



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/10/19
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/04/28
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2012/04/05
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2010/065698
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/048081
(30) Priorité/Priority: 2009/10/22 (FR0957437)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64C 11/44* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
SNECMA, FR

(72) Inventeur/Inventor:
EYRAUD, JEAN-LOUIS, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : SYSTEME POUR FAIRE VARIER L'INCIDENCE DES PALES D'UNE HELICE DE TURBOMACHINE POUR AERONEF, UTILISANT UN MOTEUR ELECTRIQUE SANS BALAI
(54) Title: SYSTEM FOR VARYING THE ANGLE OF ATTACK OF THE BLADES OF AN AIRCRAFT TURBINE ENGINE PROPELLER, USING A BRUSHLESS ELECTRIC MOTOR

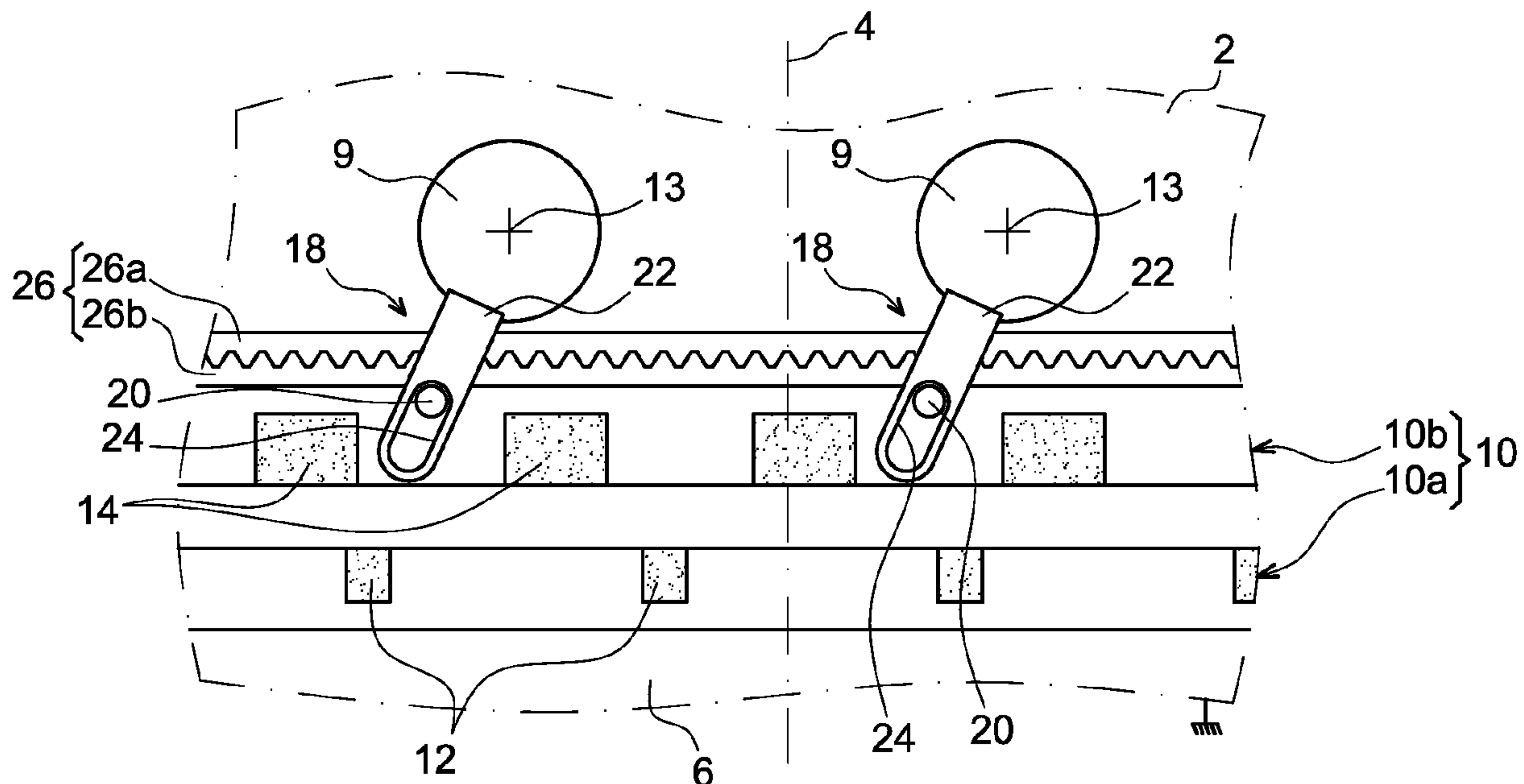


FIG. 2

(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention se rapporte à un système pour faire varier l'incidence des pales d'une hélice de turbomachine pour aéronef, comprenant un moteur sans balai à flux axial (10) comportant un stator (10a) équipé de bobines (12), ainsi qu'un rotor (10b)

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

équipé d'aimants permanents (14), le rotor étant monté déplaçable axialement entre une position verrouillée dans laquelle il est solidaire en rotation d'un moyeu tournant (2) de l'hélice, et une position déverrouillée dans laquelle sa rotation relativement au moyeu selon l'axe de rotation de l'hélice entraîne, par l'intermédiaire de moyens de liaison mécanique (18), une variation de l'incidence des pales.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/048081 A1

(43) Date de la publication internationale
28 avril 2011 (28.04.2011)

(51) Classification internationale des brevets :
B64C 11/44 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/065698

(22) Date de dépôt international :
19 octobre 2010 (19.10.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0957437 22 octobre 2009 (22.10.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
SNECMA [FR/FR]; 2, boulevard du Général Martial
Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : EYRAUD,
Jean-Louis [FR/FR]; 7, Impasse du Pleu, F-77950
Maincy (FR).

(74) Mandataires : ILGART, Jean-Christophe et al.;
Brevaux, 95, rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : SYSTEM FOR VARYING THE ANGLE OF ATTACK OF THE BLADES OF AN AIRCRAFT TURBINE ENGINE PROPELLER, USING A BRUSHLESS ELECTRIC MOTOR

(54) Titre : SYSTEME POUR FAIRE VARIER L'INCIDENCE DES PALES D'UNE HELICE DE TURBOMACHINE POUR AERONEF, UTILISANT UN MOTEUR ELECTRIQUE SANS BALAI

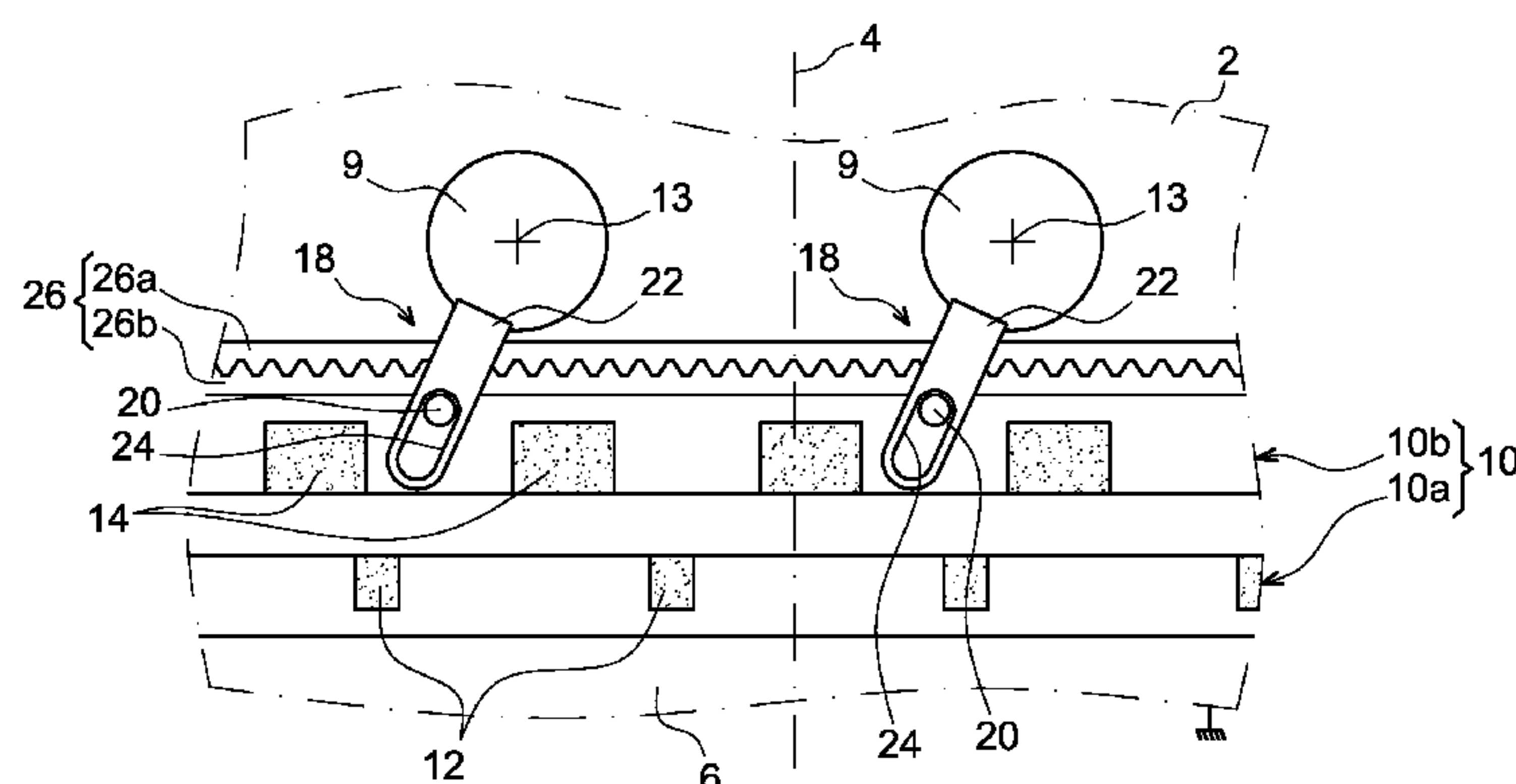


FIG. 2

(57) Abstract : The present invention relates to a system for varying the angle of attack of the blades of an aircraft turbine engine propeller, including a brushless axial flow engine (10) comprising a stator (10a) provided with windings (12), as well as a rotor (10b) provided with permanent magnets (14), the rotor being axially movably mounted between a locked position in which same is rigidly connected in rotation with a rotating hub (2) of the propeller, and an unlocked position in which the rotation thereof relative to the hub, along the axis of rotation of the propeller, results in a variation in the angle of attack of the blades by means of mechanical linkage means (18).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/048081 A1



La présente invention se rapporte à un système pour faire varier l'incidence des pales d'une hélice de turbomachine pour aéronef, comprenant un moteur sans balai à flux axial (10) comportant un stator (10a) équipé de bobines (12), ainsi qu'un rotor (10b) équipé d'aimants permanents (14), le rotor étant monté déplaçable axialement entre une position verrouillée dans laquelle il est solidaire en rotation d'un moyeu tournant (2) de l'hélice, et une position déverrouillée dans laquelle sa rotation relativement au moyeu selon l'axe de rotation de l'hélice entraîne, par l'intermédiaire de moyens de liaison mécanique (18), une variation de l'incidence des pales.

