

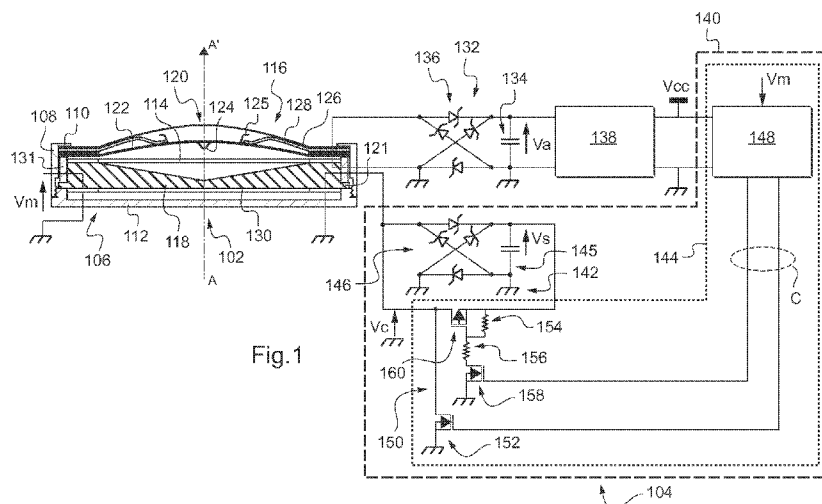
- | | |
|--|---|
| <p>(51) Classification internationale des brevets :
 H01L 41/113 (2006.01) G01P 15/00 (2006.01)</p> <p>(21) Numéro de la demande internationale :
 PCT/FR2011/050507</p> <p>(22) Date de dépôt international :
 14 mars 2011 (14.03.2011)</p> <p>(25) Langue de dépôt : français</p> <p>(26) Langue de publication : français</p> <p>(30) Données relatives à la priorité :
 1051891 17 mars 2010 (17.03.2010) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
 COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25, rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeur; et</p> <p>(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :
 NIKOLOVSKI, Jean-Pierre [FR/FR]; 150 rue d'Aulnay, F-92290 Châtenay-Malabry (FR).</p> <p>(74) Mandataire : BONNET, Michel; Cabinet Bonnet, Boîte n° 10, 93 rue Réaumur, F-75002 Paris (FR).</p> | <p>(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.</p> <p>(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Déclarations en vertu de la règle 4.17 :</p> <p>— <i>relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)</i></p> |
|--|---|

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

[Suite sur la page suivante]

- (54) Title : MECHANICAL STRESS DETECTOR
(54) Titre : DÉTECTEUR DE SOLlicitATION MÉCANIQUE



- (57) Abstract :** This detector comprises a control device (140) designed to provide an electrical control signal (Vc) in response to a mechanical stress, and a transducer (118, 130), called an emission transducer, designed to convert the electrical control signal (Vc) into a detection signal. It furthermore comprises a piezoelectric element (114), called a supply piezoelectric element, connected electrically to the control device (140) and designed to provide, when mechanically excited, an electrical supply energy to the control device (140), and a mechanical excitation device (116) for exciting the supply piezoelectric element (114) on the basis of the mechanical stress.

- (57) Abrégé :**

[Suite sur la page suivante]

Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

Ce détecteur comporte un dispositif de commande (140) conçu pour fournir un signal électrique de commande (Vc) en réponse à une sollicitation mécanique, et un transducteur (118, 130), appelé transducteur d'émission, conçu pour convertir le signal électrique de commande (Vc) en un signal de détection. Il comporte en outre un élément piézoélectrique (114), appelé élément piézoélectrique d'alimentation, connecté électriquement au dispositif de commande (140) et conçu pour fournir, lorsque excité mécaniquement, une énergie électrique d'alimentation au dispositif de commande (140), et un dispositif d'excitation mécanique (116) de l'élément piézoélectrique d'alimentation (114) à partir de la sollicitation mécanique.

Détecteur de sollicitation mécanique

La présente invention concerne un détecteur de sollicitation mécanique.

L'invention s'applique plus particulièrement au domaine de la domotique. En effet, la domotique nécessite souvent une communication entre les personnes et des dispositifs intelligents disposés dans l'habitation. Cette communication peut en particulier s'exprimer sous la forme d'une sollicitation mécanique exercée par l'utilisateur sur un détecteur de sollicitation mécanique, soit directement - par exemple, l'utilisateur appuie sur un bouton ou marche dessus, soit indirectement - par exemple, l'utilisateur ouvre une porte qui elle-même sollicite le détecteur.

La demande de brevet japonais publiée sous le numéro JP 2000 079839 décrit un détecteur de sollicitation mécanique comportant un dispositif de commande conçu pour fournir un signal électrique de commande en réponse à une sollicitation mécanique, et un transducteur, appelé transducteur d'émission, conçu pour convertir le signal électrique de commande en un signal de détection.

Plus précisément, dans ce document, la sollicitation mécanique est détectée par un capteur d'accélération, enregistrée par des moyens d'enregistrement et transmise à un dispositif de traitement au moyen d'un transducteur sans fil.

Un tel détecteur comporte une source d'énergie propre afin de pouvoir fonctionner entièrement sans fil. Cette source d'énergie se présente généralement sous la forme d'une batterie, et parfois sous la forme d'un capteur d'énergie solaire ou éolienne. Dans tous les cas, les détecteurs connus ont l'inconvénient d'être encombrant.

Il peut ainsi être souhaité de prévoir un détecteur de sollicitation mécanique qui permette de s'affranchir d'au moins une partie des problèmes et contraintes précités.

L'invention a donc pour objet un détecteur de sollicitation mécanique comportant un dispositif de commande conçu pour fournir un signal électrique de commande en réponse à une sollicitation mécanique, et un transducteur, appelé transducteur d'émission, conçu pour convertir le signal électrique de commande en un signal de détection, ce détecteur comportant en outre un élément piézoélectrique, appelé élément piézoélectrique d'alimentation, connecté électriquement au dispositif de commande et conçu pour fournir, lorsque excité mécaniquement, une énergie électrique d'alimentation au dispositif de commande, et un dispositif d'excitation

mécanique de l'élément piézoélectrique d'alimentation à partir de la sollicitation mécanique.

