

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4995719号

(P4995719)

(45) 発行日 平成24年8月8日 (2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日 (2012.5.18)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 27/10 (2006.01)

H O 1 L 27/10 4 5 1

H O 1 H 59/00 (2006.01)

H O 1 H 59/00

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

B 8 1 B 3/00

B 8 1 B 7/02 (2006.01)

B 8 1 B 7/02

G 1 1 C 16/04 (2006.01)

G 1 1 C 17/00 6 2 2 Z

請求項の数 38 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-515803 (P2007-515803)
 (86) (22) 出願日 平成17年5月20日 (2005.5.20)
 (65) 公表番号 特表2008-503075 (P2008-503075A)
 (43) 公表日 平成20年1月31日 (2008.1.31)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2005/005484
 (87) 国際公開番号 W02005/124803
 (87) 国際公開日 平成17年12月29日 (2005.12.29)
 審査請求日 平成19年2月15日 (2007.2.15)
 (31) 優先権主張番号 0413341.9
 (32) 優先日 平成16年6月15日 (2004.6.15)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 506417544
 キャベンディッシュ・キネティクス・ベ
 スローテン・フェンノートシャップ
 CAVENDISH-KINETICS
 B. V.
 オランダ、エヌエルー5223エルアー・
 デス・ヘルトヘンボッシュ、スタテンラー
 ン57番
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100098280
 弁理士 石野 正弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小機械素子を制御するための装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回路のための不揮発性メモリ装置であって、

該不揮発性メモリ装置は、基板に結合された微小機械素子と、コンタクト電極と、切り
 替え電極とを備えていて、

上記微小機械素子は、上記切り替え電極に印加される第1の付勢電圧に応答して、上記
 コンタクト電極とは離間した第1の状態から、上記コンタクト電極に接触するとともに上
 記切り替え電極に対して第1の距離で離間した第2の状態に移動し、上記切り替え電極に
 印加される第2の付勢電圧に応答して、上記切り替え電極に対して上記第1の距離よりも
 短い第2の距離で離間した位置へ移動し、かつ、上記切り替え電極に印加される付勢電圧
 の第3の付勢電圧への変化に応答して上記第1の状態に移動するように構成されているこ
 とを特徴とする不揮発性メモリ装置。

【請求項 2】

微小機械素子とコンタクト電極と切り替え電極とを有する不揮発性メモリ装置を制御す
 る方法であって、

上記切り替え電極に第1の付勢電圧を印加する過程と、

上記微小機械素子を、上記コンタクト電極とは離間した第1の状態から、上記コンタク
 ト電極に接触するとともに上記切り替え電極に対して第1の距離で離間した第2の状態に
 移動させる過程と、

上記切り替え電極に第2の付勢電圧を印加する過程と、

10

20

上記微小機械素子を、上記切り替え電極に対して上記第 1 の距離よりも短い第 2 の距離で離間した位置へ移動させる過程と、

上記切り替え電極に印加される付勢電圧を第 3 の付勢電圧に変化させる過程と、

上記微小機械素子を上記第 1 の状態に移動させる過程とを含むことを特徴とする方法。

【請求項 3】

上記切り替え電極に上記第 1 の付勢電圧を印加することにより、上記微小機械素子を上記第 2 の状態に移動させることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

上記第 3 の付勢電圧が 0 であることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

上記第 2 の付勢電圧を印加する前において上記第 1 の付勢電圧を除去する過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】

上記微小機械素子をポリマで被覆することを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 7】

上記コンタクト電極をポリマで被覆することを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

上記微小機械素子から上記コンタクト電極に電荷を移動させて上記微小機械素子をプログラミングする過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 9】

上記微小機械素子のプログラミングを解除する過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 10】

上記微小機械素子を上記コンタクト電極と接触させたままで、上記微小機械素子を、上記切り替え電極から第 2 の距離で離間した位置へ移動させることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 11】

微小機械素子とコンタクト電極と切り替え電極とを有する不揮発性メモリ装置を制御する方法であって、

上記切り替え電極に第 1 の付勢電圧を印加する過程と、

上記微小機械素子を、上記コンタクト電極とは離間した第 1 の状態から、上記微小機械素子と上記コンタクト電極との間の界面に付着エネルギーが生成されるような態様で上記コンタクト電極に接触する第 2 の状態に移動させる過程と、