**SYSTEME POUR FAIRE VARIER L' INCIDENCE DES PALES D' UNE
HELICE DE TURBOMACHINE POUR AERONEF, UTILISANT UN
MOTEUR ELECTRIQUE SANS BALAI**

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention se rapporte de façon générale au domaine des systèmes pour faire varier l'incidence des pales d'une hélice de turbomachine pour
10 aéronef, ce type de système étant également dénommé dispositif de calage en incidence ou encore dispositif de variation de pas.

Ici, l'invention s'applique à toute turbomachine pour aéronef comprenant au moins une
15 hélice, tel qu'un turbopropulseur à hélice unique, ou encore un turbopropulseur à deux hélices contrarotatives, à savoir à double rangée de pales contrarotatives, par exemple du type « Open Rotor » (de l'anglais « à rotor non caréné »).

20 **ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

De l'art antérieur, il est connu un système pour faire varier l'incidence des pales d'une hélice, basé sur l'utilisation d'un vérin hydraulique dont le piston est relié mécaniquement à une roue
25 d'entraînement des pieds d'aubes. La variation de l'incidence des aubes s'opère en modifiant l'étendue de sortie du piston.

Ce principe répandu présente néanmoins l'inconvénient de nécessiter un circuit hydraulique
30 conséquent, intégrant en plus du vérin, une pompe, un

réservoir d'huile, et une tuyauterie importante. Cela s'avère coûteux en termes de masse et d'encombrement, alors que l'hélice qui intègre ce système est déjà fortement encombrée par la présence d'autres
5 équipements.

De plus, la présence d'un circuit hydraulique génère un risque de fuite d'huile susceptible de provoquer un feu au sein de la turbomachine.

10 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

L'invention a donc pour but de remédier au moins partiellement aux inconvénients mentionnés ci-dessus, relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

Pour ce faire, l'invention a tout d'abord
15 pour objet un système pour faire varier l'incidence des pales d'une hélice de turbomachine pour aéronef, chaque pale étant montée pivotante sur un moyeu tournant selon un axe de rotation de ladite hélice, ledit système comprenant un moteur électrique sans balai à flux axial
20 comportant un stator équipé de bobines, destiné à être monté fixement sur une partie fixe de la turbomachine, ainsi qu'un rotor équipé d'aimants permanents, le rotor et le stator étant centrés sur l'axe de rotation de ladite hélice et agencés de manière à ce que les
25 bobines se trouvent en regard desdits aimants permanents selon la direction dudit axe de rotation. De plus, il comprend des moyens de liaison mécanique entre ledit rotor et lesdites pales, et, en outre, ledit rotor est monté déplaçable axialement entre une
30 position verrouillée dans laquelle il est solidaire en rotation du moyeu tournant, et une position

déverrouillée dans laquelle sa rotation relativement audit moyeu selon l'axe de rotation de l'hélice entraîne, par l'intermédiaire desdits moyens de liaison mécanique, une variation de l'incidence des pales.

5 L'emploi du moteur électrique sans balai à flux axial autorise la suppression du circuit hydraulique encombrant rencontré dans l'art antérieur, ainsi que la suppression du risque de fuite associé à la présence de ce circuit. De façon générale, la
10 conception du système se trouve simplifiée, et son encombrement réduit, surtout à proximité de l'arbre moteur de l'hélice.

En étant à flux axial, ce moteur électrique peut en effet disposer d'un diamètre important
15 l'écartant considérablement de l'arbre moteur de l'hélice, où les conditions de température sont largement moins sévères.

Cette architecture fournit une flexibilité importante pour libérer totalement l'espace au centre
20 du moyeu de la servitude du contrôle de pas, cet espace libéré pouvant alors servir au logement d'un réducteur et/ou d'un dispositif d'entraînement contrarotatif d'hélice. Elle apporte donc une simplification importante de la conception de ces derniers éléments,
25 et leur assure donc une plus grande fiabilité.

D'autre part, contrairement à d'autres conceptions possibles, elle ne nécessite pas le transfert d'énergie électrique par contact glissant entre la partie fixe et la partie rotative du
30 générateur électrique, source de dysfonctionnement connue dans ce type d'environnement.

De plus, les diamètres importants envisageables avec ce type de moteur sont favorables aux faibles régimes et aux forts couples.

L'invention permet globalement une commande
5 simple, peu encombrante et fiable de l'incidence des pales d'une hélice de turbomachine.

De préférence, le système est conçu de manière à ce que le déplacement axial dudit rotor entre sa position verrouillée et sa position déverrouillée,
10 et/ou son déplacement inverse, s'effectue en générant une force axiale de répulsion/attraction entre les bobines et les aimants. Ici, c'est donc les bobines et les aimants qui sont utilisés pour assurer au moins l'un des déplacements axiaux du rotor, en commandant de
15 manière appropriée les bobines pour obtenir la force de répulsion/attraction souhaitée. De préférence, les deux déplacements sont chacun réalisé par force axiale de répulsion, respectivement d'attraction, entre les bobines et les aimants. Dans le cas où seul l'un des
20 deux déplacements est opéré par force axiale de répulsion/attraction, l'autre déplacement axial peut quant à lui être réalisé à l'aide de moyens élastiques de rappel.

D'autres principes connus de l'homme du
25 métier sont néanmoins envisageables pour l'obtention des déplacements axiaux du rotor du moteur sans balai, sans sortir du cadre de l'invention.

De préférence, le système comprend un dispositif mécanique de blocage en rotation du rotor
30 avec ledit moyeu tournant, le dispositif étant enclenché lorsque le rotor occupe sa position

verrouillée. Par exemple, il peut s'agir d'un dispositif mécanique de blocage en rotation comprenant des roues dentées.

De préférence, lesdits moyens de liaison mécanique entre ledit rotor et lesdites pales comprennent, associés à chaque pale, un doigt solidaire dudit rotor glissant dans une lumière d'un bras fixe en rotation par rapport à la pale concernée, selon son axe de pivotement. D'autres conceptions sont néanmoins envisageables, sans sortir du cadre de l'invention.

Préférentiellement, le système comprend également au moins un dispositif de stockage d'énergie destiné à être interposé entre le rotor et le moyeu tournant, ledit dispositif de stockage étant conçu pour emmagasiner de l'énergie lors de la rotation du rotor visant à augmenter l'incidence des pales. Ainsi, en cas d'incident survenant sur la turbomachine, cette énergie peut être libérée pour ramener les pales dans leur incidence minimale, afin de mettre l'hélice en drapeau.

L'invention a également pour objet une hélice pour turbomachine d'aéronef comprenant un système tel que décrit ci-dessus, servant à piloter ses pales en incidence.

Cette hélice intègre en outre un moyeu centré sur un axe longitudinal, un arbre d'entraînement en rotation dudit moyeu également centré sur l'axe longitudinal, et une pluralité de pales chacune montée pivotante sur ledit moyeu, selon un axe de pivotement.

De préférence, ledit rotor du moteur électrique sans balai est agencé autour dudit moyeu

tournant, ce qui lui confère avantageusement un diamètre très important.

En outre, l'invention a également pour objet une turbomachine pour aéronef comprenant au moins
5 une hélice tel que décrite ci-dessus. Comme mentionné précédemment, il peut s'agir d'un turbopropulseur à hélice unique, ou encore d'un turbopropulseur à deux hélices contrarotatives, à savoir à double rangée de pales contrarotatives, par exemple du type « Open
10 Rotor ». Dans ce dernier cas, chacune des deux hélices présente donc son propre système pour faire varier l'incidence de ses pales.

Enfin, l'invention a pour objet un procédé de commande de l'incidence des pales d'une hélice de
15 turbomachine pour aéronef, à l'aide d'un système tel que décrit ci-dessus. Pour modifier l'incidence des pales, il comprend les étapes suivantes :

- le déverrouillage du rotor du moteur électrique sans balai, en le déplaçant axialement de sa
20 position verrouillée à sa position déverrouillée ;

- la mise en rotation du rotor pour amener les pales à une incidence désirée ; et

- le verrouillage du rotor du moteur électrique sans balai, en le déplaçant axialement de sa
25 position déverrouillée à sa position verrouillée.

De préférence, comme mentionné ci-dessus, au moins l'une des étapes de déverrouillage et de verrouillage est réalisée en générant une force axiale de répulsion/attraction entre les bobines et les
30 aimants.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront dans la description détaillée non limitative ci-dessous.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

5 Cette description sera faite au regard des dessins annexés parmi lesquels ;

 - la figure 1 représente une vue en coupe longitudinale d'une partie d'une hélice pour turbomachine d'aéronef, selon un mode de réalisation
10 préféré de la présente invention ;

 - la figure 2 représente une vue partielle, déployée dans un plan, d'une partie de l'hélice de la figure 1, vue radialement depuis l'extérieur ;

 - les figures 3 à 5 schématisent une
15 opération de changement d'incidence des pales, à l'aide du système dédié équipant l'hélice, ce système pour faire varier l'incidence des pales constituant également un objet de la présente invention ;

 - les figures 6a et 6b montrent une
20 première configuration possible d'aimants et de bobines équipant le moteur sans balai à flux axial du système pour faire varier l'incidence ;

 - les figures 6c et 6d montrent une seconde configuration possible d'aimants et de bobines pour ce
25 moteur sans balai ;

 - la figure 7 représente une vue partielle, déployée dans un plan, d'une partie de l'hélice de la figure 1, montrant une coopération possible entre le rotor du moteur sans balai et le moyeu tournant de
30 l'hélice ;

- les figures 8a et 8b représentent schématiquement un dispositif de stockage d'énergie interposé entre le rotor du moteur sans balai et le moyeu supportant les pales ;

5 - les figures 9a et 9b représentent des vues similaires à celles des figures 3 et 4, avec des moyens de liaison mécanique entre le rotor et les pales se présentant sous la forme d'une alternative de réalisation ; et

10 - la figure 10 représente une vue partiellement éclatée en perspective d'une partie d'une hélice pour turbomachine d'aéronef, selon un autre mode de réalisation préféré de la présente invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

15 En référence à la figure 1, on peut apercevoir une hélice 1 pour turbomachine d'aéronef, de préférence du type turbopropulseur à hélice unique.

 L'hélice 1 comprend un moyeu ou disque 2 centré sur un axe longitudinal 4 de l'hélice, ce disque
20 étant monté à rotation par rapport à un stator 6 de l'hélice, selon l'axe 4. Il est entraîné en rotation par un arbre d'entraînement 8 également centré sur l'axe longitudinal 4, cet arbre pouvant être un arbre de sortie d'une boîte de vitesse alimentée par un
25 générateur des gaz de la turbomachine, ou encore un arbre de sortie de ce générateur des gaz. Le couplage permanent en rotation de l'arbre 8 avec le moyeu 2 s'effectue de manière classique, connue de l'homme du métier.

30 Au niveau de sa périphérie, le moyeu 2 porte une pluralité de pales l'hélice 9, par exemple

une dizaine ou plus, chacune montée pivotante dans un orifice correspondant 11 du moyeu 2, selon un axe de pivotement 13. Les axes de pivotement 13 sont tous situés dans un même plan orthogonal à l'axe de l'hélice 4, et de préférence orientés radialement.

L'hélice 1 comprend également un système 100 pour faire varier l'incidence des pales, permettant un pilotage simultané de leur incidence.

