

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 080 238**

②1 N° d'enregistrement national : **18 53244**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 N 2/04 (2018.01)**

⑫

**BREVET D'INVENTION**

**B1**

⑤4 ACTIONNEUR PIEZOELECTRIQUE.

②2 Date de dépôt : 13.04.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 18.10.19 Bulletin 19/42.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 09.09.22 Bulletin 22/36.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : FAURECIA SYSTEMES  
D'ECHAPPEMENT Société par actions simplifiée —  
FR.

⑦2 Inventeur(s) : HARMOUCH KHALED, BERNARD  
YVES et DANIEL LAURENT.

⑦3 Titulaire(s) : FAURECIA SYSTEMES  
D'ECHAPPEMENT Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : LAVOIX.

**FR 3 080 238 - B1**



## Actionneur piézoélectrique

La présente invention concerne un actionneur du type comportant un élément mobile entre une première et une seconde position.

5 Un tel actionneur est par exemple destiné à la mise en rotation d'une vanne d'échappement, notamment pour l'actionnement d'une vanne acoustique ou d'un clapet d'un dispositif de récupération de chaleur à l'échappement de véhicule, et également pour toute autre application, telle que le pilotage d'un appui-tête, l'ouverture d'une boîte à gants, la rotation d'aérateurs sur une planche de bord d'un véhicule, etc.

10 La présente invention vise notamment à proposer un actionneur de conception simple, capable de fonctionner de manière efficace même à haute température.

A cet effet, l'invention a notamment pour objet un actionneur, comportant au moins un élément mobile, caractérisé en ce qu'il comporte un organe d'entraînement de chaque élément mobile, l'organe d'entraînement comprenant :

15 - un cadre délimité par un contour intérieur formé d'une pluralité de bords intérieurs, et un contour extérieur formé d'une pluralité de bords extérieurs,

- au moins un organe de frottement, chacun porté par l'un respectif des bords extérieurs du contour extérieur du cadre, et chacun destiné à coopérer avec l'élément mobile respectif correspondant,

20 - un ensemble piézoélectrique d'au moins un élément piézoélectrique, l'ensemble piézoélectrique prenant appui contre au moins deux des bords intérieurs du cadre.

Un actionneur selon l'invention peut présenter en outre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou selon toutes combinaisons techniquement envisageables :

25 - Au moins un élément mobile est un coulisseau allongé dans une direction longitudinale et mobile en translation dans cette direction longitudinale, l'actionneur comportant un support, le support comprenant : des moyens de fixation du cadre sur le support, et des moyens de guidage de l'au moins un élément mobile en translation dans la direction longitudinale.

30 - Le support comporte au moins un organe élastique coopérant avec les moyens de guidage, et appliquant un effort sur l'au moins un élément mobile, l'effort étant dirigé vers l'organe de frottement correspondant.

35 - Au moins un élément mobile est au moins une partie de roue mobile en rotation autour d'un axe, cet élément mobile présentant un contour circulaire, l'au moins un organe de frottement étant destiné à coopérer avec ce contour circulaire.

- Le cadre présente une forme générale non polygonale.

- Le cadre présente une forme générale polygonale, par exemple une forme générale rectangulaire ou hexagonale.

5 - Le cadre présente une forme rectangulaire, l'ensemble piézoélectrique comportant deux organes piézoélectriques allongés dans une direction transversale perpendiculaire au bord extérieur portant l'organe de frottement, et disposés de part et d'autre de l'organe de frottement dans une direction longitudinale parallèle à ce bord extérieur portant l'organe de frottement, chaque organe piézoélectrique prenant appui contre deux des bords intérieurs du cadre.

10 - Le cadre présente un premier côté portant l'organe de frottement, et un second côté opposé au premier côté, le premier côté présentant une première épaisseur, définie entre le bord extérieur et le bord intérieur correspondant du cadre, et le second côté présentant une seconde épaisseur, définie entre le bord extérieur et le bord intérieur correspondant du cadre, telles que la seconde épaisseur est supérieure à la première épaisseur.

15 - Le cadre présente une forme générale hexagonale, l'ensemble piézoélectrique comportant un élément central d'appui, chaque élément piézoélectrique s'étendant entre l'élément central d'appui et l'un respectif des bords intérieurs du cadre.

20 - L'actionneur comporte deux organes de frottement chacun porté respectivement par l'un des bords extérieurs du cadre, et deux éléments mobiles, chacun destiné à coopérer avec l'un respectif des organes de frottement.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux figures annexées, parmi lesquelles :

25 - la figure 1 est une vue en perspective d'un actionneur selon un premier exemple de mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une vue du dessus de l'actionneur de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue du dessus d'un stator d'un actionneur selon un deuxième exemple de mode de réalisation de l'invention ;

30 - la figure 4 est une vue du dessus d'un stator d'un actionneur selon un troisième exemple de mode de réalisation de l'invention,

- la figure 5 est une vue du dessus d'un stator d'un actionneur selon un quatrième exemple de mode de réalisation de l'invention,

- la figure 6 est une vue du dessus d'un actionneur selon un cinquième exemple de mode de réalisation de l'invention,

35 - la figure 7 est une vue du dessus d'un actionneur selon un sixième exemple de mode de réalisation de l'invention,

- la figure 8 est une vue du dessus d'un actionneur selon un septième exemple de mode de réalisation de l'invention.

On a représenté, sur la figure 1, un actionneur 10 selon un premier exemple de mode de réalisation de l'invention. Cet actionneur 10 est destiné à actionner un élément mobile 12 avec lequel il interagit. L'élément mobile 12 est ainsi mobile entre des première et seconde positions.

L'actionneur 10 est par exemple destiné à la mise en rotation d'une vanne d'échappement, mais pourrait en variante être appliqué à toute autre application.

Dans l'exemple décrit, l'élément mobile 12 est un coulisseau mobile en translation dans une direction longitudinale X entre des première et seconde positions extrêmes, le coulisseau étant allongé dans cette direction longitudinale.

En variante, l'élément mobile 12 peut être une roue, auquel cas la direction longitudinale est une direction tangentielle à cette roue.

L'actionneur 10 comporte un organe 14 d'entraînement de l'élément mobile 12.