上記微小機械素子の弾性エネルギーを、上記微小機械素子と上記コンタクト電極との間の界面の付着エネルギーより大きい値に増加させる過程と、

上記微小機械素子を上記第 1 の状態に移動させる過程とを含むことを特徴とする方法。

【請求項 12】

上記微小機械素子をポリマで被覆することを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

上記コンタクト電極をポリマで被覆することを特徴とする、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

上記微小機械素子から上記コンタクト電極に電荷を移動させて上記微小機械素子をプログラミングする過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 15】

上記微小機械素子の弾性エネルギーが増加したときに、上記微小機械素子を上記切り替え電極と離間した状態に保持することを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 16】

上記微小機械素子の弾性エネルギーを増加させる前において上記第 1 の付勢電圧を除去する過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

上記微小機械素子に電圧を印加して上記微小機械素子を上記第 1 の状態に移動させることを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 18】

上記微小機械素子を上記コンタクト電極に接触させた状態で、上記微小機械素子の弾性エネルギーを増加させることを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 19】

不揮発性スイッチを制御する方法であって、

切り替え電極に第 1 の付勢電圧を印加する過程と、

微小機械素子を、コンタクト電極とは離間した第 1 の状態から、上記コンタクト電極に接触するとともに上記切り替え電極に対して第 1 の距離で離間した第 2 の状態に移動させる過程と、

10

上記切り替え電極に電圧パルス¹を印加して、上記微小機械素子を上記第 1 の状態に移動させる過程とを含んでいて、

上記電圧パルスの電圧²を、上記微小機械素子の機械的共振よりも高速で低下させることを特徴とする方法。

【請求項 20】

上記第 1 の状態が安定した状態であり、かつ上記第 2 の状態が安定した状態であることを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

上記電圧パルスの印加により、上記微小機械素子に蓄えられる弾性エネルギーを増加させることを特徴とする、請求項 20 に記載の方法。

20

【請求項 22】

上記電圧パルスを印加する前は、上記コンタクト電極と上記微小機械素子との間の付着力が上記微小機械素子の復元力よりも大きいことを特徴とする、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

上記微小機械素子が、第 1 の曲げ剛性をもつ第 1 の部分と、上記第 1 の曲げ剛性より大きい第 2 の曲げ剛性をもつ第 2 の部分とを有することを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 24】

30

上記微小機械素子から上記コンタクト電極に電荷を移動させて上記微小機械素子をプログラミングする過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 25】

上記微小機械素子のプログラミングを解除する過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

上記微小機械素子を、上記切り替え電極に対して第 2 の距離で離間した位置へ移動させる過程をさらに含んでいて、

この過程で、上記微小機械素子は、上記コンタクト電極と接触した状態である一方、上記切り替え電極に対して第 2 の距離で離間した位置へ移動することを特徴とする、請求項 25 に記載の方法。

40

【請求項 27】

不揮発性微小電気機械システムを制御する方法であって、

切り替え電極に第 1 の付勢電圧を印加する過程と、

微小機械素子を、コンタクト電極とは離間した第 1 の状態から、上記微小機械素子と上記コンタクト電極との間の界面に付着エネルギーが生成されるような態様で上記コンタクト電極に接触する第 2 の状態に移動させる過程と、

上記微小機械素子の弾性エネルギーを、上記微小機械素子と上記コンタクト電極との間の界面の付着エネルギーより大きい値に増加させる過程と、

上記微小機械素子を上記第 1 の状態に移動させる過程とを含むことを特徴とする方法。

50

【請求項 28】

上記微小機械素子をポリマで被覆することを特徴とする、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

上記コンタクト電極をポリマで被覆することを特徴とする、請求項 28 に記載の方法。

【請求項 30】

上記微小機械素子から上記コンタクト電極に電荷を移動させて上記微小機械素子をプログラミングする過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 31】

上記微小機械素子の弾性エネルギーが増加したときに、上記微小機械素子を上記切り替え電極と離間した状態に保持することを特徴とする、請求項 27 に記載の方法。

10

【請求項 32】

上記微小機械素子の弾性エネルギーを増加させる前において上記第 1 の付勢電圧を除去する過程をさらに含むことを特徴とする、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 33】

上記微小機械素子に電圧を印加して上記微小機械素子を上記第 1 の状態に移動させることを特徴とする、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 34】

上記微小機械素子を上記コンタクト電極に接触させた状態で、上記微小機械素子の弾性エネルギーを増加させることを特徴とする、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 35】