Ce système 100 comprend un moteur électrique sans balai 10 à flux axial, comportant un stator 10a monté fixement sur le stator 6 de l'hélice et équipé de bobines 12, ainsi qu'un rotor 10b équipé d'aimants permanents 14, et monté autour du moyeu tournant 2. De plus, le moteur comporte des moyens de commande 16 permettant de piloter l'alimentation électrique des bobines, ce type de moyens de commande étant connu de l'homme du métier.

Le rotor 10b et le stator 10a sont centrés sur l'axe de rotation de l'hélice, correspondant à l'axe 4. Afin de permettre le flux axial entre ceux-ci, ils sont agencés de manière à ce que les bobines 12 se trouvent en regard des aimants permanents 14 selon la direction de cet axe de rotation 4. Le rotor 10b et le stator 10a ont donc un diamètre important, et sont agencés de telle sorte que les bobines 12 et aimants permanents 14 se trouvent situés radialement vers l'extérieur par rapport à la partie des pieds de pale logée dans les orifices 11 du moyeu 2.

Le stator 10a prend la forme d'une couronne portant fixement, par exemple dans des logements appropriés de cette couronne, les bobines 12 espacées

circonférentiellement les unes des autres, et prévues par exemple au nombre de neuf. Le rotor 10b prend lui aussi la forme d'une couronne portant fixement, par exemple dans des logements appropriés de cette
5 couronne, les aimants permanents 14 espacées circonférentiellement les uns des autres, et prévus par exemple au nombre de quatorze, leur nombre étant inférieur à celui des bobines.

Ce type de moteur sans balai (de l'anglais
10 « brushless »), fonctionne en créant, grâce aux moyens de commande 16, un champ tournant dans les bobines 12. Pour faire tourner le rotor dans un premier sens de rotation, le champ doit tourner en avance de phase sur la rotation, et inversement pour faire tourner le rotor
15 dans le sens de rotation opposé.

Le système 100 comporte également des moyens de liaison entre le rotor 10b et les pales 9. Ces moyens référencés de façon générale par la référence 18 sur la figure 1 vont être détaillés en
20 référence à la figure 2. Sur celle-ci, on peut voir en effet que chaque pale 9 est associé à ses propres moyens de liaison 18 avec le rotor 10b, ces moyens consistant ici en un doigt 20 solidaire du rotor 10b et faisant saillie radialement vers l'extérieur, ainsi
25 qu'un bras 22 fixe en rotation par rapport à sa pale associée 9, selon l'axe de pivotement 13. De plus, le bras 22 présente une lumière 24 dans laquelle glisse le doigt 20.

Le système 100 comporte par ailleurs un
30 dispositif mécanique 26 de blocage en rotation du rotor 10b avec le moyeu tournant 2, ce dispositif comportant

ici une première roue dentée 26a centrée sur l'axe 4 et solidaire de la couronne du rotor 10b, ainsi qu'une seconde roue dentée 26b de même diamètre, centrée sur l'axe 4 et solidaire du moyeu 2. Sur la figure 2, on
5 peut apercevoir le dispositif mécanique 26 dans sa configuration enclenchée, obtenue grâce à l'engagement des dents des deux roues 26a, 26b empêchant la rotation relative du rotor 10b par rapport au moyeu 2. Comme cela va à présent être détaillé, le rotor 10b ainsi
10 positionné occupe une position dite verrouillée, par opposition à une position dite déverrouillée qu'il peut également occuper.

En effet, l'une des particularités de la présente invention réside dans le fait que le rotor 10b
15 est monté déplaçable axialement entre la position verrouillée de la figure 2 dans laquelle il est solidaire en rotation du moyeu tournant 2, et la position déverrouillée dans laquelle sa rotation relativement au moyeu entraîne, par l'intermédiaire des
20 moyens de liaison mécanique 18, une variation de l'incidence des pales 9.

A cet égard, une opération de changement d'incidence des pales va à présent être détaillée en référence aux figures 2 à 5. Sur la figure 2,
25 l'enclenchement du dispositif mécanique 26 empêche donc la rotation relative du rotor 10b et du moyeu 2, qui sont entraînés de manière solidaire par l'arbre moteur, avec les pales 9 occupant une incidence donnée, maintenue tant que le dispositif mécanique 26 reste
30 enclenché. Lorsqu'un changement d'incidence des pales est requis, il est tout d'abord opéré un déverrouillage

du rotor 10b, en le déplaçant axialement vers sa position déverrouillée, dans laquelle il est écarté de la roue dentée 26b comme montré sur la figure 3, et rapproché du stator 10a. Du fait de ce coulisement du rotor 10b sur le moyeu 2 dans la direction axiale, l'engagement des dents des roues 26a, 26b est rompu. D'ailleurs, durant ce mouvement du rotor 10b, chaque doigt 20 coulisse également dans sa lumière associée 24, sensiblement sur toute la longueur de celle-ci.

Ensuite, les moyens de commande 16 du moteur alimentent les bobines afin de faire tourner le rotor 10b selon une amplitude angulaire déterminée, conduisant à amener les pales 9, via les moyens de liaison mécanique 18, à une incidence désirée. Comme cela est schématisé sur la figure 4, la mise en rotation des doigts 20 par le rotor 10b provoque le pivotement de leur bras associé 22 selon l'axe 13, qui lui entraîne l'ensemble de la pale 9 en rotation selon ce même axe.

Une fois l'incidence désirée atteinte, il est opéré un verrouillage du rotor 10b, en le déplaçant axialement vers sa position verrouillée, dans laquelle il est à nouveau rapproché de la roue dentée 26b comme montré sur la figure 5, et éloigné du stator 10a. Du fait de ce coulisement du rotor 10b sur le moyeu 2 dans la direction axiale, l'engagement des dents des roues 26a, 26b est à nouveau activé, de sorte que l'incidence des pales ne peut plus être modifiée avant la mise en œuvre d'une nouvelle opération de changement d'incidence semblable à celle qui vient d'être décrite.

A titre indicatif, il est noté que pour que l'engagement des dents ne modifie pas ou seulement de manière négligeable l'incidence des pales, le pas des dents des roues 26a, 26b est proche ou identique du pas de réglage de l'incidence des pales.

Concernant ce mode de réalisation préféré, il est fait en sorte que la position angulaire relative du rotor 10b et du moyeu 2 ne soit pas modifiée lors des déplacements axiaux du rotor 10b, afin de ne pas modifier involontairement l'incidence des pales. La solution de mise en mouvement électromagnétique du rotor, qui sera détaillée ci-après, est l'une des possibilités envisagées pour obtenir une telle fonctionnalité.

Egalement, il est noté que la configuration des moyens de liaison mécanique 18 est telle qu'elle peut éventuellement engendrer une modification de l'incidence des pales lors du mouvement axial du rotor 10b visant à le verrouiller, quand bien même celui-ci ne serait pas déplacé angulairement par rapport au moyeu 2 durant un tel mouvement axial. Dans un tel cas de figure, il est tenu compte de ce mouvement parasite dans l'étendue de la rotation du rotor, afin que l'incidence des pales obtenue à la fin de l'opération de modification soit celle désirée. En d'autres termes, si un tel mouvement parasite est censé se produire, alors le rotor 10b est stoppé en rotation dans une position dans laquelle il place les pales 9 dans une incidence différente de celle qui sera finalement obtenue, après verrouillage de ce rotor 10b.

Comme mentionné ci-dessus, le verrouillage et le déverrouillage du rotor 10b peuvent être astucieusement réalisés à l'aide du moteur électrique 10 commandé de façon particulière, et non à l'aide d'un
5 dispositif d'entraînement additionnel, même si cette possibilité reste envisageable.

Pour ce qui concerne le déverrouillage, les bobines et aimants permanents sont utilisés de manière à générer une force d'attraction conduisant le rotor
10 10b à se déplacer axialement en direction du stator 10a. Plus précisément, les bobines 12 sont pilotées de manière à obtenir un champ axial fixe dans le repère tournant. Pour créer ce champ à partir du stator 10a, les bobines 12 sont commutées à la même vitesse que la
15 vitesse de rotation du moyeu 2, de manière à avoir à chaque instant une majorité de bobines et d'aimants de sens opposé en regard, pour générer la force d'attraction précitées. Ce champ vu depuis le rotor 10b est axial d'orientation constante, tandis que vu depuis
20 le stator, il est également axial d'orientation constante mais tourne à la vitesse du rotor 10b et du moyeu 2.

La figure 6a montre une vue schématique déployée dans un plan des bobines 12 et des aimants 14
25 équipant le moteur sans balai 10. Dans la configuration adoptée avec neuf bobines et quatorze aimants, on peut en effet piloter les polarités des bobines 12 pour qu'à chaque instant, chacune d'elles présente une surface aussi importante que possible en regard d'un aimant de
30 polarité opposée. Ici, dans le cas le plus favorable, 60% de la surface totale des bobines se trouve en

regard d'un aimant de polarité opposée, ce qui suffit pour obtenir la force d'attraction requise, même si le rotor est susceptible de vibrer du fait de la force opposée s'appliquant sur celui-ci, générée par les 40%
5 de surface restante. Il en est de même lorsqu'une force de répulsion est requise, recherchée pour l'étape de verrouillage, cas dans lequel les polarités des bobines 12 sont pilotées pour qu'à chaque instant, chacune d'elles présente une surface aussi importante que
10 possible en regard d'un aimant de même polarité, comme montré sur la figure 6b. A cet égard, sur ces figures, le grisage foncé correspond à une polarité positive tandis que le grisage clair correspond à une polarité négative.

15 Les figures 6c et 6d montrent un autre mode de réalisation préféré dans lequel chaque bobine 12 est divisée en deux parties distinctes 12a, 12b, pouvant adopter des polarités identiques ou opposées. La surface de recouvrement maximale peut alors être élevée
20 de 60% à 75%, ce qui favorise l'obtention d'une force de répulsion/attraction plus intense, et diminue les effets de vibrations du rotor.

Il est noté que dans le mode de réalisation préféré décrit ci-dessus, la force de répulsion est
25 produite par le moteur 10 non seulement durant l'étape de verrouillage du rotor 10b, mais également lorsque ce dernier est en position verrouillée, afin de maintenir l'engagement des dents des deux roues 26a, 26b du dispositif 26 de blocage en rotation du rotor 10b.

30 La figure 7 montre une façon de s'assurer que durant la mise en rotation du rotor 10b sur le

moyeu 2, opérée pour changer l'incidence des pales, ce rotor ne se déplace pas axialement vis-à-vis de ce même moyeu. Pour ce faire, ce dernier est équipé d'un ou plusieurs pions 30 faisant saillie vers l'extérieur, tandis que le rotor 10b présente, sur sa surface interne, une rainure 32 dont l'une de ses parois latérales présente des logements 34 espacés régulièrement, selon une distance correspondant au pas de réglage de l'incidence des pales. Lorsque le rotor se trouve en position verrouillée telle que représentée sur la partie gauche de la figure 7, chaque pion 30 se trouve inséré dans l'un des logements 34. Par conséquent, cela conduit à un blocage en rotation du rotor par rapport au moyeu, ce système pouvant venir compléter le dispositif de blocage 26, ou le remplacer. En revanche, après le déverrouillage du rotor 10b, chaque pion 30 se situe dans la rainure 32, de sorte que lorsqu'il se trouve entre deux logements 34 comme représenté sur la partie droite de la figure 7, aucun déplacement relatif axial n'est possible entre le rotor en rotation et le moyeu 2.

