



(84) **États désignés (régional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US seulement*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé** : L'invention concerne un micromanipulateur comprenant au moins un doigt (11) en matériau piézoélectrique muni d'électrodes (2) et dont une extrémité libre (110) peut être défléchie suivant deux axes mutuellement orthogonaux (Y, Z) par application sur les électrodes d'une configuration appropriée de potentiels électriques. Selon l'invention, le doigt (11) est réalisé par un empilement alterné de lames piézoélectriques (30) en nombre pair et d'électrodes (211, 212) en liaison mécanique et électrique réciproque, l'empilement étant formé de part et d'autre d'une surface médiane (20) de potentiel électrique qui joue le rôle d'une électrode de référence. Le micromanipulateur de l'invention présente une structure qui lui permet d'être réalisé par la mise en oeuvre de techniques immédiatement accessibles à l'homme de métier.

**MICROMANIPULATEUR PIEZOELECTRIQUE, NOTAMMENT
POUR MICROROBOTIQUE, ET PROCEDE DE MISE EN OEUVRE.**

L'invention concerne, de façon générale, le domaine des instruments miniaturisés et des composants de microrobotique.

5 Plus précisément, l'invention concerne, selon un premier de ses aspects, un micromanipulateur utilisable en tant que composant de microrobotique, comprenant au moins un premier doigt allongé réalisé au moins partiellement en un matériau piézoélectrique, et des
10 électrodes intégrées à ce premier doigt, ce premier doigt présentant une extrémité liée et une extrémité libre distantes l'une de l'autre suivant un premier axe, et s'étendant latéralement suivant des deuxième et troisième axes mutuellement orthogonaux et
15 perpendiculaires au premier, et les électrodes comprenant au moins deux paires d'électrodes de polarisation et une surface de potentiel électrique de référence, séparée de chaque électrode de polarisation par une couche de matériau piézoélectrique appartenant
20 au premier doigt, les paires d'électrodes de polarisation étant symétriques l'une de l'autre par rapport à un premier plan médian du premier doigt, parallèle aux premier et second axes, chaque paire d'électrodes étant formée d'électrodes symétriques
25 l'une de l'autre par rapport à un second plan médian du premier doigt, parallèle aux premier et troisième axes, la surface de potentiel électrique de référence s'étendant dans le premier plan médian du premier doigt, ce premier doigt comprenant un empilement formé
30 par superposition alternée, suivant le troisième axe et

de part et d'autre de la surface de potentiel de référence, de lames piézoélectriques et desdites électrodes en liaison mécanique et électrique mutuelle, les lames piézoélectriques étant empilées suivant leur épaisseur et présentant des polarisations respectives au moins sensiblement alignées sur le troisième axe, et chaque lame piézoélectrique appartenant à une paire (3) de lames adjacentes de l'empilement, formée de première et seconde lames respectivement dotées de première et seconde faces mutuellement distantes sur lesquelles sont respectivement déposées des première et seconde paires d'électrodes de polarisation.

Un micromanipulateur de ce type est par exemple décrit dans le brevet US 5 170 089, et notamment illustré par les figures 2 et 3 de ce brevet.

Bien que le micromanipulateur connu par ce brevet présente un comportement fonctionnel tout à fait satisfaisant, sa structure est strictement adaptée à l'application de ce micromanipulateur à la lecture de disques optiques.

L'invention, qui se situe dans ce contexte, a pour but de proposer un micromanipulateur présentant un champ d'application plus étendu, et ouvre notamment la perspective de pouvoir être commandé par des tensions de polarisation relativement basses et / ou plus efficaces.

A cette fin, le micromanipulateur de l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce qu'il remplit en outre au moins la condition que

les lames piézoélectriques sont en nombre pair supérieur à deux et / ou la condition que la surface de potentiel électrique de référence comprend deux électrodes de référence symétriques l'une de l'autre
5 par rapport au second plan médian.

En augmentant le nombre de lames piézoélectriques, et notamment en prévoyant que les lames piézoélectriques soient en nombre supérieur à deux, ce micromanipulateur
10 peut en effet être commandé par des tensions de polarisation plus faibles.

Par ailleurs, en prévoyant que la surface de potentiel électrique de référence comprenne deux électrodes de référence symétriques l'une de l'autre par rapport au
15 second plan médian, ce micromanipulateur peut être commandé par des tensions de polarisation plus efficaces, c'est-à-dire susceptibles de provoquer des déplacements de plus grande amplitude.

20 Pour pouvoir aisément augmenter le nombre de lames piézoélectriques, il peut être utile de prévoir que les lames d'au moins une paire de lames adjacentes de l'empilement présentent des polarisations alignées sur
25 le troisième axe et de sens inverses.

Le micromanipulateur de l'invention est particulièrement avantageux dans le cas où il comprend au moins un second doigt de même constitution que le
30 premier doigt et coopérant au moins avec ce premier doigt pour former une pince.

Dans ce cas, il est préférable de faire en sorte que le premier plan médian du second doigt soit confondu avec

le premier plan médian du premier doigt, que les premier et second doigts soient réalisés dans un même substrat conformé en fourche dont une base s'étend à partir des extrémités liées de ces premier et second
5 doigts, et que chaque lame constitutive du premier doigt soit également constitutive de la base du substrat et du second doigt.

Bien que les extrémités libres respectives des premier
10 et second doigts puissent être symétriques l'une de l'autre, elles peuvent aussi avoir des formes différentes.

La finesse de manipulation ou de préhension offerte par
15 le micromanipulateur peut être optimisée en prévoyant que ce dernier comprenne en outre au moins un premier organe de manipulation rapporté sur l'extrémité libre du premier doigt.