20

2つの安定状態をもつ微小電気機械システムを制御する方法であって、

切り替え電極に第 1 の電気信号を印加して、微小機械素子を、コンタクト電極とは離間した第 1 の安定状態から、上記コンタクト電極に接触する第 2 の安定状態に移動させる過程と、

上記切り替え電極に印加された上記第 1 の電気信号を除去する過程と、

上記切り替え電極に第 2 の電気信号を印加して、上記微小機械素子を上記第 2 の安定状態から移動させる過程であって、上記第 2 の電気信号が、上記微小機械素子の機械的共振よりも高速で電圧が低下する電圧パルスである過程と、

上記微小機械素子を上記第 1 の安定状態に移動させる過程とを含むことを特徴とする方法。

30

【請求項 36】

上記第 2 の電気信号の印加により、上記微小機械素子に蓄えられる弾性エネルギーを増加させることを特徴とする、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 37】

上記微小機械素子を上記第 2 の安定状態に移動させるときに、上記微小機械素子を上記コンタクト電極と接触した状態に保持することを特徴とする、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 38】

上記第 2 の電気信号の印加により、上記微小機械素子に蓄えられる弾性エネルギーを、上記微小機械素子と上記コンタクト電極との間の界面に存在する付着エネルギーよりも大きい値に増加させることを特徴とする、請求項 35 に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回路において用いるための微小機械素子を制御するための装置及び方法に関するものであり、とくに、しかしこれに限定される訳ではないが、不揮発性メモリ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

微小機械への応用のための高度に集積化された集積回路においては、装置及びその駆動部を小型化する必要がある。このため、マイクロエレクトロニクス工業の応用分野におい

50

ては、スイッチ、コンデンサ及びリレーなどといった微小機械構造又は微小機械素子を用いる可能性は非常に大きい。例えば、メモリ装置に用いるための片持ち梁などの微小機械素子は、半導体チップにおいて見出されるソリッドステートのメモリアレイのための主要な候補である。

【0003】

さらに、微小機械構造は、マイクロスイッチ、キャパシタンス回路、加速度計及び光学素子を含む種々の応用分野で採用されている。製造技術の漸進的な進歩により、微小機械構造は、その寸法が大幅に低減されている。その結果、半導体プロセッサ及びメモリチップと競合する論理素子又はメモリ素子として微小機械構造用いる可能性が高くなってきている。

10

【0004】

従来の半導体不揮発性メモリは、絶縁部によって分離されたコントロールゲートとフローティングゲートとを有するトランジスタを用いることにより、書き込み及び消去を行うことができる。フローティングゲートに保存された電荷は2進値を表現する。そして、この2進値は、該装置のスイッチがオンされたときに、しきい値電圧として知られている予め設定された電圧を超えているか否かによって決定される。

【0005】

従来のソリッドステートのメモリは、オン状態であるかそれともオフ状態であるかを仮定（推定）して情報格納状態を表現する記憶セルを有している。メモリトランジスタ内における電荷の移動は、オン状態及びオフ状態のときに1ビットの情報を規定する。この情報は、メモリトランジスタに印加される前記のしきい値電圧によって決定される。

20

【0006】

微小機械素子の主要な価値は、その小さい寸法とその大きい利用可能性とにある。例えば、微小機械構造は、メモリへの応用分野で用いるための電荷の移動の媒体を提供する。良好な構造的一体性を有し、かつ切り替え動作（スイッチング動作）の信頼性が高い微小機械素子を提供することは望ましいことである。微小機械素子は、典型的には、低い圧力の細長い空隙部に収容されている。この微小機械素子は、移動することができ、かつ駆動電圧を印加することによりオン及びオフを切り替えることができる。この駆動電圧は、微小機械素子を、隣接している電極と接触させ、及び、この接触を解除する。この装置は、一般にセルとして知られている。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

微小機械のコンタクトスイッチ／セルの性能が直面している重要な問題の1つは、オン状態において電極及び微小電気機械素子が接触に際して互にくっついて動けなくなり（スティックし）、例えば、これらを分離してセルをオフに切り替えることが困難であるということである。微小電気機械システム（MEMS）の技術分野における熟練者は、この現象を「張り付き（stiction）」と呼んでいる。この現象は、2つの異なる表面の原子及び分子の間の引力によって生じさせられる。偏向が静電気力によるものである場合、復元力を生成するためには、約5V又は3.3Vの電圧で動作する集積回路と比較して、典型的には40Vなどといった高い制御電圧を必要とする。

