

(19)



(11)

EP 1 836 713 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
03.03.2010 Bulletin 2010/09

(51) Int Cl.:
H01H 1/00 (2006.01) H01H 1/54 (2006.01)
H01H 7/16 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06707675.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2006/050075

(22) Date de dépôt: **06.01.2006**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2006/072628 (13.07.2006 Gazette 2006/28)

(54) **MICROSYSTEME INTEGRANT UN CIRCUIT MAGNETIQUE RELUCTANT**
 MIKROSYSTEM MIT INTEGRIERTER RÜCKHALTEMAGNETSCHALTUNG
 MICROSYSTEM WITH INTEGRATED RELUCTANT MAGNETIC CIRCUIT

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **PAINEAU, Sylvain**
F-38500 Voiron (FR)
- **COUTIER, Caroline**
F-38000 Grenoble (FR)
- **GARNIER, Amalia**
F-38000 Grenoble (FR)
- **GRAPPE, Benoit**
F-38120 Saint Egreve (FR)

(30) Priorité: **10.01.2005 FR 0550085**
15.03.2005 FR 0550666

(43) Date de publication de la demande:
26.09.2007 Bulletin 2007/39

(74) Mandataire: **Bié, Nicolas et al**
Schneider Electric Industries SAS
Service Propriété Industrielle
35 rue Joseph Monier - CS 30323
92506 Rueil-Malmaison Cedex (FR)

(73) Titulaire: **Schneider Electric Industries SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
 • **CHIESI, Laurent**
F-38140 Reaumont (FR)
 • **BATAILLE, Christian**
F-78180 Montigny Le Bretonneux (FR)

(56) Documents cités:
WO-A-02/095784 US-A- 4 427 957
US-A- 4 647 737 US-A- 5 070 317
US-A1- 2002 050 880 US-A1- 2004 183 633

EP 1 836 713 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un micro-système intégrant un circuit magnétique réluctant. Ce circuit magnétique réluctant permet notamment, en créant une force de contact supplémentaire, de pouvoir réaliser une ouverture d'un circuit électrique sans générer d'arc électrique.

[0002] Dans un appareil électrique interrupteur de courant, il est connu de devoir :

- éviter à l'ouverture du circuit électrique la naissance d'un arc électrique entre les contacts de l'interrupteur afin de limiter l'usure de ces contacts et ainsi d'augmenter la durée de vie du dispositif. Les phénomènes d'arc électrique sont particulièrement destructeurs dans des dispositifs de petites dimensions.
- disposer d'une force de contact importante afin de permettre une meilleure tenue aux courants transitoires.
- éviter les rebonds de l'interrupteur à la fermeture pour ne pas souder les contacts entre eux.

[0003] Le brevet US 4,427,957 décrit un dispositif de commutation comportant un circuit magnétique composé d'une partie mobile constituée d'une lame pivotante et d'une partie fixe. Une bobine est enroulée autour de la partie fixe du circuit magnétique. Un circuit électrique d'alimentation d'une charge comporte notamment une pièce de contact électrique solidaire de la lame pivotante et initialement écartée d'une seconde pièce de contact électrique. La première pièce de contact électrique joue également le rôle de ressort mécanique pour la lame pivotante. Lors du passage d'un courant dans la bobine, le circuit magnétique est magnétisé et génère une première force d'attraction pour attirer la lame pivotante. La lame pivote jusqu'à la connexion entre les deux pièces de contact électrique, provoquant la fermeture du circuit électrique mais également celle du circuit magnétique. Les deux pièces de contact électrique étant agencées pour traverser le circuit magnétique, un flux magnétique apparaît donc dans le circuit magnétique. Ce flux magnétique crée une force de contact supplémentaire entre la lame pivotante et la partie fixe du circuit magnétique. Cette force de contact supplémentaire varie en fonction de l'intensité du courant circulant dans le circuit électrique.

[0004] Si le courant alimentant la bobine de commande est coupé, la première force d'attraction est annulée. Seule la force d'attraction supplémentaire maintient la lame en position de fermeture du circuit. Etant donné que l'intensité de cette force suit les oscillations du courant à travers le circuit électrique, elle prend une valeur nulle à un moment donné. Lorsque le courant atteint une valeur inférieure à une valeur seuil, la force magnétique supplémentaire devient inférieure à la force mécanique de

rappel exercée par le ressort sur la lame pivotante. Sous l'action de cette force mécanique, la lame pivotante s'écarte de la position de fermeture ce qui ouvre le circuit électrique. La valeur seuil de courant est par exemple proche de zéro ce qui permet de couper le circuit lorsque le courant est faible et ainsi d'éviter la génération d'arc électrique.

[0005] Dans ce dispositif électromécanique, la maîtrise du niveau de courant au-dessous duquel la lame pivotante s'écarte est très difficile à garantir dans le temps. En effet, le retour de la lame s'effectue lorsqu'il existe un déséquilibre entre la force magnétique supplémentaire engendrée par le courant passant dans le circuit électrique et la force de rappel mécanique exercée par le ressort sur la lame pivotante. Or cette dernière dépend fortement de l'assemblage mécanique des pièces du dispositif et de leur usure dans le temps. On assiste donc souvent à une dérive de la valeur seuil du courant à partir de laquelle la force mécanique prend le pas sur la force magnétique.

[0006] En outre, la force de rappel mécanique devant être assez importante pour décoller les contacts, générer une force magnétique du même ordre de grandeur avec un courant circulant dans une spire ne semble pas adapté à des courants seuils de quelques milliampères.

[0007] Le but de l'invention est de proposer un micro-système permettant de répondre aux différentes exigences définies ci-dessus, dans lequel la coupure du circuit avec un courant ayant une valeur inférieure à une valeur seuil est fiable et parfaitement stable dans le temps.

[0008] Ce but est atteint par un micro-système comportant :

- une pièce de contact mobile comportant une couche en matériau ferromagnétique, montée mobile sur un substrat pour commuter un circuit électrique entre une position ouverte et une position fermée,
- des moyens de fermeture susceptibles d'appliquer une force de contact principale à la pièce de contact mobile en position fermée,
- un circuit magnétique réluctant appliquant à la pièce de contact mobile en position fermée une force de contact supplémentaire, dont l'intensité varie en fonction d'un courant alternatif traversant le circuit électrique,
- des moyens d'ouverture qui, suite à un ordre d'ouverture, appliquent à la pièce de contact mobile une force d'ouverture du circuit électrique, dont l'intensité est égale à la somme de l'intensité de la force de contact principale et de l'intensité de la force de contact supplémentaire lorsque celle-ci correspond à une valeur du courant alternatif inférieure à une valeur seuil,

caractérisé en ce que,

- les moyens de fermeture sont de type magnétique ou électromagnétique et génèrent un premier champ magnétique créant une composante magnétique dans la couche en matériau ferromagnétique de la pièce de contact mobile pour la maintenir dans la position fermée,
- les moyens d'ouverture comprennent un électroaimant muni d'une bobine d'excitation apte à être alimentée par un courant temporaire pour produire un second champ magnétique et créer une composante magnétique inverse dans la couche en matériau ferromagnétique de la pièce de contact mobile, d'intensité suffisante pour commander le passage de la pièce de contact mobile de la position fermée à la position ouverte.