Afin de conférer une fonction de sécurité, également dite « Fail Safe », le système 100 peut être équipé de plusieurs dispositifs de stockage d'énergie 40 interposés entre le rotor 10b et le moyeu tournant 2. Ici, chaque dispositif 40 prend la forme d'un ressort ou équivalent dont les deux extrémités sont respectivement montées sur les éléments 10b, 2, ces ressorts étant conçus pour emmagasiner de l'énergie lors de la rotation du rotor visant à augmenter l'incidence des pales. Avec cette configuration, en cas

d'incident survenant sur la turbomachine, l'énergie préalablement emmagasinée dans les dispositifs 40 est automatiquement libérée dès lors que la rotation du rotor relativement au moyeu 2 est déverrouillée. La libération de cette énergie produit une rotation relative du rotor par rapport au moyeu, dans un sens qui ramène les pales dans leur incidence minimale, permettant ainsi de mettre l'hélice en drapeau. A cet égard, la figure 8a montre un agencement avec des dispositifs 40 lors de la rotation du rotor 10b visant à augmenter l'incidence des pales, tandis que la figure 8b montre le même agencement lors de la libération d'énergie préalablement emmagasinée par les ressorts.

Une solution hydraulique de stockage d'énergie aurait également pu être envisagée, sans sortir du cadre de l'invention.

Les figures 9a et 9b montrent des moyens de liaison mécanique entre le rotor et les pales se présentant sous la forme d'une alternative de réalisation. Ici, ces moyens 18 comprennent toujours, associé à chaque pale 9, un bras 22 solidaire en rotation de celle-ci, selon l'axe de pivotement 13. Néanmoins, l'extrémité distale de chaque bras 22 est articulée sur un anneau commun 42 centré sur l'axe 4 et préférentiellement agencé autour du rotor 10b. Les moyens 18 comportent également un ou plusieurs doigts d'entraînement 20 solidaires du rotor 10b, faisant saillie radialement vers l'extérieur et glissant chacun dans une lumière axiale 24 prévue sur l'anneau 42. Néanmoins, ici, le nombre de pions et de lumière peut être largement inférieur au nombre de pales de

l'hélice, contrairement au mode de réalisation montré sur les figures précédentes. Ainsi, en position de verrouillage du rotor telle que montrée sur la figure 9a, chaque doigt 20 se situe à une extrémité de sa lumière associée, puis coulisse jusqu'à l'extrémité opposée durant le déverrouillage du rotor 10b se déplaçant axialement. Dans cette position, la rotation relative du rotor par rapport au moyeu, schématisée sur la figure 9b, conduit à la rotation de l'anneau 42 autour de l'axe 4 grâce aux doigts 20, ainsi qu'au pivotement de chaque bras 22 autour de son axe 13, conduisant à la variation d'incidence de la pale 9 associée.

Enfin, la figure 10 montre un autre mode de réalisation préféré de la présente invention, dont la différence avec le précédent réside essentiellement dans la conception des moyens de liaison mécanique 18 entre le rotor et les pales. Ces moyens comprennent ici une roue dentée 18a centrée sur l'axe 4, faisant partie intégrante du rotor 10b du moteur électrique sans balai 10. De plus, ils intègrent, associée à chaque pale 9, une roue dentée 18b solidaire en rotation du pied de la pale concernée. Ainsi, en position verrouillée du rotor 10b, dans laquelle il est rapproché du stator 10a par opposition au mode de réalisation précédent, l'absence d'engrènement entre les roues 18a, 18b empêche la modification de l'incidence des pales par la roue dentée 18a. A cet égard, sur la figure 10, il n'a pas été représenté de dispositif de blocage en rotation du rotor 10b vis-à-vis du moyeu 2, étant néanmoins précisé qu'il peut prendre toute forme réputée appropriée par

l'homme du métier. De plus, dans cette position, les pales 9 peuvent être maintenues dans leur incidence par des systèmes additionnels, également connus de l'homme du métier. Les moyens de liaison mécanique 18 adoptent
5 donc ici un caractère débrayable.

En outre, après avoir été déplacé axialement vers sa position déverrouillée où il est éloigné du stator 10a, le rotor 10b engrène avec les roues 18b via la roue 18a qu'il porte, de sorte que sa
10 rotation entraîne une modification de l'incidence des pales.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme du métier à l'invention qui vient d'être décrite, uniquement à
15 titre d'exemples non limitatifs.

REVENDICATIONS

1. Système (100) pour faire varier l'incidence des pales (9) d'une hélice de turbomachine pour aéronef, chaque pale étant montée pivotante sur un moyeu (2) tournant selon un axe de rotation (4) de ladite hélice, ledit système étant caractérisé
- 5 en ce qu'il comprend un moteur électrique sans balai à flux axial (10) comportant un stator (10a) équipé de bobines (12), destiné à être monté fixement sur une partie fixe de la turbomachine, ainsi qu'un rotor (10b) équipé d'aimants permanents (14), le rotor et le stator étant centrés sur l'axe de rotation (4) et agencés de manière à ce que les bobines se trouvent en
- 10 regard desdits aimants permanents selon la direction dudit axe de rotation,
- en ce qu'il comprend également des moyens de liaison mécanique (18) entre ledit rotor (10b) et lesdites pales (9),
- 20 et en ce que ledit rotor (10b) est monté déplaçable axialement entre une position verrouillée dans laquelle il est solidaire en rotation du moyeu tournant (2), et une position déverrouillée dans laquelle sa rotation relativement audit moyeu selon
- 25 l'axe de rotation de l'hélice entraîne, par l'intermédiaire desdits moyens de liaison mécanique (18), une variation de l'incidence des pales.

2. Système selon la revendication 1
- 30 caractérisé en ce qu'il conçu de manière à ce que le déplacement axial dudit rotor (10b) entre sa position

verrouillée et sa position déverrouillée, et/ou son déplacement inverse, s'effectue en générant une force axiale de répulsion/attraction entre les bobines (12) et les aimants (14).

5

3. Système selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif mécanique (26) de blocage en rotation du rotor avec ledit moyeu tournant, le dispositif étant enclenché lorsque le rotor (10b) occupe sa position verrouillée.

4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif mécanique de blocage en rotation comprend des roues dentées (26a, 26b).

5. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens de liaison mécanique (18) entre ledit rotor et lesdites pales comprennent, associés à chaque pale (9), un doigt (20) solidaire dudit rotor glissant dans une lumière (24) d'un bras (22) fixe en rotation par rapport à la pale concernée, selon son axe de pivotement (13).

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend également au moins un dispositif de stockage d'énergie (40) destiné à être interposé entre le rotor (10b) et le moyeu tournant (2), ledit dispositif de

30

stockage étant conçu pour emmagasiner de l'énergie lors de la rotation du rotor visant à augmenter l'incidence des pales.

5 7. Hélice (1) pour turbomachine d'aéronef comprenant un système (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10 8. Hélice selon la revendication 7, intégrant en outre un moyeu (2) centré sur un axe longitudinal (4), un arbre d'entraînement en rotation (8) dudit moyeu (2) également centré sur l'axe longitudinal (4), et une pluralité de pales (9) chacune montée pivotante sur ledit moyeu (2), selon un axe de
15 pivotement (13).

 9. Hélice selon la revendication 8, caractérisée en ce que ledit rotor (10b) du moteur électrique sans balai est agencé autour dudit moyeu
20 tournant (2).

 10. Turbomachine pour aéronef comprenant au moins une hélice (1) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9.

25

 11. Procédé de commande de l'incidence des pales d'une hélice de turbomachine pour aéronef, à l'aide d'un système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que pour
30 modifier l'incidence des pales, il comprend les étapes suivantes :

- le déverrouillage du rotor du moteur électrique sans balai, en le déplaçant axialement de sa position verrouillée à sa position déverrouillée ;

- la mise en rotation du rotor pour amener
5 les pales à une incidence désirée ; et

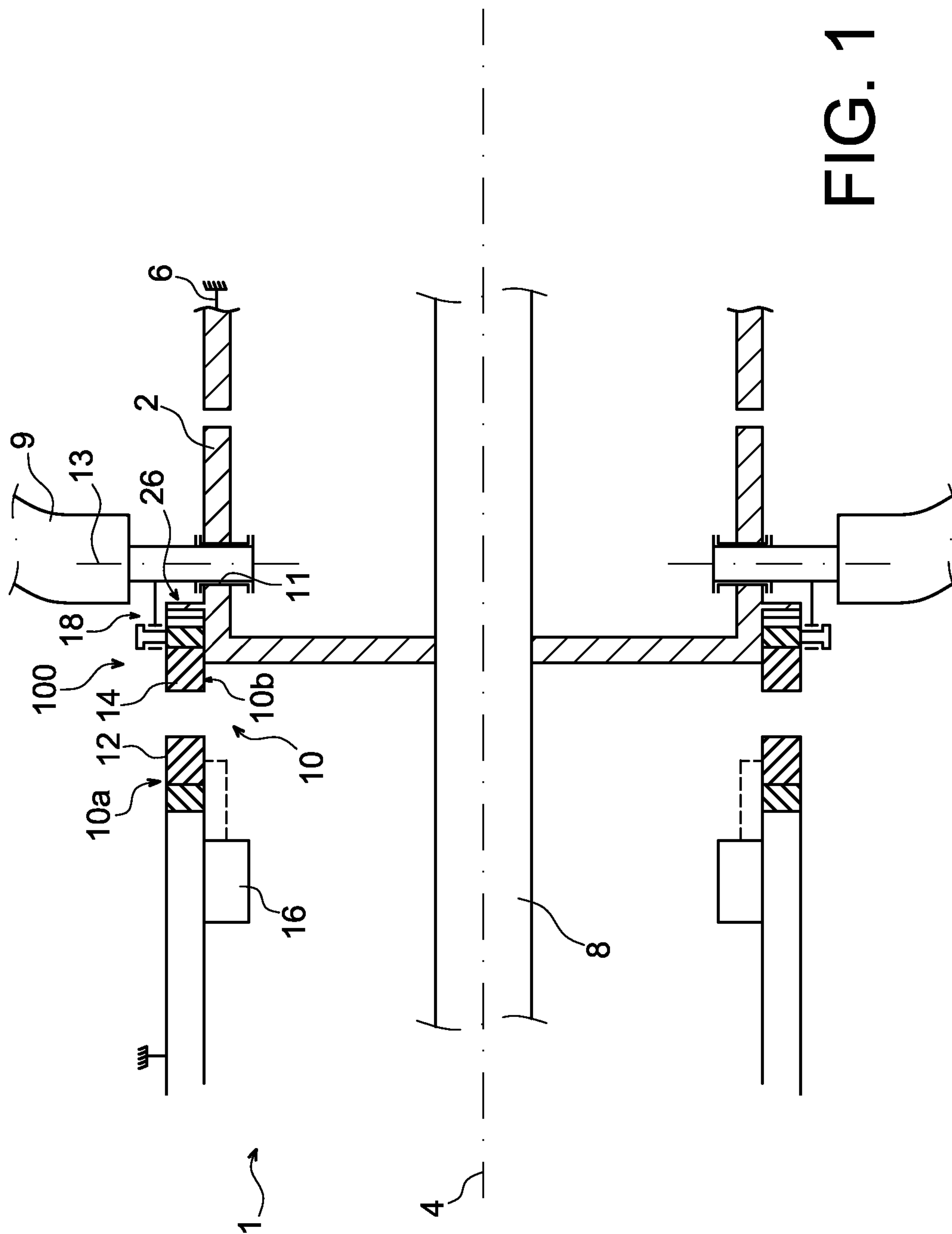
- le verrouillage du rotor du moteur électrique sans balai, en le déplaçant axialement de sa position déverrouillée à sa position verrouillée.