20 Par ailleurs, ce premier organe de manipulation peut être monté de façon amovible, par exemple dans une mâchoire formée à l'extrémité libre du premier doigt, un même micromanipulateur pouvant ainsi être équipé de divers organes de manipulation spécifiquement adaptés à
25 différentes applications.

De façon similaire, le micromanipulateur de l'invention peut comprendre un second organe de manipulation rapporté sur l'extrémité libre du second doigt et
30 coopérant avec le premier organe de manipulation pour former ladite pince.

L'invention concerne également un procédé de mise en œuvre du micromanipulateur défini ci-dessus, ce procédé

étant caractérisé en ce qu'il comprend une opération consistant à raccorder sélectivement les électrodes de polarisation et la surface de potentiel de référence à une première configuration ou à une seconde configuration combinables de potentiels électriques induisant respectivement dans les lames des première et seconde configurations combinables de champs électriques auxquelles correspondent respectivement des première et seconde configurations combinables de variations dimensionnelles des lames, les variations dimensionnelles de la première configuration de variations dimensionnelles étant antisymétriques par rapport au second plan médian, et les variations dimensionnelles de la seconde configuration de variations dimensionnelles étant antisymétriques par rapport au premier plan médian.

Dans le cas d'un micromanipulateur dont la surface de potentiel électrique de référence comprend deux électrodes de référence, ce procédé peut aussi avantageusement comprendre une opération consistant à porter sélectivement les électrodes de référence à des potentiels électriques de référence respectifs différents.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un micromanipulateur à deux doigts conforme à l'invention ;

- les figures 2a à 2c sont des vues schématiques en coupe d'une structure élémentaire utilisable dans le premier doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention, cette structure étant représentée en traits pleins dans sa position de repos et en pointillés dans une position défléchie par application sur ses électrodes de diverses configurations de potentiels électriques et étant observée en coupe depuis l'extrémité liée du premier doigt et en direction de son extrémité libre ;

- la figure 3 est une vue schématique en coupe d'une structure élémentaire utilisable dans le deuxième doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention, cette structure étant représentée dans une première variante de réalisation possible, et étant observée en coupe depuis l'extrémité libre du deuxième doigt et en direction de son extrémité liée ;

- la figure 4 est une vue schématique en coupe d'une structure élémentaire utilisable dans le deuxième doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention, cette structure étant représentée dans une deuxième variante de réalisation possible, et étant observée en coupe depuis l'extrémité libre du deuxième doigt et en direction de son extrémité liée ;

- la figure 5 est une vue schématique en coupe d'une structure élémentaire utilisable dans le deuxième doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention, cette structure étant représentée dans une troisième variante de réalisation possible, et étant observée en coupe

depuis l'extrémité libre du deuxième doigt et en direction de son extrémité liée ;

5 - la figure 6 est une vue schématique en perspective d'un deuxième doigt tel qu'illustré aux figures 3 à 5 ;

10 - la figure 7 est une vue schématique en coupe du deuxième doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention, ce deuxième doigt étant représenté dans une quatrième variante de réalisation possible, et étant observé en coupe depuis son extrémité libre et en direction de son extrémité liée ;

15 - la figure 8 est une vue schématique en coupe du deuxième doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention, ce deuxième doigt étant représenté dans une cinquième variante de réalisation possible, et étant observé en coupe depuis son extrémité libre et en direction de son extrémité liée ;

20 - la figure 9 est une vue schématique en perspective d'un deuxième doigt tel qu'illustré aux figures 7 et 8 ;

25 - les figures 10a à 10c sont des vues schématiques partielles en perspective du premier doigt d'un micromanipulateur conforme à l'invention et d'un organe de manipulation, ces vues représentant différentes phases successives permettant d'équiper ce premier doigt de cet organe de manipulation ; et

30 - les figures 11a à 11c sont des vues schématiques partielles en perspective d'un micromanipulateur conforme à l'invention, ces vues représentant

différentes variantes de réalisation des extrémités libres des doigts.

Comme indiqué précédemment, l'invention concerne un
5 micromanipulateur utilisable en tant que composant de microrobotique, ce micromanipulateur étant doté d'une structure qui lui permet d'être réalisé par application immédiate de techniques bien connues de l'homme de
métier.

10

Bien que ce micromanipulateur puisse se réduire à un simple doigt, il sera décrit ci-après dans une version plus complète telle qu'illustrée à la figure 1.

15 Un tel micromanipulateur est formé à partir d'un substrat piézoélectrique 1 conformé en fourche et portant des électrodes 2, ce micromanipulateur comprenant une base 10, et deux doigts 11 et 12 sensiblement parallèles l'un à l'autre à la manière des bras d'une pince.

20

Chaque doigt 11 et 12 présente une forme allongée et s'étend, suivant un premier axe X, entre une extrémité liée, telle que 111 et 121, par laquelle ce doigt est relié à la base 10, et une extrémité libre, telle que
25 110 et 120.

Chaque doigt s'étend par ailleurs en largeur, c'est-à-dire dans le plan contenant les deux doigts 11 et 12, suivant un second axe Y, et en hauteur suivant un
30 troisième axe Z, les axes X, Y, et Z étant mutuellement orthogonaux.

Les doigts 11 et 12 sont, dans l'invention, formés à partir de lames piézoélectriques 30 dont chacune

participe à la constitution des doigts 11 et 12, et de la base 10, les électrodes 2 prenant naissance dans la base 10 et courant le long des doigts 11 et 12.