[0009] Lorsque le courant est alternatif, la force de contact supplémentaire générée est proportionnelle au carré de l'intensité du courant traversant le microactionneur. Cette force suit donc des oscillations positives successives.

[0010] Les avantages liés à l'intégration d'un circuit magnétique réductant dans un tel microsystème sont donc :

- de ne permettre l'ouverture de l'interrupteur que pour un courant traversant celui-ci inférieur à une valeur seuil afin d'éviter la formation d'un arc électrique,
- d'augmenter la force de contact de l'élément mobile de l'interrupteur lorsque le courant passant à travers celui-ci augmente, ce qui lui permet de mieux supporter les courants transitoires,
- de diminuer les rebonds à la fermeture de l'interrupteur grâce à la présence de la force de contact supplémentaire générée par le circuit magnétique réductant.

[0011] Contrairement à l'art antérieur, dans le dispositif selon l'invention, il s'agit d'opposer directement des forces magnétiques entre elles, c'est-à-dire le couple magnétique généré par le champ de la bobine d'excitation contre la force de contact principale générée par le premier champ magnétique et la force de contact supplémentaire générée lors du passage du courant dans le circuit électrique. Il est donc plus aisé d'adapter le niveau du courant seuil car le niveau des forces en jeu est semblable.

[0012] En outre, les forces magnétiques générées sont indépendantes des phénomènes d'usure du microsystème et des variations de son procédé d'assemblage.

[0013] Selon l'invention, la pièce de contact mobile est bistable. Le premier champ magnétique est permanent et maintient la membrane dans chacune de ses positions. En revanche, le second champ magnétique créé par la bobine d'excitation n'est que transitoire et n'est activé

que pour le basculement de la membrane de l'une de ses positions à l'autre de ses positions.

[0014] Selon une particularité, le premier champ magnétique est uniforme et orienté perpendiculairement au substrat.

[0015] Selon une autre particularité, la bobine d'excitation est de type solénoïde et elle entoure le substrat et la pièce de contact mobile.

[0016] Selon une autre particularité, la valeur seuil correspond à la valeur d'intensité d'apparition d'un arc électrique.

[0017] Selon une autre particularité, la couche ferromagnétique forme avec un circuit ferromagnétique de renfort le circuit magnétique réductant lors du passage du courant alternatif dans le circuit électrique.

[0018] Selon une autre particularité, le circuit magnétique de renfort est intégré dans le substrat.

[0019] Selon une autre particularité, le circuit ferromagnétique de renfort est constitué de deux ailes symétriques jointes par une âme centrale perpendiculaire, définissant une section transversale en forme de U.

[0020] Selon une autre particularité, le circuit ferromagnétique de renfort est orienté de manière à, dans son sens longitudinal, être parallèle à la direction suivie par le courant lorsque le circuit électrique est fermé.

[0021] Selon une autre particularité, les ailes du circuit ferromagnétique de renfort comportent deux surfaces définissant chacune un entrefer avec une surface parallèle de la couche ferromagnétique de la pièce de contact mobile située en vis-à-vis.

[0022] Selon l'invention, la pièce de contact mobile est constituée d'une membrane ferromagnétique montée pivotante sur le substrat et portant un contact mobile apte en position fermée à relier électriquement deux pistes conductrices fixes disposées sur le substrat pour la fermeture du circuit électrique.

[0023] D'autres caractéristiques et avantages vont apparaître dans la description détaillée qui suit en se référant à un mode de réalisation donné à titre d'exemple et représenté par les dessins annexés sur lesquels :

- La figure 1 illustre, schématiquement et en coupe longitudinale, un premier mode de réalisation de l'invention.
- La figure 2 illustre, schématiquement, en coupe transversale selon A-A sur la figure 1, le premier mode de réalisation de l'invention.
- La figure 3 illustre schématiquement, pris suivant une coupe transversale identique à celle de la figure 2, un second mode de réalisation de l'invention.
- La figure 4 représente, en perspective, un microactionneur pouvant être utilisé dans le microsystème selon l'invention.
- La figure 5 illustre le microactionneur selon l'inven-

tion positionné dans l'espace défini à l'intérieur d'une bobine d'excitation de type solénoïde.

- Les figures 6A à 6C illustrent en vue de côté les différentes étapes mises en oeuvre pour le pivotement de la membrane du microactionneur selon l'invention.
- Les figures 7A et 7B représentent un microsystème selon l'invention placé entre deux pièces d'entrefer d'un circuit magnétique.
- La figure 8 représente la courbe de variation de la force de contact générée à l'aide du principe de l'invention.

[0024] Le principe de l'invention consiste à intégrer dans un appareil électrique interrupteur d'un circuit électrique un circuit magnétique réductant afin de procurer les avantages précités.

[0025] Ainsi, dans un appareil électrique interrupteur comportant typiquement une pièce de contact mobile susceptible de commuter un circuit électrique entre une position ouverte et une position fermée, un circuit magnétique réductant créé par le passage d'un courant alternatif dans le circuit électrique fermé, permet d'appliquer à la pièce de contact mobile une force de contact ou d'écrasement supplémentaire F' . L'intensité de la force de contact supplémentaire F' varie en fonction de l'intensité du courant alternatif circulant dans le circuit électrique et suit des oscillations positives successives (figure 8). De manière plus précise, l'intensité de cette force de contact supplémentaire F' est proportionnelle au carré du courant I traversant l'interrupteur lorsque le circuit magnétique réductant n'est pas saturé.

[0026] L'invention consiste à utiliser les variations de cette force de contact supplémentaire F' pour permettre l'ouverture du circuit électrique lorsque le courant est à une intensité inférieure à une valeur seuil. Cette valeur seuil peut correspondre à l'intensité d'apparition d'un arc électrique. La force de contact supplémentaire F' peut permettre d'empêcher l'ouverture de l'interrupteur tant que le courant circulant dans celui-ci est supérieur au courant seuil. Cette valeur seuil est par exemple de 0,2 Ampère.

[0027] En position fermée, la pièce de contact mobile est soumise à une force de contact principale F créée par des moyens de fermeture. Comme précisé ci-dessus, le circuit magnétique réductant généré par le passage du courant alternatif circulant dans l'interrupteur suite à la fermeture du circuit permet d'appliquer à la pièce de contact mobile une force de contact supplémentaire F' variable suivant les oscillations du courant. L'ouverture du circuit électrique peut ainsi être réalisée selon le processus suivant :

Selon l'invention, après un ordre d'ouverture, la force de contact principale F est toujours appliquée à la

pièce de contact mobile. Dans ce cas, pour provoquer l'ouverture du circuit électrique sans générer d'arc électrique, il faut appliquer à la pièce de contact mobile une force d'ouverture F_{OUV} de direction opposée et d'intensité égale à la somme de l'intensité de la force de contact principale F et de la force de contact supplémentaire F' lorsque celle-ci correspond à une valeur du courant alternatif inférieure à la valeur seuil du courant d'apparition d'arc électrique. En générant une telle force, on est sûr d'obtenir l'ouverture du circuit électrique au-dessous du courant seuil et donc d'éviter l'apparition d'un arc électrique.