40

【0008】

本発明に係る不揮発性メモリ装置は、片持ち梁スイッチと電極との間の張り付きを有効活用し、スイッチをオン状態に維持する。例えば、片持ち梁を基本とするリレーは、大抵は、一定の付勢電圧を維持することによりオン状態に駆動（活性化）される。しかしながら、微小機械構造をオン状態からオフ状態に迅速に解放するために、大抵の問題解決手法は負電圧のパルスの印加でもって一定の付勢を低減することにより、オフ状態を生じさせる。その結果、オフ状態を実現するためには、オン状態に駆動するために必要な電圧よりも低い電圧を印加することになる。

【0009】

50

MEMSの技術分野において、張り付きは重大な問題であるが、スイッチ及びメモリなどへの応用において上記問題を回避するために研究活動が継続されている。しかしながら、本発明においては、構造を計画するために、切り替え動作時に、微小機械素子とコンタクト電極との間の付着を維持するために張り付きを有効活用する。本発明は、微小機械素子においてより大きい制御可能な復元力を生じさせ、微小機械素子を、繰り返して、迅速に、かつ首尾良く計画し及び計画を解除することを目論んでいる。

【0010】

微小電気機械スイッチの復元力は、例えば複数の制御電極を用いて該スイッチを電極に接触するよう引き込めることにより、あるいは、特別な形状に形成された構造素子を設けてより強い復元力を生じさせることにより、修正することができる。しかし、複数の駆動電極を用いることは、このようなスイッチを用いているシステムのコストを増加させるとともに、該システムを複雑化する。

10

【0011】

その他の問題解決手法においては、電極は、切り替え動作を実施する手段として、移動可能な微小機械素子の各側部に配置される。しかしながら、この問題解決手法は、例えば、印加電圧が高い、微小機械素子を収容するための空隙部が大きくなる、などといった多数の制限要素を有している。この場合、電極が該構造の各側部に配置されるので、その製造時に追加のマスクを用いる必要があり、その結果コストを上昇させる。

【0012】

それゆえ、本発明の目的は、高速の切り替え動作を行うことができ、微小機械素子におけるより大きい制御可能な復元力を得て微小機械素子を繰り返して迅速にかつ首尾良く計画及び計画の解除を行うことができ、切り替え電圧を低くすることができ、該構造の製造過程におけるマスクの使用（設置）を少なくして素子を収容するための空隙部をより小さくすることができ、コストにおいて有利な製造を行うことができる、電極構造とともに配置されたメモリ素子を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

かくして、本発明の第1の態様は、回路用の不揮発性メモリ装置（micromechanical element）を提供する。この不揮発性メモリ装置は、基板に結合された微小機械素子を備えている。微小機械素子は、基板の上に配置された偏向手段（deflection means）に応答して、1つの安定状態又は複数の安定状態の間における微小機械素子の移動を制御する。

30

【0014】

上記の1つの安定状態又は複数の安定状態の各々は、微小機械素子の接触状態、接触状態から微小機械素子を制御された態様で解放させるための準安定状態、及び、微小機械素子が自由端を有している状態を含んでいるのが好ましい。

【0015】

微小機械素子は、基板に結合されて基板と電氣的に接続されているのが最も好ましい。

【0016】

偏向手段は、急速解放モード（rapid release mode）で接触位置から離反する方向に微小機械素子を偏向させるように動作することができ、また、上記の1つの安定状態又は複数の安定状態の各々を生じさせるのが有利である。

40

【0017】

偏向手段は1つ又は複数の電極を備えているのが好ましく、また電極は同一平面上に位置しているのが好ましい。

【0018】

微小機械素子は、偏向手段に応答して弾性的に変形することができるのが好ましく、またチタン、タングステン、アルミニウム、銅又はタンタルを含む材料群から好ましく選択された導電性材料で形成されているのが好ましい。

【0019】

偏向手段に第1の電圧を印加して、微小機械素子を第1の電極と接触するように引き込

50

む (pull-in) ようになっているのが好ましく、また偏向手段に第 2 の電圧を印加して、微小機械素子を偏向手段の近傍に移動 (変位) させるようになっているのが好ましい。

【0020】

微小機械素子は、異なる物理的特性 (物理的性質) を有しているのが好ましく、次の隣の部分に比べてより高い曲げ剛性 (bending stiffness) を有する部分を含んでいるのがとくに好ましい。