10 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'au moins l'une des étapes de déverrouillage et de verrouillage est réalisée en générant une force axiale de répulsion/attraction entre les bobines et les aimants.

15

20

1 / 9



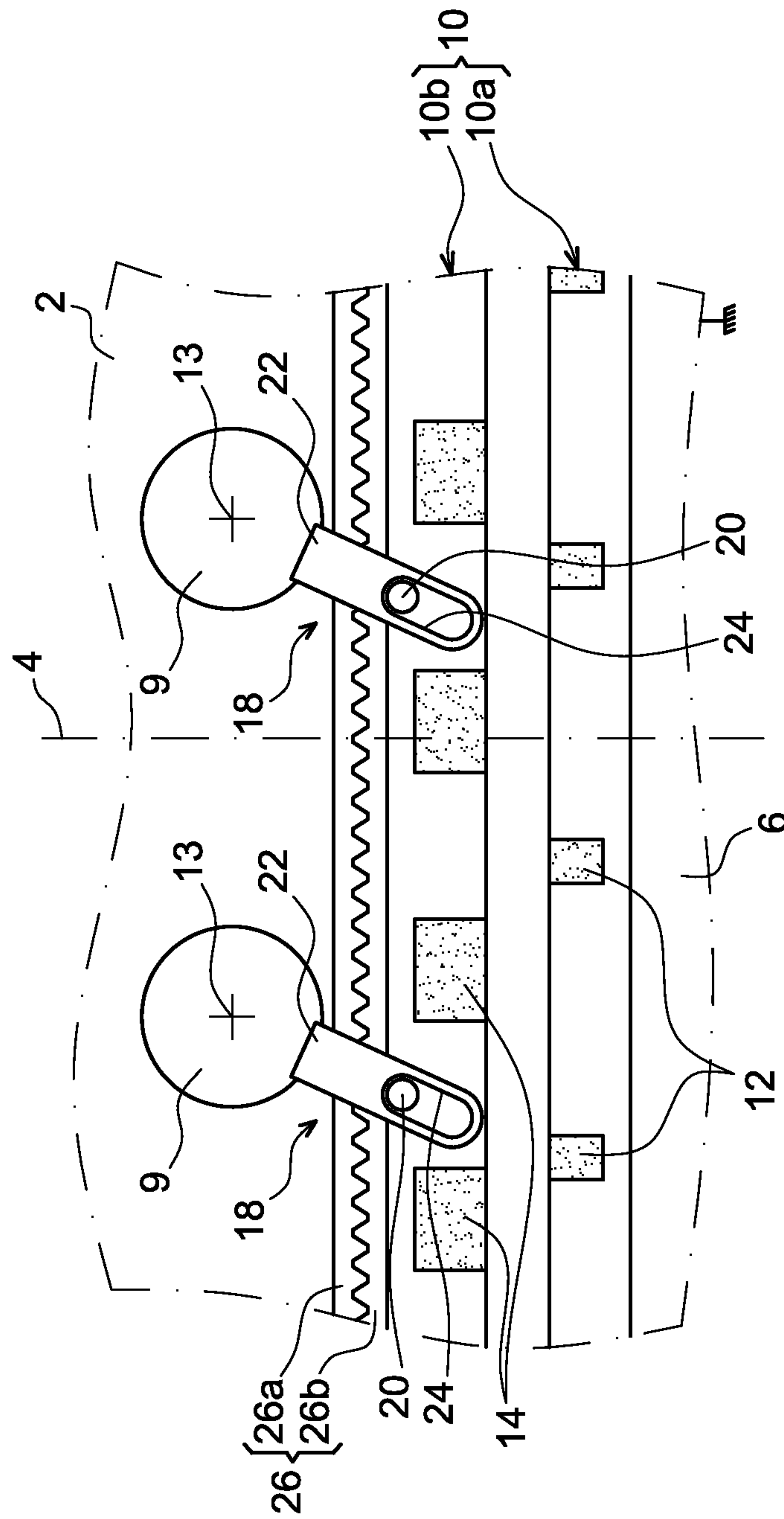


FIG. 2

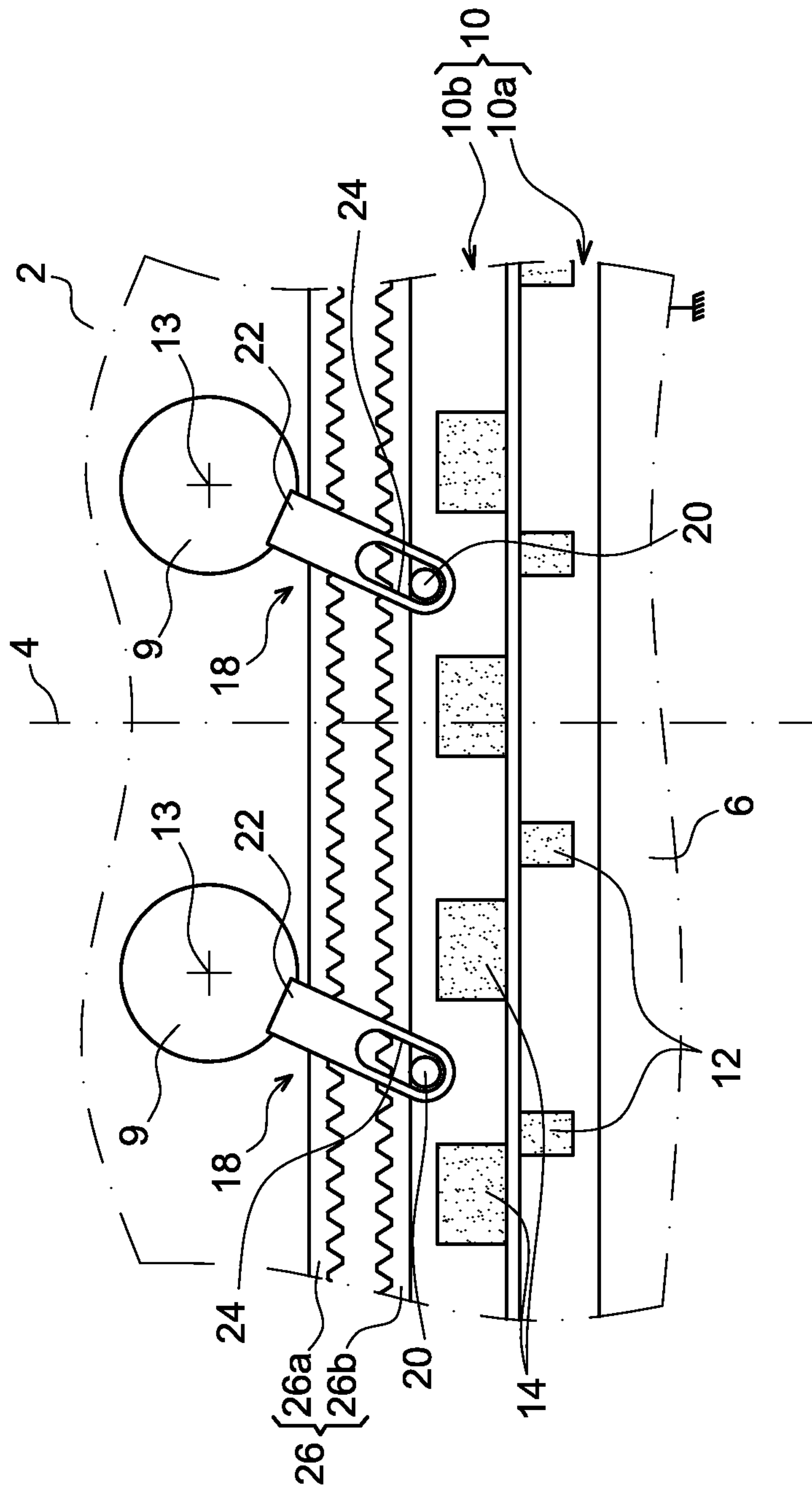


FIG. 3

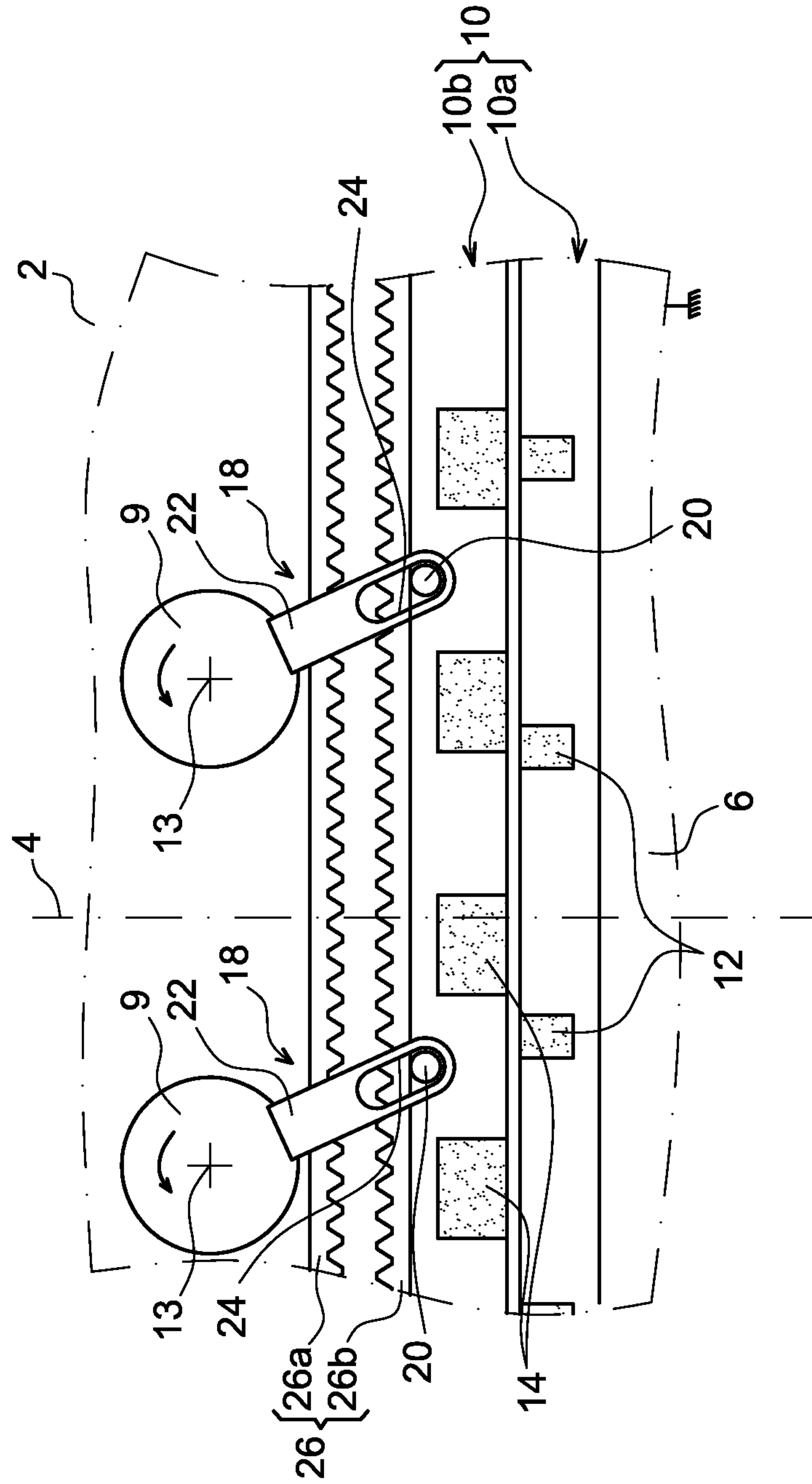


FIG. 4

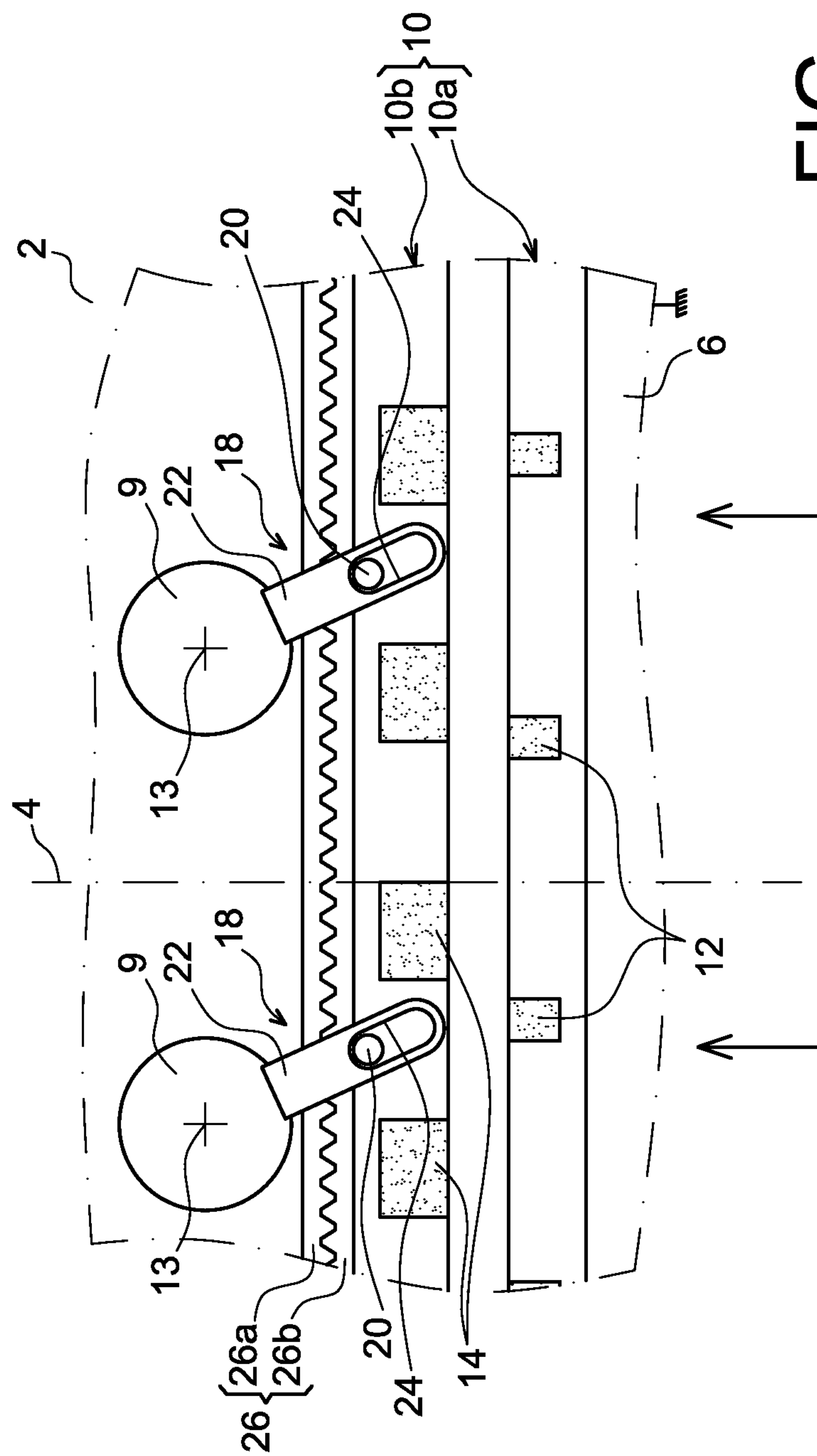


Fig. 5

6 / 9