- 5 Les électrodes 2 comprennent au moins une surface 20 de potentiel électrique de référence et des électrodes de polarisation telles que 211, 212, 221, et 222 organisées en paires telles que 21 et 22.
- 10 La surface 20 de potentiel électrique de référence est séparée de chaque électrode de polarisation telle que 211, 212, 221, ou 222 par au moins une couche de substrat piézoélectrique 1.
- 15 Pour chaque doigt, les paires 21 et 22 que forment les électrodes de polarisation sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un premier plan médian M1 de ce doigt, ce plan M1 étant parallèle aux premier et second axes X et Y.

20

- Par ailleurs, chaque paire d'électrodes, telle que la paire 21 ou la paire 22, est formée d'électrodes, telles que 211 et 212 ou 221 et 222, qui sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un second
- 25 plan médian M2 de ce doigt, ce second plan médian M2 étant parallèle aux premier et troisième axes X et Z.

- Dans certaines variantes de réalisation, telles que celle qu'illustre la figure 8, les électrodes de
- 30 polarisation d'une même paire peuvent éventuellement être réunies en une seule, comme c'est le cas d'une paire 21 dont les électrodes 211 et 212 sont réunies en une électrode 210, et d'une paire 22 dont les

électrodes 221 et 222 sont réunies en une électrode 220.

Dans la structure proposée par l'invention, la surface
5 20 de potentiel électrique de référence s'étend dans le premier plan médian M1, qui est commun aux doigts 11 et 12.

Chacun de ces doigts 11 et 12 comprend un empilement
10 formé par superposition alternée, suivant le troisième axe Z et de part et d'autre de la surface 20 de potentiel de référence, des lames piézoélectriques, telles que 30, 30a, 30b, et des électrodes 2, en liaison mécanique et électrique mutuelle.

15 Les lames piézoélectriques 30a, 30b considérées dans un empilement sont plus précisément empilées en nombre pair suivant leur épaisseur, et présentent des polarisations respectives telles que Pa et Pb alignées
20 sur le troisième axe Z.

Par ailleurs, les lames piézoélectriques forment des paires 3 de lames 30a et 30b qui, dans l'empilement, sont mutuellement adjacentes, et dont chacune est dotée
25 sur sa face externe d'au moins une paire d'électrodes de polarisation.

Une première paire 21 d'électrodes de polarisation est ainsi déposée sur la face externe 301 de la lame 30a de
30 la paire 3, tandis qu'une seconde paire 22 d'électrodes de polarisation est déposée sur la face externe 302 de la lame 30b de cette même paire 3, les électrodes déposées entre ces lames 30a et 30b pouvant en revanche être éventuellement réunies en une seule électrode de

polarisation telle que 210 ou 220 (figure 8), ou constituer la surface 20 de potentiel de référence.

Pour faire fonctionner le micromanipulateur, l'ensemble
5 des électrodes, c'est-à-dire les électrodes de polarisation telles que 211, 212, 221, 222, 210 et 220, ainsi que la surface 20 de potentiel de référence sont raccordées à une ou deux configurations de potentiels électriques qui peuvent être combinées l'une avec
10 l'autre.

La première configuration utilisable de potentiels électriques, illustrée à la figure 2a pour une structure à deux lames 30a et 30b dont les
15 polarisations P_a et P_b sont alignées sur l'axe Z et de même sens, est constituée par les potentiels V_y , $-V_y$, $-V_y$, V_y , et 0 respectivement appliqués sur les électrodes 211, 212, 221, 222, et sur la surface de référence 20.

20 Cette première configuration de potentiels électriques induit dans les lames 30a et 30b une configuration de champs électriques à laquelle correspond une configuration $+\delta x_1$, $-\delta x_1$ de variations dimensionnelles
25 de ces lames.

Plus précisément, les lames 30a et 30b subissent suivant l'axe X une variation de longueur d'amplitude moyenne égale à $+\delta x_1$ d'un premier côté du second plan
30 médian M_2 , et une variation de longueur d'amplitude moyenne égale à $-\delta x_1$ de l'autre côté de ce plan médian M_2 .

Ces variations dimensionnelles, qui sont ainsi antisymétriques par rapport au second plan médian M2, provoquent une déflexion de l'extrémité libre 110 du doigt 11 d'amplitude δy suivant l'axe Y.

5

La seconde configuration utilisable de potentiels électriques, illustrée à la figure 2b pour la structure à deux lames 30a et 30b, est constituée par les potentiels V_z , V_z , V_z , V_z , et 0 respectivement
10 appliqués sur les électrodes 211, 212, 221, 222, et sur la surface de référence 20.

Cette seconde configuration de potentiels électriques induit dans les lames 30a et 30b une configuration de
15 champs électriques à laquelle correspond une configuration $+\delta x_2$, $-\delta x_2$ de variations dimensionnelles de ces lames.

Plus précisément, les lames 30a et 30b subissent
20 suivant l'axe X une variation de longueur d'amplitude moyenne égale à $+\delta x_2$ d'un premier côté du premier plan médian M1, et une variation de longueur d'amplitude moyenne égale à $-\delta x_2$ de l'autre côté de ce plan médian M1.

25

Ces variations dimensionnelles, qui sont ainsi antisymétriques par rapport au premier plan médian M1, provoquent une déflexion de l'extrémité libre 110 du doigt 11 d'amplitude δz suivant l'axe Z.

30

Dans la mesure où les première et seconde configurations de potentiels produisent des déflexions respectives de l'extrémité libre 110 du doigt 11 suivant deux axes mutuellement orthogonaux, ces

configurations sont totalement indépendantes l'une de l'autre.

