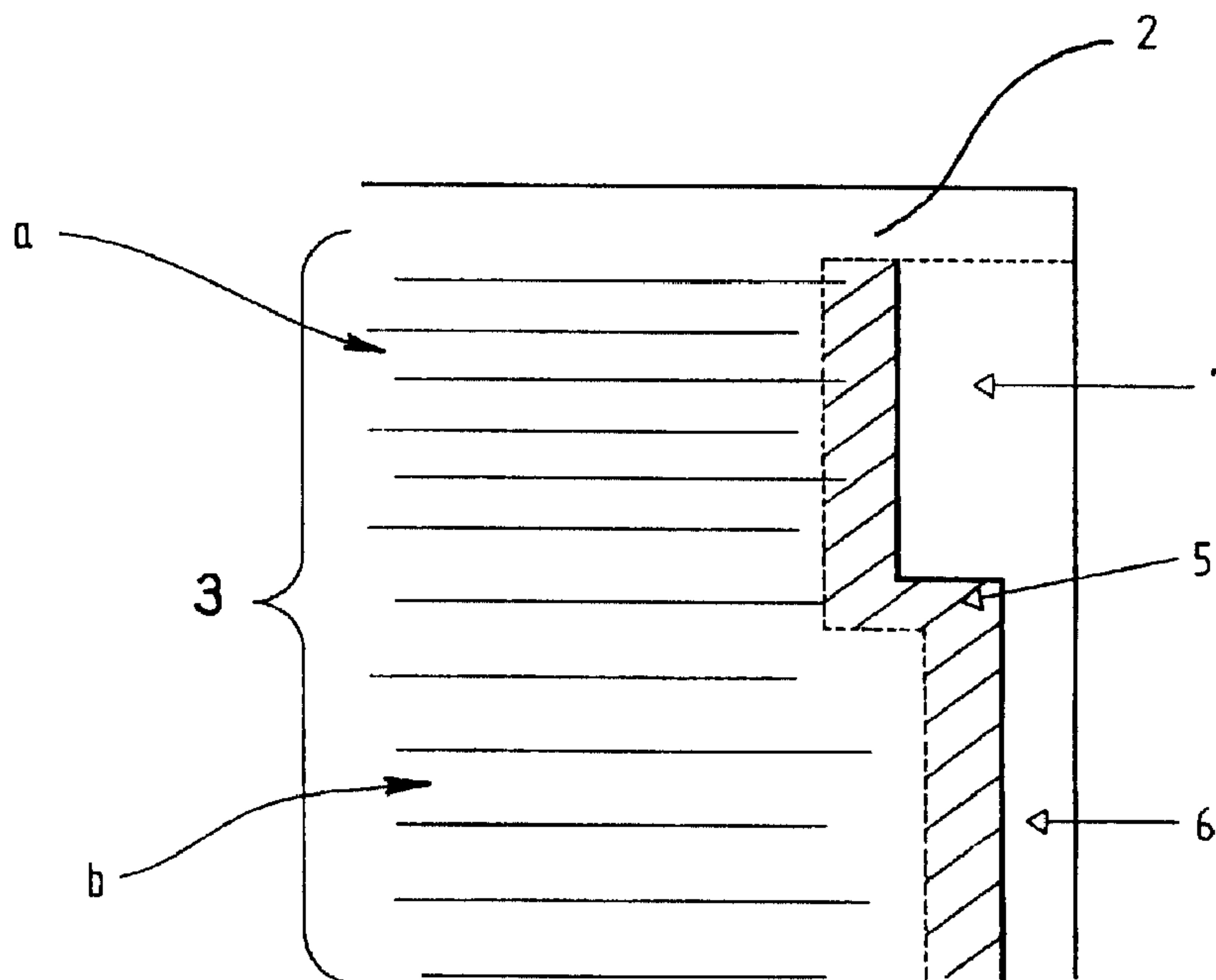




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2000/10/20
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2001/04/26
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2001/06/20
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 00/02925
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: WO 01/29443
 (30) Priorité/Priority: 1999/10/21 (99/13130) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ F16D 65/14
 (71) Demandeur/Applicant:
SAGEM S.A., FR
 (72) Inventeur/Inventor:
AUDREN, JEAN-THIERRY, FR
 (74) Agent: SWABEY OGILVY RENAULT

(54) Titre : ACTIONNEUR AVEC UN PISTON A COMMANDE PIEZO ELECTRIQUE
 (54) Title: ACTUATOR WITH PIEZOELECTRIC CONTROLLED PISTON



(57) Abrégé/Abstract:

Actionneur comportant une chemise de coulissement (1) et un piston (2) apte à se déplacer axialement dans ladite chemise, ledit piston comportant une pluralité de tronçons successifs en matériau multicouches piezo électrique, des moyens de commande étant aptes à appliquer sur lesdits tronçons de tensions de commande pour dilater des tronçons de façon à ce qu'ils se bloquent par rapport à la chemise de coulissement et allonger d'autres tronçons à l'intérieur de ladite chemise, ces dilatations et allongements étant commandés par lesdits moyens de commande selon des séquences déplaçant le piston dans ladite chemise, caractérisé en ce que les moyens de commande sont aptes à appliquer à chacun des tronçons une tension qui raccourcit ledit tronçon et le bloque dans la chemise de coulissement et une tension inverse qui libère ledit tronçon par rapport à ladite chemise et qui l'allonge dans celle-ci, l'une et l'autre de ces deux tensions étant successivement appliquées audit tronçon lors d'une séquence de déplacement du piston, chaque tronçon étant ainsi utilisé en blocage et en allongement lors d'une telle séquence.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
26 avril 2001 (26.04.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/29443 A1(51) Classification internationale des brevets⁷: F16D 65/14Jean-Thierry [FR/FR]; 5, rue des Ecoles, F-78470
Saint-Rémy-lès-Chevreuse (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/02925

(74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17
(FR).

(22) Date de dépôt international:

20 octobre 2000 (20.10.2000)

(25) Langue de dépôt:

français

(81) États désignés (national): CA, JP, KR, US.

(26) Langue de publication:

français

(84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE).

(30) Données relatives à la priorité:

99/13130 21 octobre 1999 (21.10.1999) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US): SAGEM
S.A. [FR/FR]; 6, avenue d'Iéna, F-75116 Paris (FR).

Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

— Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont
reçues.

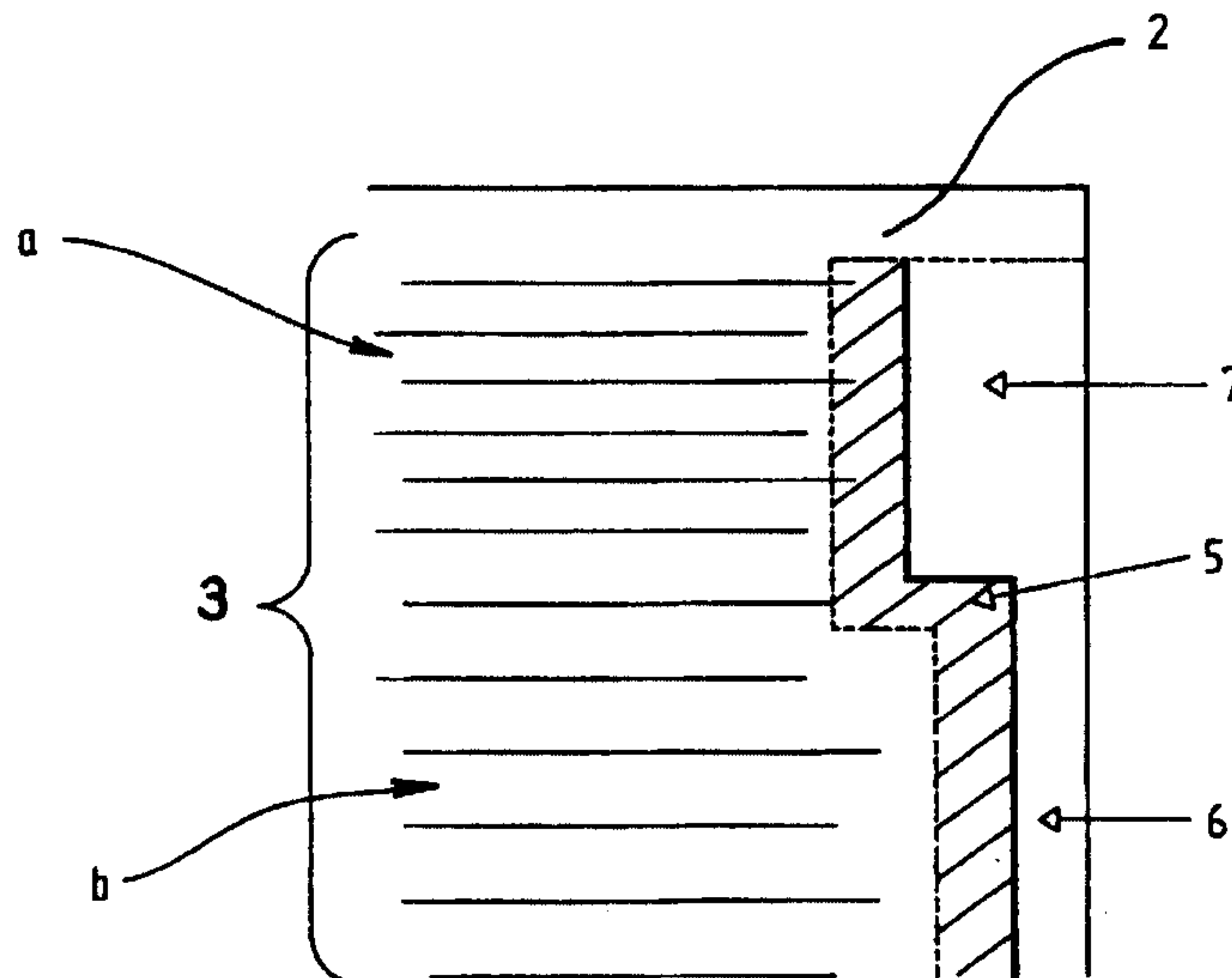
(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement): AUDREN,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ACTUATOR WITH PIEZOELECTRIC CONTROLLED PISTON