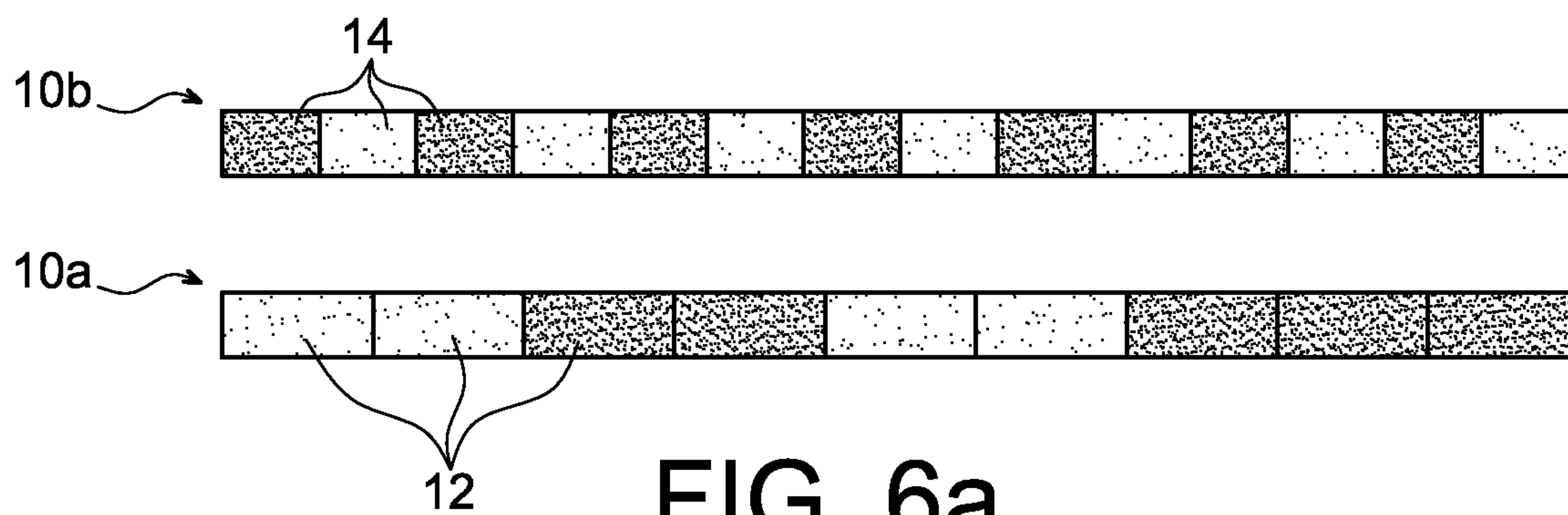


FIG. 6a

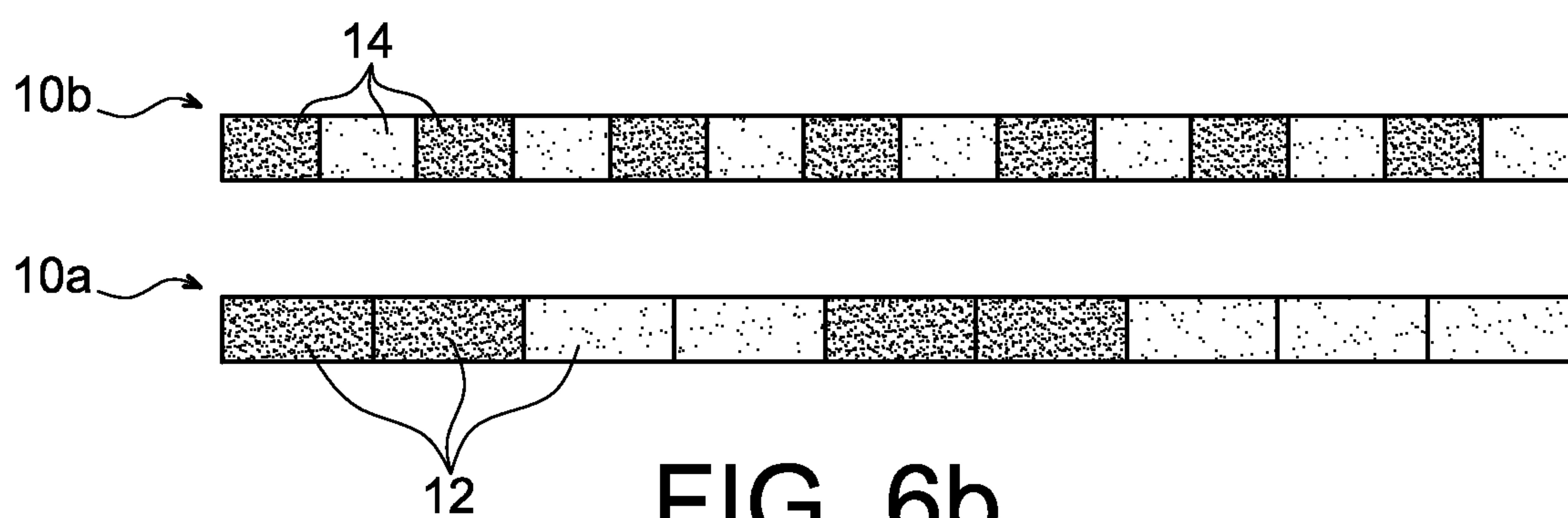


FIG. 6b

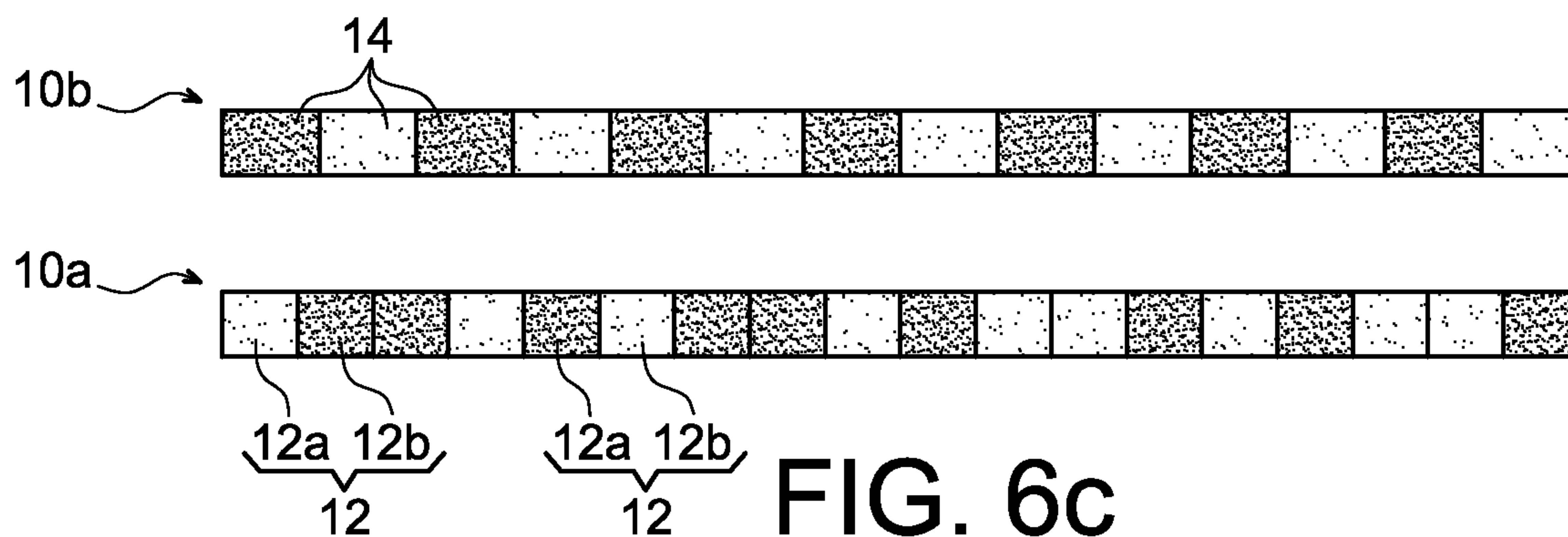


FIG. 6c

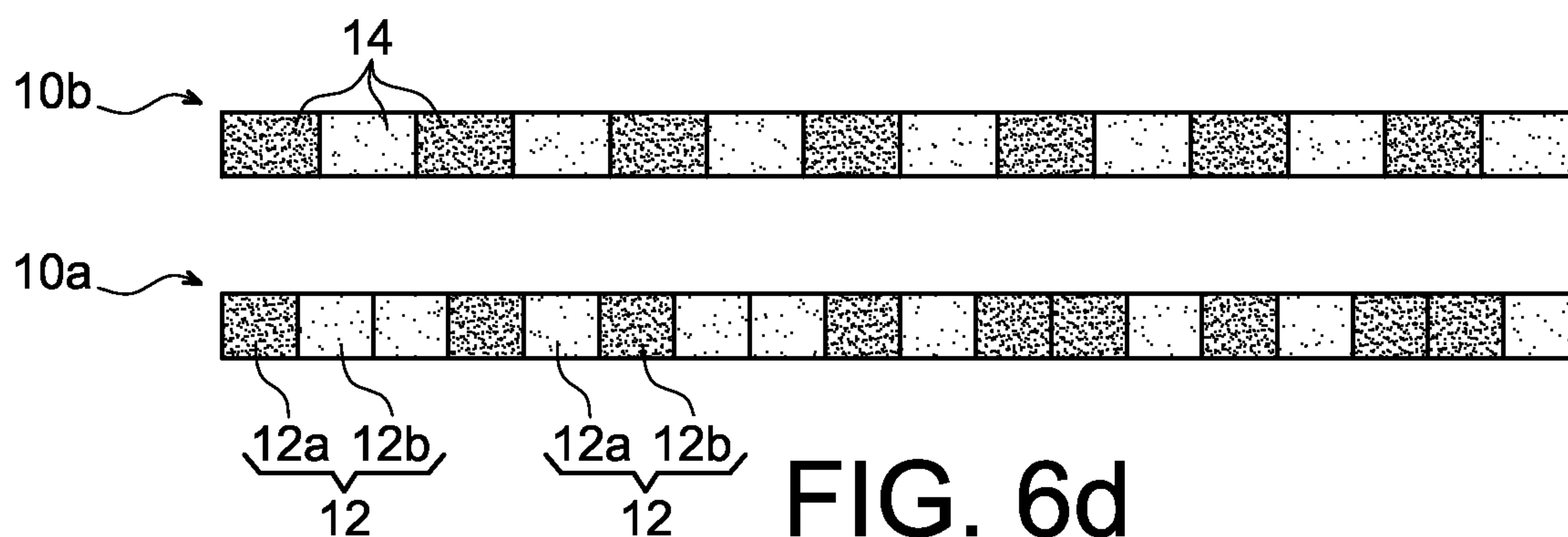


FIG. 6d

7 / 9

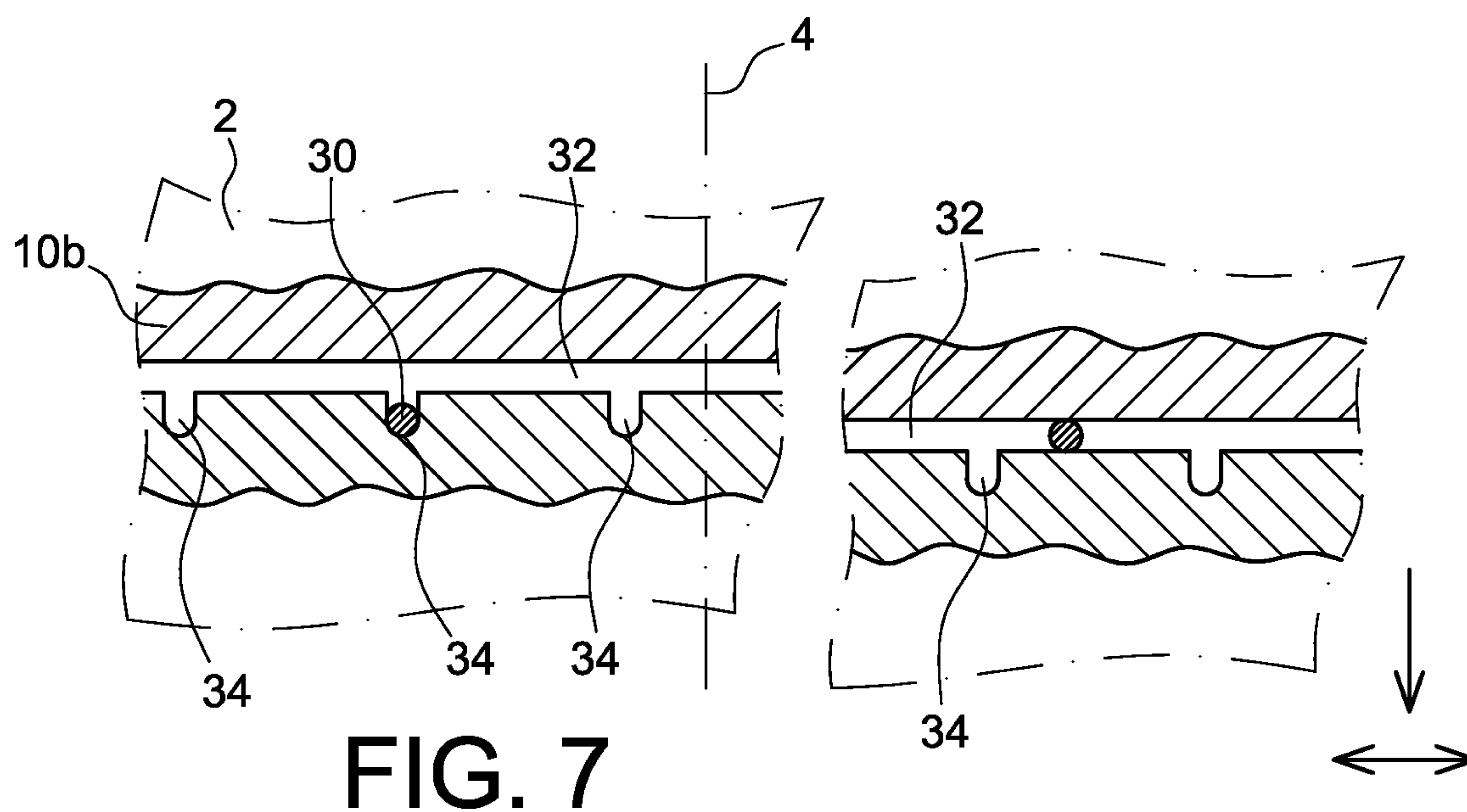