[0028] La force de contact principale F est générée par des moyens de fermeture magnétiques ou électromagnétiques. La force d'ouverture est générée par des moyens d'ouverture électromagnétiques.

[0029] La suite de la description est consacrée à un exemple de mise en oeuvre de l'invention dans un microsystème utilisant un microactionneur magnétique. La description de ce mode de réalisation n'est pas limitative et l'emploi de moyens équivalents pourra être envisagé.

[0030] Un microsystème pourra être un dispositif comportant au moins un microactionneur pouvant être fabriqué selon des technologies de type MEMS ou des technologies classiques de circuit imprimé en PCB ou kapton.

[0031] Un microactionneur tel que celui décrit ci-dessous est un micro-interrupteur ou micro-commutateur de courant utilisé dans un micro-contacteur, un micro-relais ou un micro-reed. Dans la suite de la description nous emploierons le terme général "microactionneur" pour faire référence à ces différentes applications.

[0032] En référence à la figure 4 et de manière connue, un microsystème peut comporter un microactionneur 2 monté sur une surface plane 30 d'un substrat 3 fabriqué dans des matériaux comme le silicium, le verre, des céramiques ou sous forme de circuits imprimés.

[0033] De manière connue (voir la demande de brevet n°US 2002/0140533), le substrat 3 porte sur sa surface 30, par exemple, au moins deux pistes conductrices planes identiques 31, 32 espacées et destinées à être reliées électriquement afin d'obtenir la fermeture du circuit électrique. Pour cela, le microactionneur 2 magnétique porte au moins un contact 21 mobile apte à effectuer la jonction électrique entre les deux pistes 31, 32 lorsque le microactionneur 2 est activé. Lorsque le circuit électrique est fermé, le courant I suit une direction située dans le plan des pistes conductrices 31, 32. Un tel microactionneur 2 est doté d'une pièce de contact mobile portant le contact 21 mobile et constituée d'une membrane 20 ayant un axe longitudinal (A) reliée par une de ses extrémités à un plot 23 d'ancrage solidaire du substrat 3 par l'intermédiaire de deux bras 22a, 22b de liaison. Le contact 21 mobile est par exemple formé sur la membrane 20 à proximité de l'extrémité libre de la membrane 20 et fait face à la surface 30 du substrat 3. La membrane 20 est par exemple constituée d'une couche 200 (figures

1 et 2) en matériau ferromagnétique présentant sur sa surface située en vis-à-vis du substrat 3 un évidement dans lequel est disposé le contact 21.

[0034] Le microactionneur 2 décrit dans l'invention peut être réalisé par une technologie de duplication planaire de type MEMS (Micro Electro-Mechanical System). En effet, la réalisation par dépôt de couches successives dans un processus itératif se prête bien à la fabrication de tels objets. Dans ce cas, la membrane 20 ainsi que les bras 22a, 22b sont par exemple issus d'une même couche de matériau ferromagnétique. Cependant, dans une autre configuration, les bras 22a, 22b de liaison et une couche inférieure de la membrane 20 peuvent être issus d'une couche métallique. Une couche d'un matériau ferromagnétique est déposée sur cette couche métallique pour générer la partie supérieure de la membrane 20. Une telle configuration peut permettre d'optimiser les propriétés mécaniques des bras 22a, 22b de liaison en utilisant, pour permettre le pivotement de la membrane 20, un matériau mécaniquement plus adapté que le matériau ferromagnétique. De plus, la couche métallique peut faire office de contact pour la fermeture d'un circuit électrique. Le matériau ferromagnétique est par exemple du type magnétique doux et peut être par exemple un alliage de fer et de nickel (« permalloy » $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$).

[0035] Par l'intermédiaire de ces deux bras 22a, 22b, la membrane 20 est apte à pivoter par rapport au substrat 3 suivant un axe (P) parallèle à l'axe décrit par les points de contact de la membrane 20 avec les pistes conductrices et perpendiculaire à l'axe longitudinal (A) de la membrane 20. Les bras 22a, 22b de liaison forment une liaison élastique entre la membrane 20 et le plot 23 d'ancrage. Dans une telle configuration, le pivotement de la membrane 20 est donc obtenu par flexion des bras 22a, 22b de liaison.

[0036] Un électroaimant est apte à piloter par effet magnétique le mouvement de pivotement de la membrane 20 entre au moins deux positions, une position de fermeture du circuit électrique et une position d'ouverture du circuit électrique. Un autre champ magnétique généré par exemple par un aimant permanent ou un électroaimant peut être utilisé pour appliquer une force de contact principale F à la membrane 20 dans sa position de fermeture.

[0037] Selon l'invention, il est donc possible de faire pivoter la membrane 20 autour de son axe (P) de pivotement en soumettant la membrane 20 à un champ magnétique produit par une bobine d'excitation 6 externe de type solénoïde ou planaire. La membrane 20 est donc apte à prendre deux positions extrêmes distinctes. En référence aux figures 6A à 6C, dans une première position extrême (figure 6C), l'extrémité de la membrane 20 portant le contact 21 est relevée et n'est pas en appui contre les pistes conductrices 31, 32. Le circuit électrique est donc ouvert. Dans sa seconde position extrême (figures 6A et 6B), l'extrémité de la membrane 20 portant le contact 21 est en appui contre les pistes conductrices 31, 32. Dans cette seconde position, le circuit électrique

est fermé.

[0038] Selon l'invention, un premier champ magnétique B_0 préférentiellement le plus uniforme possible, est appliqué au microactionneur 2. Ce premier champ magnétique B_0 présente des lignes de champ perpendiculaires à la surface 30 du substrat 3. Comme représenté sur les figures 6A à 6C, les lignes de champ de ce premier champ magnétique B_0 sont dirigées vers la surface 30 du substrat 3. Ce premier champ magnétique B_0 peut être généré par un aimant permanent ou par un électroaimant. Un circuit magnétique ayant comme source magnétique un aimant 5 permanent ou une bobine 5' électromagnétique peut être utilisé pour créer ce premier champ magnétique B_0 . Comme représenté aux figures 7A et 7B, ce circuit magnétique se compose d'un aimant 5 permanent (figure 7A) ou d'une bobine 5' électromagnétique (figure 7B) et de deux pièces 50, 51 d'entrefer disposées parallèlement, de part et d'autre de l'aimant 5 permanent ou de la bobine 5' et entre lesquelles le premier champ magnétique B_0 est généré. L'utilisation d'un tel circuit magnétique permet de générer un premier champ magnétique B_0 uniforme dans l'entrefer.