(54) Titre: ACTIONNEUR AVEC UN PISTON A COMMANDE PIEZO ELECTRIQUE



(57) Abstract: The invention concerns an actuator comprising a sliding sleeve (1) and a piston (2) axially mobile in said sleeve, said piston comprising a plurality of piezoelectric sections made of multilayer material, control means for applying on said sections control voltages for expanding said sections so that they are locked relative to the sliding sleeve and extend other sections inside said sleeve, said expansions and extensions being controlled by said control means according to the sequences moving the piston in said sleeve. The invention is characterised in that the control means are capable of applying to each of the sections a voltage which shortens said section and locks it in the sliding sleeve and an inverse voltage which releases said section relative to said sleeve and extends it therein, one and the other of said voltages being applied successively to said section during a sequence displacing the piston, each section being thus used both for locking and extending during such a sequence.

[Suite sur la page suivante]

WO 01/29443 A1

WO 01/29443 A1

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: Actionneur comportant une chemise de coulissement (1) et un piston (2) apte à se déplacer axialement dans ladite chemise, ledit piston comportant une pluralité de tronçons successifs en matériau multicouches piezo électriques, des moyens de commande étant aptes à appliquer sur lesdits tronçons de tensions de commande pour dilater des tronçons de façon à ce qu'ils se bloquent par rapport à la chemise de coulissement et allonger d'autres tronçons à l'intérieur de ladite chemise, ces dilatations et allongements étant commandés par lesdits moyens de commande selon des séquences déplaçant le piston dans ladite chemise, caractérisé en ce que les moyens de commande sont aptes à appliquer à chacun des tronçons une tension qui raccourcit ledit tronçon et le bloque dans la chemise de coulissement et une tension inverse qui libère ledit tronçon par rapport à ladite chemise et qui l'allonge dans celle-ci, l'une et l'autre de ces deux tensions étant successivement appliquées audit tronçon lors d'une séquence de déplacement du piston, chaque tronçon étant ainsi utilisé en blocage et en allongement lors d'une telle séquence.

ACTIONNEUR AVEC UN PISTON A COMMANDE PIEZO ELECTRIQUE

La présente invention est relative à un actionneur à piston actif.

Elle trouve en particulier avantageusement application pour les
5 actionneurs de frein, notamment dans le domaine de l'aéronautique.

Généralement, les actionneurs de frein connus à ce jour sont des actionneurs de type hydraulique qui permettent des efforts très importants, tout en présentant une bonne capacité de rattrapage du jeu lié à l'usure, aux changements de température, etc...

10 Ces actionneurs présentent toutefois des inconvénients liés à l'utilisation d'un fluide hydraulique : risques de fuites, nécessité d'un générateur de pression, etc...

Un but de l'invention est de proposer un actionneur qui ne présente pas les inconvénients des actionneurs hydrauliques.

15 Il a déjà été proposé des actionneurs comportant un piston constitué de plusieurs tronçons magnéto-strictifs successifs, aptes à être commandés indépendamment les uns des autres.

On pourra à cet égard se référer aux différents brevets suivants : US 5.281.875, US 5.317.223, US 5.039.894.

20 De tels actionneurs nécessitent de prévoir autour du piston des moyens de génération de champ magnétique qui sont complexes et particulièrement encombrants.

Notamment, à volume d'encombrement identique, ils ne permettent pas d'engendrer les mêmes efforts qu'un actionneur hydraulique.

25 On connaît déjà par ailleurs des actionneurs piezo-électriques qui comportent une chemise de coulissement et un piston apte à se déplacer axialement dans ladite chemise, ledit piston comportant une pluralité de tronçons successifs en matériau multicouches piezo électrique, des moyens de commande étant aptes à appliquer sur lesdits tronçons des
30 tensions de commande pour dilater des tronçons de façon à ce qu'ils se bloquent par rapport à la chemise de coulissement et allonger d'autres tronçons à l'intérieur de ladite chemise, ces dilatations et allongements

étant commandés par lesdits moyens de commande selon des séquences déplaçant le piston dans ladite chemise.

De tels actionneurs ont notamment déjà été décrits dans FR 2 702 895 et dans l'abrégé du brevet japonais JP 60 148389. Ils sont
5 classiquement constitués par des tronçons destinés les uns à se dilater perpendiculairement au sens de déplacement du piston, les autres à se dilater selon la direction de déplacement, ces différents tronçons étant agencés selon des structures en H.

On comprend que de telles structures restent d'une réalisation très
10 onéreuse et compliquée.

L'invention propose quant à elle une structure d'actionneur piezo-électrique particulièrement simple.

Notamment, les moyens de commande de l'actionneur de l'invention sont aptes à appliquer à chacun des tronçons une tension qui raccourcit
15 ledit tronçon et le bloque dans la chemise de coulissement et une tension inverse qui libère ledit tronçon par rapport à ladite chemise et qui l'allonge dans celle-ci, l'une et l'autre de ces deux tensions étant successivement appliquées audit tronçon lors d'une séquence de déplacement du piston, chaque tronçon étant ainsi utilisé en blocage et en allongement lors d'une
20 telle séquence.

Une telle structure d'actionneur est capable d'engendrer des pressions très importantes (de 50 à 100 Mpa) du même ordre de grandeur que les plus fortes pressions régnant dans les circuits hydrauliques actuels. A diamètre équivalent, le piston piezo électrique est capable d'engendrer les
25 mêmes efforts qu'un piston hydraulique.

Un tel actionneur est avantageusement complété par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- un tronçon présente une pluralité d'électrodes qui s'étendent
30 transversalement par rapport à l'axe du piston, au moins une métallisation de commande électrique s'étendant sur au moins une partie de la hauteur du piston jusqu'à un renforcement dans lequel la métallisation est en contact avec une électrode sur deux du tronçon, les électrodes du tronçon

étant alternativement décalées par rapport audit renforcement, la métallisation étant, au niveau des tronçons qu'elle n'alimente pas, décalée par rapport au renforcement de façon à ne pas être en contact avec les électrodes de ces tronçons ;

- 5 - le piston comporte une enveloppe métallique dans laquelle les tronçons sont reçus, une métallisation de commande étant reçue dans une rainure qui s'étend dans la hauteur du piston ;
- la chemise de coulissement comporte un cylindre intérieur, un cylindre extérieur et un cylindre intermédiaire, le matériau du cylindre intermédiaire
- 10 présentant un coefficient de dilatation supérieur à ceux des cylindres intérieur et extérieur ;
- le cylindre intermédiaire présente des fentes qui s'étendent radialement de sa surface intérieure vers sa surface extérieure ;
- les moyens de commande comportent des moyens pour commander la
- 15 déformation des tronçons selon une séquence telle que dans un premier temps, le piston avance de façon à rattraper le jeu qui le sépare de la surface sur laquelle il doit venir en appui et dans un deuxième temps applique un effort sur ladite surface.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront

20 encore de la description qui suit qui est purement illustrative et non limitative et qui doit être lue sur les figures annexées sur lesquelles :

- les figures 1 et 2 sont des représentations schématiques d'un actionneur conforme à un mode de réalisation possible de l'invention et notamment de son piston ;
- 25 - les figures 3a à 3e sont des représentations schématiques illustrant le fonctionnement de l'actionneur dont le piston est représenté sur la figure 1 ;
- la figure 4 est une représentation schématique en coupe axiale illustrant la disposition des électrodes dans un piston d'un actionneur conforme à un mode de réalisation possible de l'invention ;
- 30 - la figure 5 est une représentation en coupe partielle d'un détail du piston de la figure 4 ;
- la figure 6 est une représentation schématique en élévation de l'actionneur de la figure 5 ;

- les figures 7a à 7c illustrent les connexions des différents groupes de céramiques ;
- la figure 8 est une représentation schématique en coupe de la chemise de coulissement d'un actionneur conforme à un mode de réalisation possible de l'invention.

L'actionneur illustré sur les figures 1 et 2 comporte une chemise de coulissement 1 qui est un cylindre et un piston 2 apte à coulisser axialement dans ledit cylindre 1.

Le piston 2 est constitué d'une pluralité de tronçons de céramique piezo électrique. En l'occurrence, pour l'exemple illustré sur les figures 1 et 2 et utilisé dans la description qui suit, ces tronçons sont au nombre de trois et sont référencés par "a", "b", "c". Bien entendu, un plus grand nombre de tronçons peut être envisagé.

Les différents tronçons sont pourvus d'électrodes qui permettent de les commander indépendamment les uns des autres. Sur la figure 2, Va, Vb et Vc représentent les tensions de commande de chacun des tronçons "a", "b", "c".

Ces tronçons "a", "b", "c" peuvent être en céramique multicouches ou en céramique massive. L'utilisation de céramique multicouche présente l'avantage de permettre de pouvoir utiliser des tensions de commande réduites.

