁荷に置き換え、静電力による共振現象の代わりに、静磁力による共振現象が発生する場合の説明が、変更例 3 に係るマイクロマシンスイッチの駆動方法などの説明に適用される。変更例 3 に係るマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法においても、前述の実施の形態に係るマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法により得られる効果と同様の効果を得ることができる。

40

【 0 0 4 8 】

また、前述の変更例 2 に係るマイクロマシンスイッチの場合、以下のように変更される。駆動部 2 は、コイルの一端に生じる磁位を、第 1 の可撓部材 3 4 a に印加し、コイルの他端に生じる磁位を、第 2 の可撓部材 3 4 b に印加する。これにより、駆動部 2 は、第 1

50

の可撓部材 3 4 a と第 2 の可撓部材 3 4 b との間に、一定の磁位の差と、上記一定の磁位の差より低い振幅値を有し周波数が第 1 の可撓部材 3 4 及び第 2 の可撓部材 3 4 b の固有共振周波数となるように、振幅の大きさと方向が時間とともに変化する変化磁位差とを印加することになる。そして、上述した変更例 2 の説明において、上述と同様の用語の置き換え（静電力を静磁力に置き換えるなど）などを行うことにより、上述した変更例 2 に係るマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法により得られる効果と同様の効果を変更例 3 に係るマイクロマシンスイッチ及びその駆動方法により得ることができる。

【 0 0 4 9 】

（変更例 4）

上述した実施の形態及び各変更例において駆動部 2 は、静電気力、静磁力に基づいて、可撓部材 3 4 又は第 1 の可撓部材 3 4 a 及び第 2 の可撓部材 3 4 b を振動させるようにしていたが、本発明は、これに限定されず、振動を発生させる要因を他の要因とするマイクロマシンスイッチを構築してもよい。例えば、本発明は、振動発生手段をピエゾ効果に基づき発生する力としてもよい。この場合には、可撓部材は、導電性や導磁性を有しないようにすることができる。例えば、上述した実施の形態において、上記支持部材 3 1、又は第 1 の支持部材 3 1 a や第 2 の支持部材 3 1 b を圧電素子（ピエゾ素子）により構成することができる。そして、圧電素子は、駆動部 2 から印加される電圧（又は磁位）の値に比例した量で、圧電素子が振動し、駆動部 2 から印加される電圧（磁位）の方向（正、負の方向）により、圧電素子の振動方向が変化するようにしてもよい（即ち、上側接点部 3 5 と下側接点部 3 3 とが接離する方向において、接点部同士が近づいたり、離れたりする）。また、上述した他の要因は、電磁力に関係がない力（例えば、発熱や発光に基づく力）であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 0 】

【図 1】本発明の一実施の形態に係るマイクロマシンスイッチのブロック構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示すマイクロマシンスイッチのスイッチ部、駆動部を、側面から見た場合の模式的な構成図である。

【図 3】図 1 及び図 2 に示すマイクロマシンスイッチの駆動部から供給される直流電圧と交流電圧との関係を示す図である。

【図 4】図 2 に示すマイクロマシンスイッチの可撓部材の変位を示す図である。

【図 5】（ a ）は本発明の変形性 1 に係るマイクロマシンスイッチにおいて可撓部材と駆動電極部との間に印加する交流電圧の波形を示す図、（ b ）は可撓部材の変位を示す図、（ c ）は駆動部に流れる交流電流の波形を示す図である。

【図 6】本発明の変更例 2 に係るマイクロマシンスイッチのスイッチ部を側面から見た場合の図である。

【図 7】従来技術に係るマイクロマシンスイッチのスイッチ部を側面から見た場合の図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 1 】