L'organe d'entraînement 14 comporte un cadre 16 (visible plus en détail sur la figure 2), délimité par un contour intérieur 18 formé d'une pluralité de bords intérieurs 19 dans le prolongement les uns des autres, et un contour extérieur 20 formé d'une pluralité de bords extérieurs 21 dans le prolongement les uns des autres.

Selon une première alternative, le cadre 16 présente une forme générale polygonale.

Conformément au premier mode de réalisation décrit, le cadre 16 présente une forme générale rectangulaire. Ainsi, les contours intérieur 18 et extérieur 20 forment des rectangles agencés l'un dans l'autre.

Le cadre 16 est de préférence métallique, en particulier en acier inoxydable, en aluminium ou en bronze.

L'organe d'entraînement 14 comporte par ailleurs un organe de frottement 22 porté par l'un des bords extérieurs 21 du contour extérieur 20 du cadre 16. Cet organe de frottement 22 est agencé en contact avec l'élément mobile 12, et plus particulièrement avec un bord de l'élément mobile 12 qui est parallèle à la direction longitudinale X. L'organe de frottement 22 est destiné à coopérer avec l'élément mobile 12. Cet organe de frottement 22 est réalisé dans un matériau ayant un fort coefficient de frottement permettant qu'un déplacement de l'organe de frottement 22 entraîne un déplacement de l'élément mobile 12.

L'organe de frottement 22 est par exemple porté par une tige 23 traversant le cadre 16.

L'organe d'entraînement 14 comporte par ailleurs un ensemble piézoélectrique d'au moins un élément piézoélectrique 24, l'ensemble piézoélectrique prenant appui contre au moins deux des bords intérieurs 19 du cadre 16.

5 Conformément au premier mode de réalisation décrit, l'ensemble piézoélectrique comporte deux éléments piézoélectriques 24 disposés de part et d'autre de l'organe de frottement dans une direction parallèle au bord extérieur 21 portant l'organe de frottement 22. Chaque élément piézoélectrique 24 présente une forme générale allongée dans une direction transversale perpendiculaire à cette direction parallèle au bord extérieur 21 portant l'organe de frottement 22, et également parallèle à la direction longitudinale X.  
10 Chaque élément piézoélectrique 24 prend appui sur les bords intérieurs 19 parallèles au bord extérieur 21 portant l'organe de frottement 22.

Par ailleurs, chaque élément piézoélectrique 24 s'étend parallèlement à la tige 23.

La tige 23 est de préférence une tige de vis, et permet ainsi le serrage des bords intérieurs 19 contre les éléments piézoélectriques 24. Ainsi, les éléments piézoélectriques  
15 24 sont maintenus dans le cadre 16 sans ajout d'élément de fixation supplémentaire, notamment sans ajout d'adhésif entre les éléments piézoélectriques 24 et le cadre 16. Outre l'avantage de ne pas nécessiter d'adhésif, il apparaît que les performances de l'actionneur 10 sont meilleures avec un tel contact sec entre les éléments piézoélectriques 24 et le cadre 16.

20 Chaque élément piézoélectrique 24 est relié à des électrodes 25 connectées à une source d'alimentation électrique. Les électrodes 25 sont par exemple chacune agencée sur un flanc latéral de l'élément piézoélectrique 24, comme cela est représenté sur la figure 2.

Avantageusement, l'actionneur 10 comporte un support 26, représenté sur la  
25 figure 1, le support 26 comprenant :

- des moyens 28 de fixation du cadre 16 sur le support 26,
- des moyens 30 de guidage de l'élément mobile 12 en translation dans la direction longitudinale X.

De préférence, le support 26 comporte également un organe élastique 32  
30 coopérant avec les moyens de guidage 30, et appliquant un effort sur l'élément mobile 12, l'effort étant dirigé vers l'organe de frottement 22. L'organe élastique 32 est par exemple formé par une lame élastique prenant appui contre un rebord 28A du support 26.

Le fonctionnement de l'actionneur 10 va maintenant être décrit.

Le mouvement de l'élément mobile 12 est généré par une interaction de friction à  
35 l'interface entre l'élément mobile 12 et l'organe de frottement 22. A cet effet, au moins l'un

des éléments piézoélectriques 24 est alimenté à une fréquence prédéfinie par la source d'alimentation, faisant vibrer le cadre 16.

Les fréquences d'alimentation des électrodes 25 sont choisies de manière à activer deux modes de résonance du cadre 16. Le premier mode de résonance, dit mode de flexion, génère un mouvement de l'organe de frottement 22 dans la direction longitudinale X, et le second mode de résonance, dit mode transversal, génère un mouvement de l'organe de frottement 22 perpendiculairement à la direction longitudinale X. La combinaison des deux mouvements génère un mouvement, par exemple un mouvement elliptique tel que représenté sur la figure 2 et désigné par la référence E. Un homme du métier spécialiste d'éléments piézoélectriques saura trouver les fréquences d'alimentations des électrodes pour générer ce mouvement.

Lorsque l'organe de frottement 22, soumis à ce mouvement E, vient en contact avec l'élément mobile 12, le coefficient de friction entre l'organe de frottement 22 et l'élément mobile 12 étant non nul, il entraîne cet élément mobile 12 dans la direction longitudinale X. En revanche, le mouvement E permet une dysmétrie du contact quand l'organe de frottement 22 repart en arrière, de sorte que l'organe de frottement 22 et l'élément mobile 12 ne se déplacent pareillement que lorsque l'organe de frottement 22 se déplace dans le sens souhaité. Plus particulièrement, les forces de frottement lors d'un cycle du mouvement E sont non nulles, ce qui permet le déplacement de l'élément mobile 12.

Le sens de déplacement de l'élément mobile 12 dépend de l'orientation du mouvement E. Cette orientation dépend de quel élément piézoélectrique 24 est activé. Du fait de la symétrie de l'architecture de l'organe d'entraînement 14, l'excitation de l'un des deux éléments piézoélectriques 24 implique un déplacement dans un sens opposé à celui résultant de l'excitation de l'autre élément piézoélectrique 24.

On notera que l'efficacité de l'actionneur 10 dépend notamment de quatre facteurs, qui sont la direction de l'excitation piézoélectrique, la géométrie des parties vibrantes, les propriétés des matériaux et la qualité du frottement entre l'organe de frottement 22 et l'élément mobile 12.