Ainsi, grâce à l'invention, il n'y a plus besoin d'utiliser une batterie ou un capteur d'énergie solaire ou éolienne ce qui permet d'obtenir un détecteur
5 autoalimenté de taille réduite.

De façon optionnelle, le dispositif d'excitation mécanique comporte un élément flexible conçu pour fléchir en réponse à la sollicitation mécanique, et, sur une première plage de fléchissement depuis une position de repos, appelée position
10 initiale de repos, emmagasiner de l'énergie potentielle, la première plage de fléchissement comportant une baisse du taux de variation de l'énergie potentielle emmagasinée.

De façon optionnelle également, l'élément flexible est conçu pour, sur une seconde plage de fléchissement faisant suite à la première plage de fléchissement, restituer l'énergie potentielle emmagasinée.

De façon optionnelle également, le dispositif d'excitation mécanique comporte en outre un élément résonateur agencé pour être heurté par l'élément flexible lors de son déplacement, et l'élément piézoélectrique d'alimentation est fixé à l'élément
15 résonateur.

De façon optionnelle également, l'élément résonateur est un disque résonateur agencé pour être heurté par l'élément flexible en son centre, et l'élément piézoélectrique d'alimentation est un anneau piézoélectrique, appelé anneau
20 piézoélectrique d'alimentation, fixé le long de la périphérie d'une face du disque résonateur.

De façon optionnelle également, le détecteur comporte en outre un dispositif de stockage de l'énergie électrique d'alimentation fournie par l'élément piézoélectrique d'alimentation, le dispositif de commande étant alimenté par l'énergie
25 électrique d'alimentation stockée dans le dispositif de stockage.

De façon optionnelle également, le dispositif de commande comporte une source de signal électrique et un dispositif de modulation du signal électrique de la source pour générer le signal électrique de commande.
30

De façon optionnelle également, le détecteur comporte en outre un élément piézoélectrique, appelé élément piézoélectrique de source, agencé pour fournir une énergie électrique, appelée énergie électrique source, lorsque excité, le dispositif d'excitation mécanique est conçu pour exciter en outre l'élément piézoélectrique

source, et la source de signal électrique comporte un dispositif de stockage de l'énergie électrique source fournie par l'élément piézoélectrique source.

De façon optionnelle également, l'élément piézoélectrique de source est un anneau piézoélectrique, appelé anneau piézoélectrique de source, fixé le long de la
5 périphérie d'une face du disque résonateur.

De façon optionnelle également, le dispositif de modulation comporte une unité de traitement, alimentée par l'énergie d'alimentation fournie par l'élément piézoélectrique d'alimentation, conçue pour fournir un signal de commande numérique, et un dispositif de commutation, commandé par le signal de commande
10 numérique, pour connecter le transducteur d'émission sélectivement à la source de signal électrique et à une masse électrique.

De façon optionnelle également, le transducteur d'émission comporte un élément piézoélectrique, appelé élément piézoélectrique d'émission, auquel est appliqué le signal de commande pour fournir le signal de détection sous la forme
15 d'une onde sismique.

De façon optionnelle également, l'élément piézoélectrique d'émission est fixé sur l'élément résonateur.

De façon optionnelle également, l'élément piézoélectrique d'émission est l'élément piézoélectrique de source.

20 L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un détecteur de sollicitation mécanique, selon un mode de réalisation de l'invention,
- 25 - la figure 2 est une série de vues en coupe d'une membrane du détecteur de la figure 1 lors de sa déformation sous l'action de la sollicitation mécanique,
- la figure 3 est une courbe illustrant l'évolution, en fonction du déplacement de la membrane de la figure 2, de la force de sollicitation mécanique et de
30 l'énergie potentielle emmagasinée par la membrane de percussion, et
- la figure 4 est un schéma bloc illustrant les étapes successives d'un procédé de génération d'un signal de détection, mis en œuvre par le détecteur de la figure 1.

En référence à la figure 1, un détecteur 100 de sollicitation mécanique selon
35 un mode de réalisation de l'invention comporte un actionneur 102, destiné à recevoir

une sollicitation mécanique et à émettre un signal de détection sous la forme d'une onde sismique dans un support (non représenté), et un circuit électronique de traitement 104 destiné à fournir un signal de commande pour l'actionneur 102, sous la forme d'une tension de commande V_c .

5 L'actionneur 102 comporte un boîtier 106 de forme générale cylindrique circulaire autour d'un axe central AA', cet axe AA' définissant une direction bas/haut. Le boîtier 106 comporte une partie latérale 108 qui est cylindrique circulaire et présente une ouverture circulaire supérieure délimitée par un rebord 110 s'étendant vers le centre du boîtier 106 et une partie de fond 112 fermant la partie latérale 108.

10 L'actionneur 102 comporte en outre, disposés dans le boîtier 106, un élément piézoélectrique, appelé élément piézoélectrique d'alimentation 114, conçu pour fournir une énergie électrique, appelée énergie électrique d'alimentation, lorsque excité mécaniquement, et un dispositif 116 d'excitation mécanique de l'élément piézoélectrique d'alimentation 114 à partir de la sollicitation mécanique appliquée sur
15 l'actionneur 102.

Le dispositif d'excitation 116 comporte un élément résonateur 118 auquel l'élément piézoélectrique d'alimentation 114 est fixé, et un mécanisme de percussion 120 conçu pour recevoir la sollicitation mécanique et percuter en réponse l'élément résonateur 118.

20 L'élément résonateur 118 est un disque résonateur d'axe AA' qui présente une épaisseur plus faible en son centre qu'à sa périphérie. Dans l'exemple décrit, cette épaisseur diminue depuis la périphérie vers le centre. Le disque résonateur 118 comporte une collerette 121 reposant sur la partie de fond 112 du boîtier 106. On remarquera que le disque résonateur 118 n'est pas en contact avec le boîtier 106 par
25 ses faces supérieures et inférieures, permettant ainsi sa déformation selon l'axe AA'.

L'élément piézoélectrique d'alimentation 114 est un anneau piézoélectrique, appelé anneau piézoélectrique d'alimentation, fixé le long de la périphérie d'une face supérieure du disque résonateur 118. L'anneau piézoélectrique d'alimentation 114 comporte deux électrodes, respectivement sur ses faces supérieure et inférieure.
30 L'une des deux électrodes, dans l'exemple décrit celle sur sa face inférieure, est reliée à une masse électrique. Dans la suite de la description, on parlera simplement de connexion avec l'anneau piézoélectrique d'alimentation 114 pour signifier une connexion avec son électrode non connectée à la masse électrique. L'anneau piézoélectrique d'alimentation 114 présente une capacité intrinsèque de 10 à 50
35 nano Farads.

Le mécanisme de percussion 120 comporte un élément flexible 122 conçu pour fléchir en réponse à la sollicitation mécanique appliquée à l'actionneur 102. L'élément flexible 122 est une membrane (ou coque) flexible, appelée membrane de percussion, qui est circulaire et s'étend dans l'ouverture supérieure du boîtier 106, au dessus de l'élément résonateur 118, et dont la périphérie s'étend sous le rebord 110 du boîtier 106. La membrane de percussion 122 est conçue pour fléchir de sorte que sa partie centrale se déplace vers le bas vers l'élément résonateur 118. De préférence, la membrane de percussion 122 est conçue pour fléchir de manière bistable, comme cela sera expliqué plus en détail en référence aux figures 2 et 3. La fonction bistable de la membrane de percussion 122 est par exemple obtenue par flambage de la membrane au moyen de contraintes mécaniques latérales, ou de préférence par emboutissage de la membrane selon un profil prédéfini. Pour une membrane circulaire de diamètre L, le profil z en fonction du rayon suit par exemple la formule :

$$z(r) = \frac{d_{end}}{2} \times \left(1 - \cos \left(2 \times \pi \times \frac{r}{L} \right) \right)$$

La membrane de percussion 122 comporte, en son centre, une pointe, appelée pointe de percussion 124, dirigée vers le bas et destinée à percuter, lors du fléchissement de la membrane de percussion 122, l'élément résonateur 118 en son centre.

La membrane de percussion 122 comporte en outre au moins un crochet 125 s'étendant vers le haut.

Le mécanisme de percussion 120 comporte en outre une autre membrane (ou coque) flexible, appelée membrane de protection 126, qui est également circulaire et s'étend dans l'ouverture supérieure du boîtier 106, en recouvrant la membrane de percussion 122, et dont la périphérie s'étend sous le rebord 110 du boîtier 106. De préférence, cette périphérie est fixée de manière étanche au rebord 110 du boîtier 106. La membrane de protection 126 est destinée à recevoir la sollicitation mécanique et conçue pour fléchir en réponse, de sorte que sa partie centrale se déplace vers le bas. La membrane de protection 126 est en outre conçue pour transmettre la sollicitation mécanique à la membrane de percussion 122, en entraînant cette dernière lors de son fléchissement. La membrane de protection 126 est conçue pour fléchir de manière monostable ou bien bistable.

Le mécanisme de percussion 120 comporte en outre, pour chaque crochet 125, une ou plusieurs languettes de rappel 128 élastiques, placées entre les deux

membranes 122, 126. Elles sont par exemple formées chacune d'une bande métallique ou d'un fil agencé en boucle. Elles présentent une extrémité fixée au boîtier 106 et une extrémité libre située au dessus de la partie centrale de la membrane de percussion 122, et destinée à coopérer avec le crochet 125 associé
5 pour exercer une force de rappel sur la membrane de percussion 122.

L'actionneur 102 comporte en outre un autre élément piézoélectrique 130 qui, dans l'exemple décrit est un anneau piézoélectrique fixé le long de la périphérie de la face inférieure du disque résonateur 118. Ainsi, le dispositif d'excitation 116 est également conçu pour exciter cet anneau piézoélectrique 130 en réponse à la
10 sollicitation mécanique sur l'actionneur 102. Comme cela sera expliqué plus en détails par la suite, cet anneau piézoélectrique 130 a deux fonctions principales : d'une part, lorsque excité par le dispositif d'excitation 116, fournir de l'énergie électrique à une source de signal électrique utilisée pour générer le signal de commande Vc, et, d'autre part, recevoir ce signal de commande Vc pour exciter le
15 disque résonateur 118, afin que l'actionneur 102 émette le signal de détection sous la forme d'une onde sismique. Pour cette raison, l'anneau piézoélectrique 130 sera appelé par la suite anneau piézoélectrique de source/émission 130.

L'anneau piézoélectrique de source/émission 130 comporte deux électrodes (non visibles), respectivement sur ses faces supérieure et inférieure. L'une des deux
20 électrodes, dans l'exemple décrit celle sur sa face inférieure, est reliée à une masse électrique. Dans la suite de la description, on parlera simplement de connexion avec l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 pour signifier une connexion avec son électrode non connectée à la masse électrique. Par ailleurs, l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 comporte en outre une troisième électrode
25 (non visible) sur sa face supérieure, de surface beaucoup plus petite que celle de l'autre électrode de sa face supérieure, généralement de surface 10 à 100 fois plus petite. Cette troisième électrode fournit une tension Vm. L'anneau piézoélectrique d'alimentation 114 présente une capacité intrinsèque de 10 à 50 nanoFarads.

L'actionneur 102 comporte en outre une bague de serrage 131 intercalée
30 entre la membrane de percussion 122 et la collerette 121 du disque résonateur 118.

Les rebords 110 et la partie de fond 112 du boîtier 106 enserrant entre eux les membranes 122, 126, les languettes de rappel 128, la bague de serrage 131 et la collerette, de manière à fixer l'ensemble de ces éléments. En particulier, la collerette 121 du disque résonateur 118 est ainsi plaquée contre la partie de fond 112 du

boîtier 106 de manière à assurer un couplage entre le disque résonateur 118 et le boîtier 106 permettant la transmission d'ondes sismiques entre ces deux éléments.

Le circuit électronique de traitement 104 comporte tout d'abord un dispositif de stockage 132 de l'énergie électrique d'alimentation fournie par l'anneau piézoélectrique 114. Dans l'exemple décrit, le dispositif de stockage 132 comporte un condensateur de stockage 134 et un pont de diodes 136 (aussi appelé pont de Graetz) connectant l'anneau piézoélectrique d'alimentation 114 au condensateur de stockage 134. Le pont de diodes 136 a pour fonction de ne permettre un transfert de charges que depuis l'anneau piézoélectrique d'alimentation 114 vers le condensateur de stockage 134, et non dans l'autre sens, afin d'éviter la décharge de ce dernier dans l'anneau piézoélectrique d'alimentation 114. Le condensateur de stockage 134 présente une capacité 10 à 100 plus élevée que celle des éléments piézoélectriques 114, 130, environ 1 micro Farad dans l'exemple décrit.

Le circuit électronique de traitement 104 comporte en outre un dispositif de régulation 138 de l'énergie électrique d'alimentation stockée dans le dispositif de stockage 130, conçu pour fournir une énergie électrique d'alimentation régulée sous la forme d'une tension constante V_{cc} .

Le circuit électronique de traitement 104 comporte en outre un dispositif de commande 140, alimenté par l'énergie électrique d'alimentation régulée V_{cc} , conçu pour générer le signal électrique de commande V_c .

Le dispositif de commande 140 comporte une source 142 de signal électrique et un dispositif de modulation 144 du signal électrique de la source 142 pour générer le signal électrique de commande V_c .

Dans l'exemple décrit, la source 142 est un dispositif de stockage similaire au dispositif de stockage 132, si ce n'est qu'il est conçu pour stocker l'énergie fournie par l'anneau piézoélectrique de source/émission 130. La source 142 comporte ainsi un condensateur de stockage 145 et un pont de diodes 146 connectant l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 au condensateur de stockage 145. Le condensateur de stockage 145 fournit ainsi, à ses bornes, le signal électrique de la source 142 sous la forme d'une tension source V_s . Le condensateur de stockage 145 présente une capacité 10 à 100 plus élevée que celle des éléments piézoélectriques 114, 130, environ 1 micro Farad dans l'exemple décrit.

Le dispositif de modulation 144 comporte tout d'abord une unité de traitement 148 conçue pour fournir un signal de commande numérique C , sur deux bits dans l'exemple décrit. Dans ce dernier cas, l'unité de traitement 148 comporte deux sorties

numériques, appelées sorties numériques de commande, fournissant les deux bits du signal de commande numérique C. L'unité de traitement 148 est alimentée par l'énergie d'alimentation Vcc fournie par le dispositif de régulation 138. L'unité de traitement 148 est par exemple un microcontrôleur. De préférence, ce

5 microcontrôleur dispose d'une horloge temps réel, de compteurs temporels, d'une unité arithmétique et logique, de mémoires vive (« random access memory » en anglais) et de masse à semi-conducteurs réinscriptibles, appelée généralement mémoire « flash », sur lesquelles est enregistré un programme d'ordinateur de type micrologiciel (« firmware » en anglais).

10 Le dispositif de modulation 144 comporte en outre un dispositif de commutation 150, commandé par le signal de commande numérique C, pour connecter l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 sélectivement à la source de signal électrique 142 et à la masse électrique.

Dans l'exemple décrit, le dispositif de commutation 150 comporte un premier

15 transistor à effet de champ à grille métal oxyde (de l'anglais « metal oxyd semiconductor field effect transistor » ou MOSFET) à canal N, appelé transistor de court-circuit 152, dont la source est connectée à la masse électrique, dont le drain est connecté à l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 et dont la grille est connectée à l'une des deux sorties numériques de commande pour commander

20 l'ouverture ou la fermeture du transistor de court-circuit 152.

Le dispositif de commutation 150 comporte en outre deux résistances 154, 156 montées en série et connectées d'un côté au condensateur de stockage 145.

Le dispositif de commutation 150 comporte en outre un autre transistor MOSFET à canal N, appelé transistor d'excitation principal 158, dont la source est

25 connectée à la masse, dont le drain est connecté à l'autre côté des résistances en série 154, 156 et dont la grille est connectée à l'autre sortie numérique de commande pour commander son ouverture ou sa fermeture.

Le dispositif de commutation 150 comporte en outre un autre transistor MOSFET à canal P, appelé transistor d'excitation auxiliaire 160, dont la source est

30 connectée au condensateur de stockage 145, dont le drain est connecté au disque piézoélectrique de source/émission 130 et dont la grille est connectée entre les deux résistances en série 154, 156. Le transistor d'excitation auxiliaire 160 est conçu pour devenir passant lorsque le transistor d'excitation principal 158 devient passant. Les résistances 154, 156 sont choisies pour limiter la tension grille-source du transistor

d'excitation auxiliaire 160 lorsque le transistor d'excitation principal 158 devient passant.

En l'absence de signal de commande C, les transistors de court-circuit 152 et d'excitation principal 158 sont bloqués (non passants).

5 Le fonctionnement de la bistabilité de la membrane de percussion 122 va à présent être expliqué.

En référence à la figure 2, la membrane de percussion 122, lorsqu'elle ne subit aucune sollicitation mécanique extérieure à l'actionneur 102, se trouve dans une position de repos appelée position initiale de repos et numérotée « 1 » sur la
10 figure, dans laquelle elle est en équilibre stable.

Lorsqu'une sollicitation mécanique lui est appliquée, sous la forme d'une force F s'exerçant dans sa partie centrale vers le bas, la membrane de percussion 122 se déforme selon un mode de déformation imposé par les lois de l'élasticité du matériau utilisé, et se trouve dans une première position intermédiaire de déséquilibre,
15 numérotée « 2 » sur la figure. Si la force était retirée à ce moment, la membrane de percussion 122 retournerait d'elle-même à la position initiale de repos « 1 ».

En maintenant cette force, la membrane de percussion 122 passe à une position intermédiaire d'équilibre instable, appelée position de basculement et numérotée « 3 » sur la figure, puis à une seconde position intermédiaire de déséquilibre, numérotée « 4 » sur la figure. Enfin, si il n'y avait pas les languettes de
20 rappel 128 et le disque résonateur 118, la membrane de percussion 122 atteindrait une position « enfoncée » d'équilibre stable, appelée position de repos finale et numérotée « 5 » sur la figure.

En termes d'énergie potentielle, l'application de la force F sur la membrane de
25 percussion 122, initialement en position de repos c'est-à-dire dans un premier puits d'énergie potentielle, engendre des contraintes latérales de sorte que la membrane de percussion 122 stocke de l'énergie potentielle de fléchissement jusqu'à la position de basculement correspondant à un maximum local d'énergie potentielle, puis bascule et retombe dans un second puits d'énergie potentielle correspondant à la
30 position enfoncée.

Si la membrane de percussion 122 est à bistabilité asymétrique, en notant d le déplacement normal mesuré de son centre et F l'intensité d'une force normale appliquée en son centre, on obtient les courbes course - force et course - énergie représentées sur la figure 3.

Sur la figure 3, la position $d = 0$ associée à une force F nulle correspond à la position de repos initiale « 1 » de la figure 2. L'énergie potentielle E_y est à un minimum local.

Sur une première plage de déformation $0 < d < d_{\text{mid}}$ depuis la position de repos initiale « 1 », la force F à fournir est positive (c'est-à-dire dirigée vers le bas), de sorte que la membrane de percussion 122 emmagasine de l'énergie potentielle. Sur cette première plage, la membrane de percussion 122 est dans la position « 2 » de la figure 2. Par exemple, lorsque la membrane de percussion 122 est en laiton, présente une épaisseur de 0,45 millimètres et un diamètre de 30 millimètres, et qu'elle est emboutie sur une demi course $d_{\text{mid}}/2$ égale à 0,5 millimètres, elle est capable de stoker une énergie potentielle comprise entre 5 et 10 milli Joules.

Plus précisément, sur une première sous plage de déformation $0 < d < d_{\text{top}}$, la force F à fournir est croissante, de sorte que la membrane de percussion 122 stocke de l'énergie potentielle avec un premier taux de variation positif (la valeur de la force à fournir augmente avec une certaine pente ou taux de variation lorsque d augmente). Sur une seconde sous plage de déformation $d_{\text{top}} < d < d_{\text{mid}}$, la force F à fournir est toujours positive mais décroissante, de sorte que sa pente ou taux de variation est plus faible et que la membrane de percussion 122 stocke de l'énergie potentielle avec un second taux de variation (la valeur de la force à fournir) qui diminue.

Ainsi, la première plage de déformation $0 < d < d_{\text{mid}}$ comporte une baisse du taux de variation de l'énergie potentielle emmagasinée. Cette baisse permet d'obtenir un effet d'entraînement : généralement, la force réellement appliquée ne diminue pas aussi vite que la force à fournir, de sorte qu'il est fourni plus d'énergie que celle nécessaire au déplacement d de la membrane de percussion 122. L'excédent d'énergie est alors emmagasiné par cette membrane de percussion 122 sous forme d'énergie cinétique. La position $d = d_{\text{top}}$, atteinte à la fin de la première sous plage, associée à une force positive seuil d'intensité F_{top} correspond au début de l'effet d'entraînement.

La position $d = d_{\text{mid}}$ correspond à une force nulle située entre les deux positions stables. Elle correspond à la position d'équilibre instable « 3 » de la figure 2.

Après cette position d'équilibre instable, la force F à fournir est négative (c'est-à-dire dirigée vers le haut) sur une seconde plage de déformation $d_{\text{mid}} < d < d_{\text{end}}$, de sorte que la membrane de percussion 122 restitue l'énergie

potentielle emmagasinée. Sur cette seconde plage, la membrane de percussion 122 est dans la position « 4 » de la figure 2. Ainsi, l'effet d'entraînement est amplifié car auto entretenu par la membrane de percussion 122 elle-même.

La position $d = d_{\text{end}}$ associée à une force F à fournir nulle correspond à la
5 seconde position stable « 5 » de la zone bistable.

L'asymétrie de la bistabilité de la membrane de percussion 122 est liée à la différence d'intensité entre F_{top} et F_{bot} .

Il est plus avantageux d'utiliser un bistable qu'un monostable pour obtenir une vibration impulsionnelle car, lors de son enfoncement, la région centrale du bistable
10 prend plus de vitesse durant sa course entre d_{top} et d_{end} , par effet d'entraînement et de restitution d'énergie, jusqu'à ce qu'elle soit subitement bloquée par la percussion avec le disque résonateur 118.

En référence à la figure 4, un procédé 300 de détection d'une sollicitation mécanique mis en œuvre par le détecteur de la figure 1 comporte les étapes
15 suivantes.

Au cours d'une étape 302, une sollicitation mécanique sous la forme d'une force verticale dirigée vers le bas est appliquée au centre de la membrane de protection 126, qui se trouve dans une position de repos initiale.

Au cours d'une étape 304, sous l'effet de la sollicitation mécanique, la
20 membrane de protection 126 fléchit et sa partie centrale se déplace vers le bas.

Au cours d'une étape 306, la membrane de protection 126 entre en contact avec les languettes de rappel 128 et leur transmet la sollicitation mécanique.

Au cours d'une étape 308, les languettes de rappel 128 entrent en contact avec la membrane de percussion 122, de sorte que la membrane de protection 126
25 transmet la sollicitation mécanique à la membrane de percussion 122 par l'intermédiaire des languettes de rappel 128. Les deux membranes 122, 126 et les languettes de rappel 128 se déplacent alors ensemble vers le bas. En particulier, la membrane de percussion 122 se déforme et sa partie centrale se déplace vers le bas, de sorte qu'elle se trouve dans la position de déséquilibre « 2 » de la figure 2.

30 Au cours d'une étape 310, la membrane de percussion 122 dépasse la position d'équilibre instable « 3 » de la figure 2 et restitue donc l'énergie potentielle emmagasinée de sorte qu'elle a tendance à se déplacer d'elle-même vers la position de repos finale « 5 » de la figure 2.

Au cours d'une étape 312, la pointe de percussion 124 percute le disque résonateur 118 en son centre. La pointe de percussion 124 reste au contact du disque résonateur 118 tant que la sollicitation mécanique est maintenue.

5 Au cours d'une étape 314, en réponse à la percussion, le disque résonateur 118 entre en résonance et excite les deux anneaux piézoélectriques 114, 130. La résonance est contrainte à cause de la pression, résultant de la sollicitation mécanique, exercée par la pointe de percussion 124 sur le disque résonateur 118.

10 Au cours d'une étape 316, en réponse à leur excitation, les deux anneaux piézoélectriques 114, 130 fournissent respectivement de l'énergie d'alimentation au premier dispositif de stockage 132 et de l'énergie de source au second dispositif de stockage, i.e. la source 142. Par ailleurs, l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 fournit la tension V_m qui exprime la contrainte de la pointe de percussion 124 sur le disque résonateur 118, et donc l'intensité de la sollicitation mécanique.

15 Au cours d'une étape 318, les condensateurs de stockage 134, 145 se chargent et présentent à leurs bornes respectivement la tension d'alimentation V_a et la tension de source V_s .

20 Au cours d'une étape 320, le dispositif de régulation 138 reçoit l'énergie électrique stockée dans le condensateur de stockage 134 et fournit, à partir de cette énergie électrique prélevée, une énergie régulée sous la forme de la tension V_{cc} .

Au cours d'une étape 322, l'unité de traitement 148 reçoit l'énergie électrique régulée en étant mise sous tension par la tension constante V_{cc} .

Au cours d'une étape 324, l'unité de traitement 148 s'initialise et démarre l'exécution de son micrologiciel.

25 Au cours d'une étape 326, l'unité de traitement 148 exécutant son micrologiciel lit la tension V_m et en déduit l'intensité de la sollicitation mécanique.

30 Au cours d'une étape 328, l'unité de traitement exécutant son micrologiciel génère un signal de commande numérique C sur ses deux sorties numériques. Le signal de commande numérique C comporte de préférence un numéro d'identification du détecteur et une information sur l'intensité de la sollicitation mécanique.

35 Au cours d'une étape 330, le signal de commande numérique C provoque l'activation et la désactivation des transistors 152 et 156, afin de successivement connecter l'anneau piézoélectrique de source/d'émission 130 à la source de signal 142 et à la masse électrique. Cette succession de connexions et déconnexions produit un signal de commande analogique sous la forme de la tension de

commande Vc appliquée à l'anneau piézoélectrique de source/d'émission 130. Cette tension de commande prend successivement la valeur zéro correspondant à la connexion à la masse électrique, et une valeur haute correspondant à la tension Vs aux bornes de la capacité de stockage 145.

- 5 Au cours d'une étape 332, l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 se déforme sous l'action de la tension de commande Vc et excite le disque résonateur 118.

 Au cours d'une étape 334, le disque résonateur 118 excité entre en résonance et génère ainsi un signal de détection sous la forme d'une onde sismique
10 comportant une suite d'impulsions à la fréquence de résonance du disque résonateur 118, ces impulsions correspondant aux valeurs hautes (Vs) de la tension de commande C. Le disque résonateur 118 transmet l'onde acoustique à une fréquence caractéristique qui peut être choisie entre 1kHz et 10 kHz en fonction du diamètre du disque résonateur 118 et de son épaisseur.

- 15 Les impulsions générées comportent ainsi, c'est-à-dire codent, le numéro d'identification du détecteur 100 ainsi que l'intensité de la sollicitation mécanique.

 On remarquera ainsi que l'anneau piézoélectrique de source/émission 130 et le disque résonateur 118 forment ensemble un transducteur fournissant le signal de détection, sous la forme d'une onde sismique, à partir du signal de commande Vc.

- 20 Au cours d'une étape 336, le signal de détection se propage depuis le disque résonateur 118 jusque dans le boîtier 106 de l'actionneur 102, grâce au couplage par la collerette 121 du disque résonateur 118.

 Enfin, au cours d'une étape 338, le signal de détection se propage du boîtier 106 de l'actionneur 102 au support (non représenté). Ainsi, le signal de détection
25 peut être reçu et décodé par un récepteur distant (non représenté) conçu pour détecter les ondes sismiques dans le support (non représenté).

 Par ailleurs, au cours d'une étape 340 se produisant à un moment donné pendant les étapes 328 à 338, la sollicitation mécanique cesse.

- En conséquence, au cours d'une étape 342, la membrane de protection 126
30 revient à sa position de repos initiale, cessant par là de contraindre les languettes de rappel 128 qui se déplacent vers le haut.

 Au cours d'une étape 344, les languettes de rappel 128 entrent en contact avec les crochets 125 de la membrane de percussion 122.

Au cours d'une étape 346, les languettes de rappels 128 exercent, par l'intermédiaire des crochets 125, une force de rappel entraînant la membrane de percussion 122 vers sa position de repos initiale.

Il apparaît clairement qu'un détecteur de sollicitation mécanique tel que celui
5 décrit précédemment peut avoir un encombrement très réduit, en particulier une faible épaisseur de quelques millimètres seulement, grâce en particulier à l'utilisation de l'énergie apportée par la sollicitation mécanique devant être détectée.

Il est de ce fait particulièrement adapté à son utilisation en domotique où sa faible épaisseur le permet d'être couplé au sol sur sa face inférieure (celle du fond
10 112 du boîtier 106), par l'intermédiaire d'un joint, par exemple un joint silicone, ou d'un tapis faisant fonction de couplant acoustique avec le support, c'est-à-dire le sol dans ce cas. De préférence, comme dans l'exemple décrit, la face de couplage est circulaire de sorte que le signal de détection impulsionnel généré suite à l'écrasement de l'actionneur 102 par le pied, se propage de façon concentrique dans
15 le sol et à une fréquence caractéristique aisément identifiable à l'aide d'un filtre sélectif centré sur cette fréquence ou par transformée de Fourier du signal impulsionnel détecté.

La fréquence caractéristique est personnalisable en changeant simplement les dimensions du disque résonateur, notamment son diamètre et/ou son épaisseur.
20 Dans ce cas, une série de détecteurs ayant chacun une fréquence propre légèrement différente des autres, peut être distribuée sur des lieux de passage déterminés de l'appartement, par exemple les pas de porte d'entrée de l'appartement, de la cuisine, salle de bain, chambre, salle de séjour, etc..

Il est à noter que les détecteurs peuvent être logés dans des tapis disposés
25 en permanence dans les lieux de passage.

Ces détecteurs peuvent servir pour localiser une personne dans un appartement ou pour localiser une intrusion dans une installation ou une zone sensible devant être sécurisée. Les détecteurs fonctionnent ainsi de préférence avec un système de détection des ondes qu'ils engendrent dans le sol. Le système de
30 détection comprend de préférence au moins un transducteur récepteur mettant en œuvre un élément résonateur à la même fréquence et comprenant sur son pourtour au moins un anneau piézoélectrique.

Dans le cadre de cette utilisation au sol, la sollicitation mécanique est exercée par le pied de la personne, et est donc représentative de son poids. Ainsi, le fait de
35 coder dans le signal de détection l'information fournie par la tension V_m , permet

d'obtenir le poids de la personne, de l'animal ou du fauteuil marchant/roulant sur le tapis. Il est à noter que la mesure peut être répétée un certain nombre de fois dans la seconde qui suit l'impact par le percuteur en fonction de l'énergie impulsionnelle disponible.

5 Comme indiqué précédemment, la membrane de percussion 122 fournit l'énergie nécessaire au codage de l'information d'identification et à la modulation du signal acoustique. En outre, le dispositif de modulation 144 génère le signal de commande par une modulation d'amplitude consistant, de préférence, en une trame comprenant un bit, appelé bit Start, de durée 1 ms à la fréquence centrale, puis 8 bits
10 codant le numéro du détecteur, puis 16 bits codant le poids fourni par la tension V_m . Chaque bit dure par exemple 1 milliseconde. Ainsi, le signal de détection consiste, dans l'exemple décrit, en une suite d'oscillations à la fréquence de résonance du disque résonateur 118 d'amplitude maximale si le bit à transmettre vaut un ou nulle si le bit à transmettre vaut zéro. Ce signal de détection se propage dans le sol pour être
15 transmis à une centrale de surveillance, elle-même couplée au sol par des moyens d'émission/réception acoustiques.

 Il est à noter que la modulation d'amplitude du signal peut consister en des impulsions électriques très courtes de type Dirac devant être répétées un certain nombre de fois à intervalles réguliers (avec une amplitude de type tout=1 ou rien=0)
20 pour constituer une trame prédéfinie. Dans ce cas, la fréquence de résonance est celle du résonateur sous contrainte, l'impulsion électrique de Dirac ne faisant que révéler la fréquence du résonateur sous contrainte.

 On notera par ailleurs que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits précédemment. Il apparaîtra en effet à l'homme de l'art que
25 diverses modifications peuvent être apportées au mode de réalisation décrit ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

 En particulier, le signal de détection n'est pas nécessairement un signal acoustique. En effet, le transducteur d'émission pourrait par exemple être un dispositif communiquant sans fil, par exemple exploitant les fréquences radio tel
30 ZIGBEE pour transmettre l'information.

 Dans les revendications qui suivent, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant les revendications au mode de réalisation exposé dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents que les revendications visent à couvrir du fait de leur formulation et dont la prévision

est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en œuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

REVENDEICATIONS

1. Détecteur de sollicitation mécanique comportant :

- 5 - un dispositif de commande (140) conçu pour fournir un signal électrique de commande (Vc) en réponse à une sollicitation mécanique,
- un transducteur (118, 130), appelé transducteur d'émission, conçu pour convertir le signal électrique de commande (Vc) en un signal de détection,
- 10 - un élément piézoélectrique (114), appelé élément piézoélectrique d'alimentation, connecté électriquement au dispositif de commande (140) et conçu pour fournir, lorsque excité mécaniquement, une énergie électrique d'alimentation (Va) au dispositif de commande (140), et
- 15 - un dispositif d'excitation mécanique (116) de l'élément piézoélectrique d'alimentation (114) à partir de la sollicitation mécanique,

caractérisé en ce que le transducteur d'émission (118, 130) comporte un élément piézoélectrique (130), appelé élément piézoélectrique d'émission, auquel est
20 appliqué le signal de commande (Vc) pour fournir le signal de détection sous la forme d'une onde sismique.

2. Détecteur selon la revendication 1, dans lequel le dispositif d'excitation mécanique (116) comporte un élément flexible (122) conçu pour fléchir en réponse à la sollicitation mécanique, et, sur une première plage de fléchissement depuis une
25 position de repos, appelée position initiale de repos, emmagasiner de l'énergie potentielle, la première plage de fléchissement comportant une baisse du taux de variation de l'énergie potentielle emmagasinée.

3. Détecteur selon la revendication 2, dans lequel l'élément flexible (122) est conçu pour, sur une seconde plage de fléchissement faisant suite à la première
30 plage de fléchissement, restituer l'énergie potentielle emmagasinée.

4. Détecteur selon la revendication 2 ou 3, dans lequel le dispositif d'excitation mécanique (116) comporte en outre un élément résonateur (118) agencé pour être heurté par l'élément flexible (122) lors de son déplacement, et dans lequel l'élément piézoélectrique d'alimentation (114) est fixé à l'élément résonateur (118).

5. Détecteur selon la revendication 4, dans lequel l'élément résonateur (118) est un disque résonateur agencé pour être heurté par l'élément flexible (122) en son centre, et dans lequel l'élément piézoélectrique d'alimentation (114) est un anneau piézoélectrique, appelé anneau piézoélectrique d'alimentation, fixé le long de la

5 périphérie d'une face du disque résonateur (118).

6. Détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant en outre un dispositif de stockage (132) de l'énergie électrique d'alimentation fournie par l'élément piézoélectrique d'alimentation (114), le dispositif de commande (140) étant alimenté par l'énergie électrique d'alimentation stockée dans le dispositif de

10 stockage (132).

7. Détecteur selon la revendication 6, dans lequel le dispositif de commande (140) comporte une source de signal électrique (142) et un dispositif de modulation (144) du signal électrique (V_s) de la source (142) pour générer le signal électrique de commande (V_c).

8. Détecteur selon la revendication 7, comportant en outre un élément piézoélectrique (130), appelé élément piézoélectrique de source, agencé pour fournir une énergie électrique, appelée énergie électrique source, lorsque excité, dans lequel le dispositif d'excitation mécanique (116) est conçu pour exciter en outre l'élément piézoélectrique source (130), et dans lequel la source de signal électrique

15 (142) comporte un dispositif de stockage de l'énergie électrique source fournie par l'élément piézoélectrique source (130).

20

9. Détecteur selon les revendications 5 et 8, dans lequel l'élément piézoélectrique de source (130) est un anneau piézoélectrique, appelé anneau piézoélectrique de source, fixé le long de la périphérie d'une face du disque

25 résonateur (118).

10. Détecteur selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel le dispositif de modulation (144) comporte une unité de traitement (148), alimentée par l'énergie d'alimentation fournie par l'élément piézoélectrique d'alimentation (114), conçue pour fournir un signal de commande numérique (C), et un dispositif de

30 commutation (150), commandé par le signal de commande numérique (C), pour connecter le transducteur d'émission (118, 130) sélectivement à la source de signal électrique (142) et à une masse électrique.