1 ... オン / オフ制御部、 2 ... 駆動部、 3 ... スイッチ部、 4 ... 電源部、 3 0 ... 基板、 3 1 ... 支持部材、 3 1 a ... 第 1 の支持部材、 3 1 b ... 第 2 の支持部材、 3 2 ... 駆動電極部、 3 3 ... 下側接点部、 3 4 ... 可撓部材、 3 4 a ... 第 1 の可撓部材、 3 4 b ... 第 2 の可撓部材、 3 5 ... 上側接点部、 1 0 0 ... 基板、 1 0 1 ... 支持体、 1 0 2 ... 可撓体、 1 0 3 ... 第 1 の接点部、 1 0 4 ... 電極部、 1 0 5 ... 第 2 の接点部。

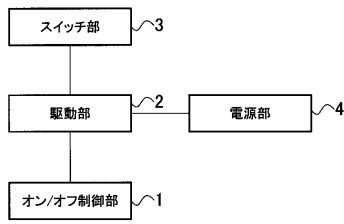
10

20

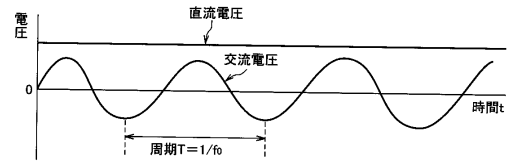
30

40

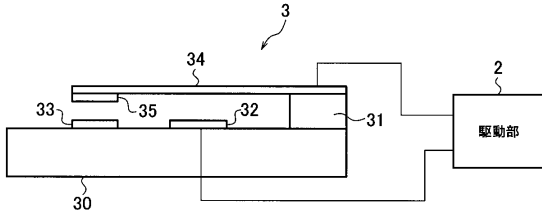
【図1】



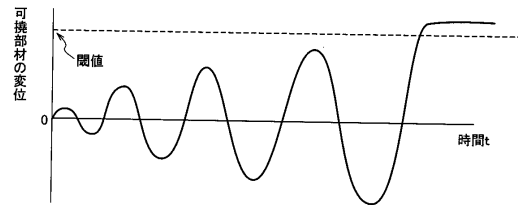
【図3】



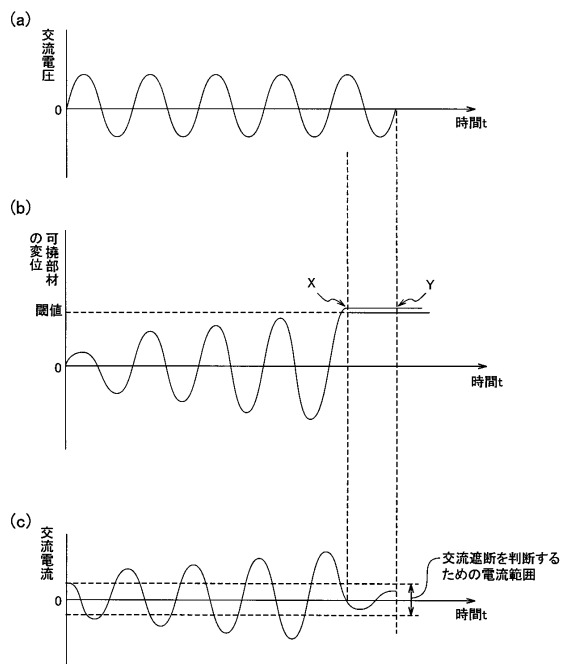
【図2】



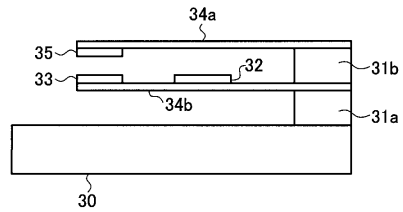
【図4】



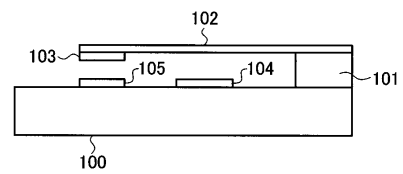
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(74)代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72)発明者 柴田 清裕

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝 マイクロエレクトロニクスセンター内

審査官 岡崎 克彦

(56)参考文献 特開2002-036197(JP,A)

特開2004-134370(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01H 59/00

H01H 53/00