Il apparait que, grâce au cadre 16, l'efficacité de l'actionneur 10 ne dépend pas de la forme générale des éléments piézoélectriques 24, mais de la forme du cadre 16. Or, cette forme (et les dimensions) du cadre 16 est bien plus simple à maîtriser que la forme (et les dimensions) d'un élément piézoélectrique 24. En effet, un élément piézoélectrique 24 est réalisé dans un matériau piézoélectrique qui est fragile (notamment en céramique), si bien qu'il demande des procédés de fabrication délicats, ce qui n'est pas le cas du cadre 16.

On a représenté, sur la figure 3, un stator d'un actionneur 10 selon un deuxième exemple de mode de réalisation de l'invention. Sur cette figure, les éléments analogues à ceux des figures précédentes sont désignés par une référence identique. En outre, seuls les éléments différents de ceux du premier mode de réalisation sont représentés et décrits  
5 ci-après.

Conformément à ce deuxième mode de réalisation, le cadre 16 porte deux organes de frottement 22 chacun porté par l'un respectif des bords extérieurs 21 du cadre 16, et plus particulièrement par deux bords 21 extérieurs opposés. Dans ce cas, l'actionneur 10 est destiné à actionner un ou deux éléments mobiles, chacun en contact  
10 avec l'un ou l'autre respectif des organes de frottement 22, ou avec les deux organes de frottement 22.

On notera que les deux organes de frottement 22 sont de préférence portés par la même tige 23.

On a représenté, sur la figure 4, un stator d'un actionneur 10 selon un troisième exemple de mode de réalisation de l'invention. Sur cette figure, les éléments analogues à ceux des figures précédentes sont désignés par une référence identique. En outre, seuls les éléments différents de ceux du premier mode de réalisation sont représentés et décrits  
15 ci-après.

Conformément à ce troisième mode de réalisation, le cadre 16 présente une forme générale hexagonale. Ainsi, les contours intérieur 18 et extérieur 20 forment des hexagones agencés l'un dans l'autre.  
20

Dans ce cas, l'ensemble piézoélectrique comporte un élément central d'appui 34, et quatre éléments piézoélectriques 24, chaque élément piézoélectrique 24 s'étendant entre l'élément central d'appui 34 et l'un respectif des bords intérieurs 19 du cadre 16. On  
25 notera que l'ensemble piézoélectrique pourrait en variante comporter deux ou six éléments piézoélectriques 24, ou tout autre nombre envisageable.

Plus particulièrement, dans l'exemple décrit de l'hexagone, le cadre 16 comprend quatre éléments piézoélectriques 24 prenant appui contre quatre respectifs des bords intérieurs 19, et au moins un organe de frottement 22 porté par au moins un de ses deux  
30 bords extérieurs 21, autres que ceux qui sont parallèles aux bords intérieurs 18 reliés aux éléments piézoélectriques 24.

Dans l'exemple décrit, le cadre 16 porte deux organes de frottement 22 chacun porté par l'un respectif des bords extérieurs 21 du contour extérieur 20 du cadre 16. Dans ce cas, l'actionneur 10 est destiné à actionner au moins un élément mobile 12.

Par exemple, l'actionneur 10 actionne deux éléments mobiles 12, chaque élément mobile 12 coopérant avec l'un respectif des organes de frottement 22. Chaque élément  
35

mobile 12 peut indifféremment être mobile en translation ou en rotation, et cela indépendamment l'un de l'autre.

En variante, représentée sur la figure 8, l'actionneur 10 actionne un élément mobile 12, formé par une roue entourant l'organe d'entraînement 14. Cette roue 12 comporte alors un bord circulaire intérieur, avec lequel coopèrent deux organes de frottement 22.

Selon une seconde alternative, le cadre 16 présente avantageusement une forme générale non polygonale.

On a représenté, sur la figure 5, un stator d'un actionneur 10 selon un quatrième exemple de mode de réalisation de l'invention. Sur cette figure, les éléments analogues à ceux des figures précédentes sont désignés par une référence identique. En outre, seuls les éléments différents de ceux du premier mode de réalisation sont représentés et décrits ci-après.

Conformément au mode de réalisation de la figure 5, le cadre 16 présente une forme non polygonale. Ce cadre 16 comporte :

- un premier côté 16a portant l'organe de frottement 22 et contre lequel prennent appui les éléments piézoélectriques 24,

- un deuxième côté 16b opposé au premier côté 16a, contre lequel prennent appui les éléments piézoélectriques 24, qui s'étendent donc entre le premier côté 16a et le deuxième côté 16b,

- des troisième et quatrième côtés latéraux 16c.

Le premier côté 16a présente une première épaisseur, définie entre le bord extérieur 21 et le bord intérieur 19 correspondant du cadre 16, et le second côté 16b présente une seconde épaisseur, définie entre le bord extérieur 21 et le bord intérieur 19 correspondant du cadre 16, telles que la seconde épaisseur est supérieure à la première épaisseur.

Par ailleurs, conformément à ce second mode de réalisation, les troisième et quatrième côtés latéraux 16c sont courbes.

En variante non représentée, les troisième et quatrième côtés latéraux 16c sont droits.

On notera que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation précédemment décrits, mais pourrait présenter diverses variantes complémentaires.

Conformément à une première variante, représentée sur la figure 6, l'élément mobile 12 est une roue de forme générale de révolution autour d'un axe, et mobile en rotation autour de cet axe, la roue présentant un contour extérieur circulaire, l'organe de frottement 22 étant destiné à coopérer avec ce contour extérieur circulaire. Dans ce cas,

le fonctionnement de l'actionneur 10 décrit précédemment est identique, la direction longitudinale X étant une direction tangentielle au contour circulaire.

5 Conformément à une seconde variante, représentée sur la figure 7, l'élément mobile 12 est une portion de roue, présentant un contour extérieur en portion de cercle défini autour d'un axe, la portion de roue étant mobile en rotation autour de cet axe. L'organe de frottement 22 coopère avec ce contour extérieur en portion de cercle. Dans ce cas, le fonctionnement de l'actionneur 10 décrit précédemment est identique, la direction longitudinale X étant une direction tangentielle au contour en portion de cercle.