Comme le montre la figure 2c, les première et seconde
5 configurations de potentiels électriques peuvent donc être combinées l'une avec l'autre pour combiner leurs effets, les potentiels $V_z + V_y$, $V_z - V_y$, $V_z - V_y$, $V_z + V_y$, et 0 étant alors respectivement appliqués sur les électrodes 211, 212, 221, 222, et sur la surface de
10 référence 20.

Cette combinaison de configurations de potentiels provoque ainsi une déflexion de l'extrémité libre 110 du doigt 11 d'amplitude δy suivant l'axe Y et
15 d'amplitude δz suivant l'axe Z.

Le doigt 11 peut donc se rapprocher ou s'éloigner du doigt 12 suivant chacun des axes Y et Z.

20 Dans la mesure où il est également possible d'imprimer à l'extrémité libre 120 du second doigt 12 des déflexions suivant les axes Y et Z, et notamment des déflexions simultanées à celles de l'extrémité libre 110 du premier doigt 11, symétriques ou non de celles-
25 ci, les doigts 11 et 12 peuvent non seulement agir à la manière des bras d'une pince, mais ils peuvent même effectuer des mouvements beaucoup plus complexes.

La structure conférée au micromanipulateur de
30 l'invention permet de le doter d'un nombre de lames piézoélectriques supérieur à deux, comme le montrent notamment les figures 7 et 8.

L'augmentation du nombre de lames piézoélectriques est particulièrement avantageux dans la mesure où l'augmentation de ce nombre permet, pour une même amplitude de déflexion de l'extrémité libre du doigt
5 considéré, d'abaisser la tension de polarisation.

Ainsi, les extrémités libres de deux doigts de mêmes dimensions, respectivement dotés des structures illustrées aux figures 4 et 8, subissent des déflexions
10 de même amplitude dans le cas où $V_{yo} = 2 \cdot V_y / 6$, et où $V_{zo} = 2 \cdot V_z / 6$.

Plus généralement, les extrémités libres de deux doigts de mêmes dimensions, respectivement dotés de la
15 structure illustrée à la figure 4 et d'une structure à n couche, subissent des déflexions de même amplitude dans le cas où $V_{yo} = 2 \cdot V_y / n$, et où $V_{zo} = 2 \cdot V_z / n$.

Ainsi, l'augmentation du nombre n peut conduire à
20 n'utiliser que des basses tensions en tant que tensions de polarisation.

Diverses combinaisons de configurations de potentiels sont illustrées aux figures 3 à 5, 7 et 8, ces
25 configurations étant liées au sens de polarisation des différentes lames et à la structure de la surface 20 de potentiel de référence.

Comme le montre une comparaison des figures 3 et 4, les
30 lames 30a et 30b qui forment ensemble une paire 3 de lames adjacentes de l'empilement, et dont les polarisations P_a et P_b sont de préférence strictement alignées sur le troisième axe Z , peuvent en revanche être de même sens ou de sens inverses.

Par ailleurs, une comparaison des figures 4 et 5 ou des figures 7 et 8 montre que la surface 20 de potentiel de référence peut constituer une seule et même électrode de référence, reliée à un potentiel électrique nul, ou qu'elle peut comprendre deux électrodes de référence 201 et 202, symétriques l'une de l'autre par rapport au second plan médian M2, et respectivement portées à des potentiels électriques de référence sélectivement différents tels que V_y et $-V_y$.

Bien que très similaires en apparence, les structures des figures 4 et 5 n'en sont pas moins très différentes au plan fonctionnel, la structure de la figure 5 étant deux fois plus efficace que celle de la figure 4 pour les déplacements suivant l'axe Y.

Autrement dit, alors qu'elle utilise les mêmes potentiels, $-V_y$ et $+V_y$, que ceux qu'utilise la structure de la figure 4, la structure de la figure 5 produit suivant l'axe Y un déplacement double de celui que produit la structure de la figure 4.

D'autres configurations de potentiels, bien qu'éventuellement moins efficaces, peuvent être trouvées par l'homme de métier sur la base des indications ci-dessus et de ses connaissances générales de la piézoélectricité.

Comme le montrent les figures 10a à 10c, le micromanipulateur de l'invention peut être équipé d'un ou plusieurs organes de manipulation, tels que 41, dont chacun est rapporté sur l'extrémité libre 110 ou 120 du doigt 11 ou du doigt 12.

Dans le cas où les doigts 11 et 12 sont équipés d'organes respectifs de manipulation 41, ces organes peuvent coopérer pour former une pince.

- 5 Chaque organe de manipulation 41 peut être soit collé ou soudé à l'extrémité libre du doigt qu'il équipe, soit être monté de façon amovible sur ce doigt.

Par exemple, comme l'illustrent les figures 10a à 10c,
10 l'extrémité libre 110 du doigt 11 à équiper peut présenter une mâchoire 112 qui peut être ouverte à l'encontre d'une force élastique de rappel, et dans laquelle l'organe de manipulation 41 peut être rendu prisonnier.

- 15 Néanmoins, il est également possible de laisser aux extrémités libres 110 et 120 des doigts 11 et 12 le soin d'assurer directement la fonction de préhension, ces extrémités 110 et 120 pouvant alors adopter des formes différentes comme le montrent les figures 11a à
20 11c.

REVENDICATIONS.