FIG. 7

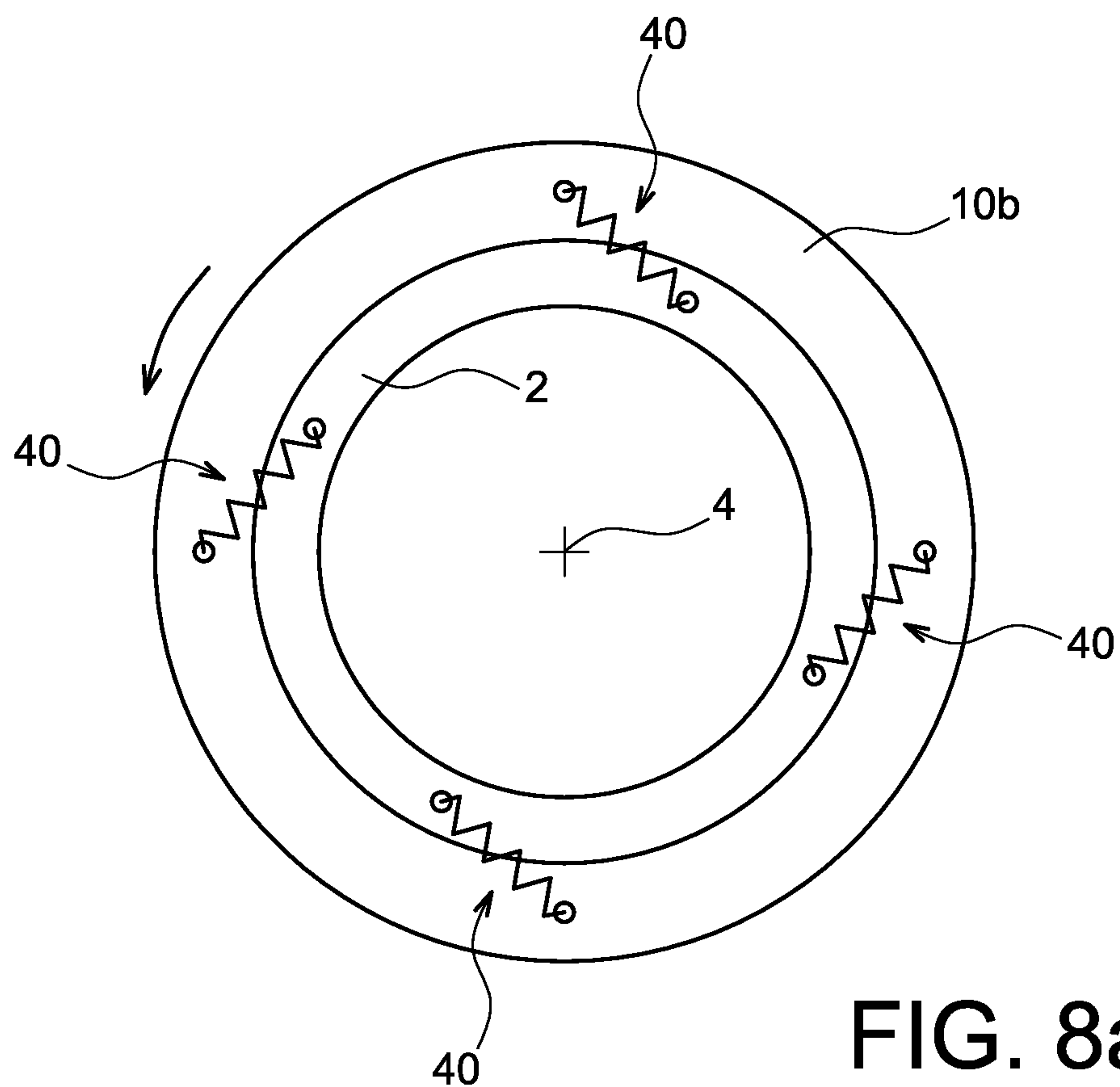


FIG. 8a

8 / 9

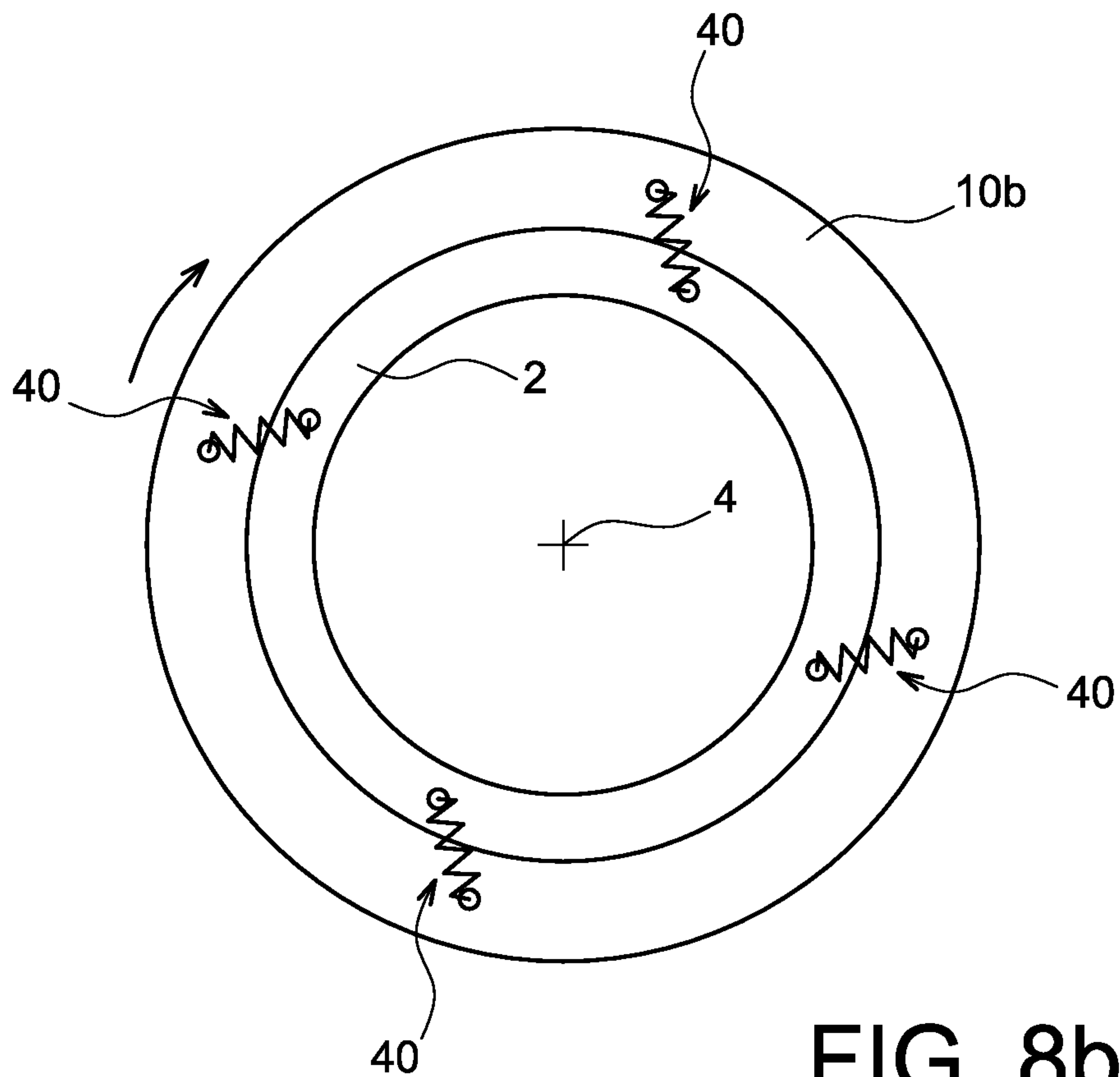


FIG. 8b

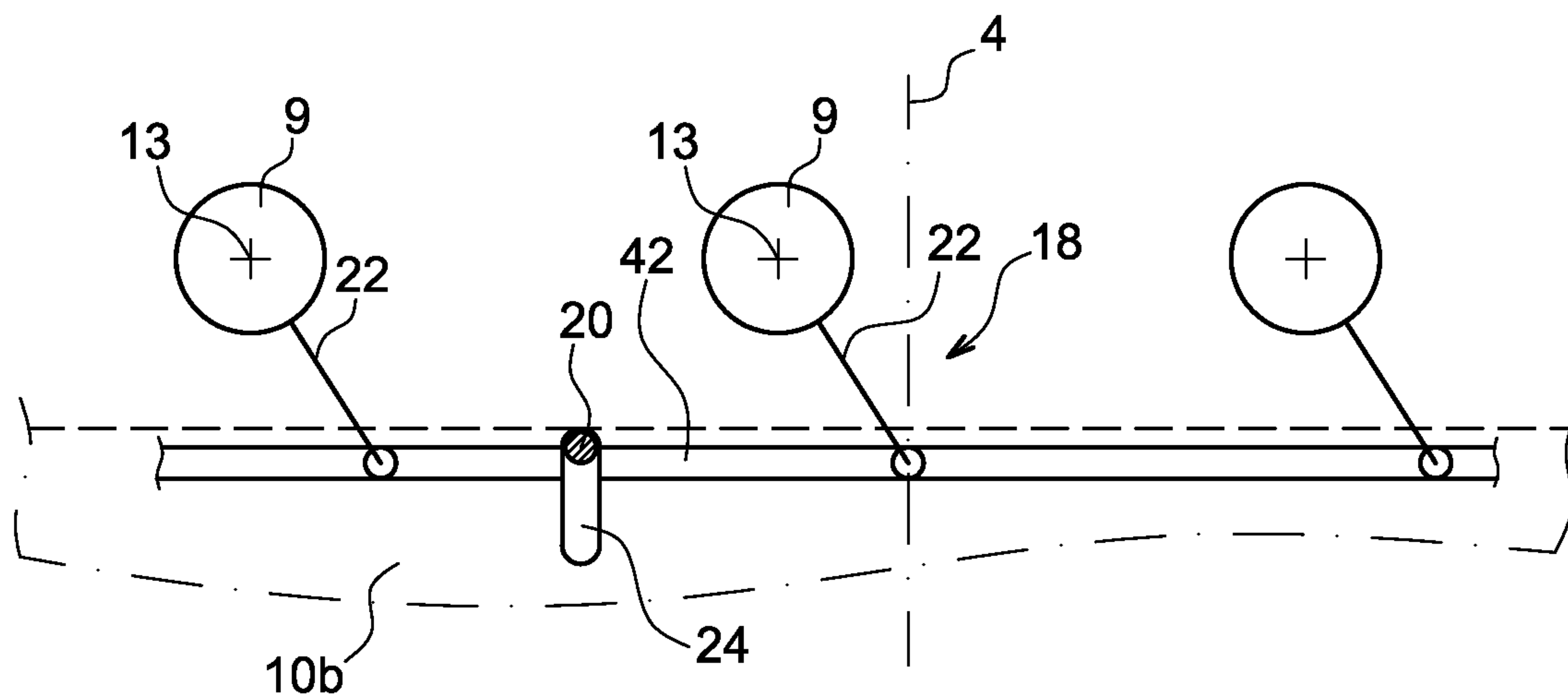


FIG. 9a

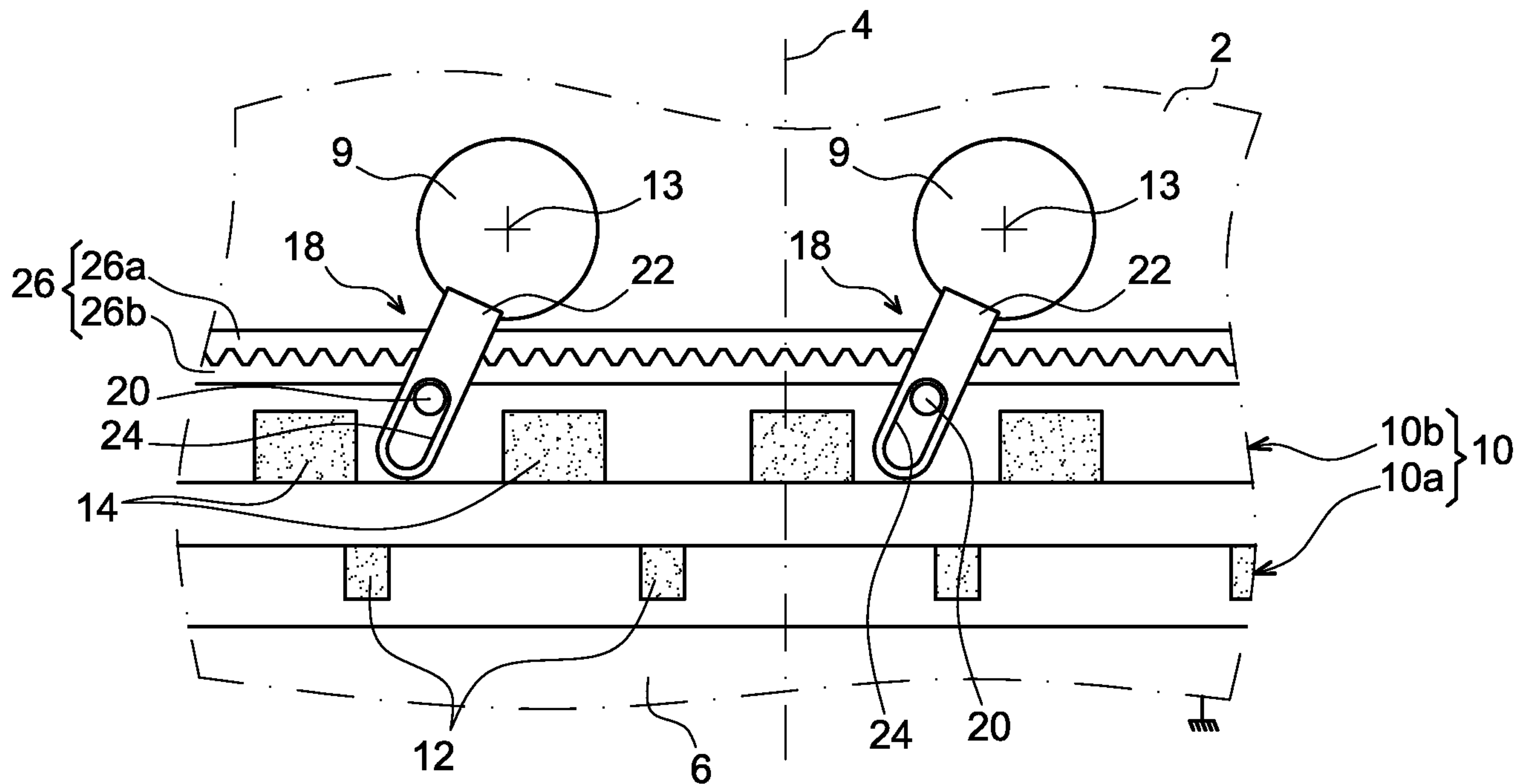


FIG. 2