【0021】

本発明のもう 1 つの態様は、不揮発性メモリ装置を制御する方法を提供する。この方法は、1 つの安定状態又は複数の安定状態の間で微小機械素子を移動させるための偏向手段に対して、1 つ又は複数の信号を印加する過程を含んでいる。

10

【0022】

偏向手段に対して 1 つ又は複数の制御信号を印加する過程では、微小機械素子を接触状態となるように移動させるのが好ましい。また、この方法の過程 (step) は、急速解放モードで、接触位置から離反する方向に微小機械素子の偏向を生じさせるための予め設定された信号を生成する過程を含んでいるのが好ましい。

【0023】

偏向手段に対する 1 つ又は複数の予め設定された信号を生成する過程では、偏向手段の近傍に微小機械素子を移動させるのが好ましい。

【0024】

本発明のさらにもう 1 つの態様は短絡回路を提供する。この短絡回路は、第 2 の微小機械素子の近傍に位置する第 1 の微小機械素子を備えている。これらの微小機械素子は、それぞれ各微小機械素子を移動させるための第 1 及び第 2 の偏向手段に応答 (反応) する。さらに、短絡回路は、電流制限手段と、偏向手段及び電流制限手段と連携する接地導体とを備えている。ここで、第 1 の偏向手段は、第 2 の偏向手段と係合して短絡を生じさせることができる。

20

【0025】

第 1 の微小機械素子は、第 2 の微小機械素子に対して実質的に垂直に配列されているのが有利であり、また電流制限手段は抵抗体 (抵抗器) であるのが有利である。

【0026】

各偏向手段は、微小機械素子を、コンタクト電極に対して引き込み (pull-in) 又は引き離す (pull-off) ための 1 つ又は複数の電極を備えているのが好ましい。第 1 の微小機械素子の引き込み電極は、第 2 の微小機械素子のコンタクト電極と係合して、第 1 の微小機械素子の短絡を生じさせるようになっているのが有利である。

30

【0027】

本発明に係る短絡回路は、本発明に係る不揮発性メモリ装置において動作することができるようになっているのが好ましい。

【発明の効果】

【0028】

本発明は、既知の問題解決手段と比べて、引き込み電極及び引き離し電極が同一平面に存在する点においてとくに有利である。これは、スイッチの計画解除 (de-programming) を行うために、製造時にその余分な層及び余分なマスキング工程を必要としないということを意味する。さらに、計画された片持ち梁の下 の静電気間隙 (electrostatic gap) が小さいので、電極が微小機械素子の各側部に配置された構造において必要とされる電圧に比べて、計画解除電圧 (de-programming voltage) をより低くすることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、添付の図面を参照しつつ、単なる例示として本発明の実施の形態を説明する。

【0030】

以下、実施の形態を、その異なる状態を参照しながら説明する。この実施の形態においては、メモリセル装置は、低い圧力の環境下に収容され、本発明を完全な形 (integers)

50

で実施することを確実化する。図1は、本発明の実施の形態に係る装置の第1の状態を示している。この装置において、不揮発性メモリセル装置1は、この実施の形態で用いられている片持ち梁などの微小機械素子2と、第1の電極4の上に配置された微小機械素子2の支持部3とを備えている。微小機械素子2の自由端は、第2の電極5及び第3の電極6の上方で移動(変位)することができる。電極4、5、6は、同一平面上に配列されている。本明細書において、Zは、微小機械素子2の下面と電極4、5、6の上面との間の分離部(separation)をあらわすものとする。また、Xは電極4と電極5との間の分離部をあらわすものとし、Yは電極5と電極6との間の分離部をあらわすものとする。電極5は切り替え電極(switching electrode)であり、電極4及び電極6はコンタクト電極として機能する。この第1の状態においては、メモリセル装置1には電圧は印加されていない。したがって、微小機械素子2と電極4、5、6との間には静電気力は存在せず、このためメモリセル装置1は平衡状態にあり、微小機械素子2は静止状態を維持する。