1. Micromanipulateur utilisable en tant que composant de microrobotique, comprenant au moins un premier doigt
5 (11) allongé réalisé au moins partiellement en un matériau piézoélectrique, et des électrodes (2) intégrées à ce premier doigt, ce premier doigt (11) présentant une extrémité liée (111) et une extrémité libre (110) distantes l'une de l'autre suivant un
10 premier axe (X), et s'étendant latéralement suivant des deuxième et troisième axes (Y, Z) mutuellement orthogonaux et perpendiculaires au premier (X), et les électrodes (2) comprenant au moins deux paires (21, 22) d'électrodes de polarisation (211, 212, 221, 222) et
15 une surface (20) de potentiel électrique de référence, séparée de chaque électrode de polarisation (211, 212, 221, 222) par une couche de matériau piézoélectrique appartenant au premier doigt, les paires (21, 22) d'électrodes de polarisation étant symétriques l'une de
20 l'autre par rapport à un premier plan médian (M1) du premier doigt, parallèle aux premier et second axes (X, Y), chaque paire (21; 22) d'électrodes étant formée d'électrodes (211, 212; 221, 222) symétriques l'une de l'autre par rapport à un second plan médian (M2) du
25 premier doigt, parallèle aux premier et troisième axes (X, Z), la surface (20) de potentiel électrique de référence s'étendant dans le premier plan médian (M1) du premier doigt (11), ce premier doigt (11) comprenant un empilement formé par superposition alternée, suivant
30 le troisième axe (Z) et de part et d'autre de la surface (20) de potentiel de référence, de lames piézoélectriques (30, 30a, 30b) et desdites électrodes (2) en liaison mécanique et électrique mutuelle, les lames piézoélectriques (30, 30a, 30b) étant empilées

suivant leur épaisseur et présentant des polarisations respectives (P_a , P_b) au moins sensiblement alignées sur le troisième axe (Z), et chaque lame piézoélectrique (30, 30a, 30b) appartenant à une paire (3) de lames adjacentes de l'empilement, formée de première et seconde lames (30a, 30b) respectivement dotées de première et seconde faces (301, 302) mutuellement distantes sur lesquelles sont respectivement déposées des première et seconde paires (21, 22) d'électrodes de polarisation, caractérisé en ce qu'il remplit en outre au moins la condition que les lames piézoélectriques (30) sont en nombre pair supérieur à deux et / ou la condition que la surface (20) de potentiel électrique de référence comprend deux électrodes de référence (201, 202) symétriques l'une de l'autre par rapport au second plan médian (M_2).

2. Micromanipulateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les lames (30a, 30b) d'au moins une paire (3) de lames adjacentes de l'empilement présentent des polarisations (P_a , P_b) alignées sur le troisième axe (Z) et de sens inverses.

3. Micromanipulateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un second doigt (12) de même constitution que le premier doigt (11) et coopérant au moins avec ce premier doigt (11) pour former une pince.

4. Micromanipulateur suivant la revendication 3, caractérisé en ce que le premier plan médian (M_1) du second doigt (12) est confondu avec le premier plan médian (M_1) du premier doigt (11), en ce que les premier et second doigts (11, 12) sont réalisés dans un

même substrat (1) conformé en fourche dont une base (10) s'étend à partir des extrémités liées (111, 121) de ces premier et second doigts (11, 12), et en ce que chaque lame (30) constitutive du premier doigt (11) est également constitutive de la base (10) du substrat et du second doigt (12).

5. Micromanipulateur suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les extrémités libres respectives (110, 120) des premier et second doigts (11, 12) ont des formes différentes.

6. Micromanipulateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un premier organe de manipulation (41) rapporté sur l'extrémité libre (110) du premier doigt (11).

7. Micromanipulateur suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le premier organe de manipulation (41) est monté de façon amovible dans une mâchoire (112) formée à l'extrémité libre (110) du premier doigt (11).

8. Micromanipulateur suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4 combinée à la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un second organe de manipulation rapporté sur l'extrémité libre (120) du second doigt (12) et coopérant avec le premier organe de manipulation (41) pour former ladite pince.

9. Procédé de mise en œuvre d'un micromanipulateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une

opération consistant à raccorder sélectivement les électrodes de polarisation (211, 212, 221, 222, 210, 220) et la surface (20) de potentiel de référence à une première configuration $(V_y, -V_y; -V_y, V_y; 0)$ ou à une
5 seconde configuration $(V_z, V_z; V_z, V_z; 0)$ combinables de potentiels électriques $(V_y, V_z, 0)$ induisant respectivement dans les lames des première et seconde configurations combinables de champs électriques auxquelles correspondent respectivement des première et
10 seconde configurations $(+\delta x_1, -\delta x_1; +\delta x_2, -\delta x_2)$ combinables de variations dimensionnelles des lames, les variations dimensionnelles $(+\delta x_1, -\delta x_1)$ de la première configuration $(+\delta x_1, -\delta x_1)$ de variations dimensionnelles étant antisymétriques par rapport au
15 second plan médian (M2), et les variations dimensionnelles $(+\delta x_2, -\delta x_2)$ de la seconde configuration $(+\delta x_2, -\delta x_2)$ de variations dimensionnelles étant antisymétriques par rapport au premier plan médian (M1).

20

10. Procédé de mise en œuvre suivant la revendication 9 d'un micromanipulateur dont la surface de potentiel électrique de référence comprend deux électrodes de référence, caractérisé en ce qu'il comprend une
25 opération consistant à porter sélectivement les électrodes de référence à des potentiels électriques de référence respectifs différents $(V_y, -V_y)$.