[0039] Un électroaimant comportant une bobine 6 d'excitation externe de type solénoïde comme représentée en figure 5, connectée à une source de courant, entoure le substrat 3 ainsi que le microactionneur 2 supporté par le substrat 3. Le microactionneur 2 est donc placé au centre de la bobine 6 d'excitation, dans le canal central de la bobine 6. Le passage d'un courant dans la bobine 6 d'excitation génère un champ magnétique de direction parallèle au substrat 3 et perpendiculaire à l'axe de pivotement (P) de la membrane pour commander le pivotement de la membrane 20 de l'une de ses positions vers l'autre de ses positions. Le sens du courant traversant la bobine 6 d'excitation décide du pivotement de la membrane 20 vers l'une ou l'autre de ses positions extrêmes. La bobine 6 d'excitation de type solénoïde pourra être fabriquée par des techniques de circuit imprimé ou de bobinage d'un fil de cuivre. Le microsystème peut comporter plusieurs microactionneurs organisés en matrice et soumis à l'influence du premier champ magnétique B_0 et à celle du second champ magnétique temporaire créé par la bobine 6 pour commander le basculement des microactionneurs. La matrice est placée au centre de la bobine 6 d'excitation.

[0040] Le substrat 3 supportant le microactionneur 2 et entouré de la bobine 6 d'excitation solénoïde est placé sous l'effet du premier champ magnétique B_0 , par exemple dans l'entrefer du circuit magnétique décrit ci-dessus en liaison avec les figures 7A et 7B. Comme représenté en figure 6A, le premier champ magnétique B_0 génère initialement une composante magnétique BP_0 dans la membrane 20 suivant son axe longitudinal (A). Le couple magnétique résultant du premier champ magnétique B_0 et de la composante BP_0 générée dans la membrane 20 maintient la membrane 20 dans l'une de ses positions extrêmes, par exemple dans la seconde position extrême (figure 6A). Dans la seconde position, le contact 21 porté

par la membrane 20 relie électriquement les deux pistes 31, 32 conductrices et le circuit est fermé. Dans la première position extrême (figure 6C), le contact 21 mobile de la membrane 20 est relevé et écarté des contacts fixes 31, 32. Le circuit électrique est ouvert.

[0041] En considérant que la membrane 20 est initialement dans sa seconde position (figure 6A), le basculement vers la première position se produit de la manière suivante :

En référence à la figure 6B, le passage d'un courant, dans un sens défini, dans la bobine 6 d'excitation de type solénoïde entourant le substrat 3, génère un second champ magnétique BS_1 dont la direction est parallèle au substrat 3 et perpendiculaire à l'axe (P) de pivotement de la membrane 20, son orientation dépendant du sens du courant délivré dans la bobine 6 d'excitation. Le second champ magnétique BS_1 créé par la bobine 6 d'excitation génère une composante magnétique BP_1 dans la couche magnétique de la membrane 20. Si le courant est délivré dans un sens approprié, cette nouvelle composante magnétique BP_1 s'oppose à la composante BP_0 générée dans la couche magnétique de la membrane 20 par le premier champ magnétique B_0 . Si la composante BP_1 générée par la bobine 4 d'excitation est d'intensité supérieure à celle générée par le premier champ magnétique B_0 , le couple magnétique résultant du premier champ magnétique B_0 et de cette composante BP_1 s'inverse et provoque le pivotement de la membrane 20 de sa seconde position (figure 6A) vers sa première position (figure 6C).

Une fois le pivotement de la membrane 20 effectué, l'alimentation en courant de la bobine 6 d'excitation n'est plus nécessaire. Selon l'invention, le second champ magnétique BS_1 créé par la bobine 6 d'excitation n'est que transitoire et n'est utile que pour faire pivoter la membrane 20 d'une position à l'autre. Comme représenté en figure 6C, la membrane 20 est ensuite maintenue dans sa première position sous l'effet du seul premier champ magnétique B_0 créant une nouvelle composante magnétique BP_2 dans la membrane 20. Le nouveau couple magnétique créé entre le premier champ magnétique B_0 et la composante BP_2 générée dans la membrane 20 impose à la membrane 20 de se maintenir dans sa première position (figure 6C).

Une fois que la membrane 20 a pivoté dans sa première position, le contact 21 porté par la membrane 20 est écarté des deux pistes conductrices 31, 32 présentes sur le substrat 3. Le circuit électrique est alors ouvert.

Pour fermer de nouveau le circuit électrique, la membrane 20 doit de nouveau être pivotée vers sa seconde position. Un courant est délivré dans la bobine

6 d'excitation dans un sens opposé à celui défini ci-dessus. Le champ magnétique créé par la bobine 6 d'excitation est donc orienté dans un sens opposé au champ magnétique précédent BS_1 . Ce champ magnétique génère une composante magnétique dans la membrane 20 opposée à la composante BP_2 . Si cette nouvelle composante magnétique est d'intensité supérieure à la composante BP_2 , le couple magnétique résultant du premier champ magnétique B_0 et de cette nouvelle composante magnétique provoque le basculement de la membrane 20 vers sa seconde position.

L'intensité du courant à délivrer dans la bobine 4 d'excitation pour faire pivoter la membrane 20 dépend du nombre de spires constituant la bobine 6 d'excitation ainsi que de la densité du champ magnétique le long de la bobine 6 d'excitation.

Selon une variante de réalisation de ce premier mode de réalisation, la bobine d'excitation est de type planaire (non représentée). Le champ magnétique créé est donc radial. Le substrat est alors disposé par rapport à la bobine de manière que le champ magnétique radial créé par la bobine soit parallèle à la surface 30 du substrat 3 et perpendiculaire à l'axe (P) de pivotement de la membrane 20. Comme dans la variante de réalisation précédente, la bobine d'excitation est externe au substrat et au microactionneur, c'est-à-dire qu'elle est indépendante de ceux-ci. Le substrat portant le microactionneur est par exemple collé à ladite bobine.

[0042] L'invention dont le principe est illustré sur les figures 1 et 2 consiste à créer un circuit magnétique réductant en utilisant la couche ferromagnétique 200 de la membrane 20 et en intégrant dans le substrat 3 un circuit de renfort 4 également en matériau ferromagnétique. Le matériau ferromagnétique utilisé pour ce circuit de renfort 4 et pour la couche 200 de la membrane 20 est par exemple du type magnétique doux et peut être un alliage de type FeNi (« permalloy »).

[0043] Le circuit de renfort 4 est disposé sous les deux pistes conductrices 31, 32 et s'étend au niveau de l'espace séparant les deux pistes 31, 32 pour agir sur la membrane 20 située au-dessus, à la verticale. Vu de côté, ce circuit de renfort 4 a la forme d'un U (figure 2), et présente donc deux ailes 41, 42 symétriques parallèles jointes par une âme centrale 40 perpendiculaire aux deux ailes 41, 42. L'âme centrale 40 est disposée sous les pistes 31, 32 conductrices et les deux ailes 41, 42 s'étendent perpendiculairement de part et d'autre des deux pistes 31, 32 conductrices. Le circuit de renfort 4 est orienté de manière à, dans son sens longitudinal, être parallèle à la direction suivie par le courant I dans les pistes 31, 32 conductrices lorsque le circuit électrique est fermé. Les ailes 41, 42 du circuit de renfort 4 se terminent chacune par une surface 43 située dans un plan parallèle

au plan des pistes 31, 32 conductrices de manière à définir chacune un entrefer E_1 , E_2 avec une surface parallèle de la couche ferromagnétique 200 de la membrane 20 située en vis-à-vis. Les deux pistes 31, 32 conductrices sont légèrement surélevées par rapport aux surfaces 43 des ailes 41, 42 de manière à toujours laisser un entrefer E_1 , E_2 résiduel entre le circuit de renfort et la couche ferromagnétique 200 de la membrane 20 même lorsque le contact 21 de la membrane 20 est plaqué contre les pistes 31, 32 conductrices.