10 Conformément à une troisième variante, notamment représentée sur les figures 5, 6 et 7, le cadre 16 présentant un premier côté portant l'organe de frottement 22, et un second côté opposé au premier côté, le premier côté présentant une première épaisseur, définie entre le bord extérieur 21 et le bord intérieur 19 correspondant, et le second côté présentant une seconde épaisseur définie entre le bord extérieur 21 et le bord intérieur 19 correspondant, telles que la seconde épaisseur est supérieure à la première épaisseur.

15 D'autres variantes sont envisageables sans sortir du cadre des revendications.

## REVENDEICATIONS

1. Actionneur (10), comportant au moins un élément mobile (12), caractérisé en ce qu'il comporte un organe (14) d'entraînement de chaque élément mobile (12), l'organe d'entraînement (14) comprenant :

- un cadre (16) délimité par un contour intérieur (18) formé d'une pluralité de bords intérieurs (19), et un contour extérieur (20) formé d'une pluralité de bords extérieurs (21),

- au moins un organe de frottement (22), chacun porté par l'un respectif des bords extérieurs (21) du contour extérieur (20) du cadre (16), et chacun destiné à coopérer avec l'élément mobile (12) respectif correspondant,

- un ensemble piézoélectrique d'au moins un élément piézoélectrique (24), l'ensemble piézoélectrique prenant appui contre au moins deux des bords intérieurs (19) du cadre (16),

dans lequel l'au moins un élément mobile (12) est un coulisseau allongé dans une direction longitudinale (X) et mobile en translation dans cette direction longitudinale (X), l'actionneur comportant un support (26), le support (26) comprenant :

- des moyens (28) de fixation du cadre (16) sur le support (26),

- des moyens (30) de guidage de l'au moins un élément mobile (12) en translation dans la direction longitudinale (X),

et dans lequel le support (26) comporte au moins un organe élastique (32) coopérant avec les moyens de guidage (30), et appliquant un effort sur l'au moins un élément mobile (12), l'effort étant dirigé vers l'organe de frottement (22) correspondant.

2. Actionneur (10) selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un élément mobile (12) est au moins une partie de roue mobile en rotation autour d'un axe, cet élément mobile (12) présentant un contour circulaire, l'au moins un organe de frottement (22) étant destiné à coopérer avec ce contour circulaire.

3. Actionneur (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel le cadre (16) présente une forme générale non polygonale.

4. Actionneur (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel le cadre (16) présente une forme générale polygonale, par exemple une forme générale rectangulaire ou hexagonale.

5. Actionneur (10) selon la revendication 4, dans lequel le cadre (16) présente une forme rectangulaire, l'ensemble piézoélectrique comportant deux organes

piézoélectriques (24) allongés dans une direction transversale perpendiculaire au bord extérieur (21) portant l'organe de frottement (22), et disposés de part et d'autre de l'organe de frottement (22) dans une direction longitudinale parallèle à ce bord extérieur (21) portant l'organe de frottement (22), chaque organe piézoélectrique (24) prenant appui  
5 contre deux des bords intérieurs (19) du cadre (16).

6. Actionneur (10) selon la revendication 5, dans lequel le cadre (16) présente un premier côté (16a) portant l'organe de frottement (22), et un second côté (16b) opposé au premier côté (16a), le premier côté (16a) présentant une première épaisseur, définie entre  
10 le bord extérieur (21) et le bord intérieur (19) correspondant du cadre (16), et le second côté (16b) présentant une seconde épaisseur, définie entre le bord extérieur (21) et le bord intérieur (19) correspondant du cadre (16), telles que la seconde épaisseur est supérieure à la première épaisseur.

7. Actionneur (10) selon la revendication 4, dans lequel le cadre (16) présente une forme générale hexagonale, l'ensemble piézoélectrique comportant un élément central d'appui (34), chaque élément piézoélectrique (24) s'étendant entre l'élément central d'appui (34) et l'un respectif des bords intérieurs (19) du cadre (16).  
15

8. Actionneur (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant deux organes de frottement (22) chacun porté respectivement par l'un des bords extérieurs (21) du cadre (16), et deux éléments mobiles (12), chacun destiné à coopérer avec l'un respectif des organes de frottement (22).  
20