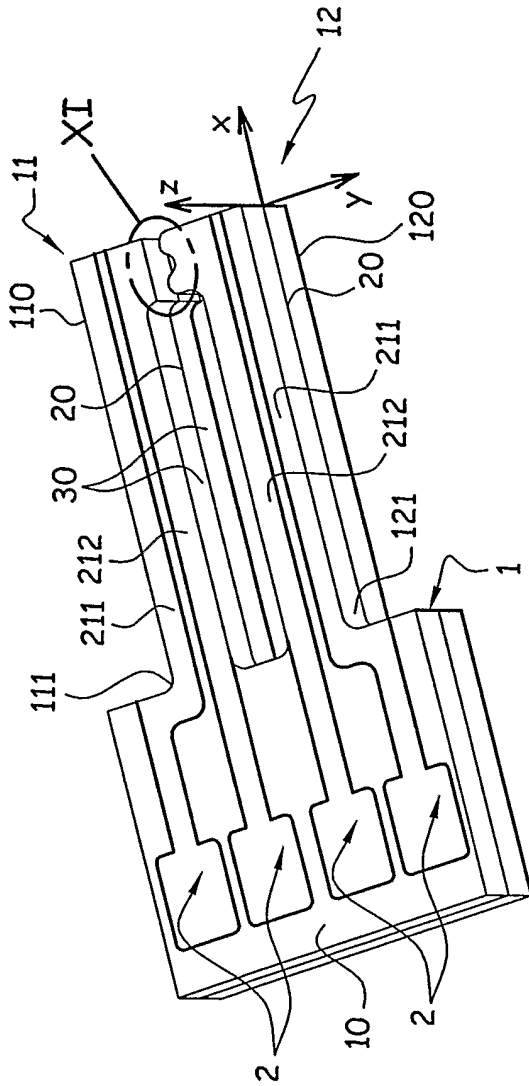


Fig. 1

1/4

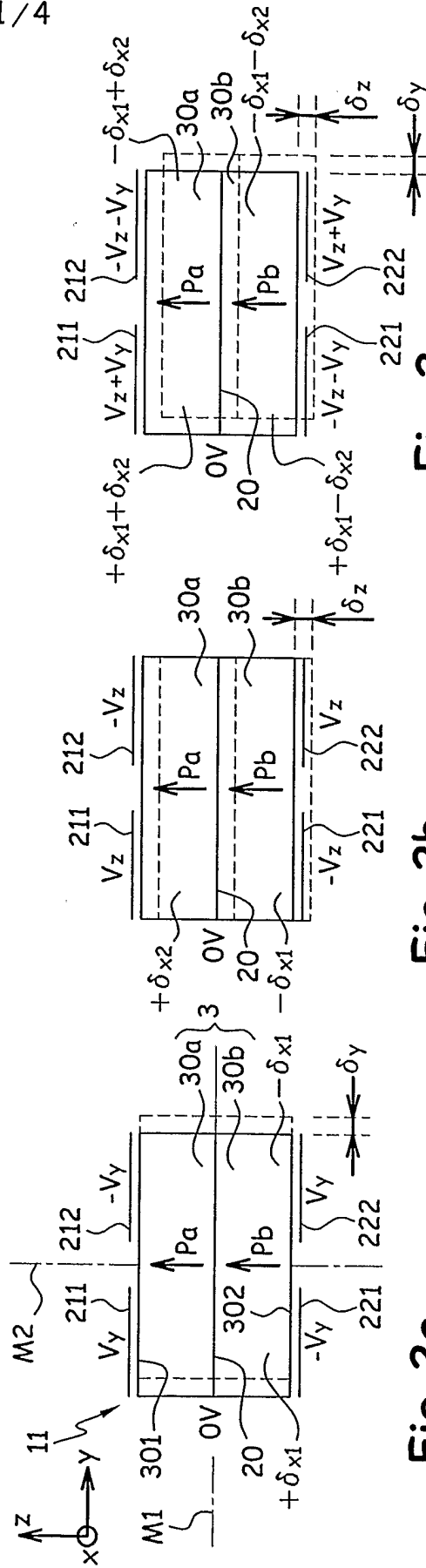


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

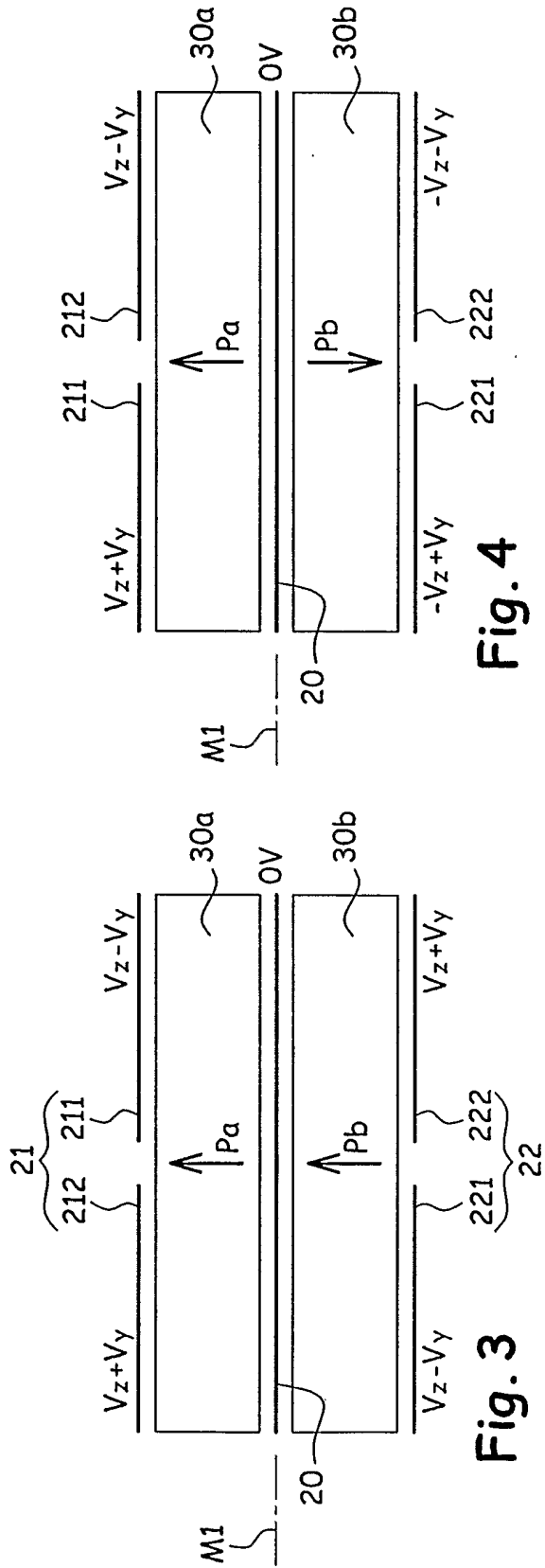


Fig. 4

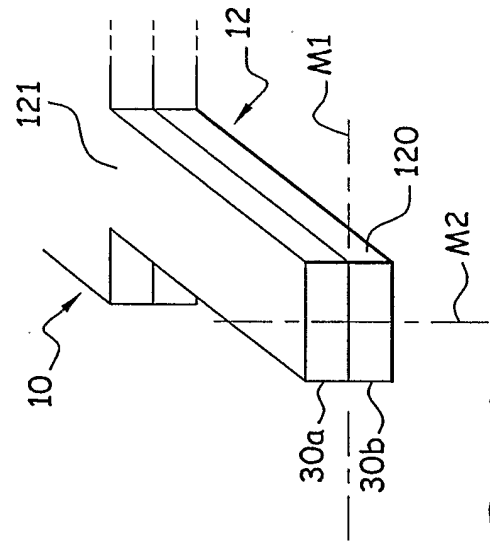


Fig. 6

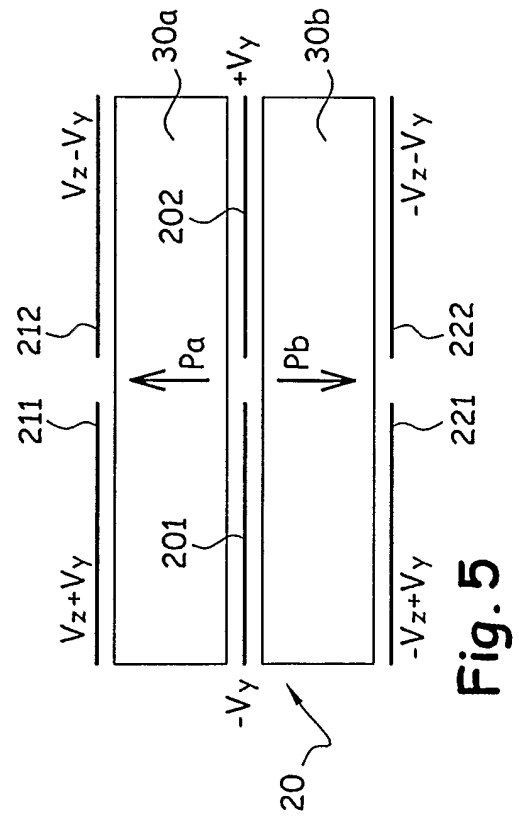
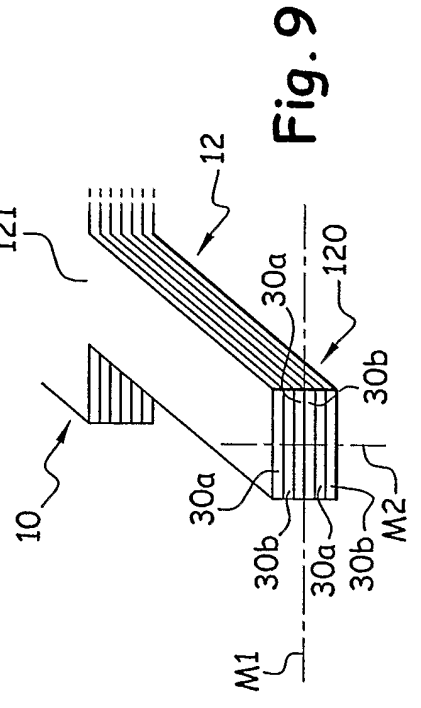
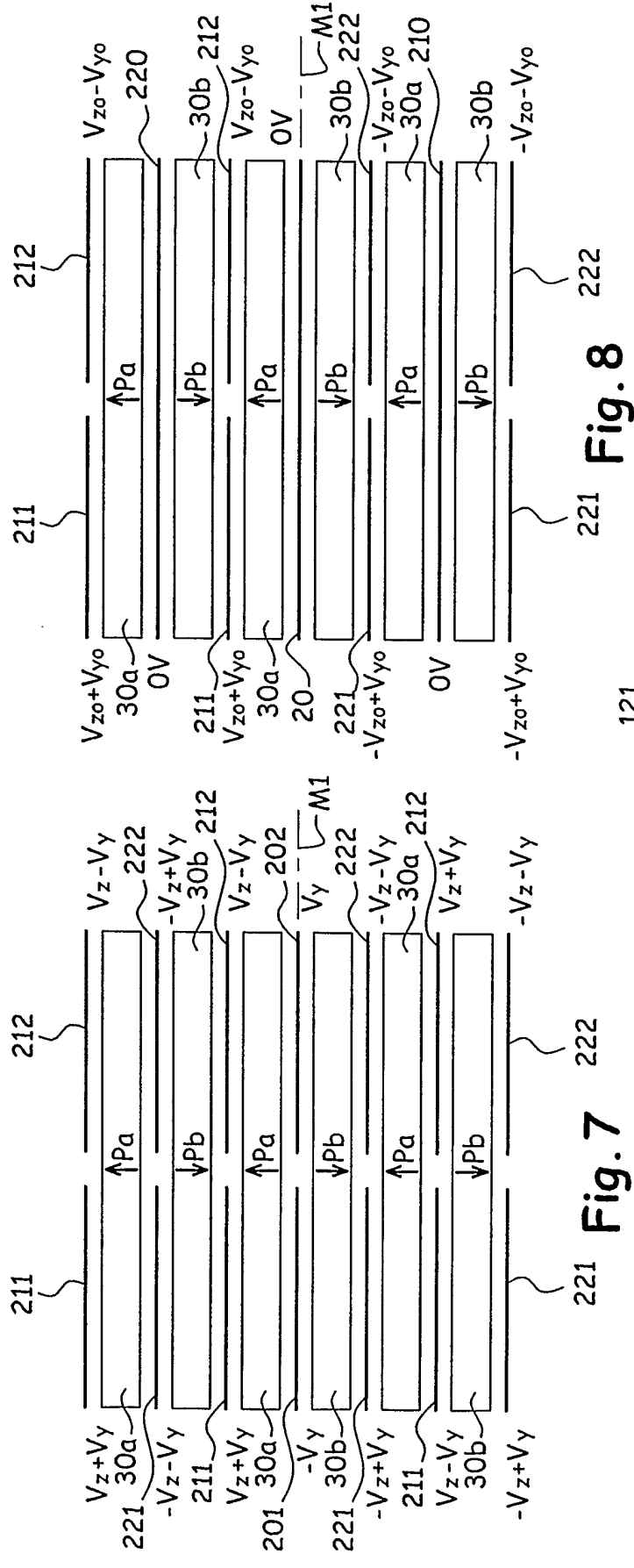


Fig. 5



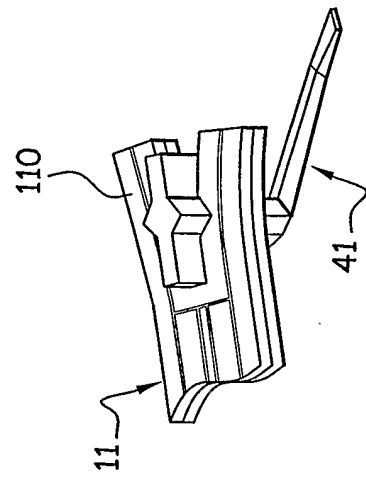


Fig. 10c

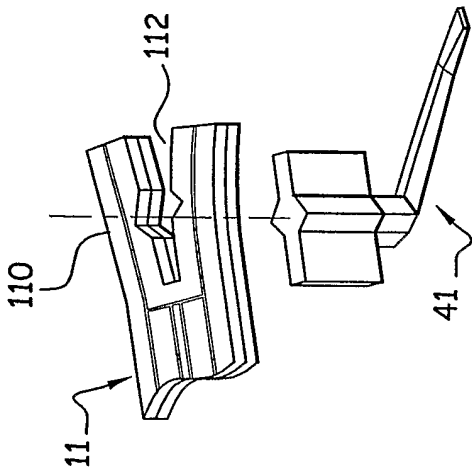


Fig. 10b

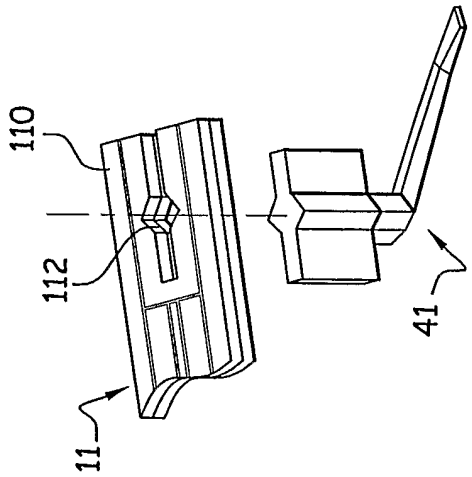


Fig. 10a

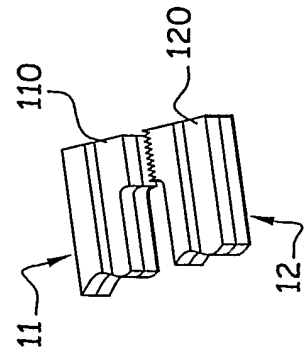


Fig. 11c

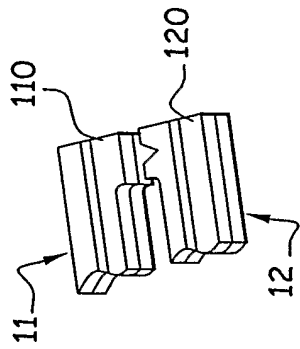


Fig. 11b

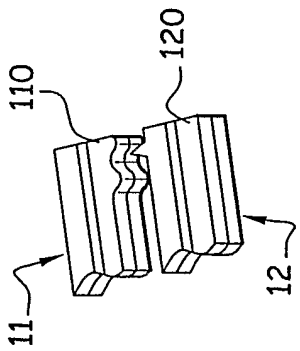


Fig. 11a