11. Détecteur selon la revendication 4, dans lequel l'élément piézoélectrique d'émission (130) est fixé sur l'élément résonateur (118).

12. Détecteur selon les revendications 8 et 11, dans lequel l'élément piézoélectrique d'émission (130) est l'élément piézoélectrique de source (130).

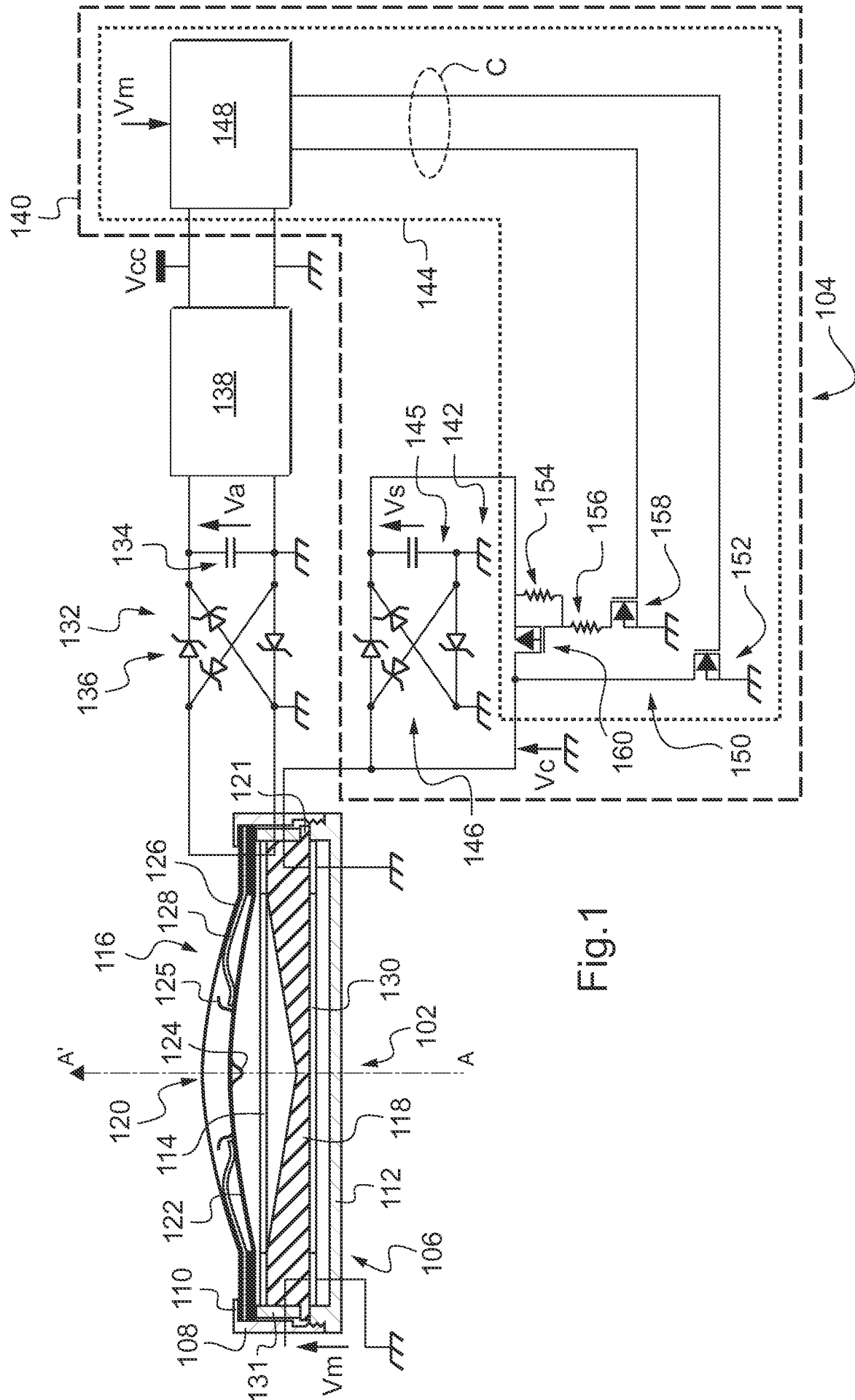


Fig.2

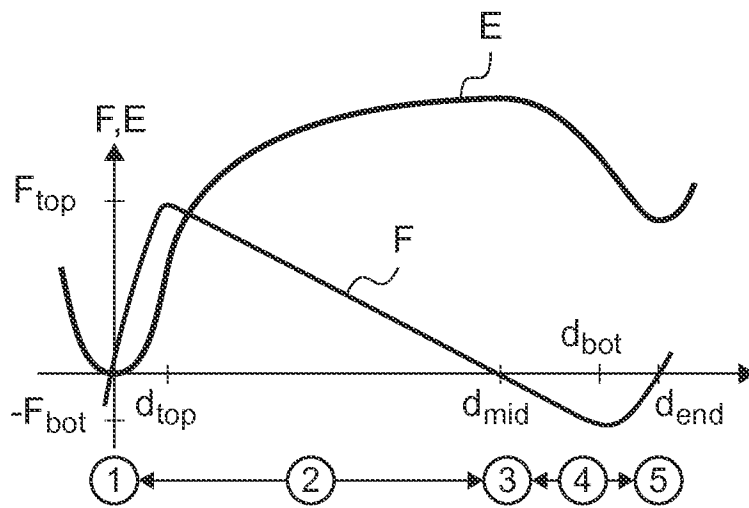
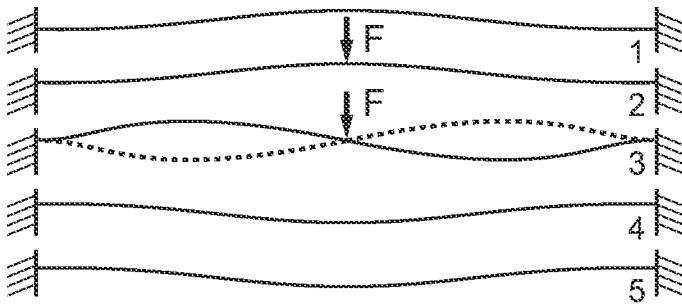


Fig.3

Fig.4

