



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 657 952 A5

⑤① Int. Cl. 4: H 04 R 23/00
B 25 J 13/00**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑳ Numéro de la demande: 4208/83

㉔ Date de dépôt: 02.08.1983

㉓ Priorité(s): 02.08.1982 US 404266

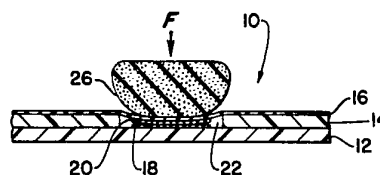
㉔ Brevet délivré le: 30.09.1986

㉔ Fascicule du brevet
publié le: 30.09.1986㉔ Titulaire(s):
Illinois Tool Works Inc., Chicago/IL (US)㉔ Inventeur(s):
Sharp, Larry L., Schaumburg/IL (US)
Klosinski, Mark, Chicago/IL (US)㉔ Mandataire:
Kirker & Cie SA, Genève

⑤④ Dispositif de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique.

⑤⑦ Ce dispositif comporte un substrat rigide (12) sur la surface supérieure duquel est imprimée une zone résistive (18), un substrat flexible (16) sur la surface inférieure duquel est imprimée une zone résistive (20), et une entretoise non conductrice (14) traversée par une ouverture (22) par laquelle la zone résistive (20) peut être mise en contact avec la zone résistive (18) sous l'application d'une force (F) exercée au moyen d'un actionneur élastique (26). L'aire du contact entre les deux zones (18, 20) et, par conséquent, la résistivité de la liaison électrique, sont proportionnelles à l'amplitude de la force (F).

Domaine d'application: manipulations à l'aide de robots, commandes par actionneurs du type manche à balai, etc.



REVENDICATIONS

1. Dispositif de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique, caractérisé en ce qu'il comporte un premier élément (20) présentant une propriété électrique et un second élément (18) présentant également une propriété électrique, le premier élément étant disposé à proximité du second élément et réagissant à une force (F) le déplaçant par rapport au second élément afin de faire varier ladite propriété électrique proportionnellement à ladite force, produisant ainsi un signal électrique de sortie proportionnel à ladite force.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un élément sensiblement rigide (12) d'appui qui est disposé de façon à être sensiblement adjacent au second élément de manière que l'application de ladite force pour déplacer le premier élément vers le second élément agisse sur le premier élément afin qu'il établisse une aire croissante de contact (28, 30) avec le second élément, contre ledit élément d'appui, lorsque ladite force augmente.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens (16) destinés à appliquer ladite force au premier élément.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une entretoise (14) disposée entre les premier et second éléments afin de les maintenir espacés et sensiblement parallèles l'un à l'autre.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'entretoise comprend un substrat électriquement non conducteur, traversé par au moins une ouverture (22) qui permet une communication électrique entre les premier et second éléments.

6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le second élément est un substrat sensiblement rigide et non conducteur (12) sur lequel sont fixés des dépôts (18) présentant une propriété électrique.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 6, caractérisé en ce que le premier élément est un substrat non conducteur (16), relativement flexible, sur lequel sont fixés des dépôts (20) présentant une propriété électrique.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 6 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une entretoise qui exerce une force de traction sur le premier élément, dans une position de repos dans laquelle elle est espacée du second élément auquel elle est sensiblement parallèle, la force de traction conférant en outre une certaine élasticité au premier élément afin d'assurer le retour de ce dernier dans ladite position de repos lorsque ladite force est éliminée.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 6, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une entretoise qui délimite un volume fermé hermétiquement entre le premier élément et de second élément, ce volume fermé renfermant une pression suffisante pour maintenir le premier élément dans une position de repos dans laquelle il est espacé du second élément et s'étend à peu près parallèlement à ce dernier, le volume fermé conférant une certaine élasticité au premier élément pour assurer son retour dans ladite position de repos lorsque ladite force est éliminée.

10. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une entretoise disposée entre les premier et second éléments afin de maintenir le premier élément espacé du second élément et à peu près parallèlement à celui-ci, l'entretoise étant traversée de plusieurs ouvertures qui permettent une communication électrique entre les premier et second éléments.

11. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier élément est un élément résistif.

12. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier élément est un élément capacitif (56).

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 11, caractérisé en ce que le second élément est un élément résistif.

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 12, caractérisé en ce que le second élément est un élément capacitif (54).

15. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 11, caractérisé en ce que le second élément est un élément inductif (60).

16. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une entretoise destinée à maintenir les dépôts (68), présentant une propriété électrique, du premier élément (64) dans une position de repos espacée du second élément et à peu près parallèle à ce second élément, l'entretoise étant constituée de saillies élastiques (66), venues de moulage avec le premier élément, les dépôts du premier élément s'étendant à l'intérieur des saillies de manière que l'application de ladite force à l'une quelconque des saillies provoque un déplacement d'au moins l'un desdits dépôts du premier élément vers le second élément, ledit dépôt du premier élément revenant dans ladite position de repos lorsque ladite force est éliminée.

17. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une entretoise destinée à maintenir les dépôts (74), présentant une propriété électrique, du premier élément (70) dans une position de repos espacée du second élément et à peu près parallèle à celui-ci, l'entretoise étant constituée de saillies élastiques (72) venues de moulage avec le premier élément, les dépôts du premier élément s'étendant entre lesdites saillies de manière que l'application de ladite force au premier élément, dans une zone comprise entre les saillies, déplace au moins l'un des dépôts du premier élément vers le second élément, ledit dépôt du premier élément revenant dans ladite position de repos lorsque ladite force est éliminée.

18. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier élément comprend des moyens permettant l'application de ladite force.

19. Dispositif selon l'une des revendications 3 et 18, caractérisé en ce que l'élément d'application de ladite force comprend un actionneur (26) en élastomère.

20. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une entretoise (84) disposée entre le premier élément (86) et le second élément (82) afin de maintenir le premier élément espacé du second élément et à peu près parallèle à celui-ci, l'entretoise n'étant pas conductrice et étant traversée de plusieurs ouvertures, au moins une partie des dépôts (94), présentant une propriété électrique, du premier élément, au moins une partie des dépôts, présentant une propriété électrique, du second élément, et lesdites ouvertures étant alignées les unes sur les autres, lesdites ouvertures permettant une communication électrique à travers elles entre les dépôts du premier élément et les dépôts du second élément.

21. Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens permettant l'application de ladite force au premier élément, ces moyens comprenant un actionneur (88) en élastomère.

22. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 21, caractérisé en ce que les dépôts, présentant une propriété électrique, sont imprimés sur les substrats.

23. Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens destinés à appliquer ladite force au premier élément, ces moyens comprenant au moins deux actionneurs (88) portés par un ensemble commun (90), ces actionneurs étant capables d'exercer sélectivement une pression sur diverses zones du premier élément, le nombre des actionneurs pouvant notamment être égal au nombre d'ouvertures et lesdits actionneurs pouvant être alignés sur lesdites ouvertures, ces actionneurs étant capables d'exercer une pression simultanément sur plus d'une zone du premier élément.

24. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite force est appliquée par la pression d'un fluide.

25. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un premier substrat non conducteur (106), un second substrat non conducteur (102), des moyens d'actionne-

ment et une entretoise (104), le premier substrat étant sensiblement flexible et élastique et plusieurs premiers dépôts électriquement résistifs (118) étant fixés à ce premier substrat, le second substrat étant sensiblement rigide et plusieurs seconds dépôts électriquement résistifs étant fixés à ce second substrat, l'entretoise étant disposée entre les premier et second substrats qu'elle maintient espacés l'un de l'autre, mais sensiblement parallèles l'un à l'autre, chacun desdits premiers dépôts résistifs étant tourné vers l'un des seconds dépôts résistifs sur lequel il est aligné, ladite entretoise étant traversée de plusieurs ouvertures qui sont alignées chacune sur l'un des premiers dépôts résistifs, les moyens d'actionnement comprenant plusieurs actionneurs (108) en élastomère qui sont alignés chacun sur l'un des premiers dépôts résistifs, lesdits moyens d'actionnement comprenant en outre un support commun (110) auquel tous les actionneurs sont reliés, les moyens d'actionnement comprenant également un élément commun (112) de commande auquel le support commun est relié et réagit.

26. Dispositif selon la revendication 25, caractérisé en ce que les moyens d'actionnement comprennent en outre un élément (116) de commande d'axe (Z) et un actionneur (114) d'axe (Z), les ouvertures, les premiers dépôts résistifs et les seconds dépôts résistifs étant en nombres égaux et en alignement respectif sur les actionneurs, y compris l'actionneur d'axe (Z), la commande d'axe (Z) étant reliée à l'actionneur d'axe (Z) et pouvant être manœuvrée indépendamment de l'élément commun de commande.

27. Appareil pour appliquer une force de serrage commandé à distance comprenant le dispositif selon la revendication 1 et constituant un moyen transmettant une réaction sensorielle à un opérateur afin que ce dernier puisse commander de façon sensorielle la force de serrage.

L'invention concerne un dispositif destiné à détecter une amplitude de force qui lui est appliquée, à convertir cette force en un signal de sortie dont l'énergie est de type différent, et à transmettre ce signal de sortie lequel peut être soumis à d'autres traitements et évalué afin d'indiquer l'amplitude de ladite force. L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique utilisant des éléments dont l'un réagit à une force et produit un signal de sortie électrique sous l'effet de la force à la quelle il est soumis.