Le principe de fonctionnement d'une telle structure est illustré sur les figures 3a à 3e.

Pour rattraper le jeu du mécanisme de freinage, on déplace le piston 2 dans le cylindre 1 en combinant l'allongement/raccourcissement du matériau et sa striction.

On suppose pour la description suivante que chaque tronçon s'allonge en s'amincissant lorsque la tension appliquée est +V et se raccourcit en grossissant lorsque la tension est -V. De plus on suppose qu'au repos le jeu entre le piston 2 et la chemise de coulissement 1 est très faible de sorte que dès qu'un tronçon grossit, il se trouve bloqué et que lorsqu'il s'allonge, il se trouve libre.

Sur la figure 3a, le piston 2 est représenté au repos.

Les deux flèches sur cette figure 3a et qui sont ensuite reprises sur les figures 3b à 3e, ont été représentées pour permettre de matérialiser la progression du piston 2.

Dans un premier temps (figure 3b), une tension $-V$ est appliquée sur le tronçon a, tandis qu'une tension $+V$ est appliquée sur les deux autres tronçons b et c.

Seul le tronçon a est alors bloqué par rapport au cylindre 1. Les deux autres tronçons sont quant à eux allongés.

Dans un deuxième temps (figure 3c), on inverse la tension sur le tronçon c, la tension sur les deux autres tronçons a et b étant quant à elle inchangée.

Le tronçon c est ainsi maintenu dans son état allongé et le tronçon c vient se bloquer dans une position où il est avancé par rapport à la position qu'il occupait initialement (figure 3a).

Dans une troisième étape (figure 3d), on inverse les tensions de commande des tronçons a et b, de sorte que le tronçon b vient se bloquer par rapport au cylindre 1 en étant également avancé par rapport à la position qu'il occupait initialement (figure 3a), tandis que le tronçon a n'est plus bloqué par rapport à la chemise de coulissement.

Dans une quatrième étape enfin (figure 3e), on inverse la tension de commande du tronçon a de sorte que l'on se retrouve alors dans une position où l'ensemble du piston a avancé par rapport à sa position de la figure 3a.

Ces quatre étapes peuvent ensuite être répétées jusqu'à ce que le jeu du piston par rapport au mécanisme de freinage ait été répété.

Lorsque le piston a ainsi rattrapé le jeu du mécanisme de freinage, il est immobilisé dans la position correspondant à celles représentées sur la figure 3b ou sur la figure 3e. La pression peut alors être contrôlée rapidement et finement en contrôlant V_b et V_c , V_a restant égale à $-V$.

Les tronçons du piston 2 sont par exemple des cylindres ou disques multicouches de 25mm de diamètre et d'une épaisseur de 50mm.

Le piston 2 comporte avantageusement une enveloppe E (figure 1) qui est un manchon métallique de faible épaisseur.

Cette enveloppe métallique E présente l'avantage de permettre de résoudre les problèmes de tolérance de fabrication rencontrés avec des tronçons piezo électriques.

En particulier, le piston 2 muni de son enveloppe E peut être réusiné
5 extérieurement afin d'obtenir le diamètre recherché avec une précision adéquate (meilleure que $5\mu\text{m}$ pour un diamètre de 25mm).

Cette enveloppe E est choisie d'un diamètre intérieur égal ou légèrement inférieur au diamètre de la céramique au repos.

Celle-ci est glissée dans ladite enveloppe E en imposant $V_a = V_b =$
10 $V_c = +V$, de façon à profiter de la striction des différents tronçons.

En variante ou en complément, l'enveloppe E peut être dilatée par chauffage lors de l'emmanchement, ce qui est notamment rendu possible grâce au fait que l'enveloppe E est d'épaisseur faible par rapport au diamètre du piston 2.

15 L'enveloppe E peut aussi recevoir un traitement de surface destiné à optimiser son coefficient de frottement.

Par ailleurs, ainsi qu'illustré sur les figures 4 à 6, on prévoit que les électrodes, référencées par 3 sur ces figures, ne débouchent pas à l'extérieur du piston 2, mais sont alimentées par des métallisations 5 qui
20 s'étendent dans des rainures 6 que le piston 2 présente.

Ces rainures 6 présentent en particulier sur toute la hauteur du tronçon qu'elles alimentent (en l'occurrence le tronçon a) un renforcement 7 qui s'étend vers l'intérieur et dans lequel leur métallisation 5 est en contact avec les électrodes 3.

25 Ainsi, les électrodes 3 n'affleurent pas à la surface la plus extérieure du piston 2, mais sont néanmoins alternativement décalées d'un côté ou de l'autre d'un diamètre du piston 2, de la façon qui est illustrée sur la figure 4.

Comme le montrent la figure 6 et les figures 7a à 7c, les rainures 6 sont avantageusement réparties en étant angulairement décalées autour du
30 piston 2.

Elles s'étendent toutes à partir d'une même extrémité du piston 2, dans la hauteur de celui-ci, en se terminant au niveau du renforcement 7 du tronçon qu'elles alimentent. Au niveau des tronçons que leurs

métallisations 5 n'alimente pas, les fonds de ces rainures 6 sont décalés vers l'extérieur par rapport au fond des enfoncement 7, de façon que lesdites métallisations 5 ne soient pas en contact avec les électrodes 3.

Sur la figure 6, on a représenté schématiquement par deux cercles 5a, 5b les circuits d'alimentation des différentes métallisations 5.

Par ailleurs, on sait qu'à la suite d'une sollicitation importante, par exemple du type de celle exercée lors du freinage d'un aéronef, la température des freins s'élève.

Une élévation importante de la température peut conduire à une 10 dépolarisation des céramiques piezo électriques. La température à laquelle commence cette dépolarisation peut être destinée à 100°C en dessous de la température de Curie, ce qui donne environ 130°C pour une céramique douce et 230°C pour une céramique dure.

Pour éviter tout risque de dépolarisation, la commande électrique 15 applique après le freinage une tension constante identique sur tous les tronçons du piston. Cette tension peut être plus forte que la tension maximale d'utilisation. Elle a pour effet de repolariser la céramique pendant que la température redescend d'une valeur élevée à l'ambiante.

Comme on l'aura compris, les modes de réalisations exposés ci- 20 dessus supposent qu'au repos le jeu mécanique entre le piston 2 et le cylindre 1 dans lequel il coulisse, est nettement plus faible que l'augmentation de diamètre du piston 2 qui provoque son blocage (soit environ 10 µm dans l'exemple donné).

Il est envisageable de réaliser des ajustages de quelques µm de jeu 25 à une température (température ambiante par exemple).

Par contre, il est difficile de conserver ce jeu pour des excursions de température allant de -60° C à +200° C comme il est rencontré dans les freins. Ceci est dû à la dilatation différentielle entre le piston 2 et le cylindre 1 qui peuvent avoir des coefficients de dilatation thermique différents.

30 Un appariement de grande précision est nécessaire. Or il s'avère que les céramiques piezo électriques utilisées pour le piston ont un coefficient de dilatation très faible, voire négatif. Il n'est donc pas aisé de trouver le matériau du cylindre ayant le coefficient exactement adapté d'autant plus

que l'on recherche d'autres propriétés comme la tenue mécanique, l'usinabilité, etc.

La structure de cylindre ou chemise de coulissement représentée sur la figure 8 permet d'obtenir et de régler cet accord à la conception à l'aide
5 de matériaux traditionnels. Le dispositif est composé de trois matériaux montés coaxialement.

Elle comporte un cylindre intérieur 8 dans lequel coulisse le piston 2, un cylindre externe 9 et un cylindre intermédiaire 10 qui s'étend entre le cylindre intérieur 8 et le cylindre externe 9.

10 Le cylindre 9 précontraint, en les serrant le cylindre 8 et le cylindre intermédiaire 10.

Ce cylindre intermédiaire 10 comporte des fentes radiales 11 qui s'étendent à partir de génératrices d'un cylindre intérieur 8. Ces fentes 11 sont assez profondes pour arriver au voisinage de la surface extérieure
15 dudit cylindre intérieur 8 et peuvent éventuellement être débouchantes.

Le ou les matériaux des cylindres 8 et 9 sont choisis avec des coefficients de dilatation faibles, mais néanmoins algébriquement supérieurs à celui du piston.

Le matériau du cylindre intermédiaire 10 est choisi avec un
20 coefficient de dilatation supérieur.

Lorsque la température augmente, le cylindre 10 se dilate radialement, mais il est partiellement empêché par le cylindre 9 qui se dilate moins que lui.

En conséquence, l'expansion extérieure interdite est reportée sur le
25 cylindre 8 qui se trouve radialement comprimé. Les fentes 11 ont un rôle capital pour empêcher la formation de contraintes orthoradiales qui empêcheraient toute expansion du cylindre 10 vers l'intérieur. Pour que les fentes 11 ne créent pas d'ondulation sur le cylindre 8, on choisit pour lesdites fentes une largeur inférieure à l'épaisseur dudit cylindre 8.
30 L'expansion du cylindre 10 contraint le cylindre 9 à l'expansion, tandis que lorsque le cylindre 9 se comprime, il contraint le cylindre 8. Les déformations relatives des cylindres 8 et 9 se répartissent au prorata de

l'inverse de leur raideur. Plus le cylindre 9 est épais et raide, plus le cylindre 8 sera comprimé.