[0044] L'actionnement de la membrane 20 permet de fermer le circuit électrique. Lors du passage d'un courant I dans le circuit électrique, le circuit magnétique réluctant est alors créé de sorte que le courant I , traversant les pistes 31, 32 conductrices et le contact 21 mobile effectuant la jonction, génère un champ magnétique B dont les lignes de champ encerclent les pistes 31, 32 conductrices et le contact 21 mobile. Ces lignes de champ sont formées transversalement à la direction du courant I traversant les pistes 31, 32 et suivent la forme en U du circuit de renfort 4, passent par un premier entrefer E_1 , suivent la couche ferromagnétique 200 de la membrane 20 et passent par le second entrefer E_2 avant de rejoindre le circuit de renfort 4 (figures 1 et 2). Le sens de ces lignes de champ est déterminé par la règle connue du tire-bouchon ou du bonhomme d'ampère.

[0045] Le champ magnétique B génère une force de contact supplémentaire F' du contact 21 mobile de la membrane 20 contre les pistes 31, 32 conductrices dont l'intensité varie en fonction de l'intensité du courant I traversant le microactionneur 2. Selon l'invention, il est donc possible de provoquer l'ouverture du circuit électrique lorsque celui-ci est parcouru par un courant déterminé par exemple inférieur à un courant seuil. Ce courant seuil est par exemple le courant d'apparition d'un arc électrique. La force de contact supplémentaire F' peut permettre d'empêcher l'ouverture du microactionneur tant que le courant circulant dans celui-ci est supérieur au courant seuil. Cette valeur seuil est par exemple de 0,2 Ampère.

[0046] Dans le cas du processus décrit ci-dessus, la membrane 20 est plaquée contre les pistes 31, 32 conductrices par une force de contact principale F (figure 8) permanente générée par exemple par l'action d'un champ magnétique permanent tel que le premier champ magnétique B_0 . Le passage du courant I traversant le microactionneur 2 crée une force de contact supplémentaire F' positive, variable suivant les oscillations du courant I . Si l'on souhaite provoquer l'ouverture du circuit électrique sans arc électrique, il suffit donc d'appliquer à la membrane 20 du microactionneur 2 une force F_{OUV} de direction opposée et d'intensité égale à la somme de l'intensité de la force de contact principale F et de l'intensité de la force de contact supplémentaire F' lorsque celle-ci correspond à une valeur d'intensité du courant alternatif inférieure à la valeur seuil du courant d'apparition d'arc électrique. En générant une telle force, on est sûr d'obtenir l'ouverture du circuit électrique au-dessous du courant seuil et donc d'éviter l'apparition d'un arc élec-

trique. Une telle force d'ouverture F_{OUV} peut être générée par la mise sous tension d'un électro-aimant tel que celui comportant la bobine 6 d'excitation. La bobine 6 d'excitation génère le second champ magnétique BS_1 d'intensité suffisante pour créer la force d'ouverture F_{OUV} .

[0047] Pour un microactionneur 2 qui développe typiquement une force de contact principale F de l'ordre de quelques centaines de μN , la force supplémentaire qui peut être obtenue avec un tel circuit magnétique réluctant, pour un courant de 0,2 A traversant le microactionneur 2, est de l'ordre de la centaine de μN . Si la force de contact principale F est de 500 μN et la force supplémentaire F' de 100 μN pour un courant de 0,2A, il suffira de générer une force d'ouverture F_{OUV} supérieure à 500 μN et inférieure à 600 μN , par exemple de 520 μN pour être sûr de provoquer l'ouverture du microactionneur 2 sans générer d'arc électrique (figure 8).

[0048] Selon une variante de réalisation représentée en figure 3, les pistes conductrices 31, 32 et la pièce de contact mobile 20' comportant la couche ferromagnétique 200' et le contact mobile 21', sont placées dans le U formé par le circuit de renfort 4 en matériau ferromagnétique. Les entrefers E_3 , E_4 du circuit magnétique réluctant B_1 créé par le passage du courant I dans le circuit électrique fermé, sont réalisés directement entre les faces latérales internes 44 de chacune des ailes 41, 42 du circuit de renfort 4 et des surfaces opposées parallèles de la couche ferromagnétique 200'. Le circuit magnétique réluctant B_1 passe donc par le circuit de renfort 4 et par la couche ferromagnétique 200' afin, comme précédemment, de générer une force de contact supplémentaire F' .

[0049] Dans une telle variante de réalisation, la pièce de contact mobile 20' peut être actionnée par différents moyens et notamment par des moyens de fermeture par exemple de type magnétique ou électromagnétique générant le premier champ magnétique B_0 décrit ci-dessus et par des moyens d'ouverture par exemple de type électromagnétique telle que la bobine 6 d'excitation décrite ci-dessus. Le fonctionnement de cette variante est identique à celui décrit précédemment.

[0050] Il est bien entendu que l'on peut, sans sortir du cadre de l'invention, imaginer d'autres variantes et perfectionnements de détail et de même envisager l'emploi de moyens équivalents.

Revendications

1. Microsystème comportant :

- une pièce de contact mobile (20, 20') comportant une couche (200, 200') en matériau ferromagnétique, montée mobile sur un substrat (3) pour commuter un circuit électrique entre une position ouverte et une position fermée,
- des moyens de fermeture susceptibles d'appliquer une force de contact principale (F) à la

pièce de contact mobile en position fermée,
 - un circuit magnétique réluctant appliquant à la pièce de contact mobile en position fermée une force de contact supplémentaire (F'), dont l'intensité varie en fonction d'un courant alternatif (I) traversant le circuit électrique,
 - des moyens d'ouverture qui, suite à un ordre d'ouverture, appliquent à la pièce de contact mobile une force d'ouverture (F_{OUV}) du circuit électrique, dont l'intensité est égale à la somme de l'intensité de la force de contact principale (F) et de l'intensité de la force de contact supplémentaire (F') lorsque celle-ci correspond à une valeur du courant alternatif inférieure à une valeur seuil,

caractérisé en ce que,

- les moyens de fermeture sont de type magnétique ou électromagnétique et génèrent un premier champ magnétique (B_0) créant une composante magnétique (BP_0) dans la couche (200, 200') en matériau ferromagnétique de la pièce de contact mobile (20, 20') pour la maintenir dans la position fermée,
 - les moyens d'ouverture comprennent un électroaimant muni d'une bobine d'excitation (6) apte à être alimentée par un courant temporaire pour produire un second champ magnétique (BS_1) et créer une composante magnétique (BP_1) inverse dans la couche (200, 200') en matériau ferromagnétique de la pièce de contact mobile (20, 20'), d'intensité suffisante pour commander le passage de la pièce de contact mobile de la position fermée à la position ouverte.

2. Microsystème selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier champ magnétique (B_0) est uniforme et orienté perpendiculairement au substrat (3).
3. Microsystème selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la bobine d'excitation (6) est de type solénoïde et **en ce qu'**elle entoure le substrat (3) et la pièce de contact mobile.
4. Microsystème selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la valeur seuil correspond à la valeur d'intensité d'apparition d'un arc électrique.
5. Microsystème selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la couche ferromagnétique (200, 200') forme avec un circuit ferromagnétique de renfort (4) le circuit magnétique réluctant lors du passage du courant (I) alternatif dans le circuit électrique.
6. Microsystème selon la revendication 5, **caractérisé**

en ce que le circuit magnétique de renfort (4) est intégré dans le substrat (3).

7. Microsystème selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** le circuit ferromagnétique de renfort (4) est constitué de deux ailes symétriques (41, 42) jointes par une âme centrale (40) perpendiculaire, définissant une section transversale en forme de U.
8. Microsystème selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** le circuit ferromagnétique de renfort (4) est orienté de manière à, dans son sens longitudinal, être parallèle à la direction suivie par le courant (I) lorsque le circuit électrique est fermé.
9. Microsystème selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** les ailes (41, 42) du circuit ferromagnétique de renfort (4) comportent deux surfaces (43, 44) définissant chacune un entrefer (E_1, E_2, E_3, E_4) avec une surface parallèle de la couche ferromagnétique (200, 200') de la pièce de contact (20, 20') mobile située en vis-à-vis.
10. Microsystème selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la pièce de contact mobile est constituée d'une membrane (20, 20') ferromagnétique montée pivotante sur le substrat (3) et portant un contact mobile (21, 21') apte en position fermée à relier électriquement deux pistes conductrices (31, 32) fixes disposées sur le substrat (3) pour la fermeture du circuit électrique.

35 Claims

1. Microsystem comprising:

- a movable contact part (20, 20') comprising a layer (200, 200') of ferromagnetic material, mounted movably on a substrate (3) so as to switch an electrical circuit between an open position and a closed position,
 - closing means able to apply a main contact force (F) to the movable contact part in the closed position,
 - a reluctant magnetic circuit applying to the movable contact part in the closed position an additional contact force (F'), whose intensity varies as a function of an AC current (I) passing through the electrical circuit,
 - opening means which, following an open order, apply an opening force (F_{OPN}) to the movable contact part to open the electrical circuit, whose intensity is equal to the sum of the intensity of the main contact force (F) and of the intensity of the additional contact force (F') when the latter corresponds to a value of the AC current below

a threshold value,

characterized in that,

- the closing means are of magnetic or electromagnetic type and generate a first magnetic field (B_0) creating a magnetic component (BP_0) in the layer (200, 200') of ferromagnetic material of the movable contact part (20, 20') so as to maintain it in the closed position,
 - the opening means comprise an electromagnet furnished with an excitation coil (6) able to be energized by a temporary current so as to produce a second magnetic field (BS_1) and create an inverse magnetic component (BP_1) in the ferromagnetic material layer (200, 200') of the movable contact part (20, 20'), of sufficient intensity to cause the movable contact part to pass from the closed position to the open position.
2. Microsystem according to Claim 1, **characterized in that** the first magnetic field (B_0) is uniform and oriented perpendicularly to the substrate (3).
 3. Microsystem according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the excitation coil (6) is of solenoid type and **in that** it surrounds the substrate (3) and the movable contact part.
 4. Microsystem according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the threshold value corresponds to the intensity value upon the appearance of an electric arc.
 5. Microsystem according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the ferromagnetic layer (200, 200') forms with a ferromagnetic strengthening circuit (4) the reluctant magnetic circuit when the AC current (I) flows through the electrical circuit.
 6. Microsystem according to Claim 5, **characterized in that** the magnetic strengthening circuit (4) is integrated into the substrate (3).
 7. Microsystem according to Claim 5 or 6, **characterized in that** the ferromagnetic strengthening circuit (4) consists of two symmetric wings (41, 42) joined by a perpendicular central web (40), defining a U-shaped transverse section.
 8. Microsystem according to one of Claims 5 to 7, **characterized in that** the ferromagnetic strengthening circuit (4) is oriented in such a way as, in its longitudinal sense, to be parallel to the direction followed by the current (I) when the electrical circuit is closed.
 9. Microsystem according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the wings (41, 42) of the ferromagnetic

strengthening circuit (4) comprise two surfaces (43, 44) each defining a gap (E_1, E_2, E_3, E_4) with a parallel surface of the ferromagnetic layer (200, 200') of the movable contact part (20, 20') situated opposite.

10. Microsystem according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the movable contact part consists of a ferromagnetic membrane (20, 20') mounted pivotably on the substrate (3) and bearing a movable contact (21, 21') able in the closed position to electrically link two fixed conducting tracks (31, 32) disposed on the substrate (3) for the closing of the electrical circuit.

Patentansprüche

1. Mikrosystem, das aufweist:

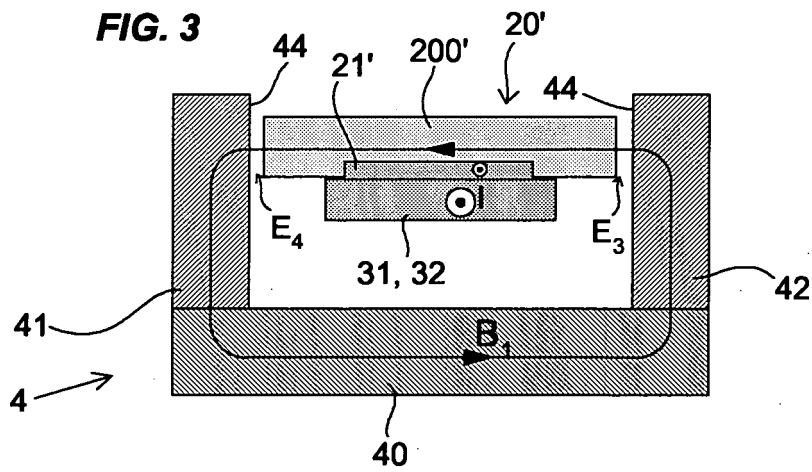
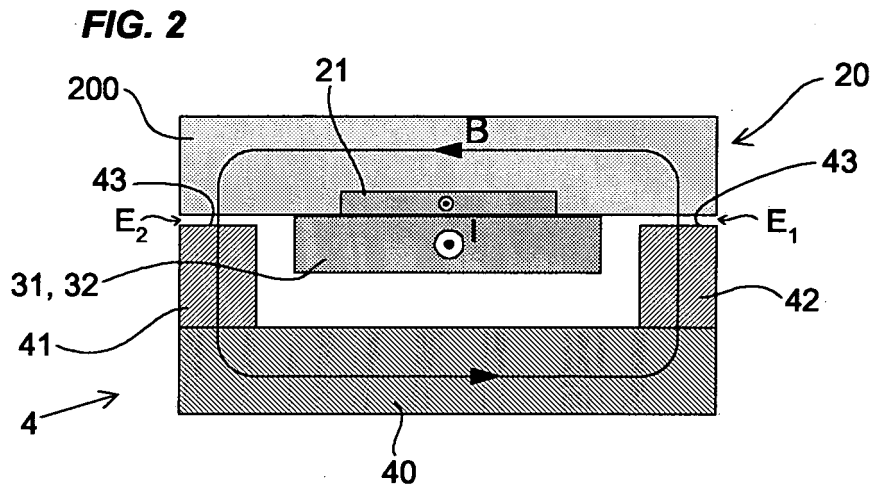
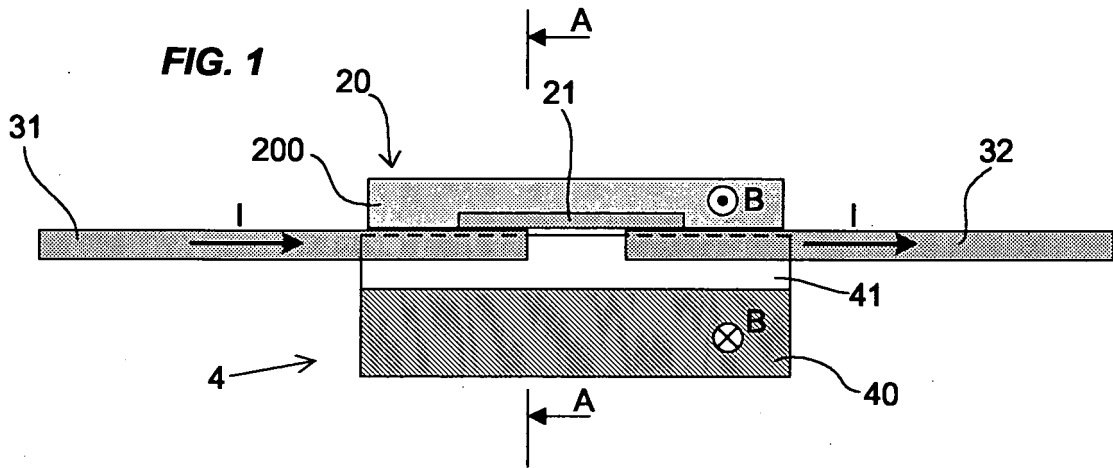
- ein bewegliches Kontaktteil (20, 20'), das eine Schicht (200, 200') aus ferromagnetischem Material aufweist und beweglich auf ein Substrat (3) montiert ist, um einen elektrischen Schaltkreis zwischen einer offenen und einer geschlossenen Stellung umzuschalten,
- Schließeinrichtungen, die eine Hauptkontaktkraft (F) auf das bewegliche Kontaktteil in der geschlossenen Stellung ausüben können,
- einen reluktanten Magnetkreis, der an das bewegliche Kontaktteil in der geschlossenen Stellung eine zusätzliche Kontaktkraft (F') anwendet, deren Stärke in Abhängigkeit von einem Wechselstrom (I) variiert, der den elektrischen Schaltkreis durchquert,
- Öffnungseinrichtungen, die nach einem Öffnungsbefehl an das bewegliche Kontaktteil eine Öffnungskraft (F_{OUV}) des elektrischen Schaltkreises anwenden, deren Stärke gleich der Summe der Stärke der Hauptkontaktkraft (F) und der Stärke der zusätzlichen Kontaktkraft (F') ist, wenn diese einem Wert des Wechselstroms unterhalb eines Schwellwerts entspricht,

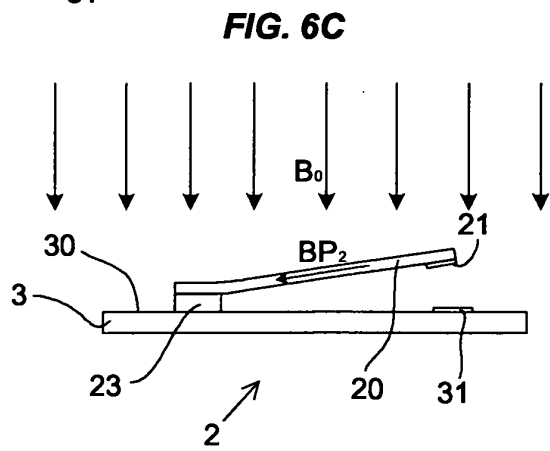
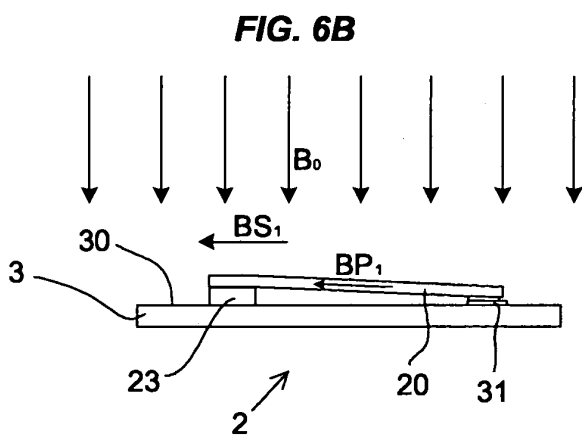
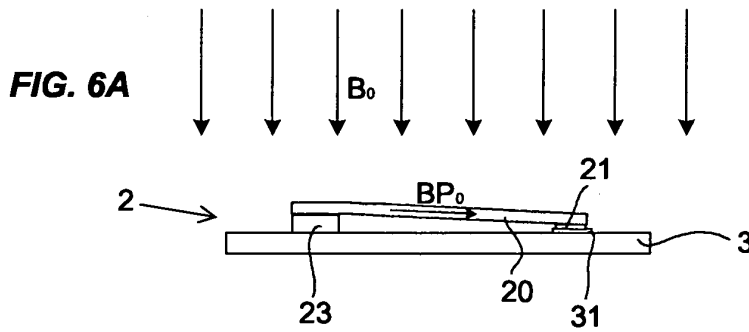
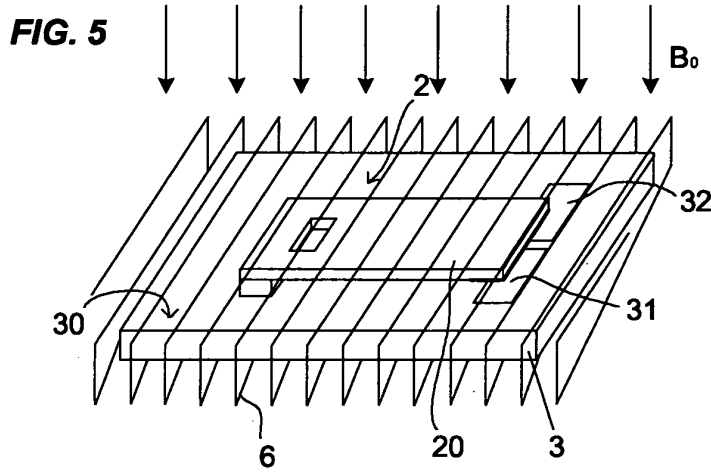
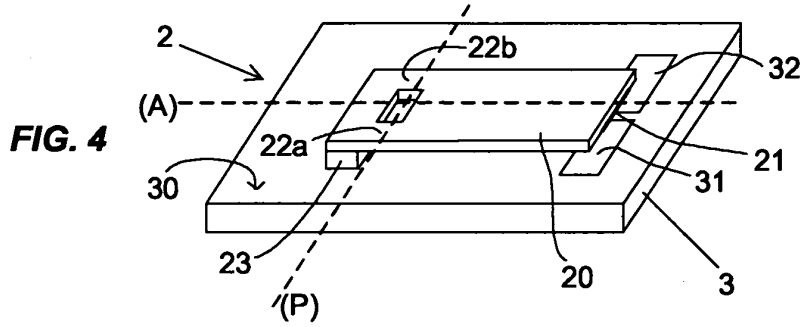
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schließeinrichtungen vom magnetischen oder elektromagnetischen Typ sind und ein erstes Magnetfeld (B_0) erzeugen, das eine magnetische Komponente (BP_0) in der Schicht (200, 200') aus ferromagnetischem Material des beweglichen Kontaktteils (20, 20') erzeugt, um es in der geschlossenen Stellung zu halten,
- die Öffnungseinrichtungen einen mit einer Erregerspule (6) versehenen Elektromagnet enthalten, die mit einem temporären Strom gespeist werden kann, um ein zweites Magnetfeld (BS_1) zu produzieren und eine inverse magnetische Komponente (BP_1) in der Schicht (200,

- 200') aus ferromagnetischem Material des beweglichen Kontaktteils (20, 20') mit einer ausreichenden Stärke zu erzeugen, um den Übergang des beweglichen Kontaktteils von der geschlossenen Stellung in die offene Stellung zu steuern. 5
2. Mikrosystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Magnetfeld (B_0) gleichförmig und lotrecht zum Substrat (3) ausgerichtet ist. 10
3. Mikrosystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erregerspule (6) vom Solenoid-Typ ist, und dass sie das Substrat (3) und das bewegliche Kontaktteil umgibt. 15
4. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwellwert dem Stärkewert des Auftretens eines Lichtbogens entspricht. 20
5. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ferromagnetische Schicht (200, 200') mit einem ferromagnetischen Verstärkungsschaltkreis (4) den reluktanten Magnetkreis beim Durchgang des Wechselstroms (I) durch den elektrischen Schaltkreis bildet. 25
6. Mikrosystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der magnetische Verstärkungsschaltkreis (4) in das Substrat (3) integriert ist. 30
7. Mikrosystem nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ferromagnetische Verstärkungsschaltkreis (4) aus zwei symmetrischen Schenkeln (41, 42) besteht, die von einem lotrechten Mittelsteg (40) verbunden werden, wodurch ein U-förmiger Querschnitt definiert wird. 35
8. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ferromagnetische Verstärkungsschaltkreis (4) so ausgerichtet ist, dass er in seiner Längsrichtung parallel zu der Richtung ist, der der Strom (I) folgt, wenn der elektrische Schaltkreis geschlossen ist. 40
45
9. Mikrosystem nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schenkel (41, 42) des ferromagnetischen Verstärkungsschaltkreises (4) zwei Flächen (43, 44) aufweisen, die je einen Luftspalt (E_1, E_2, E_3, E_4) mit einer parallelen Fläche der ferromagnetischen Schicht (200, 200') des beweglichen Kontaktteils (20, 20') bilden, die gegenüber angeordnet ist. 50
55
10. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bewegliche Kontaktteil aus einer ferromagnetischen Membran (20,

20') besteht, die schwenkbar auf das Substrat (3) montiert ist und einen beweglichen Kontakt (21, 21') trägt, der in der geschlossenen Stellung zwei feste Leiterbahnen (31, 32) elektrisch verbinden kann, die auf dem Substrat (3) angeordnet sind, um den elektrischen Schaltkreis zu schließen.





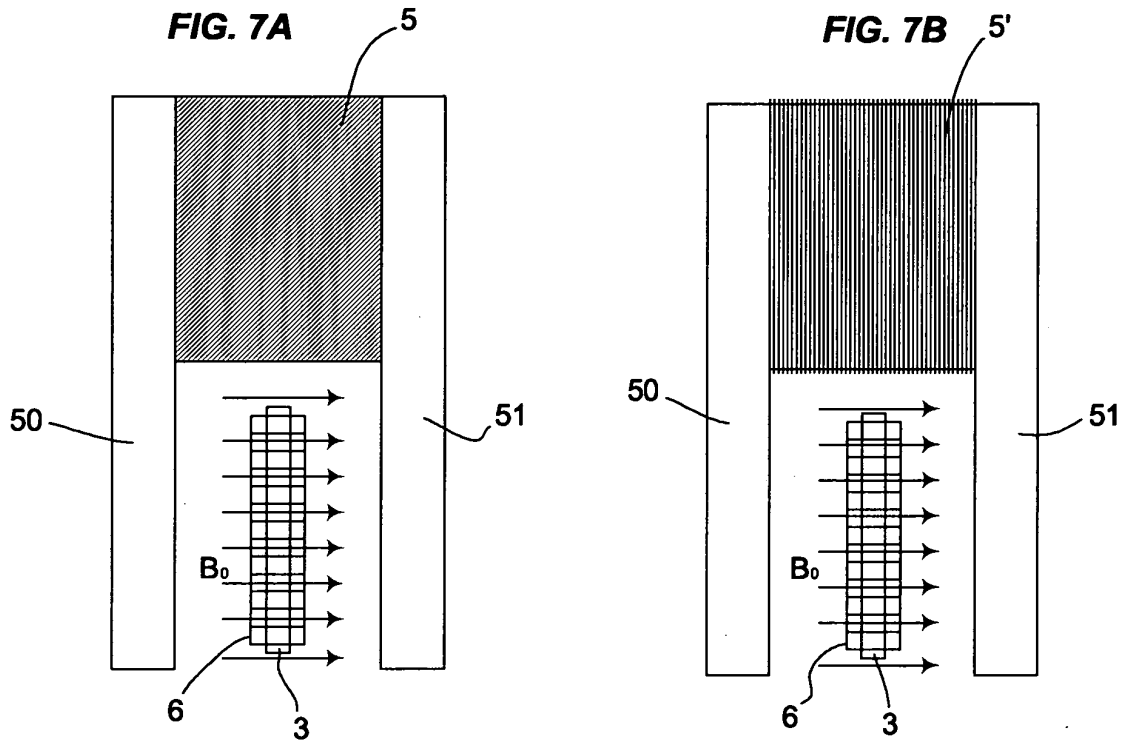
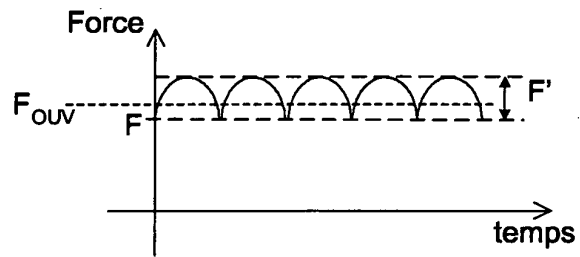


FIG. 8



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 4427957 A [0003]
- US 20020140533 A [0033]