Bien que de tels dispositifs de conversion d'énergie destinés à produire des signaux analogiques de sortie ne soient pas inconnus dans l'art antérieur, la plupart de ces dispositifs comprennent, au moins en partie, un certain type de tringleries mécaniques disposées entre l'élément de détection de force et les éléments produisant le signal de sortie. Ces tringleries mécaniques sont de complexité variable, mais elles comprennent généralement plusieurs leviers, comes ou autres organes pour transmettre, à l'élément du dispositif produisant le signal de sortie, la déformation mécanique imposée à ce dispositif par la force à détecter. Des éléments produisant le signal de sortie peuvent comprendre, par exemple, des potentiomètres, des bobines à inductance variable, des condensateurs variables à lames mobiles et autres. En règle générale, plus un dispositif comporte de pièces mobiles, plus les risques de défauts de fonctionnement de ce dispositif sont grands. Inversement, moins le dispositif comporte de pièces, moins il risque la panne et donc plus il est sûr. Par conséquent, le dispositif le plus fiable est souvent le dispositif contenant le moins de pièces mobiles.

Les critères économiques sont également d'une très grande importance pour un dispositif et des caractéristiques telles qu'un coût de fabrication plus faible, une grande simplicité de fabrication, une grande longévité et une large gamme d'applications pour une technologie donnée constituent toutes des consi-

dérations importantes déterminant le succès économiques d'un dispositif.

L'invention concerne un dispositif destiné à convertir de l'énergie, se présentant sous la forme d'une force appliquée, en un signal de sortie d'un type différent de celui de la force appliquée et proportionnel à cette force. Dans sa forme préférée de réalisation, le dispositif selon l'invention comprend un substrat rigide sur la surface supérieure duquel est imprimée une zone résistive, une entretoise en matière non conductrice, traversée d'une ouverture qui est disposée en alignement sur la zone résistive imprimée sur la surface supérieure du substrat rigide, et un substrat flexible sur lequel est imprimée une zone résistive et qui est disposé de manière que cette zone résistive soit alignée sur l'ouverture et sur la zone résistive du substrat rigide afin que l'application d'une force au substrat flexible provoque un déplacement de la zone résistive de ce substrat flexible à travers l'ouverture de l'entretoise et l'établissement d'un contact électrique avec la zone résistive du substrat rigide. L'application d'une amplitude de force donnée établit un contact initial d'aire minimal entre la zone résistive du substrat flexible et la zone résistive du substrat rigide. Si la force est appliquée au moyen d'un actionneur élastique, par exemple un doigt ou un actionneur en élastomère, un accroissement de la force appliquée au substrat flexible entraîne un accroissement de l'aire de contact entre les deux zones résistives. Cet accroissement de l'aire de contact est destiné à réduire la résistivité de la connexion électrique entre les deux zones résistives, ce qui accroît donc la conductivité de ce contact électrique proportionnellement à l'amplitude de la force appliquée au substrat flexible. Par conséquent, le dispositif selon l'invention convertit la force physique appliquée au substrat flexible pour provoquer un accroissement proportionnel de la conductivité du dispositif; lorsqu'un potentiel électrique est appliqué aux extrémités du dispositif, c'est-à-dire entre les deux zones résistives, un accroissement de la force appliquée au substrat flexible se traduit par un accroissement du courant traversant le dispositif par l'intermédiaire de l'aire de contact électrique entre les deux zones ou plages résistives. Il faut noter qu'il est inutile de mettre en œuvre des tringleries mécaniques, des leviers, des comes, des potentiomètres ou autres; le dispositif est simple, sûr, durable et peu coûteux à fabriquer.

L'élasticité du substrat flexible permet à ce dernier de reprendre sa position initiale et donc de rompre le contact électrique entre les deux zones résistives lorsque la force est retirée du substrat flexible.

Les autres formes de réalisation de l'invention constituent des variantes de la forme préférée de réalisation décrite ci-dessus. L'entretoise perforée peut être supprimée et le dispositif fonctionne alors essentiellement comme décrit ci-dessus, car les surfaces des deux zones résistives ne sont pas totalement lisses de sorte que, si le substrat flexible et sa zone résistive s'étendent de façon contiguë au substrat rigide et à sa zone résistive, les deux zones résistives étant en alignement, un très faible courant circule à travers l'aire minimale de contact établie entre les deux zones résistives, simplement du fait de l'absence d'un bon contact physique entre ces zones. L'application d'une force comme décrit ci-dessus a pour résultat un serrage physique plus étroit de dimensions qui croissent lorsque la force augmente, comme si une entretoise était présente, mais sur une plage plus limitée que celle pouvant être atteinte avec l'entretoise car, lorsqu'une telle entretoise est présente, l'élasticité du substrat flexible ramène le dispositif dans un état non conducteur dès que la force est éliminée tandis que, en l'absence d'une entretoise, la suppression de la force ramène simplement le dispositif dans un état moins conducteur, et non dans un état non conducteur. Un circuit électronique approprié permettant de traiter et d'estimer le signal de sortie du dispositif permet de tolérer cette différence tout en utilisant efficacement le dispositif en absence d'une entretoise.

Une autre variante de l'invention comprend une inversion de l'un des substrats (le substrat rigide ou le substrat flexible) de manière qu'un mouvement de la zone résistive flexible vers la zone résistive rigide n'entraîne pas un couplage résistif, mais un couplage capacitif proportionnel à l'amplitude de la force appliquée, car un accroissement de l'amplitude de la force appliquée augmente la surface par laquelle la zone résistive du substrat flexible est parallèle à la zone résistive du substrat rigide et, par conséquent, augmente la capacité établie entre les deux zones résistives, proportionnellement à la force appliquée au substrat flexible.

Une autre forme de réalisation de l'invention consiste à remplacer la zone résistive du substrat rigide par un motif inductif imprimé en forme de spirale. Dans une telle configuration, l'application d'une force par l'intermédiaire d'un actionneur flexible, par exemple un doigt ou un actionneur en élastomère, élimine progressivement par court-circuit davantage de spires du motif inductif en spirale du substrat rigide, le court-circuit résultant d'un contact avec la zone résistive flexible, ce qui réduit l'inductance de ce motif lorsque l'amplitude de la force appliquée au substrat flexible augmente. Par conséquent, l'inductance du motif inductif imprimé sur la surface supérieure du substrat rigide varie proportionnellement à l'amplitude de la force appliquée au substrat flexible.

L'invention peut être utilisée largement dans des dispositifs très divers. Par exemple, les motifs résistifs peuvent être étendus à un ensemble de motifs résistifs, associés à des zones résistives du substrat flexible, des ouvertures de l'entretoise et des zones résistives du substrat rigide, toutes ces zones ou ouvertures étant en alignement, et l'actionneur pouvant être du type manche à balai comprenant plusieurs actionneurs en élastomère montés sur un support commun et déplacés par un manche unique de commande. Un autre perfectionnement apporté à une telle application peut consister à ajouter un motif résistif directement au-dessous du manche ou levier de commande, un actionneur d'axe Z, pouvant être manoeuvré indépendamment, agissant sur une zone particulière du dispositif configuré conformément à l'invention, afin de provoquer un mouvement de cette zone résistive particulière du substrat et un contact électrique résultant avec la zone résistive rigide comme décrit précédemment. Ainsi, la mise en œuvre de l'invention permet de réaliser une commande analogique suivant les axes X, Y et Z, le tout au moyen d'un levier ou manche unique de commande.

D'autres applications de l'invention peuvent comprendre, par exemple, la pose du dispositif selon l'invention dans des éléments analogues à des doigts d'un élément télécommandé de préhension faisant partie d'un robot, le dispositif selon l'invention transmettant un signal de réaction sensoriel directement aux doigts d'un opérateur éloigné afin de permettre à ce dernier de sentir directement l'amplitude de la force de préhension exercée par l'élément robotique, le dispositif selon l'invention réalisant ainsi une interface sensorielle pratiquement transparente entre les mains de l'opérateur et le robot.

Des transducteurs destinés à détecter une pression gazeuse ou liquide constituent une autre application à laquelle la présente invention peut convenir particulièrement. De plus, des commutateurs à vitesse variable, directement sensibles à la pression des doigts, constituent un autre domaine pouvant bénéficier de la présente invention. Dans ce dernier domaine, c'est-à-dire le domaine des commutateurs à vitesse variable, le dispositif selon l'invention peut être simplement constitué d'un patin sensible à la pression, comme dans la forme préférée de réalisation décrite ci-dessus, ce patin étant équipé d'une connexion électrique amovible pour établir une interface avec le dispositif à commander, ce qui rend très simple le démontage du commutateur de commande de vitesse selon l'invention. Ce démontage aisé est particulièrement souhaitable dans des cas tels que ceux impliquant des instruments médicaux à commande électrique,

qui doivent être passés à l'autoclave avant d'être utilisés sur des êtres humains. Le commutateur à vitesse variable selon l'invention peut être retiré, le dispositif peut être passé à l'autoclave, et le commutateur à vitesse variable peut être reconnecté d'une façon directe et très simple. De plus, l'opérateur peut commander à la main l'instrument d'une façon plus directe qu'il n'est possible actuellement avec de tels dispositifs médicaux, car ces derniers sont généralement commandés par des commutateurs à pédale, des commutateurs à genou, etc.

L'invention a donc pour objet un dispositif de conversion d'énergie de réalisation simple et dont le fonctionnement est fiable et durable. L'invention a également pour objet un dispositif de conversion d'énergie qui est peu coûteux à fabriquer et qui peut être mis en œuvre dans une large gamme d'applications commerciales, avec peu de modifications, le cas échéant, de sa fabrication. L'invention concerne également un dispositif de conversion d'énergie dont le fonctionnement peut être résistif, capacitif ou inductif, les modifications à apporter pour passer d'un mode de fonctionnement à un autre ne portant que sur des détails structurels minimes.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels:

la figure 1 est une élévation, avec coupe schématique partielle, d'une forme préférée de réalisation du dispositif selon l'invention;

la figure 2 est une vue en perspective éclatée et détaillée de la forme préférée de réalisation de l'invention, montrant l'alignement des diverses parties du dispositif;

la figure 3 est une élévation schématique, avec coupe partielle, de la forme préférée de réalisation de l'invention, montrant l'interaction de la zone résistive du substrat flexible et de la zone résistive du substrat rigide lorsqu'une force est appliquée par un actionneur élastique;

la figure 4 est une vue de dessus schématique représentant la variation de l'aire du contact électrique qui se produit dans la forme préférée de réalisation de l'invention lorsque la force appliquée change;

la figure 5 est une élévation partielle schématique représentant deux zones résistives adjacentes d'une variante de l'invention lorsqu'aucune force n'est appliquée;

la figure 6 est une élévation schématique représentant l'interaction des zones résistives de la figure 5 lorsqu'une force est appliquée à la zone supérieure;

la figure 7 est une élévation schématique représentant l'interaction des zones résistives de la figure 5 lorsque la force appliquée à la zone supérieure est supérieure à la force appliquée comme montré sur la figure 6;

la figure 8 est une élévation schématique avec coupe partielle d'une deuxième forme de réalisation de l'invention, cette vue montrant la structure d'un dispositif capacitif selon l'invention;

la figure 9 est une vue de dessus schématique représentant le dessin inductif situé sur la surface supérieure du substrat rigide d'une troisième forme de réalisation de l'invention, cette vue montrant une aire de contact établie par la zone résistive du substrat flexible sous l'effet de l'application d'une force;

la figure 10 est une vue schématique de dessus représentant un dessin inductif similaire à celui de la figure 9, et montrant une plus grande aire de contact établie par la zone résistive du substrat flexible sous l'effet de l'application d'une force supérieure à celle montrée sur la figure 9;

la figure 11 est une élévation schématique représentant une variante d'entretoise présentant des zones résistives situées dans des saillies moulées;

la figure 12 est une élévation schématique d'une seconde forme de réalisation d'entretoise présentant des zones résistives situées entre des saillies moulées;

la figure 13 est une vue en perspective du dispositif selon

l'invention, montrant des zones résistives multiples, des actionneurs multiples portés par un support unique, et un élément unique de commande destiné à déplacer le support des actionneurs; et

la figure 14 est une vue en perspective éclatée du dispositif de la figure 13, présentant une zone résistive supplémentaire et un actionneur supplémentaire permettant une manoeuvre suivant l'axe Z.

La figure 1 représente schématiquement en coupe une forme préférée de réalisation du dispositif 10 de conversion de force selon l'invention. Ce dispositif 10 comprend un substrat rigide non conducteur 12, une entretoise 14 en matière non conductrice, et un substrat flexible, non conducteur et élastique 16. Une zone résistive 18, fixée au substrat rigide 12, est constituée, dans la forme préférée de réalisation, d'une encre ayant des propriétés électriques et appliquée par sérigraphie sur le substrat rigide 12. Une zone résistive similaire 20 est apposée de façon similaire sur le substrat flexible 16. La zone résistive 18 et la zone résistive 20 sont alignées l'une sur l'autre et sur une ouverture 22 de l'entretoise 14 de manière qu'un contact électrique puisse être établi entre la zone résistive 18 et la zone résistive 20 à travers l'ouverture 22 lorsqu'une force F est appliquée au substrat flexible 16, à proximité de la zone résistive 20, de façon à déplacer le substrat flexible 16, portant la zone résistive 20, vers le substrat rigide 12. Un actionneur 26 est placé en alignement avec l'ouverture 22 et constitue un moyen permettant d'appliquer une force F pour déplacer le substrat flexible 16, portant la zone résistive 20, vers le substrat rigide 12 et sa zone résistive 18. L'actionneur 26 est réalisé en élastomère afin d'établir l'interaction souhaitée entre les zones résistives 18 et 20 lorsque la force F augmente, comme décrit ci-après.

La figure 2 représente en perspective éclatée la disposition alignée du substrat flexible 16 et de sa zone résistive 20 fixée à sa face inférieure, de l'entretoise 14 et de son ouverture 22, et du substrat rigide 12 à la face supérieure duquel est fixée la zone résistive 18.

Les qualités élastiques de l'actionneur 26 de la forme préférée de réalisation montrée sur la figure 1 et décrite ci-dessus constituent un aspect primordial du fonctionnement du dispositif 10 de conversion et de transmission de force. La figure 4 représente schématiquement l'aire de contact qui apparaît entre la zone résistive 18 et la zone résistive 20 sous l'effet de valeurs croissantes de la force F. Sur la figure 4, la zone résistive 18 qui est fixée au substrat rigide 12 est représentée en trait plein comme étant de forme sensiblement circulaire. Il est évident que cette zone peut avoir d'autres formes, mais une zone circulaire est représentée pour plus de clarté. Lorsque la force F déplace le substrat flexible 16, auquel est fixée la zone résistive 20, vers le substrat rigide 12 et sa zone résistive 18, une aire de contact initiale 28 est établie. Les valeurs croissantes de la force F agissant à travers l'actionneur 26 en élastomère provoquent, en raison des qualités élastiques de l'actionneur 26, un élargissement de l'aire de contact, comme indiqué par les aires de contact 30 et 30' sur la figure 4. Lorsque cette aire de contact 28, 30 augmente, la résistivité de la liaison électrique entre la zone résistive 18 et la zone résistive 20 diminue et, par conséquent, la conductivité de cette connexion électrique augmente. Lorsqu'un potentiel électrique (non représenté) est appliqué entre les zones résistives 18 et 20, l'établissement d'une aire de contact telle que l'aire 28 de la figure 4 permet le passage d'une quantité donnée de courant entre les zones résistives 18 et 20. L'accroissement de la force F et, par conséquent, de l'aire de contact 28 pour qu'elle corresponde aux aires de contact 30 ou 30', par exemple, permet le passage d'une plus grande quantité de courant entre les zones résistives 18 et 20, cet accroissement du courant étant proportionnel à l'amplitude de la force F appliquée au substrat flexible 16. Par conséquent, la force F est convertie en un paramètre électrique, à savoir la conductivité, et ce

paramètre est transmis pour être soumis à un autre traitement et une estimation par un circuit (non représenté), le paramètre se présentant sous la forme de variations du courant traversant les zones résistives 18 et 20, lesquelles variations de courant sont proportionnelles aux variations de la force F. Ainsi, le dispositif selon l'invention est un dispositif de conversion et de transmission de force.

La figure 3 représente une autre forme de réalisation du dispositif de conversion de force selon l'invention, comprenant un substrat rigide 12, une entretoise 14, un substrat flexible 16, une zone résistive 18 située sur le substrat rigide 12, une zone résistive 20 située sur le substrat flexible 16, une ouverture 22 ménagée dans l'entretoise 14, et un actionneur élastique 30 constitué simplement par un doigt humain. Les qualités élastiques du doigt humain conviennent très bien à l'élargissement progressif de l'aire du contact entre les zones résistives 18 et 20 sous une force F d'amplitude croissant progressivement, d'une manière similaire à celle de l'effet illustré sur la figure 4.

La figure 5 représente une seconde variante de l'invention, montrant en détail des patins résistifs 34 et 36 d'un dispositif 32 de conversion de force. La vue détaillée de la figure 5 montre que la nature réelle de la surface 38 de la zone résistive 34 et de la surface 40 de la zone résistive 36 ne constitue pas en fait une surface lisse. Ces surfaces 38 et 40 présentent en fait de petites pointes 42 qui en font saillie. Cette inégalité des surfaces 38 et 40 permet à la variante montrée sur la figure 5 de fonctionner en l'absence d'une entretoise telle que celle équipant la forme préférée de réalisation montrée sur la figure 1. L'application d'une force, au moyen d'un actionneur élastique, au dispositif illustré sur la figure 5 a pour résultat une déviation de la zone résistive 34 vers la zone résistive 36, comme montré sur la figure 6, afin d'établir une aire de contact initial sensiblement de la même manière que celle illustrée pour la forme de réalisation préférée représentée sur la figure 4. Une valeur de plus en plus grande de la force F conduit à une condition analogue à celle montrée sur la figure 7, condition dans laquelle l'aire de contact entre les zones résistives 34 et 36 est élargie d'une façon sensiblement similaire à celle selon laquelle l'aire de contact augmente dans la forme préférée de réalisation montrée sur la figure 4. La différence la plus notable entre la variante de la figure 5, qui ne comporte pas d'entretoise, et la forme préférée de réalisation illustrée sur la figure 1, qui comporte une entretoise 14, est que, dans la forme préférée de réalisation de la figure 1, lorsqu'aucune force F n'est appliquée au substrat flexible 16, l'élasticité de ce dernier ramène la zone résistive 20 dans une position où le contact électrique établi avec la zone résistive 18 est faible ou nul, suivant l'épaisseur de l'entretoise 14 et, par conséquent, les zones résistives 18 et 20 ne peuvent être parcourues que par un courant faible ou nul. Dans la variante illustrée sur la figure 5, la suppression de la force F provoque le retour élastique du substrat flexible 34 vers une position dans laquelle, par rapport au substrat 36, il doit subsister encore un certain contact électrique minimal entre les surfaces 38 et 40, ce contact étant établi par les diverses pointes ou crêtes 42 des deux surfaces. Quand bien même, dans sa position relâchée (c'est-à-dire en absence de l'application d'une force F), la forme de réalisation de la figure 5 doit permettre le passage d'un certain courant entre les zones résistives 34 et 36, cette forme de réalisation est utilisable, car un circuit électronique extérieur (non représenté), destiné à détecter et estimer le signal de sortie du dispositif 32, peut être conçu pour établir des valeurs de seuil de courant qui doivent être dépassées avant que la présence d'une force soit reconnue.

Une troisième variante de l'invention est illustrée sur la figure 8, cette forme de réalisation étant configurée pour être utilisée comme dispositif capacitif. La figure 8 représente un dispositif 44 de conversion de force comprenant un substrat 46, un substrat 48, une entretoise 50 qui présente une ouverture 52,

une première zone capacitive 54 fixée à la surface inférieure du substrat 48, et une seconde zone capacitive 56 fixée à la surface inférieure du substrat 46. L'application d'une force F tendant à déplacer le substrat 48 et sa zone capacitive 54, qu'il porte, vers le substrat 46 a pour effet l'établissement d'une aire de contact entre la zone capacitive 54 et le dessus du substrat 46, de la même façon que pour l'aire de contact s'élargissant, décrite en regard de la figure 4, lorsque la force F augmente. L'aire de contact établie entre la zone capacitive 54 et le dessus du substrat 46 est sensiblement parallèle à la zone capacitive 56 et elle établit donc un couplage capacitif dans la mesure où des parties des zones capacitives 54 et 56 sont parallèles. L'accroissement de la force F et donc de l'aire sur laquelle la zone capacitive 54 est parallèle à la zone capacitive 56 augmente la capacité du dispositif 44 et, par conséquent, lorsqu'un potentiel est appliqué entre les éléments capacitifs 54 et 56, un circuit électronique extérieur approprié (non représenté) peut détecter de telles variations de capacité, lesquelles variations sont proportionnelles à l'amplitude de la force F appliquée au substrat 48.

La figure 9 représente une quatrième variante du dispositif selon l'invention, utilisant un élément inductif. La figure 9 est une vue de dessus d'un substrat 58 sur la surface supérieure duquel est fixé un élément inductif 60 ayant sensiblement la forme d'une spirale. L'application d'une force F (non représentée) à un substrat placé au-dessus du substrat 58 et à la surface inférieure duquel est fixée une zone résistive provoque l'établissement d'une aire de contact 60 comme montré sur la figure 9. L'aire de contact 60 est destinée à éliminer par court-circuit une partie de l'élément inductif en spirale 62, ce qui réduit l'inductance de cet élément inductif 62.

En élevant la force F au-dessus de la valeur à laquelle cette force F est représentée sur la figure 9, on provoque un accroissement de l'aire 60' de contact, comme montré sur la figure 10. L'aire 60' de contact élimine par court-circuit une plus grande partie de l'élément inductif 62, ce qui réduit davantage l'inductance de cet élément 62. Si un potentiel est appliqué entre la zone résistive du substrat supérieur (non représentée) et l'élément inductif 62, la variation d'inductance provoquée par l'aire de contact s'élargissant 60 sous l'effet de l'accroissement de la force F est proportionnelle à cette force F.

La figure 11 représente une variante d'un détail de la présente invention. Sur la figure 11, l'entretoise et le substrat flexible sont incorporés dans une structure telle que le substrat flexible 64 présente plusieurs saillies 66 venues de moulage et contenant des zones ou plages 68 présentant des propriétés électriques, à savoir pouvant être résistives, capacitives ou inductives. L'application d'une force F à une saillie 66 a pour effet de déplacer cette dernière, portant sa zone électrique 68, vers l'autre substrat du dispositif (non représenté) pour provoquer le fonctionnement du dispositif comme décrit précédemment dans ses diverses formes de réalisation. Les saillies 66 sont moulées de façon à être élastiques et à reprendre leur position initiale lors de la suppression de la force F.

La figure 12 représente une seconde forme de réalisation des parties à membrane flexible et entretoise du dispositif selon l'invention. Sur la figure 12, le substrat flexible 70 comporte des saillies retournées 72 venues de moulage. Des zones 74, possédant des propriétés électriques, sont fixées à la face inférieure du substrat flexible 70, entre les saillies retournées 72, afin que l'application d'une force F à une zone comprise entre les saillies retournées 72 provoque un déplacement d'une zone électrique 74 vers le second substrat du dispositif (non représenté) et, par conséquent, le fonctionnement du dispositif d'une manière analogue à celle décrite précédemment pour ses diverses formes de réalisation. Les saillies retournées 72 viennent de moulage de manière à être élastiques pour pouvoir reprendre leurs positions normales lors de la suppression de la force F.

Une autre forme de réalisation de l'entretoise du dispositif

selon l'invention consiste à sceller le substrat flexible au substrat rigide et à maintenir entre les deux substrats une pression gazeuse suffisante pour qu'ils restent espacés l'un de l'autre, tout en permettant un déplacement du substrat flexible vers le substrat rigide sous l'effet d'une force F afin de faire fonctionner le dispositif comme décrit précédemment pour ses diverses formes de réalisation.

Une autre variante de l'entretoise selon l'invention est obtenue par l'application d'une force de traction au substrat flexible afin de maintenir ce dernier à peu près parallèlement au substrat rigide, à une certaine distance mais suffisamment proche de ce dernier pour que le substrat flexible puisse être déformé d'une façon faisant fonctionner le dispositif comme décrit précédemment pour ses diverses formes de réalisation.

Il convient de se rappeler que, bien que diverses formes de réalisation décrites jusqu'à présent, comprennent un substrat flexible et un substrat rigide, la présente invention s'applique également à une structure comprenant deux substrats flexibles.

La figure 13 représente une autre variante de l'invention, et notamment un dispositif 80 de conversion de force qui comporte un substrat inférieur sensiblement rigide 82, une entretoise 84 et un substrat supérieur flexible et élastique 86. Plusieurs actionneurs 88 en élastomère sont portés par un support commun 90 qui est relié à un levier ou manche unique 92 de commande permettant de manoeuvrer ce support. L'entretoise 84 est traversée par des ouvertures (non représentées) alignées sur des zones résistives 94 fixées à la surface inférieure du substrat supérieur 86 et sur des zones résistives similaires (non représentées) fixées à la surface supérieure du substrat inférieur 82 et alignées sur les zones résistives 94. Les actionneurs 88 sont alignés sur les zones résistives 94. Le dispositif de la figure 13, lorsqu'il est relié à un circuit électronique extérieur approprié (non représenté), constitue un contrôleur analogique d'axes X-Y, pouvant être adapté à diverses applications telles que la commande de machines, des jeux électroniques, et autres. En fonctionnement, l'épaisseur de l'entretoise 84 peut être modifiée pour que les actionneurs 88, lorsqu'ils sont dans une position de repos, n'établissent aucun contact électrique entre les zones résistives des substrats respectifs 82 et 86, ou bien on peut choisir une entretoise 84 plus mince qui permet aux actionneurs 88, lorsqu'ils sont en position de repos, d'établir une aire minimale de contact entre les zones résistives des substrats respectifs 82 et 86. Dans cette version de la forme de réalisation de la figure 13, où de telles aires minimales de contact sont maintenues, le circuit électronique extérieur associé établit nécessairement des valeurs de seuil qui doivent être dépassées avant que la présence d'une force exercée sur un actionneur respectif soit reconnue.

La figure 14 représente une autre forme de réalisation de l'invention, similaire à celle illustrée sur la figure 13, mais ayant un plus grand nombre d'actionneurs ainsi que la possibilité d'effectuer une commande sur l'axe Z. La figure 14 représente un dispositif 100 de conversion et de transmission de force comprenant un substrat inférieur rigide 102, une entretoise 104 et un substrat supérieur élastique et flexible 106; plusieurs actionneurs 108 sont montés sur un support commun 110 qui est relié à un levier ou manche unique 112 de commande et qui est commandé par celui-ci. Un actionneur 114 d'axe Z est également relié à un plongeur 116 de commande. Ce dernier est logé concentriquement et peut se déplacer librement dans le levier 112 de commande des zones résistives 118, des ouvertures (non représentées) de l'entretoise 104 et des zones résistives (non représentées) du substrat 102 sont disposées en alignement avec les actionneurs 108 et l'actionneur 114 d'axe Z, d'une façon sensiblement similaire à celle décrite en regard de la figure 13. Le dispositif de la figure 14, qui comporte un plus grand nombre d'actionneurs 108 permet donc une commande X-Y de résolution plus fine que celle obtenue à l'aide du dispositif de la

figure 13 dont le nombre d'actionneurs 88 est plus petit et, de plus, le dispositif de la figure 14, dont le plongeur 116 de commande agit sur l'actionneur 114 d'axe Z et sur la zone résistive et l'ouverture associées, en alignement avec ce plongeur, réalise une commande d'axe Z à l'aide d'un élément pouvant être

manœuvré d'une seule main et constitué du levier 112 de commande et du plongeur 116 de commande.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