On ajuste par conséquent le coefficient de dilatation interne du cylindre 8 en jouant sur l'épaisseur du cylindre 9. Un usinage externe
5 constitue donc un moyen d'ajustage final du coefficient de dilatation interne, sachant que ce dernier ne pourra évoluer que vers une valeur algébrique plus grande.

Bien entendu, le terme cylindre utilisé dans les développements qui précèdent doit être entendu au sens large. Il désigne de façon générale
10 toute forme définie par un ensemble de génératrices parallèles s'appuyant sur une même surface fermée.

L'actionneur qui vient d'être décrit est avantageusement utilisé pour équiper des étriers de frein, et plus particulièrement des étriers de frein d'avions.

REVENDICATIONS

1. Actionneur comportant une chemise de coulissement et un piston apte à se déplacer axialement dans ladite chemise, ledit piston comportant
5 une pluralité de tronçons successifs en matériau multicouches piezo électriques, des moyens de commande étant aptes à appliquer sur lesdits tronçons des tensions de commande pour dilater des tronçons de façon à ce qu'ils se bloquent par rapport à la chemise de coulissement et allonger d'autres tronçons à l'intérieur de ladite chemise, ces dilatations et
10 allongements étant commandés par lesdits moyens de commande selon des séquences déplaçant le piston dans ladite chemise, caractérisé en ce que les moyens de commande sont aptes à appliquer à chacun des tronçons une tension qui raccourcit ledit tronçon et le bloque dans la chemise de coulissement et une tension inverse qui libère ledit
15 tronçon par rapport à ladite chemise et qui l'allonge dans celle-ci, l'une et l'autre de ces deux tensions étant successivement appliquées audit tronçon lors d'une séquence de déplacement du piston, chaque tronçon étant ainsi utilisé en blocage et en allongement lors d'une telle séquence.

2. Actionneur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un
20 tronçon présente une pluralité d'électrodes qui s'étendent transversalement par rapport à l'axe du piston, au moins une métallisation de commande électrique s'étendant sur au moins une partie de la hauteur du piston jusqu'à un renforcement dans lequel la métallisation est en contact avec une électrode sur deux du tronçon, les électrodes du tronçon étant
25 alternativement décalées par rapport audit renforcement, la métallisation étant, au niveau des tronçons qu'elle n'alimente pas, décalée par rapport au renforcement de façon à ne pas être en contact avec les électrodes de ces tronçons.

3. Actionneur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le
30 piston comporte une enveloppe métallique dans laquelle les tronçons sont reçus, une métallisation de commande étant reçue dans une rainure qui s'étend dans la hauteur du piston.

4. Actionneur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la chemise de coulissement comporte un cylindre intérieur, un cylindre extérieur et un cylindre intermédiaire, le matériau du cylindre intermédiaire présentant un coefficient de dilatation supérieur à ceux des
5 cylindres intérieur et extérieur.

5. Actionneur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le cylindre intermédiaire présente des fentes qui s'étendent radialement de sa surface intérieure vers sa surface extérieure.

6. Actionneur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les
10 moyens de commande comportent des moyens pour commander la déformation des tronçons selon une séquence telle que dans un premier temps, le piston avance de façon à rattraper le jeu qui le sépare de la surface sur laquelle il doit venir en appui et dans un deuxième temps applique un effort sur ladite surface.

15 7. Actionneur de frein, caractérisé en ce qu'il est constitué par un actionneur selon l'une des revendications précédentes.

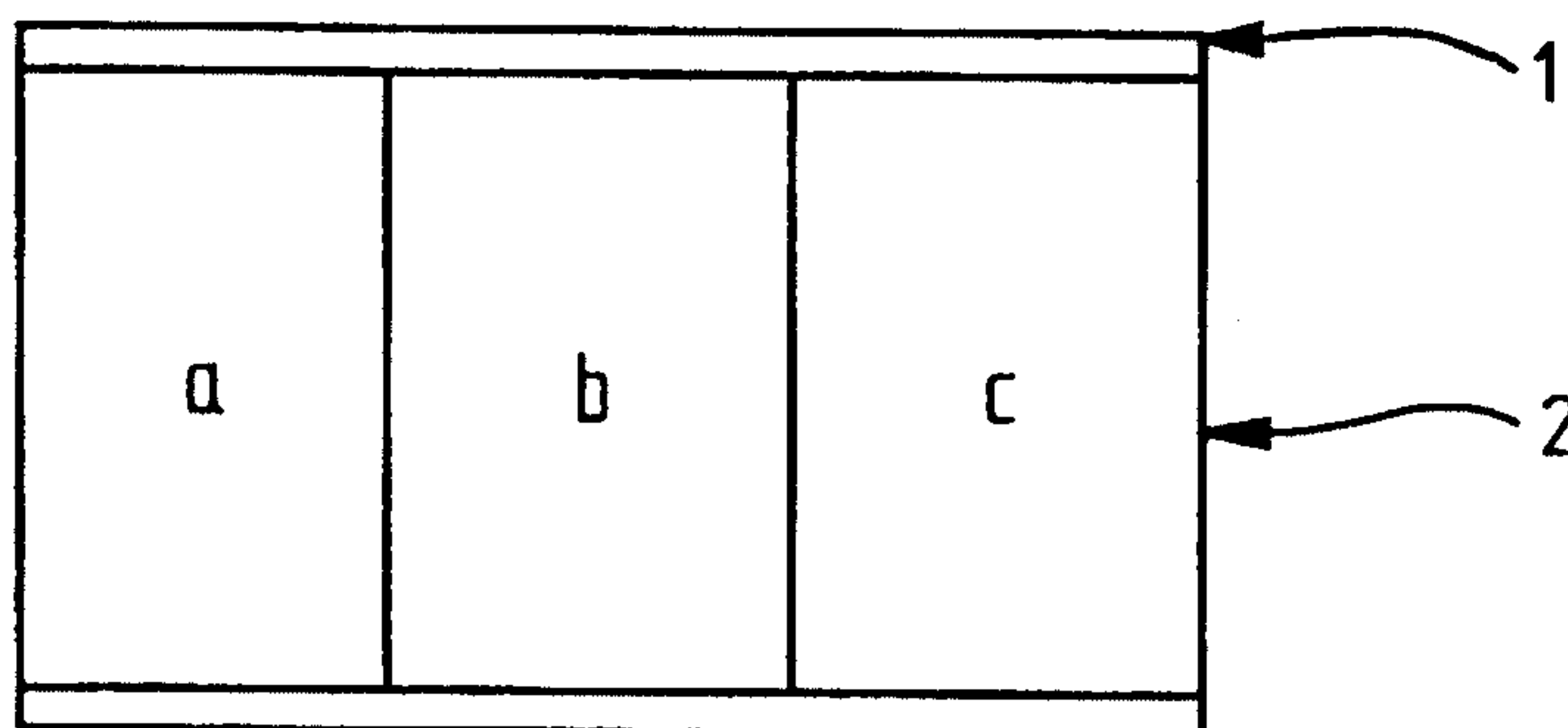


FIG. 1

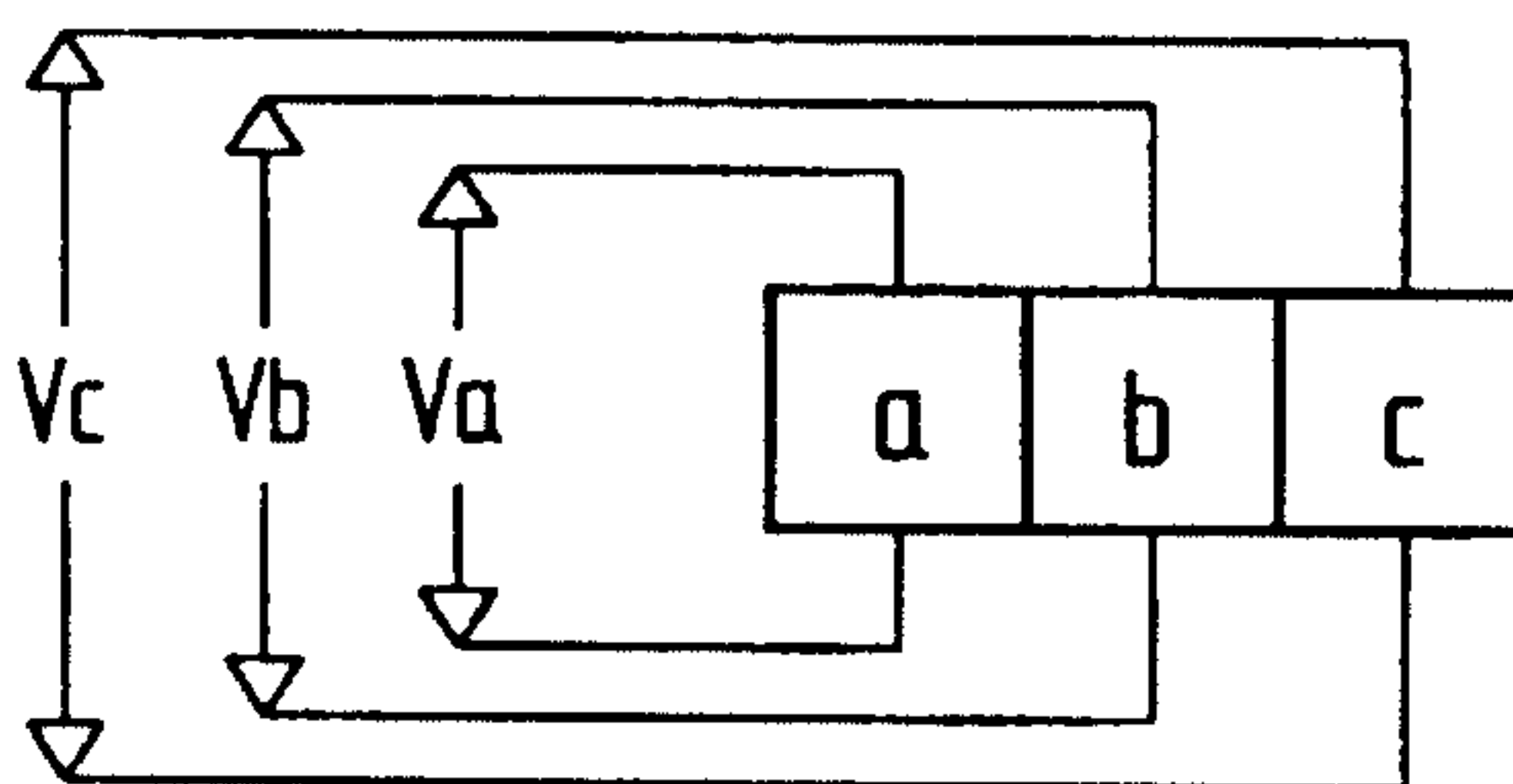


FIG. 2

2 / 4

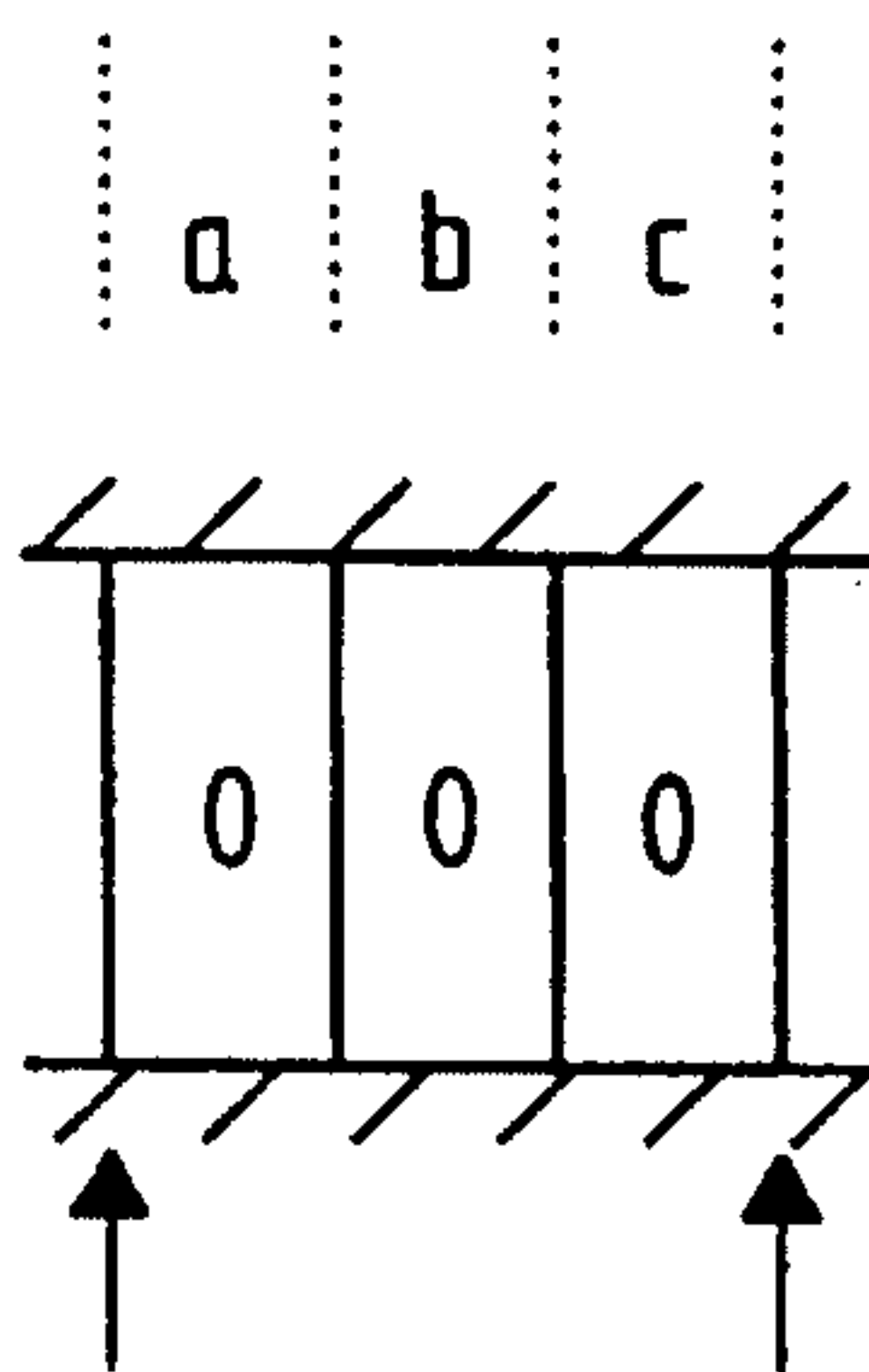


FIG.3a

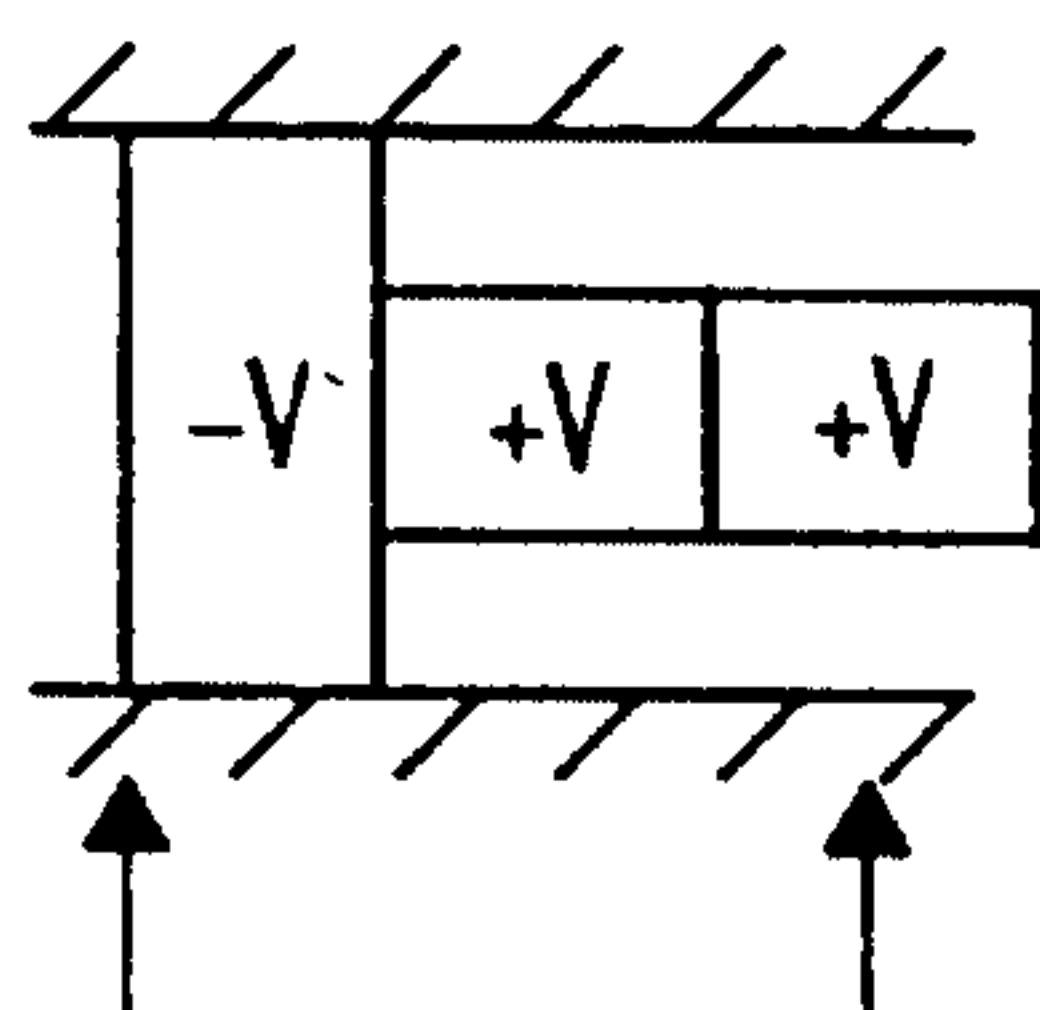


FIG.3b

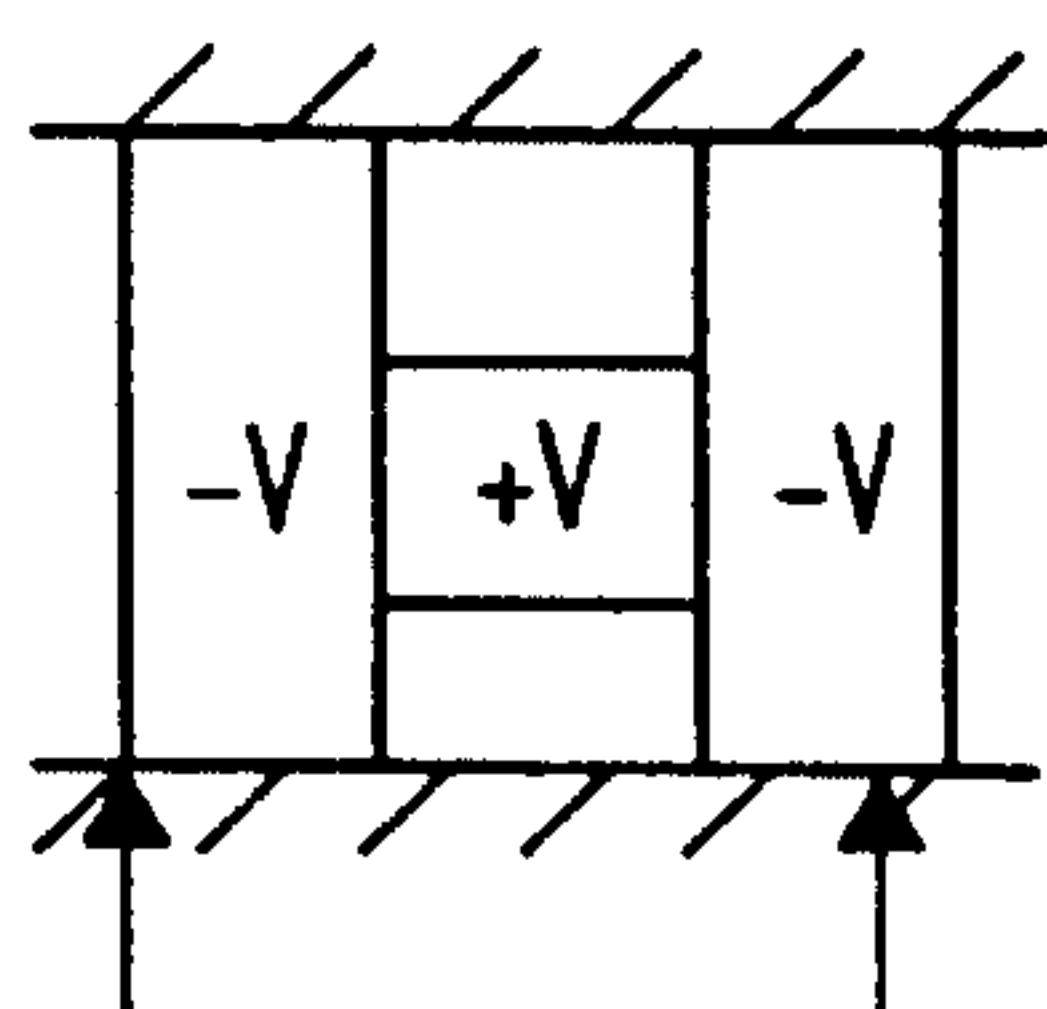


FIG.3c

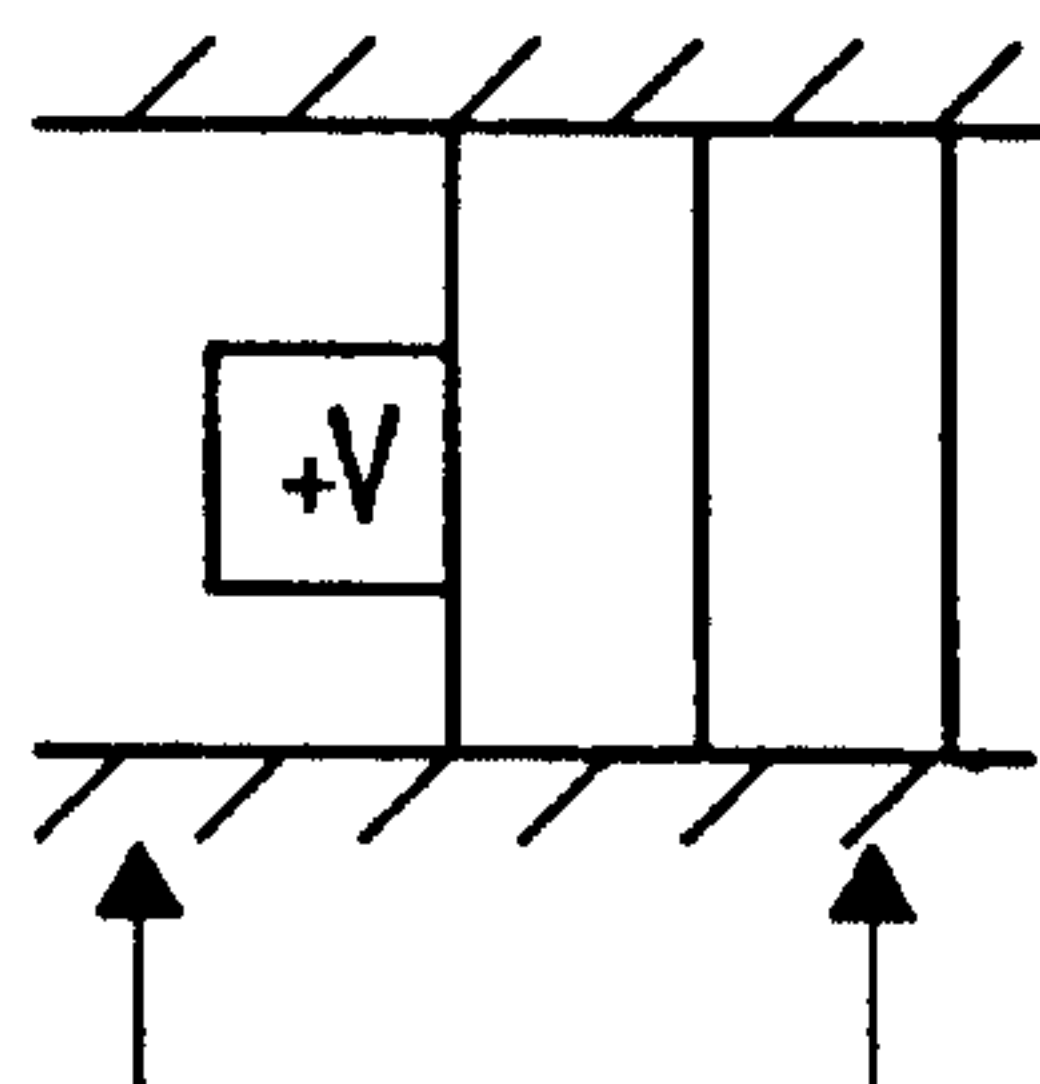


FIG.3d