25

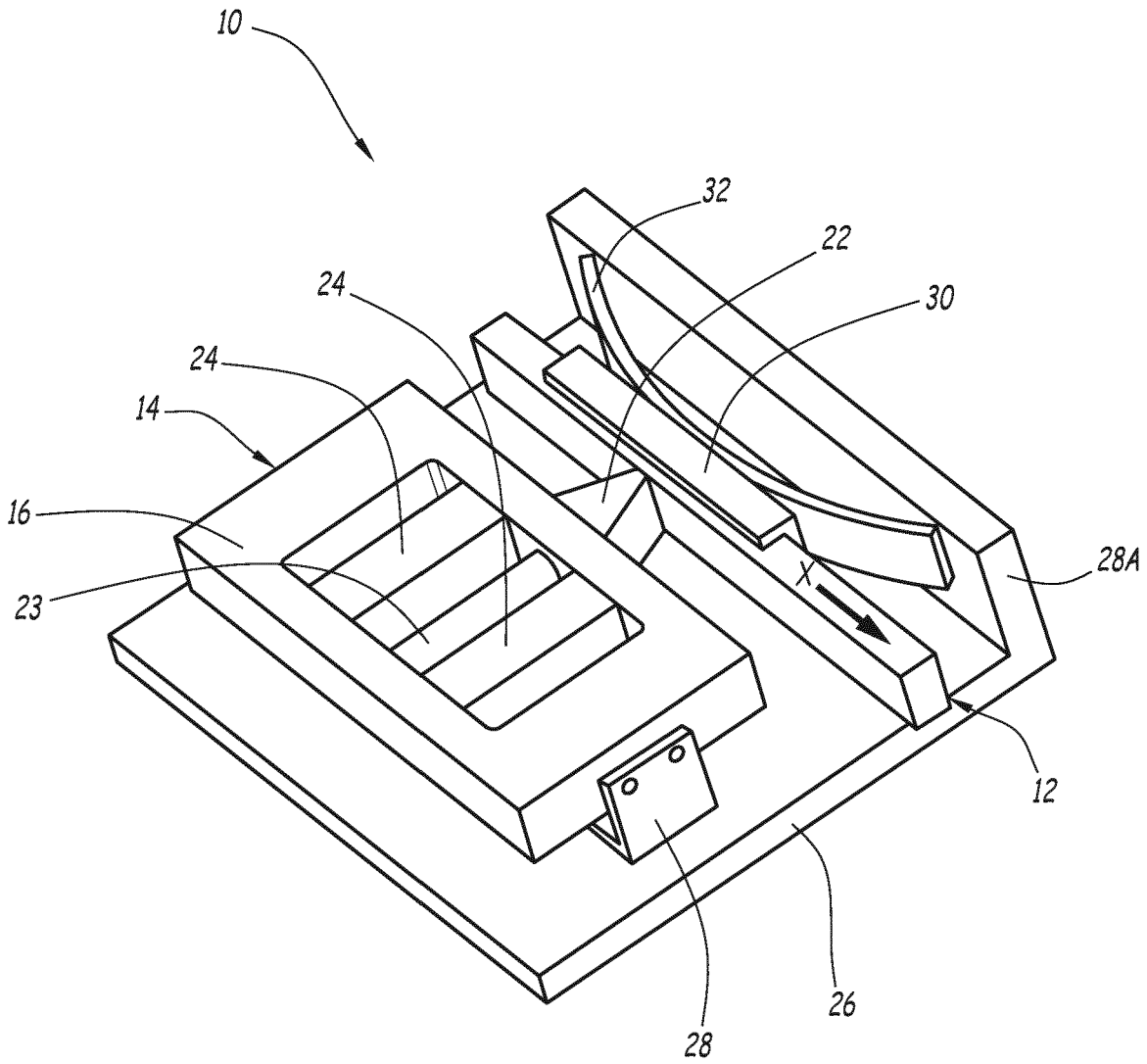


Fig.1

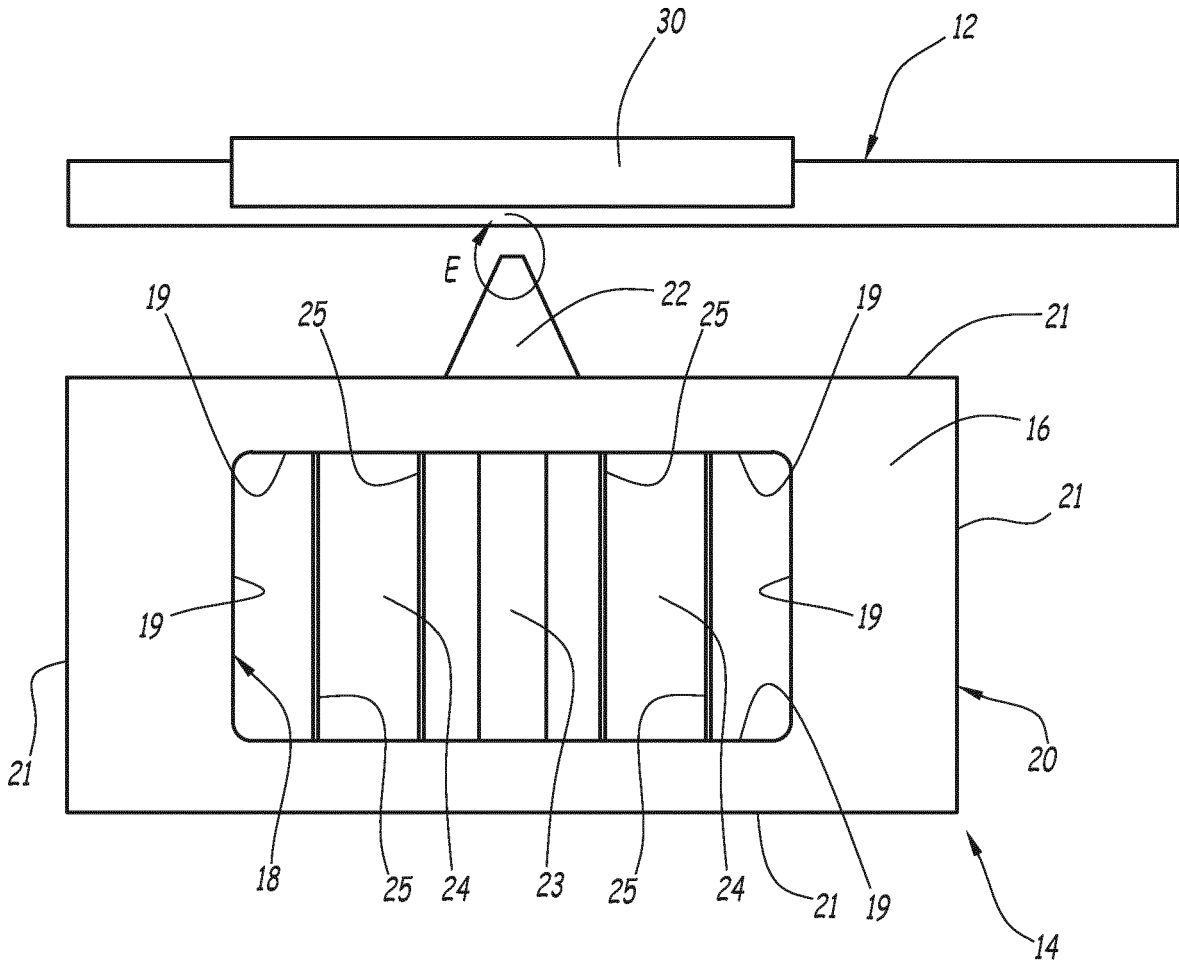


Fig.2

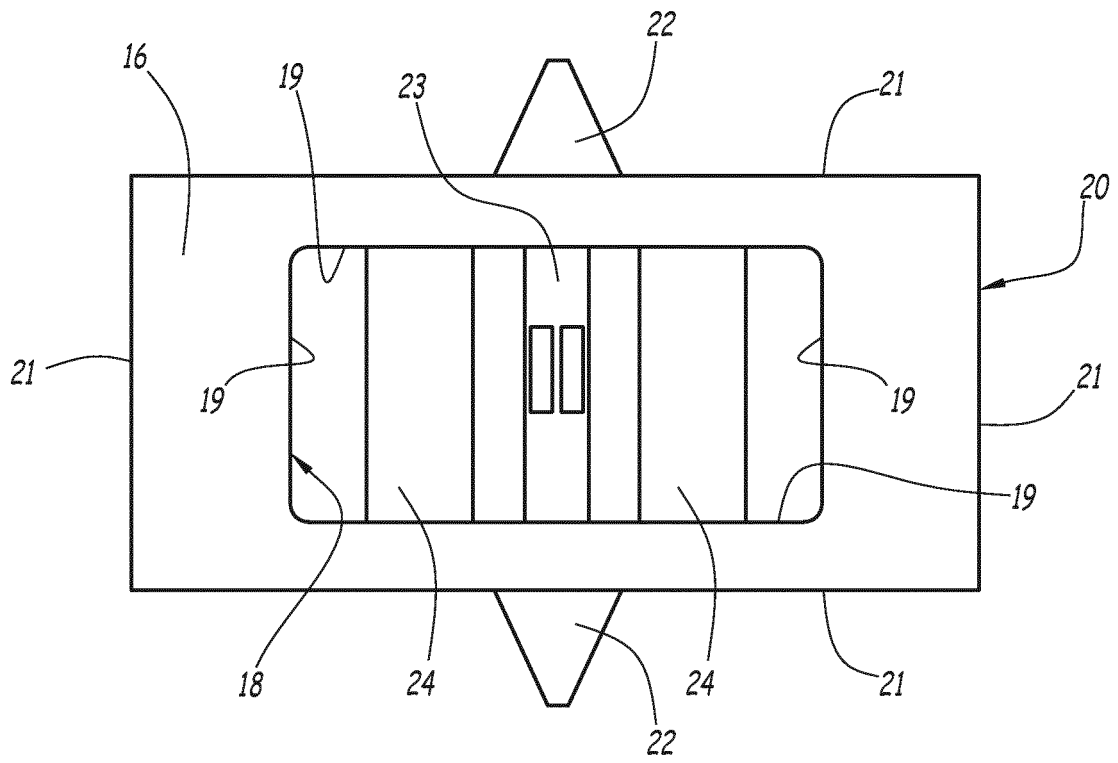


Fig.3

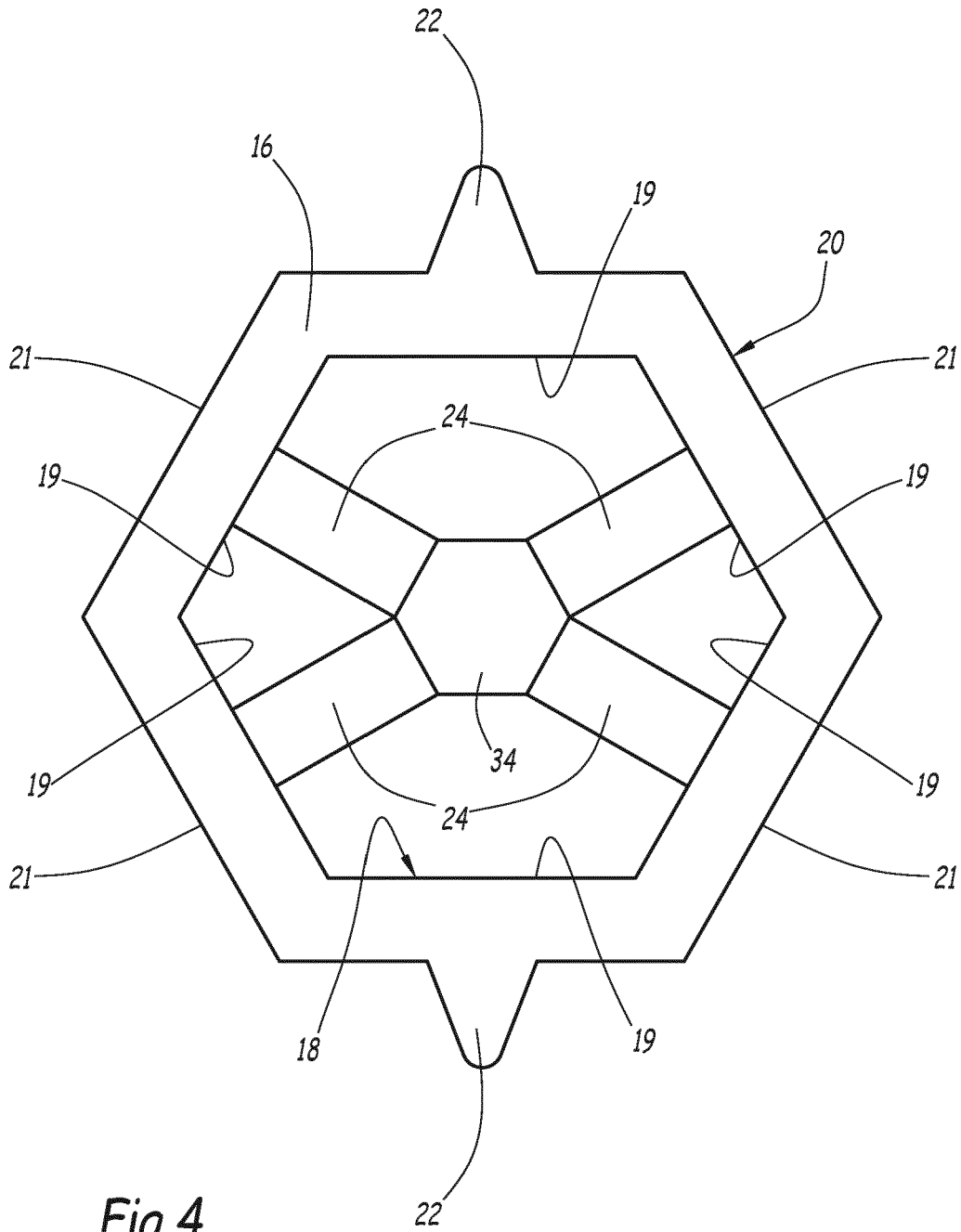


Fig.4