10

【0031】

図2に示すように、メモリセル装置1の微小機械素子2は、オン状態に活性化(activate)することができる第2の状態にすることができる。これは、例えば偏向電極5(屈曲電極)に付勢電圧V1(バイアス電圧)を印加することにより実現される。ここで、付勢電圧V1は、微小機械素子2と電極5との間に静電気力を生じさせ、微小機械素子2をコンタクト電極6に向かって強制的に移動(変位)させる。この「引き込み(pull-in)」電圧がしきい値に到達したときに、微小機械素子2は、微小機械素子2と電極6の接触の結果、電極6への電荷移動を開始することができる。これにより、微小機械素子2は、計画された状態(programmed state)となる。計画の実施(programming)後、電極5の付勢電圧V1を除去したとき、すなわち $V1=0$ となったときにも、微小機械素子2は電極6との接触状態を維持する。これは、計画された状態として知られている。この接触は引力(attraction)、例えばファン・デル・ワールス力(Van der Waals forces)、静止摩擦力(stiction)として集合的に知られている表面張力、又は、金属・金属結合などによって維持される。この引力は、このモード(形態)におけるメモリセル装置1のエネルギー的に好ましい付着状態(接着状態)を生じさせる。

20

【0032】

さらに、この状態においては、上記構造の微小機械素子2は弾性エネルギーを保存(store)。また、前記のとおり、メモリセル装置1は、微小機械素子2の先端部とコンタクト電極6との間の界面(境界部)に生成される静止摩擦力によって惹起されるさらなるエネルギー成分を含んでいる。

30

【0033】

揮発性メモリなどといったある種の応用例においては、コンタクト電極6と微小機械素子2との間の接触を維持している静止摩擦力は望ましい特徴ではないということに注目すべきである。したがって、これを防止するため、電極をポリマ(高分子材料)の薄膜で被覆して、微小機械素子2と電極6との間の付着エネルギーを低減するようにしてもよい。

【0034】

本発明に係るメモリセル装置1は、前記のとおり、接触モードの後において、もう1つの状態の段階を生じさせる確実化する。図3に示すように、電極5と微小機械素子2との間に付勢電圧V2($V2>0$ 又は $V2<0$)を印加する。このとき、微小機械素子2は依然電極6と接触状態にあり、これにより微小機械素子2はさらに電極5に向かって引き込まれる。微小機械素子2が電極5に向かって曲がるので、さらなる弾性張力エネルギーが生成され、このエネルギーが微小機械素子2の1つ又は複数の部分に保存される。微小機械素子2における弾性エネルギーの増加は、微小機械素子2と電極6との間に存在する付着力に打ち勝つのに十分なものであるべきである。印加される電圧は、微小機械素子2が電極5と直接接触してメモリセル装置1の短絡を生じさせないような態様で、微小機械素子2の移動を制御しなければならないということに注目すべきである。

40

【0035】

図4に示すように、さらに後の段階においては、電極5における電圧V2が急激に低下

50

したときに ($|V| \rightarrow 0$)、微小機械素子 2 は偏向電極 5 から離反する方向に急速に偏向させられる (deflected)。微小機械素子 2 内に保存された弾性張力エネルギー (elastic strain energy) は、微小機械素子 2 とコンタクト電極 6 との間の静止摩擦力又は付着力と反対方向に作用し、これにより微小機械素子 2 を急速解放モードで解放する。付着力は、電極 6 と微小機械素子 2 との間の界面でエネルギー障壁 (エネルギーバリア) を形成する。このモードにおいては、微小機械素子 2 は、エネルギー的に好ましい付着状態から、微小機械素子 2 が自由に移動することができる次の状態への過渡状態を生じさせる。これは、計画が解除された状態 (deprogrammed state) として知られている。計画された状態及び計画が解除された状態は、連続的に繰り返して実施される。

【0036】

急速解放モードは本発明の重要な態様であるので、急速解放モードにおける偏向電極 5 への電圧の印加が十分に迅速であることが重要である。この場合、材料内における機械的パルスの伝達が制限因子 (limiting factor) であるが、この伝達は微小機械素子 2 の機械的共振周波数 (1 次の固有モード周波数) に関連している。これは、微小機械素子 2 の急速解放が生じない程度まで保存された弾性エネルギーが不本意に散逸するからである。電圧パルスの電圧の低下を機械的な共振よりも低速にすることにより、微小機械素子 2 の運動 (移動) を緩速化することは好ましくない。なお、機械的な共振は、粘性による振動減衰及び固定支持によるエネルギー損失の効果を伴う。

【0037】

さらに、このような高速のパルスをメモリセル装置の駆動電子機器によって供給することができない場合、ある微小機械素子の「引き込み電極 (pull-in electrode)」には、他の微小機械素子により短絡が生じる可能性がある。図 5 に示すように、回路 300 においては、微小機械素子 305 は、回路 300 の部位 340 で接地されたもう 1 つの微小機械素子 310 の近傍に配置されている。微小機械素子 310 は、引き込み電極 350 とコンタクト電極 355 とを有する。他方、微小機械素子 305 は、コンタクト電極 345 と、微小機械素子 310 のコンタクト電極でもある引き込み電極 355 とを有する。

【0038】

図 5 を参照しつつすでに説明したとおり、この装置の通常の動作時においては、微小機械素子 305 が偏向電圧 V_1 ($V > 0$) 325 で駆動/検出回路 320 によって引き込まれ、この次の段階において V_2 325 で供給される電圧によってさらに引き込まれて弾性張力エネルギーを増加させる。その結果、微小機械素子 305 の急速解放を生じさせる。微小機械素子 310 が微小機械素子 305 の引き込み電極 355 と接触すると、引き込み電極 355 は短絡され、その電圧は、微小機械素子 310 における電流を制限する高抵抗体 (抵抗器) により急速に 0 まで低下する。

【0039】

この急速解放モードの動作機構 (メカニズム) は、微小機械素子と電極との間の接触面積が最小である場合に極めて有効となる。このため、計画解除サイクルの実施時においては、微小機械素子の先端部のみをコンタクト電極に接触させるべきである。これにより、微小機械素子が「平坦な」形態にスナップダウン (snap down) こと、すなわち引き込み電極に接触することを確実に防止することができる。これは、先端部の近傍に剛性の高い部分を設けて平坦な形態を防止するいくつかの方法によって実現することができる。

【0040】

したがって、本発明のさらにもう 1 つの実施の形態においては、微小機械素子の急速解放モードの実施時における偏向を、その長手方向に沿って曲げ剛性に変化を持たせた構造を用いることにより促進することができる。例えば、前記の図 1 に示す微小機械素子 2 を、セグメントの長さ方向に高い曲げ剛性を有する材料で形成してもよい。なぜなら、このセグメントは準安定形態にあるときにはさらに引き込まれるからである。この構造のその他の長さ (length)、すなわち長さ B 及び長さ C は、それぞれ、長さ B においてより高い曲げ剛性を生じさせる (accommodate) ために予め設定された曲げ剛性を持たせ、微小機械素子 2 の構造的な一体性 (integrity) を維持するようにしてもよい。

【0041】

さらに、電力消費を低減するために、図1～図4に示すメモリセル装置1に印加される電圧パルスを低減することができる多数の手法が存在する。再び図1に示すように、微小機械素子2の下面と電極との間の移動距離Zを小さくすることにより、微小機械素子2を構造内に引き込むための付勢電圧、すなわち電極5と電極6との電氣的な接触を生じさせるために電極5に印加する付勢電圧をより低くすることができる。しかしながら、分離部Zは、電極5と微小機械素子2との間に接触が起こらないようにすべきである。接触すると、電極5に望ましくない短絡を生じさせ、かつ該装置の早すぎる活性化の解除(deactivation)を生じさせるからである。

【0042】

10

図1～図4に示すように、メモリセル装置の電極間距離は、微小機械素子2に保存される弾性張力エネルギーの量を変えるために変更することができる。例えば、電極5を電極6からより離間させて配置した場合、微小機械素子2はより大きく引き込まれるであろう。これは、微小機械素子2が急速解放の前に電極5と接触する可能性がより低くなるからである。これは、電極5の短絡を生じさせるであろう。

【0043】

本発明の主要な目的の1つは、微小機械素子に保存された弾性張力エネルギーを増加させて、微小機械素子のコンタクト電極からの解放の速度を高めることである。図6に示すように、本発明のさらにもう1つの実施の形態においては、微小機械素子600は、1つ又は複数の平行ビームセグメント(平行梁部)、例えばセグメント601、セグメント602及びセグメント603を備えている。微小機械素子600は、互いに横向きに(laterally to each other)配置された電極604、604に応答する。使用時においては、前記のとおり、該構造は準安定状態を確実に保つことができるので、すなわち該構造は電極604と電極605の影響の下で引き下げられ(pulled down)、さらに解放の前に曲がる(warp)ので、その長手方向に沿っての曲げ剛性を増加させる結果となる。

20

【0044】

セグメント602がこのように配列されているので、ねじれた側部のビームは高い曲げ剛性を有する。さらに、この実施の形態に係る構成は、引き下げ効果を最小にする一方、側部のビームにおけるねじれモーメントを最大にする。その結果、本発明の微小機械素子の場合に比べて、鉛直方向(上下方向)の同一の偏向量に対応するシステムに、より多くの弾性張力エネルギーを生じさせることができる。

30

【0045】

本明細書では、微小機械メモリ素子及びその使用方法についての特定の実施の形態を説明しているが、このような特定の実施の形態は本発明の範囲を限定することを意図している訳ではない。さらに、ある特定の実施の形態についてなされた本発明の説明は、当業者であればさらなる修正例を提案することができるということを理解すべきである。このような修正例はすべて、添付の特許請求の範囲の範囲内に含まれることが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】電圧の印加がない状態における不揮発性メモリセル装置を示す図である。

40

【図2】オン状態に活性化されることができる第2の状態にされた不揮発性メモリセル装置の断面を示す図である。

【図3】不揮発性メモリセル装置の断面を示す図であり、電極で接触している微小機械素子2を示し、さらなる電圧が印加され、これにより素子を電極に向かってさらに引き込まれている。

【図4】電極5での電圧が急激に低下したときに、微小機械素子が偏向電極から離反する方向に急速に偏向している状態を示す図である。

【図5】本発明に係る不揮発性装置において生じる回路の短絡を示す図である。

【図6】1つ又は複数の平行ビームセグメントを備えている微小機械素子を示す図である。

50

【符号の説明】

【0047】

1 不揮発性メモリセル装置、2 微小機械素子、3 支持部、4 電極、5 電極、6 電極、300 回路、305 微小機械素子、310 微小機械素子、320 駆動／検出回路、335 抵抗（抵抗器）、345 コンタクト電極、350 引き込み電極、355 引き込み電極。

【図 1】

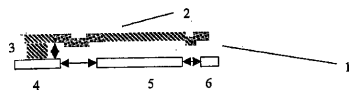


Figure 1

【図 2】

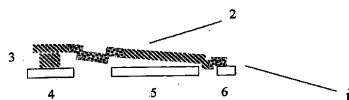


Figure 2

【図 3】

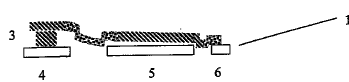


Figure 3

【図 4】

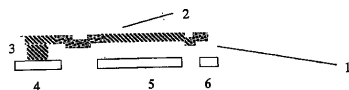
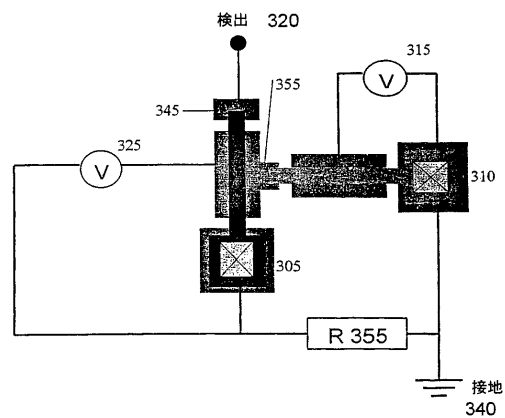


Figure 4

【図 5】



【図 6】

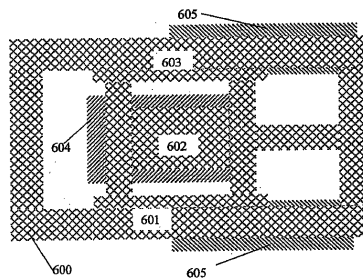


Figure 6

フロントページの続き

(72)発明者 ロベルト・カジンチ

オランダ、エヌエルー５２１３アーイー・デス・ヘルトヘンボッシュ、フラーフセウェッヒ２０７番

審査官 正山 旭

(56)参考文献 特表２００２－５１７３２０（ＪＰ，Ａ）

米国特許第０６４７３３６１（ＵＳ，Ｂ１）

米国特許出願公開第２００２／００７５０９４（ＵＳ，Ａ１）

米国特許第０６６４６２１５（ＵＳ，Ｂ１）

米国特許出願公開第２００２／００９７１３６（ＵＳ，Ａ１）

欧州特許出願公開第０１２２７４９６（ＥＰ，Ａ１）

LEI L MERCADO ET AL, "A mechanical approach to overcome RF MEMS switch stiction problem", 2003 PROCEEDINGS 53RD. ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE. (ECTC). NEW ORLEANS, LA, 米国, IEEE, 2003年 5月27日, vol. CONF. 53, pages 377-384

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/10

B81B 3/00

B81B 7/02

G11C 16/04

H01H 59/00