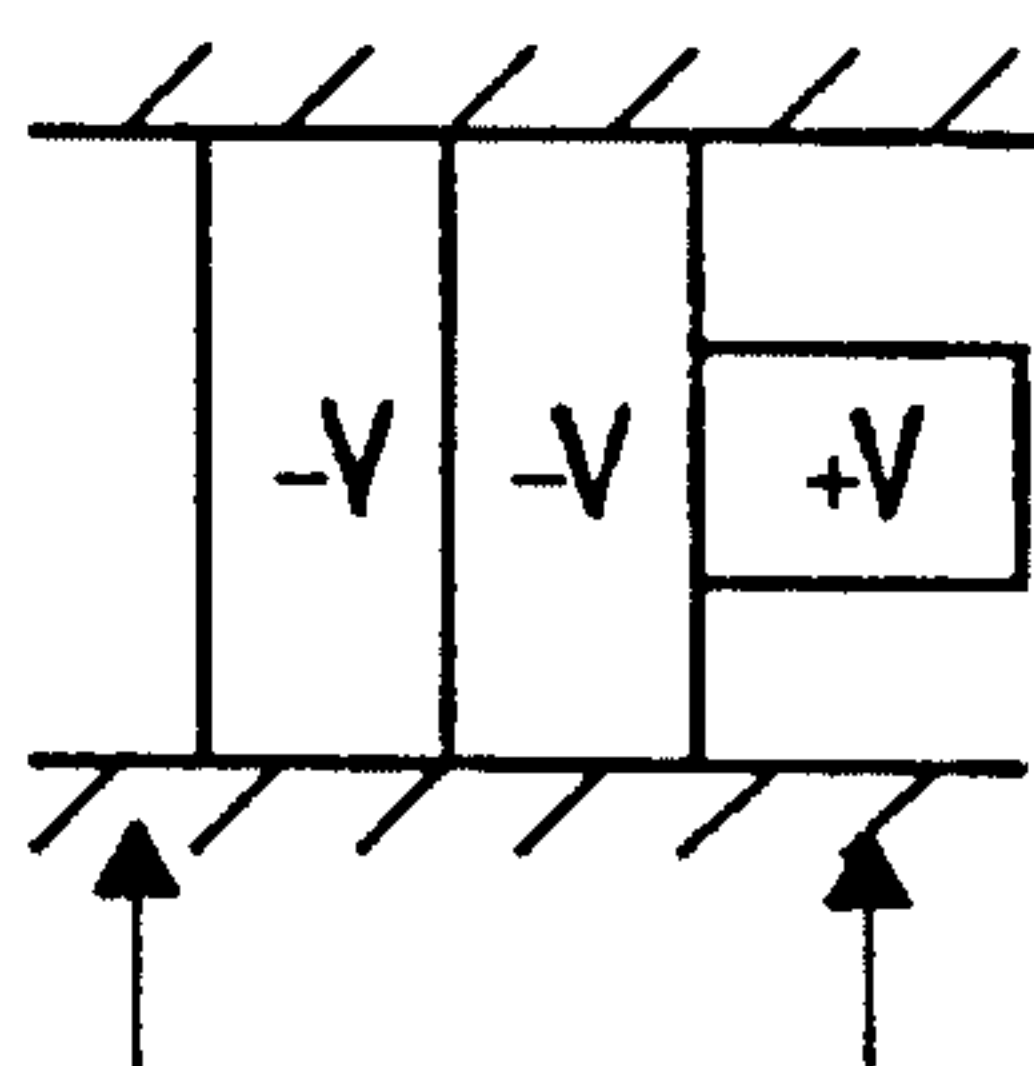


FIG.3e

3 / 4

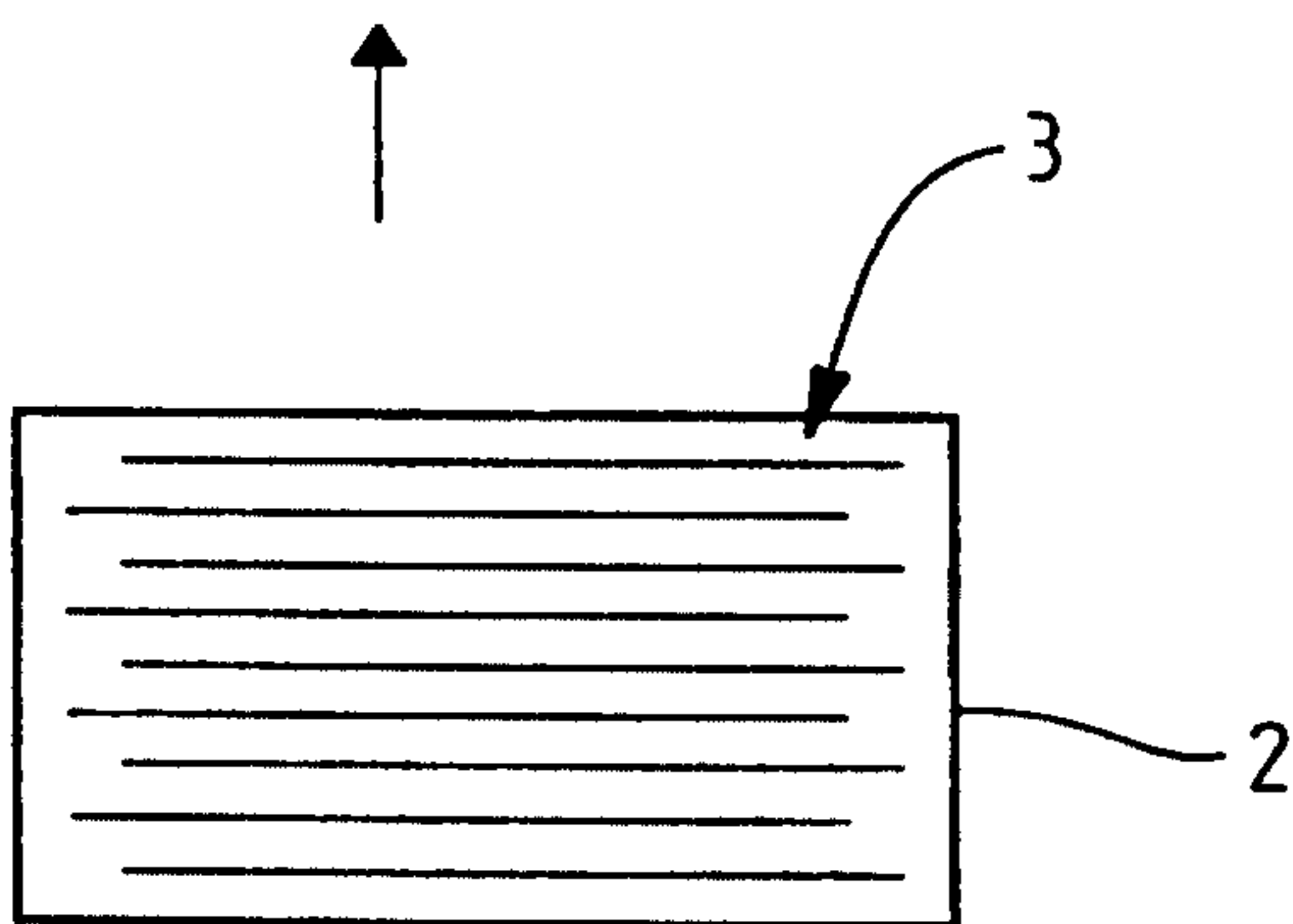


FIG. 4

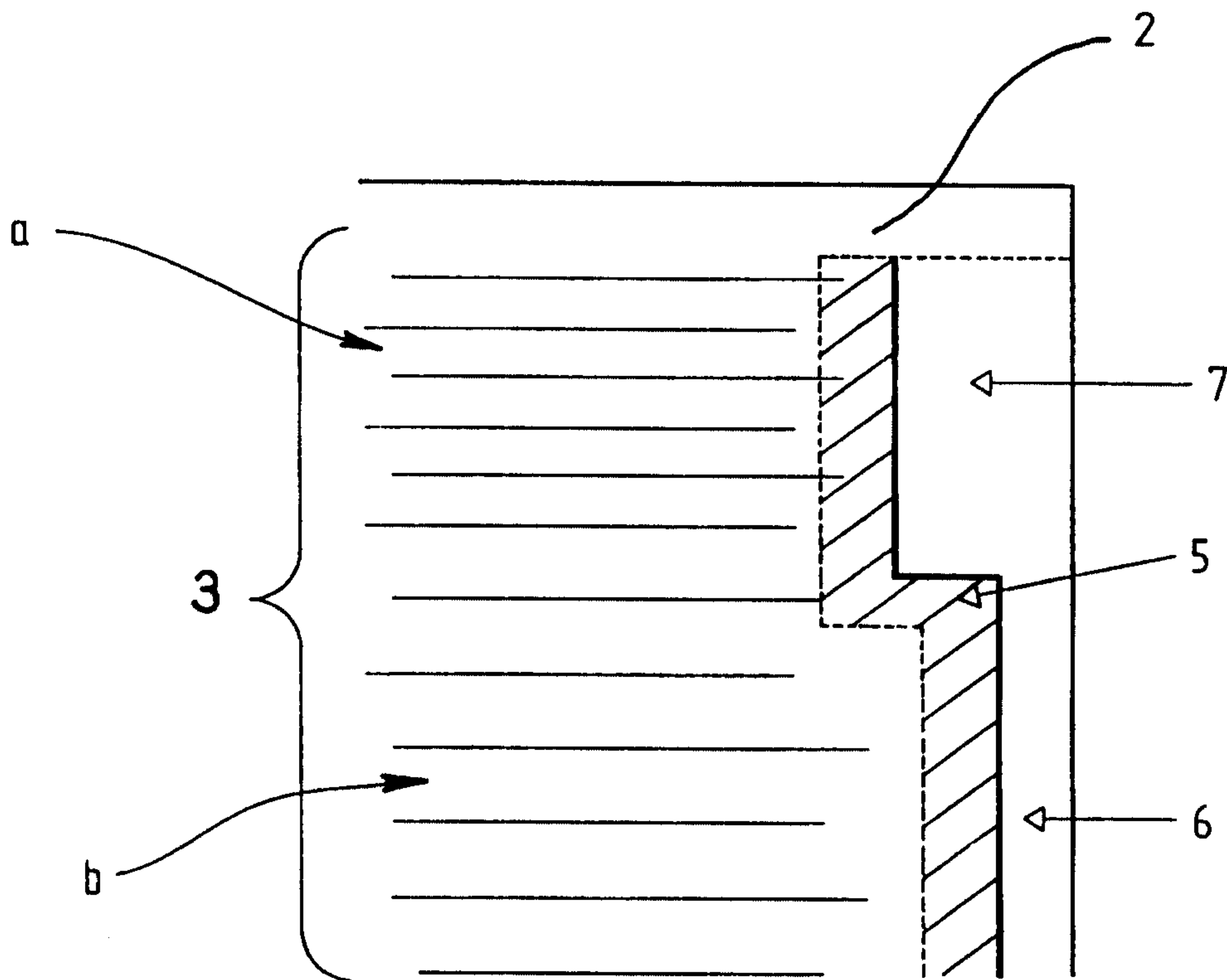


FIG. 5

4 / 4

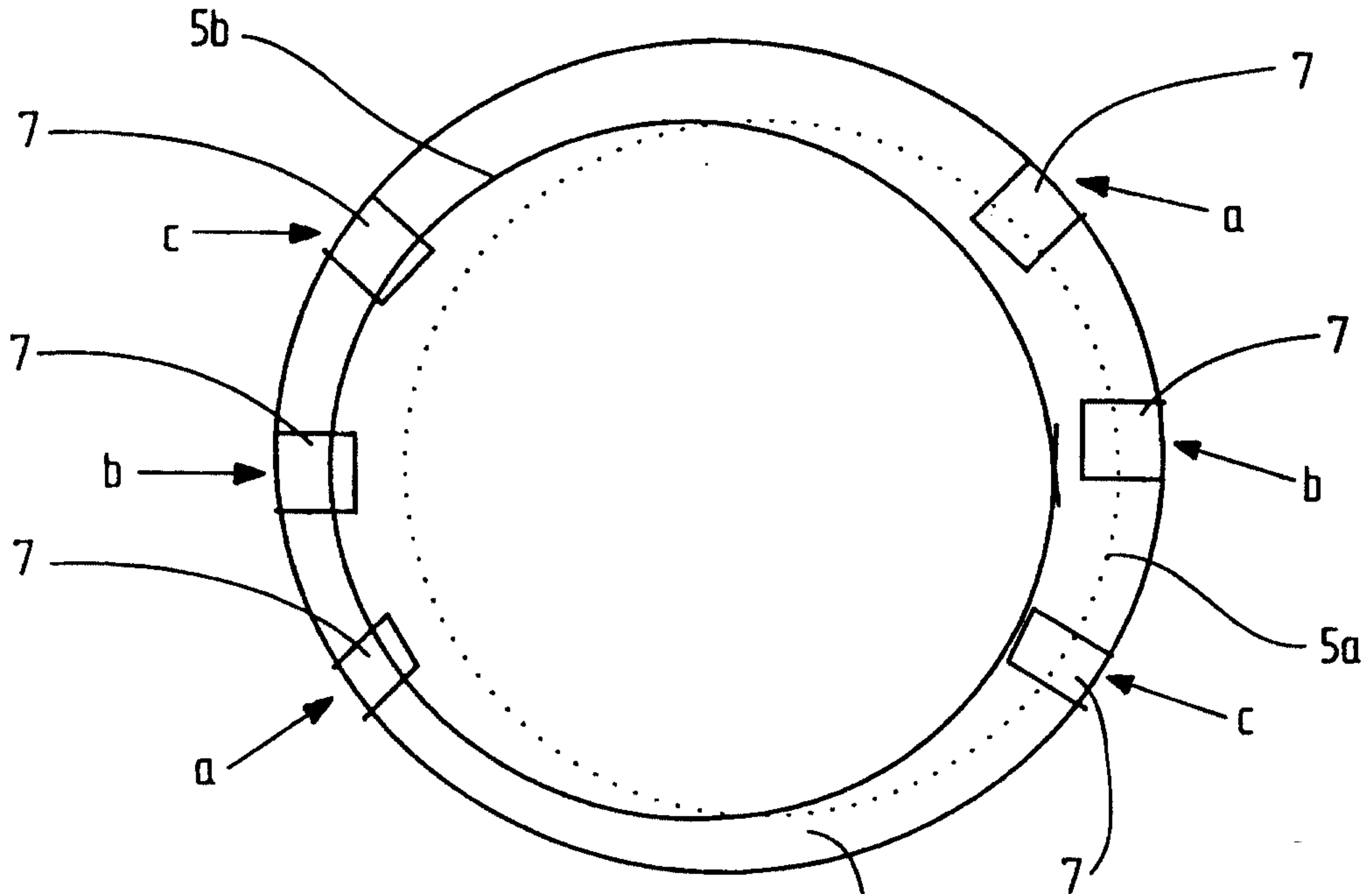


FIG. 6

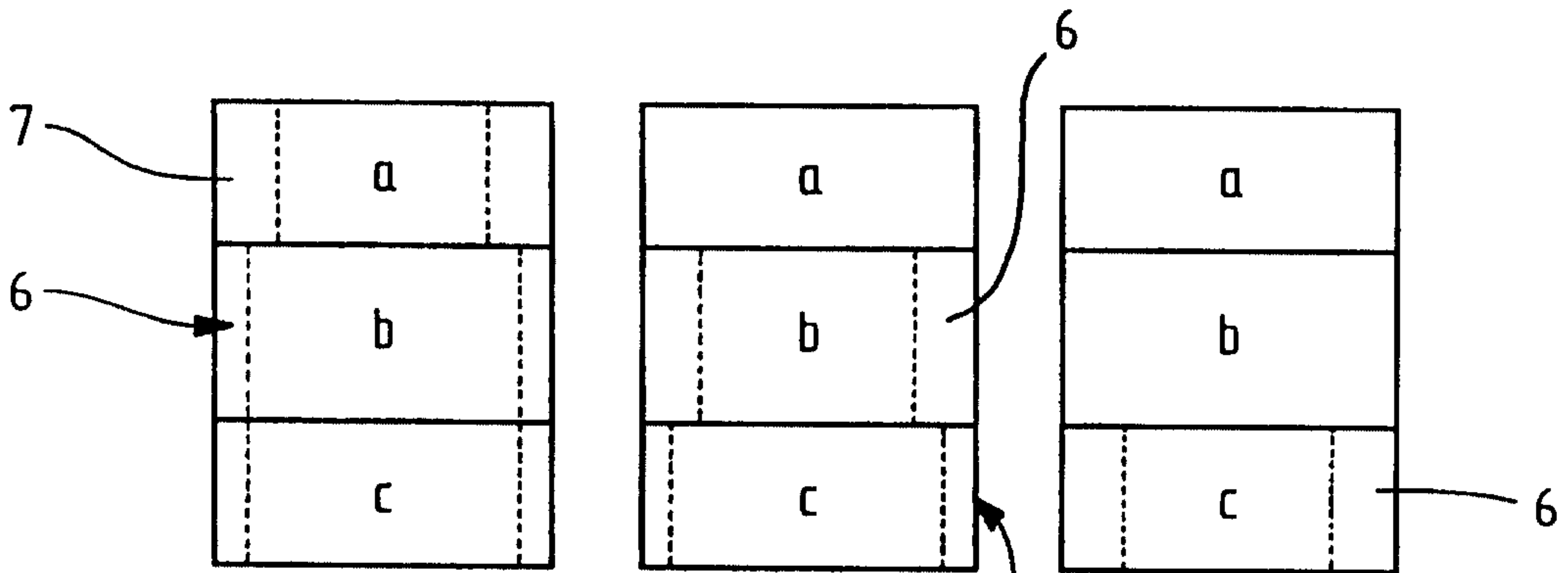


FIG. 7a

FIG. 7b

FIG. 7c

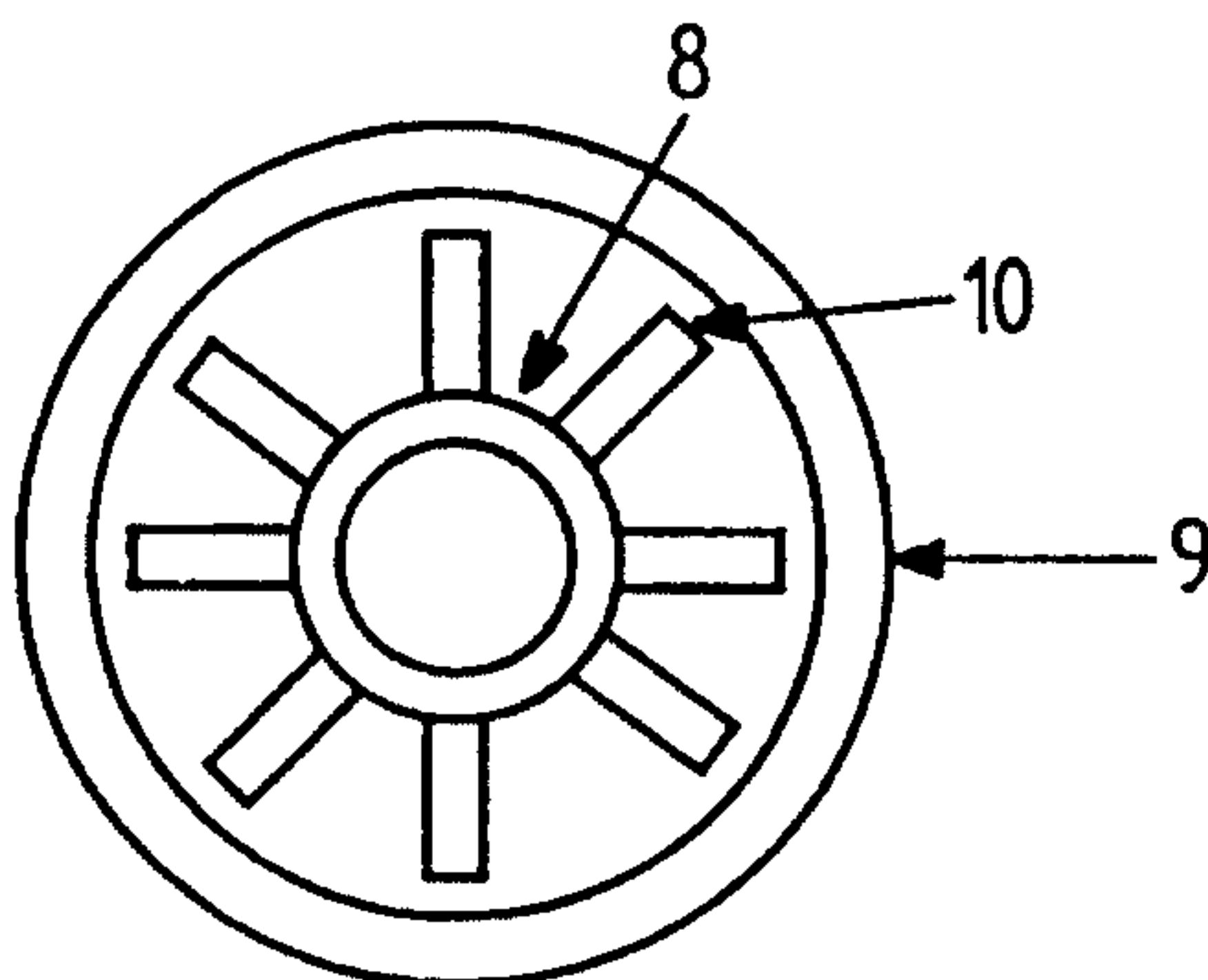


FIG. 8