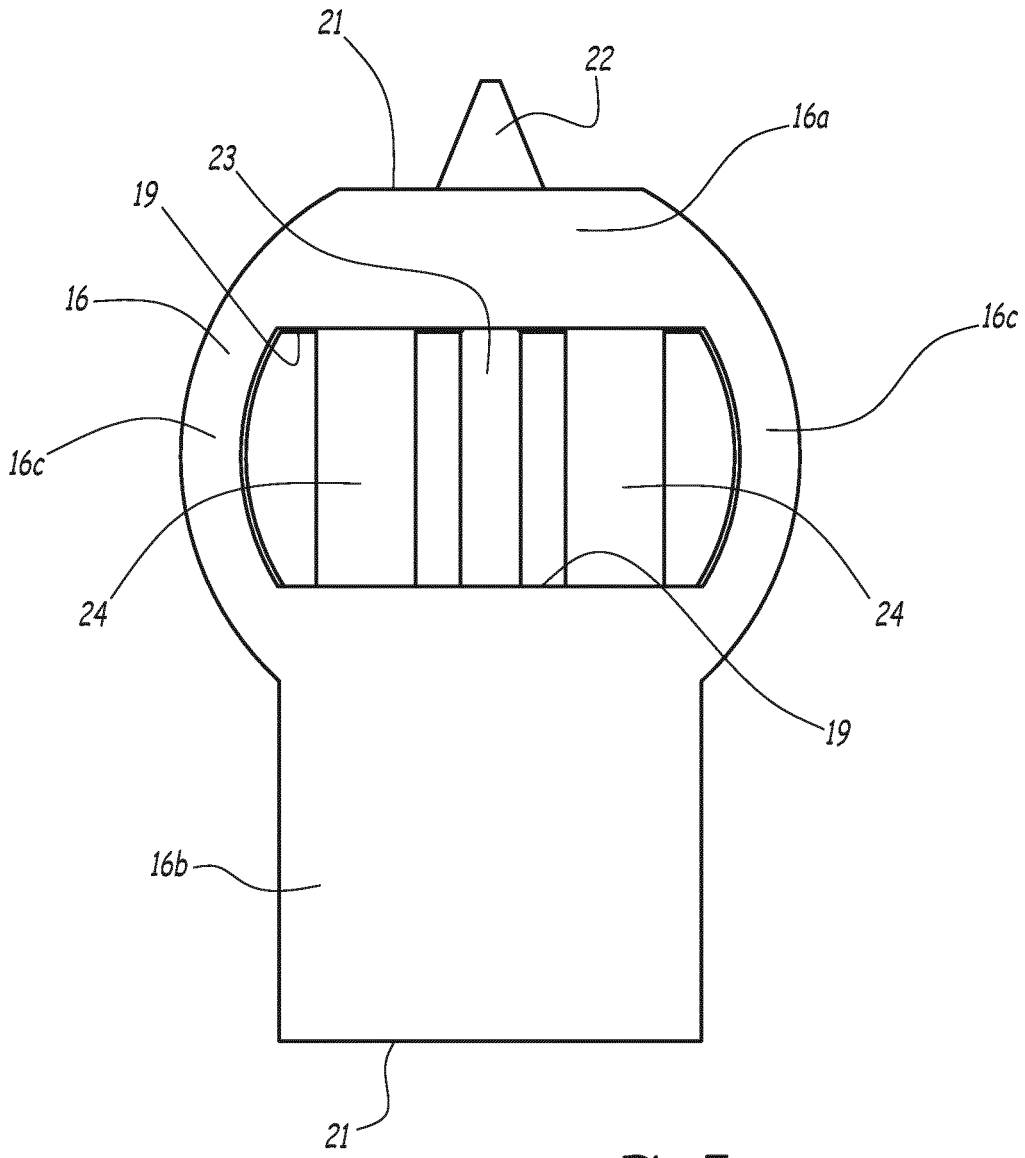


Fig.5

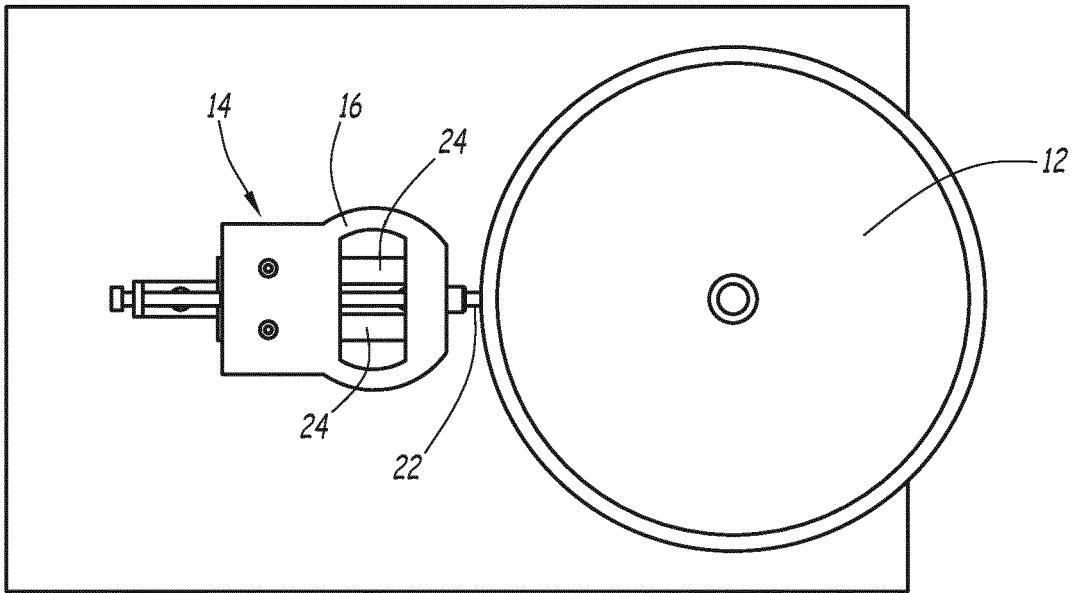


Fig.6

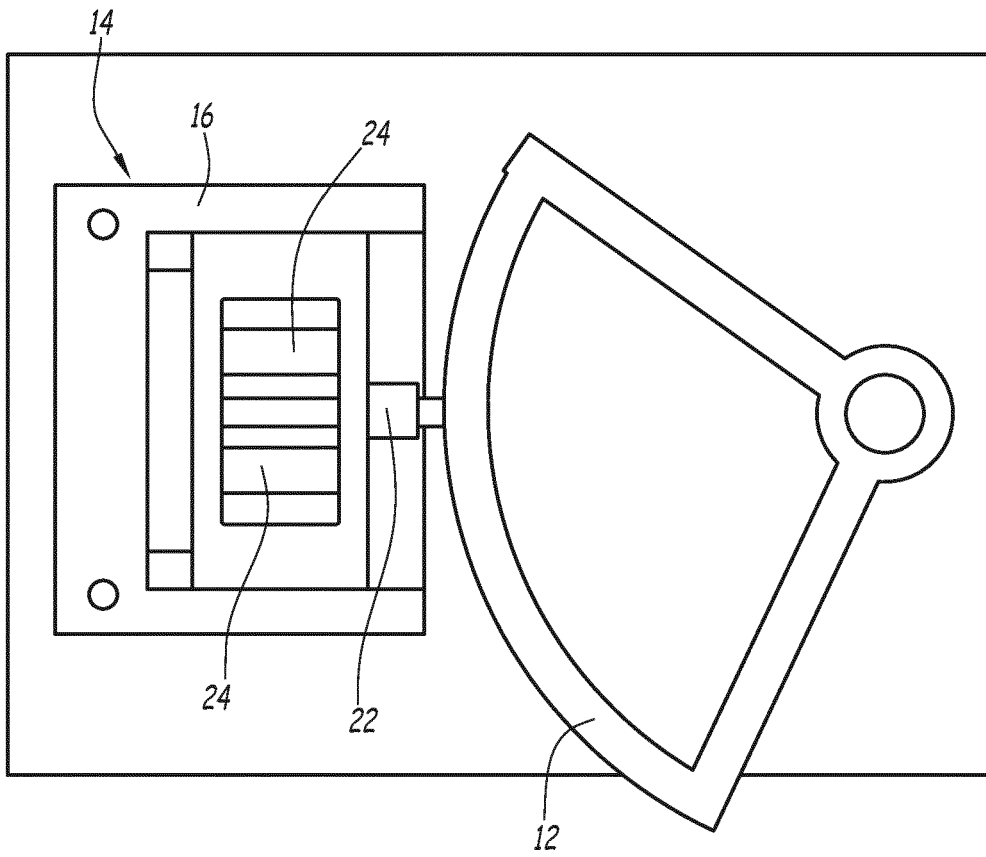


Fig.7

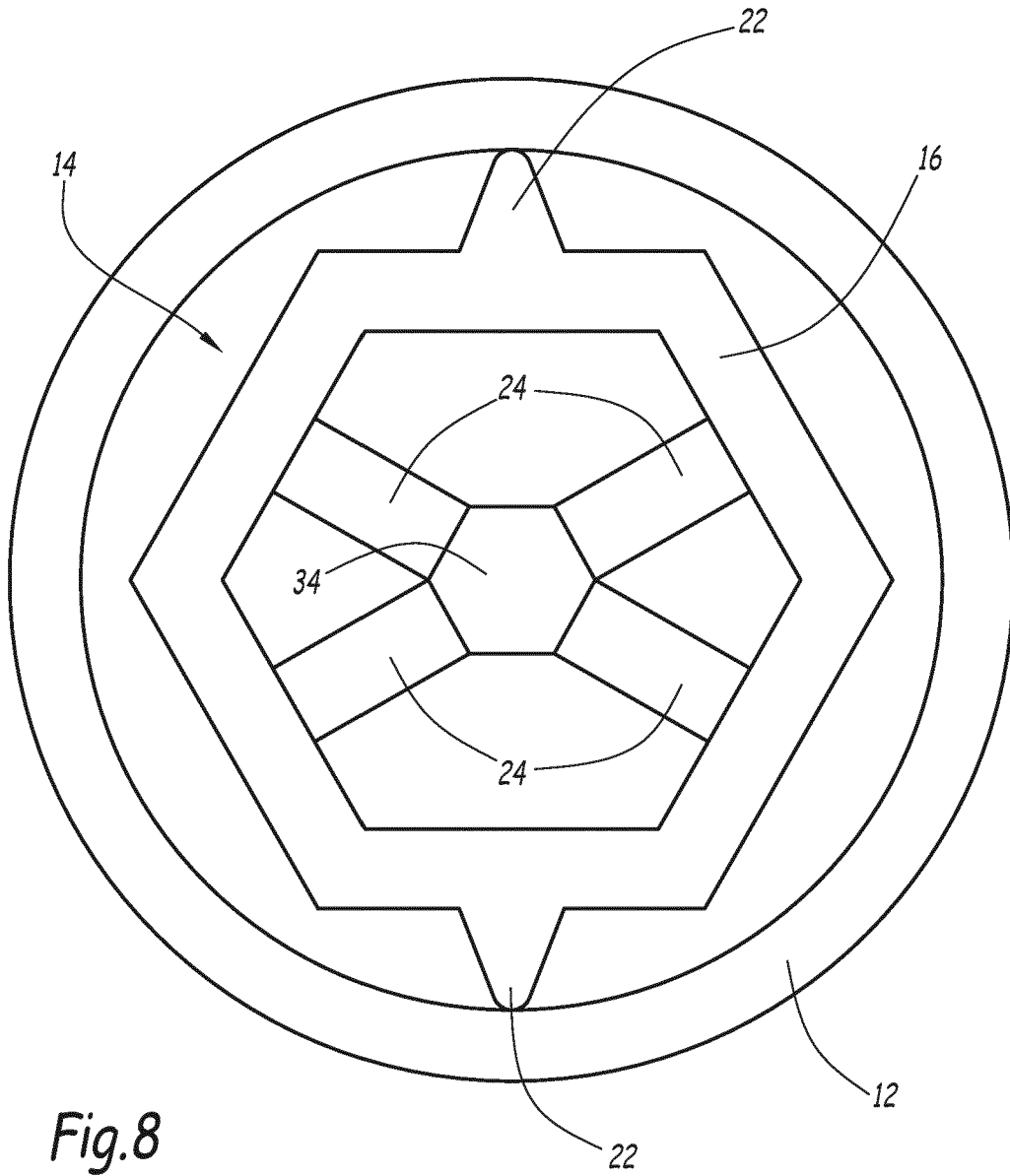


Fig.8

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

WO 2015/113998 A1 (UNIV LEUVEN KATH [BE])  
6 août 2015 (2015-08-06)

US 2017/371125 A1 (NINOMIYA SHUNSUKE [JP])  
28 décembre 2017 (2017-12-28)

US 2016/329835 A1 (KOC BURHANETTIN [DE])  
10 novembre 2016 (2016-11-10)

US 2005/006983 A1 (WITTEVEEN BONNY [NL])  
13 janvier 2005 (2005-01-13)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT