

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 22/06/2021

(21) Numéro de demande : BE2019/5850

(22) Date de dépôt : 29/11/2019

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : B03C 1/033, B03C 1/28, G01N 15/06, G01N 27/83

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.

4041, HERSTAL (MILMORT)
Belgique

(72) Inventeur(s) :

RAIMARCKERS Nicolas Oscar Louis Ghislain
4041 HERSTAL
Belgique

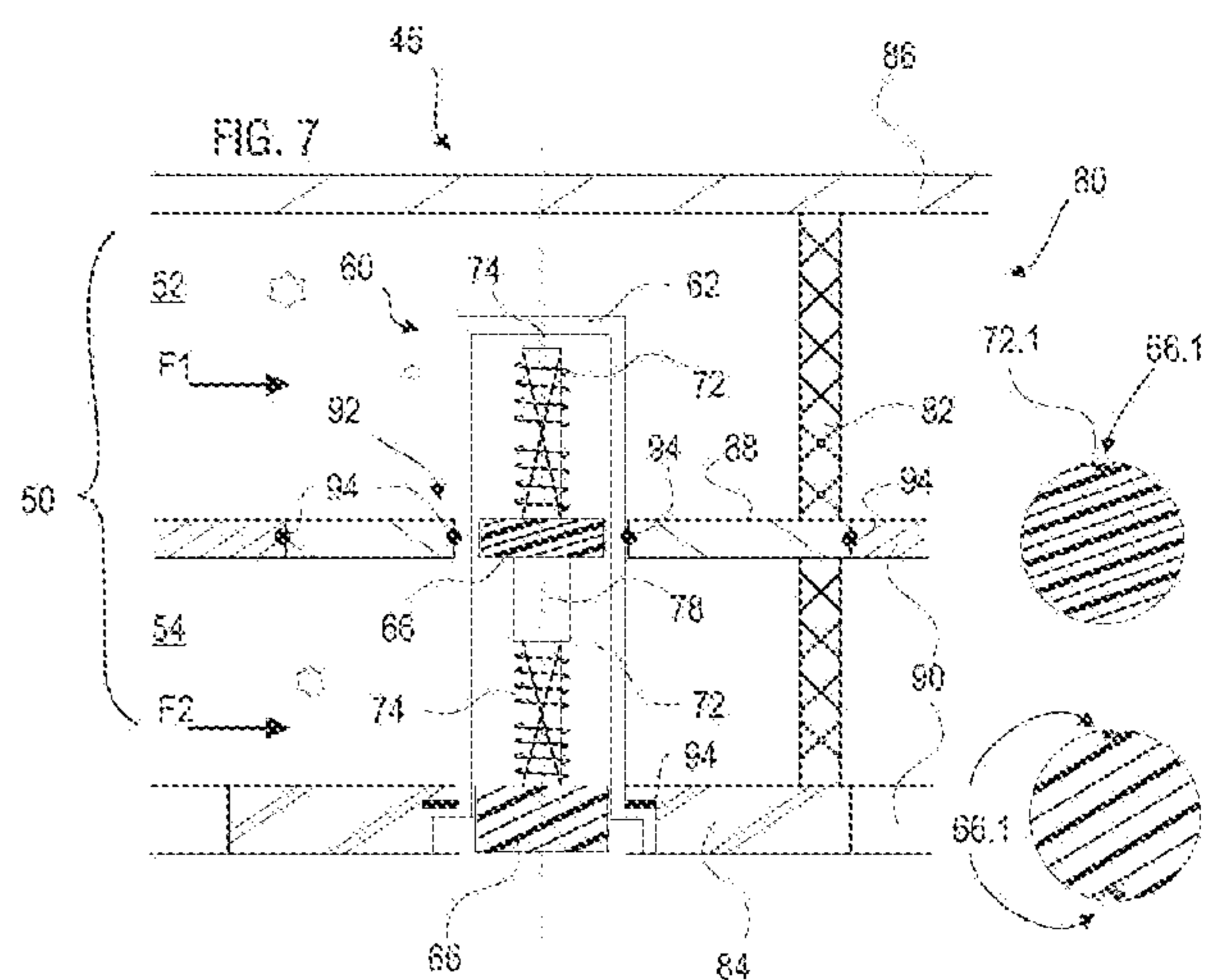
FRIPPIAT Cédric Louis Marie Ghislain
4041 HERSTAL
Belgique

MEUNIER Aurélien Guy Edmond Raoul
4041 HERSTAL
Belgique

VALLINO Frédéric
4041 HERSTAL
Belgique

(54) SYSTEME DE DETECTION DE DEBRIS

(57) Système (45) de détection de débris ferromagnétiques dans un flux d'huile (F1, F2), le système comprenant un passage (50) destiné à être parcouru par le flux (F1, F2) et un module de détection (60) des débris ferromagnétiques présents dans le flux (F1, F2), le module de détection (60) comprenant : un aimant permanent (66) ; et une bobine (72) apte à détecter le champ magnétique (68) généré par l'aimant ; remarquable en ce que le module de détection (60) est agencé dans le passage (50) et le module de détection (60) comprend en outre une enveloppe (62) étanche au flux (F1, F2) dans laquelle sont confinés l'aimant (66) et la bobine (72).



Description

SYSTEME DE DETECTION DE DEBRIS

Domaine technique

L'invention se rapporte à la surveillance d'organes mécaniques lubrifiés dans une turbomachine. Plus précisément, l'invention concerne la détection de débris ferromagnétiques dans l'huile d'une turbomachine. L'invention a également trait à une turbomachine, notamment un turboréacteur d'avion ou un turbopropulseur d'aéronef.

Technique antérieure

La présence de débris métalliques dans l'huile d'un circuit de lubrification témoigne de l'usure des éléments mobiles d'une turbomachine. Ainsi, en analysant la quantité et la taille des débris métalliques en circulation dans l'huile, il est possible d'estimer la santé du moteur. En particulier, une augmentation brusque du nombre de débris détectés peut signifier qu'un roulement ou qu'un engrenage s'use prématurément. Dès lors, une maintenance doit être planifiée afin d'éviter une panne ou une casse mécanique.

Le document EP 3 363 518 A1 divulgue un système de détection électrique de présence de particules ferreuses dans un fluide. Ce système comporte à la fois un aimant et une bobine électrique. En fonctionnement, les particules ferreuses sont attirées par l'aimant et les perturbations du champ électro-magnétique sont mesurées pour en déduire la présence des débris. Pour éviter que les débris ne s'accumulent sur l'aimant, ce système est muni de crépines de protection de l'aimant. Les crépines permettent également de filtrer des débris de dimensions donnée pour qu'ils ne soient pas comptés par le détecteur.

Ce système présente une faiblesse car il peut générer des pertes de charge, négligeables pour des pressions et débits importants, mais qui peut altérer l'écoulement du fluide pour des flux de petite pression.

Résumé de l'invention

Problème technique

L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif de proposer une alternative au système de détection de débris connus de l'état de la technique mais présentant des pertes de charge moindre, le rendant apte à mesurer avec précision des débris présents dans un flux de faible pression d'huile.

Solution technique

L'invention a pour objet un système de détection de débris ferromagnétiques dans un flux d'huile d'une turbomachine, le système comprenant un passage destiné à être parcouru par le flux et un module de détection des débris ferromagnétiques présents dans le flux, le module de détection comprenant : un aimant permanent ; et une bobine
5 apte à détecter le champ magnétique généré par l'aimant ; remarquable en ce que le module de détection est agencé dans le passage et le module de détection comprend en outre une enveloppe étanche au flux dans laquelle sont confinés l'aimant et la bobine. L'enveloppe peut comprendre une cavité dans laquelle sont agencés l'aimant et la bobine. La bobine peut alternativement être noyée dans l'enveloppe et seul l'aimant est
10 compris dans la cavité délimitée par l'enveloppe.

Il est entendu que le module peut comprendre une électronique de traitement du signal, intégrée à l'enveloppe, ou déportée et connectée avec ou sans fil au module. Le signal est traité en particulier pour détecter les variations du champ magnétique perçu par la bobine.

15 Par « passage », on entend un volume de l'espace parcouru par le fluide, qui peut être délimité par une paroi ou plusieurs parois permettant à un fluide de s'écouler selon au moins une direction.

Selon des modes de réalisation avantageux de l'invention, le système peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les
20 combinaisons techniquement possibles :

- le système comprend une crépine avec un treillis décrivant un cylindre ou une portion de cylindre et le module est intégré à la crépine, préférentiellement le module est disposé le long de l'axe du cylindre ou de la portion de cylindre. Cette intégration de la détection dans la crépine permet à la fois de limiter les pertes de charge et de limiter
25 l'encombrement du dispositif entier ;
- la crépine est faite d'un matériau amagnétique. Son influence sur les mesures peut donc être limitée ;
- la crépine comprend une base et l'enveloppe est soudée ou sertie à la base de la crépine. Ce type d'assemblage permet d'assurer l'étanchéité de l'enveloppe, sans quoi
30 une mesure imprécise ou des pertes de charge supplémentaires auraient lieu ;
- le module comprend un barreau magnétique au contact de l'aimant et autour duquel est enroulée la bobine ;
- le barreau magnétique est un premier barreau magnétique, et le module comprend une seconde bobine agencée autour d'un second barreau magnétique, préférentiellement
35 coaxial au premier barreau, le second barreau étant séparé du premier barreau par l'aimant et/ou par un séparateur en matériau polymère, isolant électromagnétiquement

le premier barreau du second barreau. Cette subdivision du module permet de mesurer les particules à différents endroits du flux, par exemple pour des mesures redondantes renforçant la validité des mesures, ou pour des mesures dans différentes portions indépendantes du flux ;

- 5 - le barreau ou les barreaux est/sont cylindriques et sont positionnés coaxialement à l'enveloppe par une ou plusieurs entretoises de forme annulaire. Il est en effet important, notamment lors des mouvements de l'aéronef, de s'assurer que le barreau ne se déplace pas au sein de l'enveloppe. Alternativement aux entretoises un potting (colle) peut sceller la position du barreau ;
- 10 - le passage comprend au moins deux canaux permettant un écoulement du flux d'huile indépendamment dans les au moins deux canaux, et l'enveloppe s'étend dans les au moins deux canaux pour détecter les débris présents dans l'huile parcourant chacun des canaux, le module comprenant autant de bobines qu'il y a de canaux. Ceci permet la détection des débris indépendamment dans plusieurs circuits d'huile sans nécessiter
15 plusieurs modules de détection. Un circuit peut par exemple lubrifier un roulement du turboréacteur alors qu'un autre circuit communique avec un échangeur de chaleur ;
 - le module comprend un nombre égal d'aimants et de bobines, une bobine et un aimant étant prévu par canal traversé par l'enveloppe. Ceci permet des mesures complètement indépendantes. Alternativement, un aimant peut être commun à deux passages contigus
20 pour minimiser le poids et la complexité du module ;
 - le passage comprend au moins deux canaux contigus et séparés l'un de l'autre par une paroi, la paroi disposant d'un orifice qui est traversé par l'enveloppe et éventuellement par une crépine, l'aimant étant positionné au droit de cet orifice. Ainsi, l'aimant attire les débris vers la paroi et les bobines respectives dans les canaux sont à distance de la
25 paroi ;
 - un joint d'étanchéité est agencé entre l'enveloppe et la paroi et/ou entre l'enveloppe et la crépine, et/ou entre la crépine et la paroi. Ceci permet de s'assurer de l'étanchéité des flux entre les deux canaux contigus ;
 - l'enveloppe comprend deux portions cylindriques de diamètres différents, la portion de plus gros diamètre recevant l'aimant et étant préférentiellement noyée dans une paroi
30 du passage ou dans la base de la crépine. Cette conception permet de maximiser la capacité de l'aimant à attirer les particules sans nécessiter la présence d'une enveloppe inutilement imposante dans le flux d'huile ;
 - l'aimant et/ou le séparateur a/ont une rainure accueillant des câbles électriques reliés
35 à la / aux bobine(s). Le passage des câbles est une difficulté supplémentaire de l'espace

confiné de l'enveloppe. Une ou plusieurs rainures longitudinales selon l'axe de l'enveloppe permet le passage des câbles sans affecter la qualité de la détection ;

- le barreau a une extrémité distale située environ au centre du passage ou au centre d'un des canaux. L'extrémité du barreau est l'endroit attirant le plus de particules et pour
5 augmenter la probabilité de capter toutes les particules en suspension dans l'huile, cette extrémité peut être située entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$ du passage ;
- le passage comprend un coude dans lequel est agencé le module. Le flux est donc naturellement dirigé pour rencontrer le module et les particules ferromagnétiques sont dirigées par force centrifuge vers l'extérieur du coude où peut se trouver le module. Ceci
10 augmente les chances que le module « voit » passer les particules. Le comptage des particules est donc rendu plus précis ;
- l'enveloppe est en saillie dans le passage d'une longueur qui est ajustable et/ou l'enveloppe est orientée transversalement à la direction principale d'écoulement du flux d'un angle qui est ajustable. Selon la vitesse du flux, la nature du flux, ou la géométrie
15 du passage, cet ajustement permet d'obtenir une détection la plus précise possible ;
- l'aimant n'est pas disposé dans le passage ou dans un des canaux du passage. L'aimant peut ainsi être noyé dans une paroi du passage ou des canaux ;
- la bobine est un insert de fabrication de l'enveloppe. Cette conception permet un module qui soit particulièrement compact ;
- 20 - l'aimant est de forme cylindrique avec deux pôles séparés par un plan qui n'est ni parallèle à l'axe du cylindre, ni qui y est perpendiculaire. Dit autrement, l'axe Nord-Sud de l'aimant est incliné par rapport à l'axe défini par la forme cylindrique de l'aimant, cette inclinaison excluant la perpendicularité. Ce type d'aimant permet un bon compromis entre l'attraction des particules et leur détection par la bobine. Alternativement, l'axe
25 Nord-Sud de l'aimant coïncide avec l'axe défini par la forme cylindrique de l'aimant.

L'invention a également pour objet un turboréacteur d'aéronef comprenant un groupe de lubrification fait d'un corps monobloc recevant plusieurs pompes et filtres, plusieurs entrées et sorties d'huile, et un système de détection de débris, remarquable en ce que le système de détection des débris est selon l'un des modes de réalisation ci-dessus et
30 le système de détection des débris est disposé dans une entrée d'huile en amont des pompes et des filtres.

Dans la présente demande, le terme « filtre » désigne des éléments de filtration disposés en aval des pompes pour protéger les organes moteur (injecteurs, enceintes) avec une filtration de l'ordre de 10 à 150 μm . La filtration des particules en amont des pompes est
35 effectuée quant à elle par une « crépine » disposant d'un « treillis » empêchant les

particules les plus grosses (supérieure à une taille de l'ordre de 500 à 1000 μm) d'abîmer les pompes.

Avantages apportés

5 L'agencement d'une enveloppe au cœur du flux permet de mesurer avec précision la quantité de débris ferromagnétique circulant dans le flux d'huile sans perturber l'écoulement du flux car les pertes de charge résultant du module de détection sont moindres.

Lorsque l'enveloppe s'étend au travers de plusieurs canaux, il est possible de détecter indépendamment la présence de débris dans chacun des canaux et d'en déduire
10 précisément les éléments mécaniques qui peuvent être source de ces débris.

L'encombrement et le poids du système de la présente invention sont également améliorés.

Brève description des dessins

La figure 1 représente une turbomachine axiale selon l'invention ;

15 La figure 2 illustre une vue isométrique du corps d'un groupe de lubrification ;

Les figures 3A et 3B montrent deux exemples de systèmes de détection de débris selon l'invention ;

Les figures 4A à 4D montrent quatre exemples de modes de réalisation du module de détection de débris ;

20 Les figures 5 et 6 montrent un module intégré à une crépine ;

Les figures 7 à 9 montrent trois exemples d'intégration du module dans un passage de fluide double-canaux ou triple-canaux ;

Les figures 10A à 10C montrent des modes de réalisation de l'aimant.

Description des modes de réalisation

25 Dans la description qui va suivre, le terme « aimant » renvoie à un aimant permanent. La direction longitudinale ou axiale est considérée selon l'orientation Sud-Nord de l'aimant. L'écoulement du flux dans le passage au niveau de l'aimant se déroule selon une direction principale d'écoulement qui est transversale (perpendiculaire ou simplement sécante) à la direction longitudinale. L'amont et l'aval sont entendus en
30 relation avec le sens d'écoulement du flux.

La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale. Il s'agit dans ce cas précis d'un turboréacteur double-flux. Le turboréacteur 2 comprend un premier niveau de compression, dit compresseur basse-pression 4, un deuxième niveau de compression, dit compresseur haute-pression 6, une chambre de combustion 8 et un ou

plusieurs niveaux de turbines 10. En fonctionnement, la puissance mécanique des turbines 10 est transmise via des arbres jusqu'au rotor 12 et met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6. Ces derniers comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stators. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à l'entrée dans la chambre de combustion 8.

Une soufflante 16 est couplée au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 traversant les différents niveaux susmentionnés de la turbomachine, et un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire. Des moyens de démultiplication 22 peuvent réduire la vitesse de rotation de la soufflante 16 et/ou du compresseur basse pression 4 par rapport à la vitesse de la turbine 10 associée.

Le rotor 12 comporte plusieurs arbres 24 coaxiaux supportés par des paliers 26. Le refroidissement et/ou la lubrification des paliers 26 et de l'optionnel réducteur 22 sont assurés par un circuit de lubrification 28. Le circuit de lubrification 28 peut accessoirement alimenter des actionneurs tels des vérins (non représentés). Le circuit de lubrification 28 peut également comprendre un échangeur de chaleur 30 pour refroidir l'huile dont la température peut dépasser 200°C. Ces températures amplifient l'agressivité de l'huile corrosive vis-à-vis des joints et des parties polymères en général. Le circuit de lubrification 28 peut comprendre des conduites 32 de récupération d'huile collectant l'huile dans les enceintes de lubrification des paliers 26 et l'acheminant dans le réservoir 34. Il peut également comporter une conduite 32 de récupération de l'huile lubrifiant le réducteur 22 et retournant cette huile dans le réservoir 34.

Afin de forcer la circulation de l'huile lors de sa récupération, le circuit de lubrification 28 peut comprendre un groupe de lubrification 36.

Le groupe de lubrification 36 peut être directement monté sur une boîte d'accessoires du turboréacteur 2. Le groupe de lubrification 36 est une unité composée d'un corps monobloc qui accueille plusieurs fonctions hydrauliques comme par exemples plusieurs pompes et filtres. Il met en pression l'huile prélevée dans le réservoir et la distribue dans les organes du moteur à lubrifier avant de la reconditionner (refroidir et filtrer) et de la renvoyer vers le réservoir 34.

La figure 2 illustre un exemple en vue isométrique d'un corps 38 de groupe de lubrification 36. Le corps peut être fabriqué par fabrication additive et être de forme particulièrement complexe. Le corps 38 peut être monobloc. Il peut comporter plusieurs entrées d'huile 40, 42 pour aspirer l'huile depuis le réservoir ou depuis les organes de la turbomachine et plusieurs sorties d'huile 41, 43 pour refouler l'huile vers le réservoir ou

- vers les organes de la turbomachine. Des passages respectifs relient les entrées aux sorties. Certains passages peuvent être complètement indépendants d'autres passages. Le groupe 36 peut être équipé de nombreuses fonctions et contenir plusieurs pompes et plusieurs filtres. Selon l'invention, le groupe 36 peut aussi contenir un système de
- 5 détection de débris ferromagnétiques.
- Les figures 3A et 3B schématisent deux versions d'un système de détection de débris 45 selon l'invention. Sur la figure 3A, un passage rectiligne 50, par exemple au voisinage de l'entrée 42, accueille un module de détection 60. Celui-ci vient en saillie dans le passage 50 et la longueur dont il vient en saillie peut être ajustable.
- 10 Sur la figure 3B, un passage coudé 50 par exemple au voisinage de l'entrée 40, accueille un module de détection 60. Celui-ci peut avoir une orientation par rapport au flux qui est ajustable et/ou une longueur en saillie dans le passage 50 qui est ajustable.
- Le passage 50 est parcouru par un flux d'huile F. L'orientation et la longueur avec laquelle le module vient en saillie dans le passage sont ajustées mécaniquement par
- 15 des moyens appropriés (moteur électrique, vis, piston, etc.).
- Chaque système de détection 45 permet de détecter la présence et/ou la circulation de débris ferromagnétiques, ou particules ferromagnétiques, contenus dans l'huile. Ces débris peuvent notamment résulter d'une usure d'un palier ou d'une dent d'engrenage formant le réducteur 22.
- 20 Chaque module 60 peut être connecté à une unité de traitement du signal (non représentée). Dès lors, l'unité de traitement parvient à identifier la présence de débris au niveau de chaque conduite. Les débris peuvent avoir une taille comprise entre 50 μm et 1000 μm , ou entre 150 μm et 750 μm .
- Les figures 4A à 4C montrent trois exemples de module de détection 60. Le module 60
- 25 comprend une enveloppe 62 qui peut être cylindrique et d'axe A. L'enveloppe 62 délimite une cavité 64 qui accueille différents composants. L'enveloppe 62 est étanche et peut être disposée dans le flux F sans laisser pénétrer l'huile à l'intérieur de la cavité 64. L'enveloppe peut être faite de matériau polymère de 1 mm d'épaisseur (+/- 0.2 mm). Alternativement, l'enveloppe peut être plus fine, faite d'un alliage de titane ou être en
- 30 acier inoxydable, et avoir une épaisseur d'environ 0.1 mm (+/- 0.02 mm). L'enveloppe est faite d'un matériau amagnétique.
- Le module est destiné à mesurer le champ magnétique dans le flux F et plus particulièrement les variations du champ magnétique résultant du passage ou de la présence de débris ferromagnétiques.
- 35 À cet effet, la cavité 64 renferme un aimant permanent 66. Cet aimant peut être du type SmCo (Samarium-Cobalt) et avoir des propriétés magnétiques stables de -54°C à

200°C. La direction Sud-Nord de l'aimant 66 est selon l'axe A. Un champ magnétique 68 est schématiquement illustré en traits interrompus.

La cavité 64 comprend également une ou plusieurs bobines 70, 72. Chaque bobine 70, 72 peut être faite d'un enroulement de plusieurs centaines de spires de fil fin (par exemple environ 0.01 mm) avec des épissures locales pour assurer la robustesse du fil. L'aimant 66 a le double rôle d'attirer les débris ferromagnétiques se trouvant dans le flux d'huile et de générer un champ magnétique détectable par la bobine 72. La bobine 72, passive, permet de mesurer les variations du champ magnétique 68 créé par l'aimant. La bobine 70 peut être une bobine « Built-in test » permettant de générer un champ magnétique et de vérifier la réponse de la bobine 72, par exemple avant la mise en fonctionnement d'un turboréacteur. La bobine 70 n'est donc pas essentielle au fonctionnement du module de détection mais permet une vérification intégrée de son bon fonctionnement.

De manière générale, la technologie de détection employée est semblable par exemple à la technologie divulguée dans le document WO 2017/157855 A1 ou dans le document EP 3 363 518 A1.

Ainsi, lorsqu'une particule ferromagnétique arrive à proximité de l'enveloppe, elle modifie le champ magnétique 68 et crée des discontinuités dans l'intensité de la bobine passive 72. Lorsque le signal comprend un pic qui dépasse un seuil donné prédéfini, le module 60 reconnaît qu'une particule ferromagnétique est passée.

La figure 4B montre un second exemple de mode de réalisation du module 60. Dans cet exemple, l'enveloppe 62 comprend deux portions 62.1, 62.2, dont une portion 62.2 de diamètre supérieur à l'autre portion 62.1. Ce ressaut 62.2 facilite le montage du module 60 sur une paroi du passage 50.

Dans l'exemple de la figure 4B, le module de détection 60 comprend un élément magnétique 74 sous forme de barreau magnétique (par exemple M50). Cet élément magnétique 74 peut traverser la ou les bobine(s) 70, 72. Il est au contact de l'aimant 66 au niveau de son extrémité proximale 74.1. Le barreau 74 se comporte ainsi comme le prolongement de l'aimant 66. Le champ magnétique est maximum à l'extrémité distale 74.2 du barreau 74. Le barreau 74 a préférentiellement un diamètre plus petit que l'aimant 66. L'aimant 66, le barreau 74 et la bobine 72 sont dimensionnés pour attirer et/ou détecter des particules de dimensions définies. Un aimant 66 trop puissant peut attirer de nombreuses particules mais générera un champ magnétique trop important et dont les variations seront difficilement décelables par la bobine 72. Un équilibre est donc trouvé.

La figure 4C illustre un troisième exemple de mode de réalisation du module 60. Cet exemple est sensiblement similaire à celui de la figure 4B. Des entretoises annulaires 76 sont prévues pour maintenir en position le barreau dans l'enveloppe 62. Dans cet exemple, l'aimant peut ne pas être confiné au ressaut 62.2.

5 La figure 4D montre un exemple supplémentaire. Dans cet exemple la ou les bobines 70, 72, sont noyées dans l'enveloppe polymère, tels des inserts de fabrication. Pour ce faire, un fil de cuivre est enroulé et le polymère est injecté ou moulé autour du fil.

La figure 5 montre une première implémentation du module 60 dans une crépine 80. La crépine comprend un treillis de filtration 82 s'étendant d'une base 84 vers un plafond 86.

10 Le module 60 peut être soudé à la base 84 de la crépine 80. Alternativement, un montage serré ou sertis peut être utilisé. Le treillis 82 peut prendre la forme d'un cylindre ou d'une portion de cylindre, par exemple s'étendant sur 180° autour de l'axe A. Le treillis 82 et le module 60 sont avantageusement coaxiaux. La figure 6 illustre ces aspects dans une section en vue en coupe selon l'axe VI:VI de la figure 5.

15 La taille des mailles du treillis 82 peut être supérieure ou égale à 1000 µm, ou à 750 µm, afin notamment de protéger les pompes en aval de la crépine des plus gros débris.

La crépine 80 peut être intégralement faite, y compris avec son treillis 82, par fabrication additive.

20 La figure 6 montre également l'ordre de grandeur du ratio entre le diamètre du module 60 et celui du treillis 82 qui peut être de l'ordre de 3.

L'ensemble de la figure 5 formé du module 60 et de la crépine 80 peut être inséré dans un passage 50 d'huile.

25 La crépine 80 peut également être multi-étages, avec une paroi intermédiaire entre la base 84 et le plafond 86. La figure 7 illustre une implémentation d'un module 60 avec une telle crépine 80 à deux étages dans un passage comprenant deux canaux 52, 54 dans lesquels circulent deux flux d'huile indépendants F1, F2. Dans cet exemple, le module 60 comprend deux aimants 66, deux barreaux magnétiques 74 et deux paires de bobines 70,72. Un bloc 78 en matériau isolant magnétique, par exemple un polymère, vient isoler le champ magnétique d'un aimant du champ magnétique de l'autre aimant,

30 pour que les bobines 72 mesurent un champ magnétique issu de leur aimant 66 respectif sans interférence de l'autre aimant 66. Ainsi, un seul module 60 permet de détecter les particules ferromagnétiques de deux flux indépendants F1, F2 et donc d'en déduire de façon distinctive l'organe du turboréacteur qui émet des particules ferromagnétiques.

35 Les aimants 66, les barreaux 74 et les bobines 72 dédiés aux deux canaux 52, 54 peuvent être différents. En effet, il peut être avantageux de prévoir des seuils de détection de particules qui soient différents selon les organes qui sont reliés

respectivement à chaque canal 52, 54. Alternativement, ou en complément, la distinction des seuils de détection peut se faire sur le traitement des signaux provenant des deux bobines 72.

Dans cet exemple, la crépine 80 vient affleurer les parois 90 des canaux 52, 54. Des joints d'étanchéité 94 peuvent être prévus entre le module et la paroi intermédiaire 88 de la crépine 80, ainsi qu'entre la crépine 80 et les parois 90. Un orifice 92 dans la paroi 90 est prévu pour recevoir le module 60 et la crépine 80.

Cette figure illustre également un montage alternatif du module 60 dans la crépine, via le ressaut (62.2 sur la figure 4B). Le module peut être inséré axialement contre un joint d'étanchéité 94.

Sur la droite de la figure 7 sont illustrés les aimants 66 en coupe. Les aimants 66 disposent d'une rainure longitudinale 66.1 (selon l'axe A) qui permet le passage des câbles 72.1 des bobines 72. L'aimant supérieur (dans le sens de la figure 7) peut avoir une rainure 66.1 et l'aimant inférieur qui doit permettre le passage de plus nombreux fils peut avoir deux rainures 66.1.

La figure 8 illustre une alternative au système de la figure 7. Dans ce cas, un seul aimant 66 génère un flux magnétique pour les deux canaux 52, 54. L'aimant peut être confiné à la paroi intermédiaire 88.

Cette figure illustre également le fait que l'enveloppe 62 du module 60 peut être cylindrique sans ressaut et être sertie ou montée serrée dans la base 84 de la crépine.

La figure 9 montre un exemple de module 60 permettant la mesure dans trois canaux 52, 54, 56 contigus deux à deux. Dans cet exemple, la crépine 80 qui reste optionnelle n'est pas représentée. On notera bien que la crépine n'est pas essentielle pour la mesure distinctive des particules dans plusieurs canaux indépendants. Le module 60 peut être hybride, c'est-à-dire présenter un aimant pour deux canaux 52, 54 et un aimant pour le troisième canal 56. Alternativement, trois aimants peuvent être prévus, avec trois barreaux magnétiques séparés deux à deux d'un bloc isolant. Le nombre de bobines 72 reste quant à lui toujours égal au nombre de canaux 52, 54, 56.

De manière générale, l'extrémité distale 74.2 de chaque barreau sera située aux environs du point médian du canal correspondant pour attirer et détecter un maximum de particules. La bobine de détection 72 correspondante sera également placée au voisinage du point médian des canaux. Par « point médian », on entend le milieu de la section du canal, situé entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$ de la section du canal.

Les figures 10A à 10C montrent différents aimants. L'aimant de la figure 10A est l'aimant connu de l'état de l'art pour avoir un fort pouvoir d'attraction des particules. Cet aimant génère un champ magnétique dont les lignes de champ sont perpendiculaires à l'axe de

l'aimant. Il est impossible de détecter des variations de champ magnétique avec une bobine coaxiale à un tel aimant.

L'aimant utilisé dans l'invention est donc celui des figures 10B ou 10C. Dans la figure 10B, le champ magnétique est tel que dessiné sur la figure 4A. Cet aimant présente par
5 contre un plus faible pouvoir d'attraction des particules.

L'aimant de la figure 10C est un bon compromis et présente deux pôles séparés par un plan qui est incliné par rapport à l'axe de l'aimant cylindrique. Le plan P n'est ni perpendiculaire ni parallèle à l'axe de l'aimant. Cette représentation est schématique. L'aimant peut être fait de plus petits aimants élémentaires permettant d'obtenir un aimant
10 qui schématiquement comprend deux pôles opposés selon un tronçon de cylindre. Un tel aimant permet de bien attirer les particules mais également de créer un champ magnétique dont les variations sont détectables par une bobine coaxiale à l'aimant. L'angle entre le plan P et l'axe du cylindre peut être compris préférentiellement entre 60° et 80°.

15 L'homme du métier comprendra que les détails techniques de chaque mode de réalisation sont applicables aux autres modes de réalisation. Notamment, le montage du module dans la crépine, la présence ou non d'un barreau, d'un ressaut, d'une bobine BIT, ou la présence d'une crépine sont des aspects optionnels et peuvent être tirés d'un mode de réalisation et appliqués à un autre.

20

Revendications

1. Système (45) de détection de débris ferromagnétiques dans un flux d'huile (F, F1, F2) d'une turbomachine (2), le système comprenant un passage (50) destiné à être parcouru par le flux (F, F1, F2) et un module de détection (60) des débris ferromagnétiques présents dans le flux (F, F1, F2), le module de détection (60) comprenant :
 - un aimant permanent (66) ; et
 - une bobine (72) apte à détecter le champ magnétique (68) généré par l'aimant ;caractérisé en ce que le module de détection (60) est agencé dans le passage (50) et le module de détection (60) comprend en outre une enveloppe (62) étanche au flux (F, F1, F2) dans laquelle sont confinés l'aimant (66) et la bobine (72).
2. Système (45) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une crépine (80) avec un treillis (82) décrivant un cylindre ou une portion de cylindre et le module (60) est intégré à la crépine (80), préférentiellement le module (60) est disposé le long de l'axe (A) du cylindre ou de la portion de cylindre.
3. Système (45) selon la revendication 2, caractérisé en ce que la crépine (80) est faite d'un matériau amagnétique.
4. Système (45) selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la crépine (80) comprend une base (84) et l'enveloppe (62) du module (60) est soudée ou sertie à la base (84) de la crépine (80).
5. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le module (60) comprend un barreau magnétique (74) au contact de l'aimant (66) et autour duquel est enroulée la bobine (72).
6. Système (45) selon la revendication 5, caractérisé en ce que le barreau magnétique (74) est un premier barreau magnétique, et en ce que le module (60) comprend une seconde bobine (72) agencée autour d'un second barreau magnétique (74), préférentiellement coaxial au premier barreau (74), le second barreau (74) étant séparé du premier barreau (74) par l'aimant (66) et/ou par un séparateur (78) en matériau polymère, isolant électromagnétiquement le premier barreau (74) du second barreau (74).

7. Système (45) selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que le barreau (74) ou les barreaux (74) est/sont cylindriques et est/sont positionné(s) coaxialement à l'enveloppe (62) par une ou plusieurs entretoises (76) de forme annulaire.
- 5 8. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le passage (50) comprend au moins deux canaux (52, 54, 56) permettant un écoulement du flux d'huile (F, F1, F2) indépendamment dans les au moins deux canaux (52, 54, 56), et l'enveloppe (62) s'étend dans les au moins deux canaux (52, 54, 56) pour détecter les débris présents dans l'huile parcourant chacun des canaux (52, 54, 56), le module (60) comprenant autant de bobines (72) qu'il y a de canaux (52, 54, 56).
- 10 9. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le passage (50) comprend au moins deux canaux (52, 54, 56) contigus et séparés l'un de l'autre par une paroi (90), la paroi (90) disposant d'un orifice (92) qui est traversé par l'enveloppe (62) et éventuellement par une crépine (80), l'aimant (66) étant positionné au droit de cet orifice (92).
- 15 10. Système (45) selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'un joint d'étanchéité (94) est agencé entre l'enveloppe (62) et la paroi (90), et/ou entre l'enveloppe (62) et la crépine (80), et/ou entre la crépine (80) et la paroi (90).
- 20 11. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'enveloppe (62) comprend deux portions cylindriques (62.1, 62.2) de diamètres différents, la portion (62.2) de plus gros diamètre recevant l'aimant (66) et étant préférentiellement noyée dans une paroi (90) du passage (50) ou dans la base (84) de la crépine (80).
- 25 12. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'aimant (66) et/ou le séparateur (78) a/ont une rainure (66.1) accueillant des câbles électriques (72.1) reliés à la / aux bobine(s) (72).
13. Système (45) selon l'une des revendications précédentes en combinaison de l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le barreau (74) a une extrémité distale (74.2) située environ au centre du passage (50) ou au centre d'un des canaux (52, 54, 56).
- 30 14. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le passage (50) comprend un coude dans lequel est agencé le module (60).

15. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que l'enveloppe (62) est en saillie dans le passage (50) d'une longueur qui est ajustable et/ou l'enveloppe (62) est orientée transversalement à la direction principale d'écoulement du flux (F, F1, F2) d'un angle qui est ajustable.
- 5 16. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que la bobine (72) est un insert de fabrication de l'enveloppe (62).
17. Système (45) selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que l'aimant (66) est de forme cylindrique avec deux pôles (N, S) séparés par un plan (P) qui n'est ni parallèle à l'axe du cylindre, ni qui y est perpendiculaire.
- 10 18. Turboréacteur (2) d'aéronef comprenant un groupe de lubrification (36) fait d'un corps monobloc (38) recevant plusieurs pompes et filtres, plusieurs entrées et sorties d'huile (40-43), et un système de détection de débris, caractérisé en ce que le système (45) de détection des débris est selon l'une des revendications 1 à 17 et le système (45) de détection des débris est disposé dans une entrée d'huile (40, 42)
- 15 en amont des pompes et des filtres.

FIG. 1

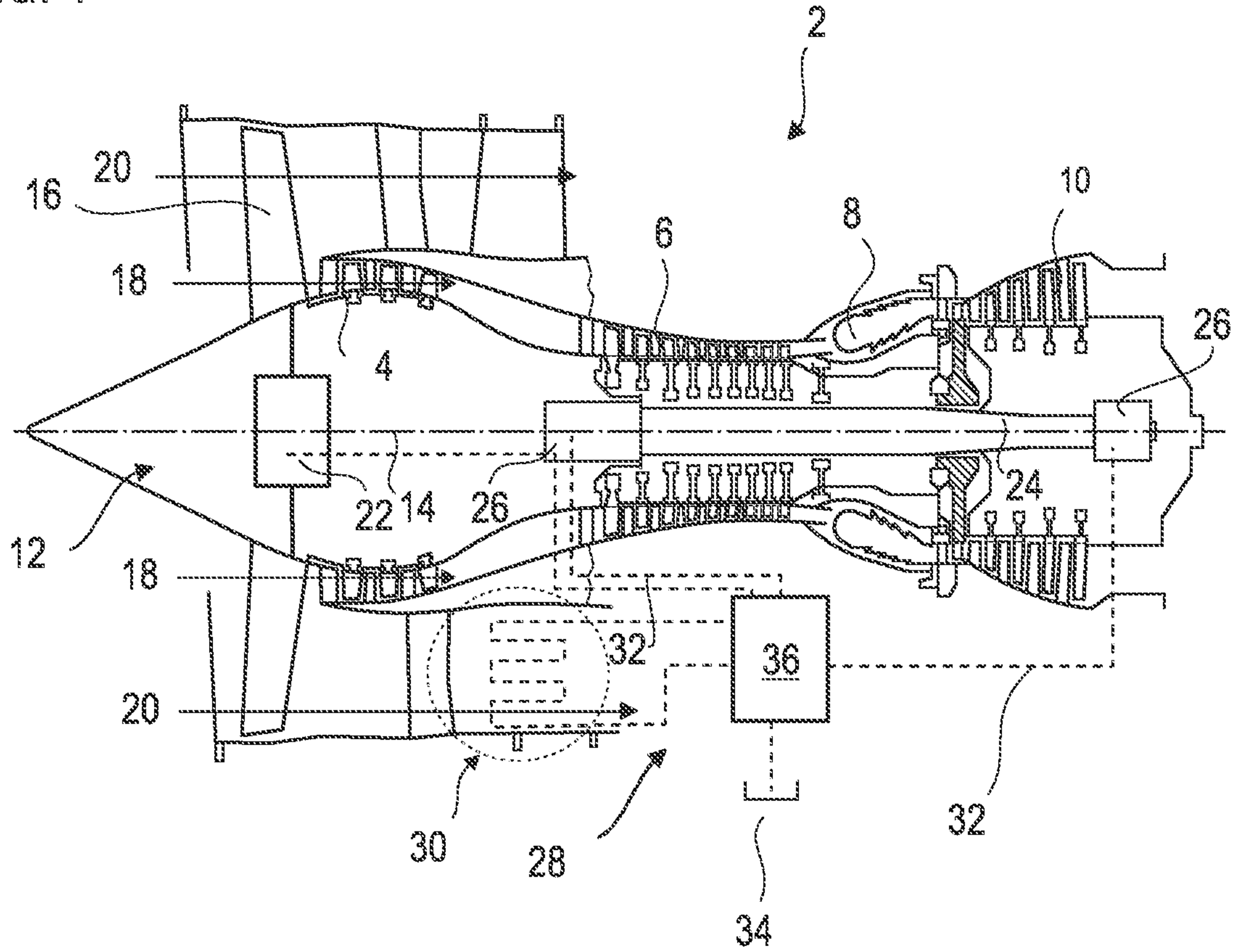
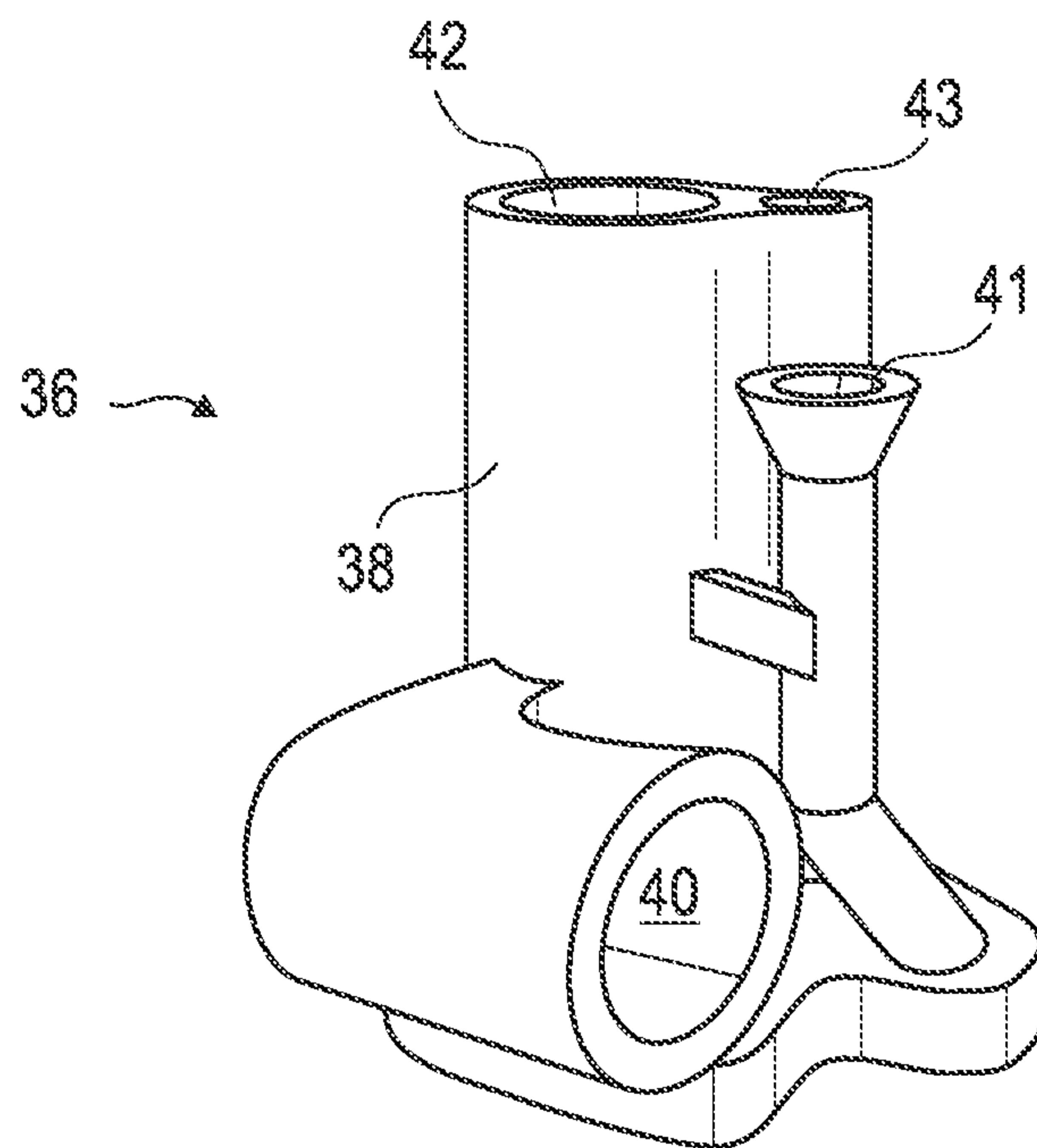


FIG. 2



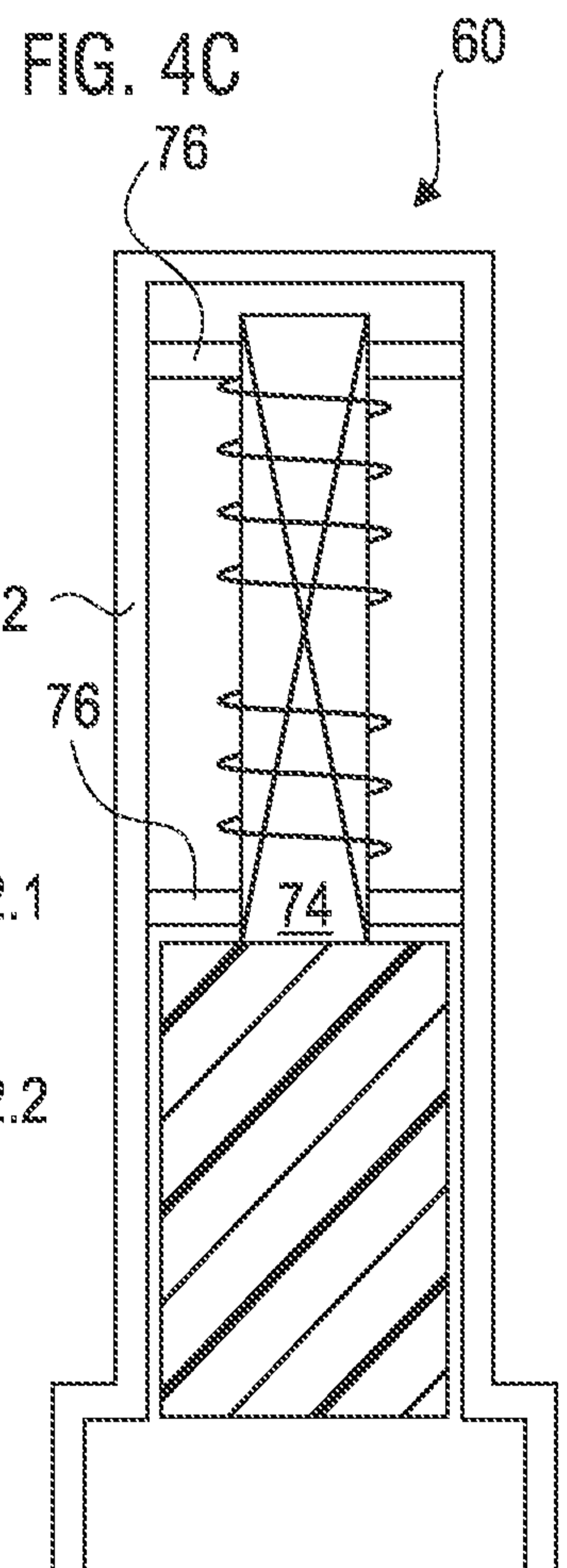
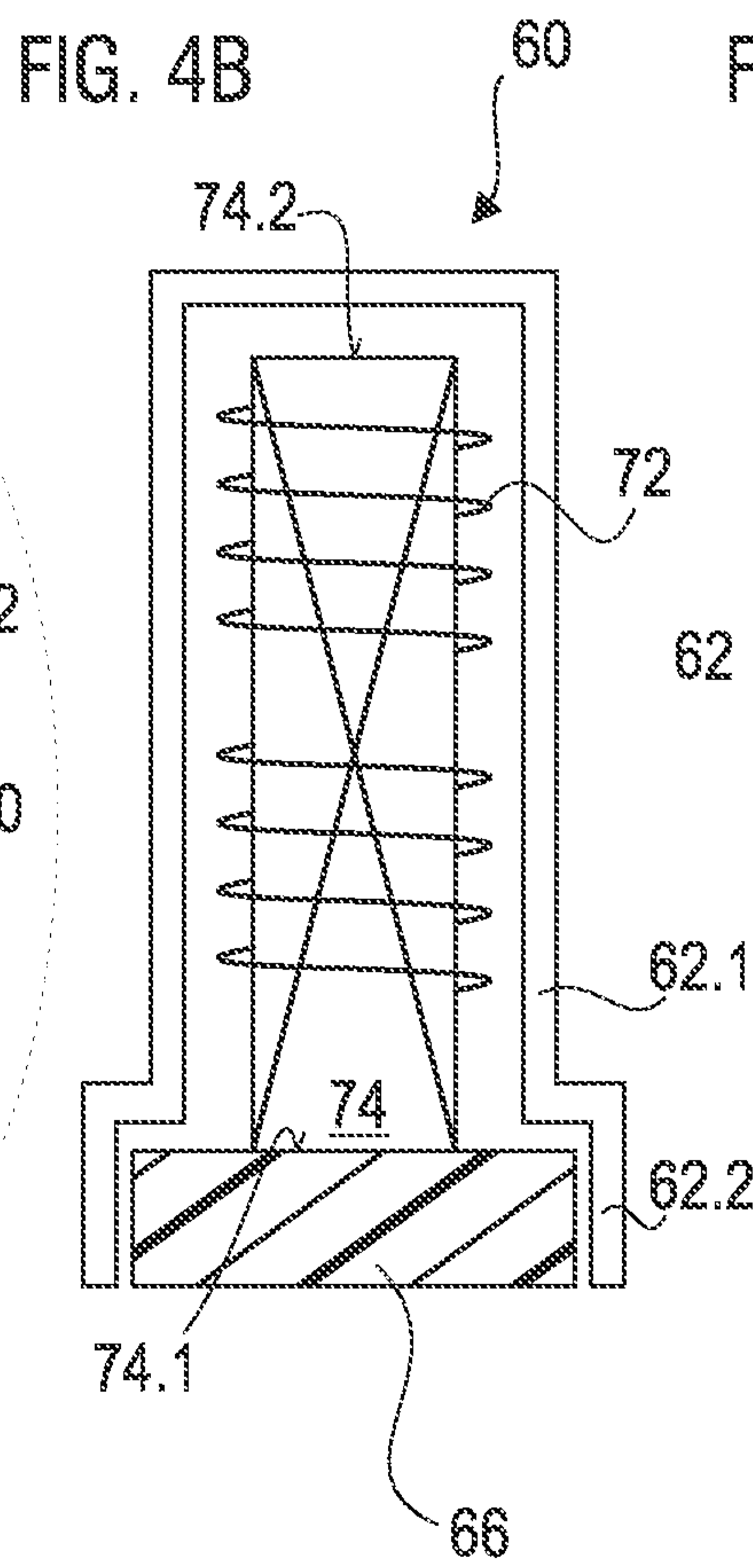
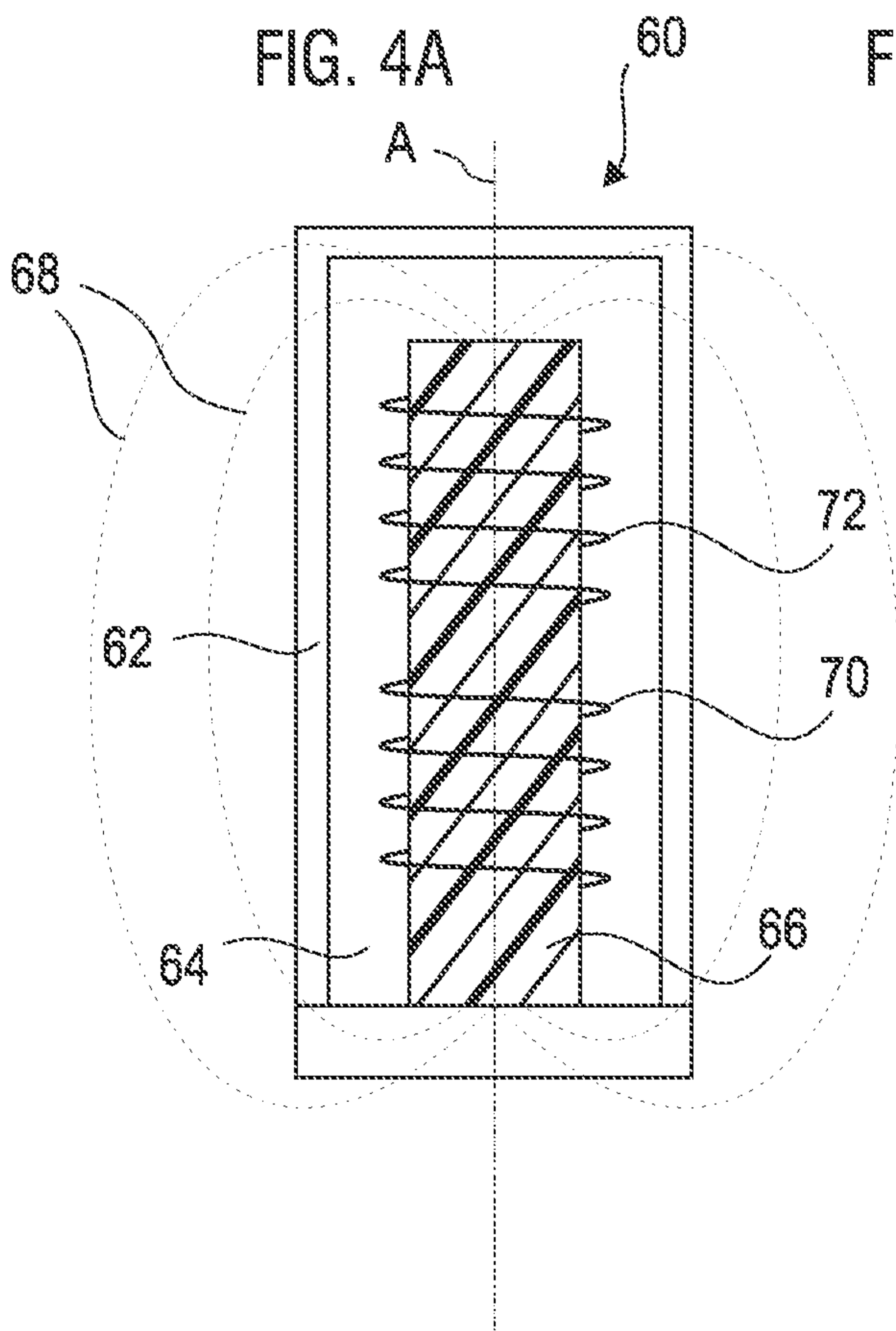
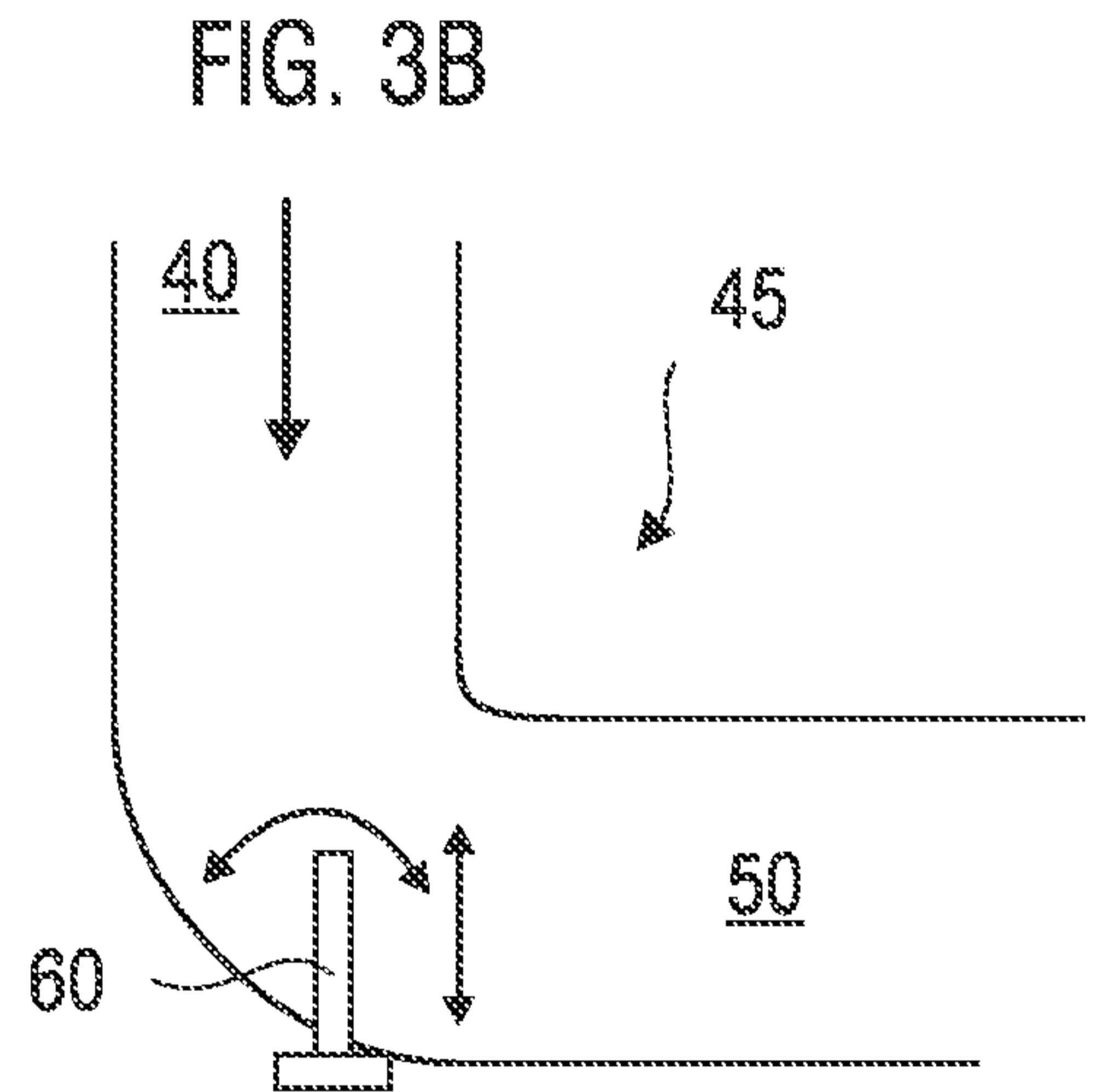
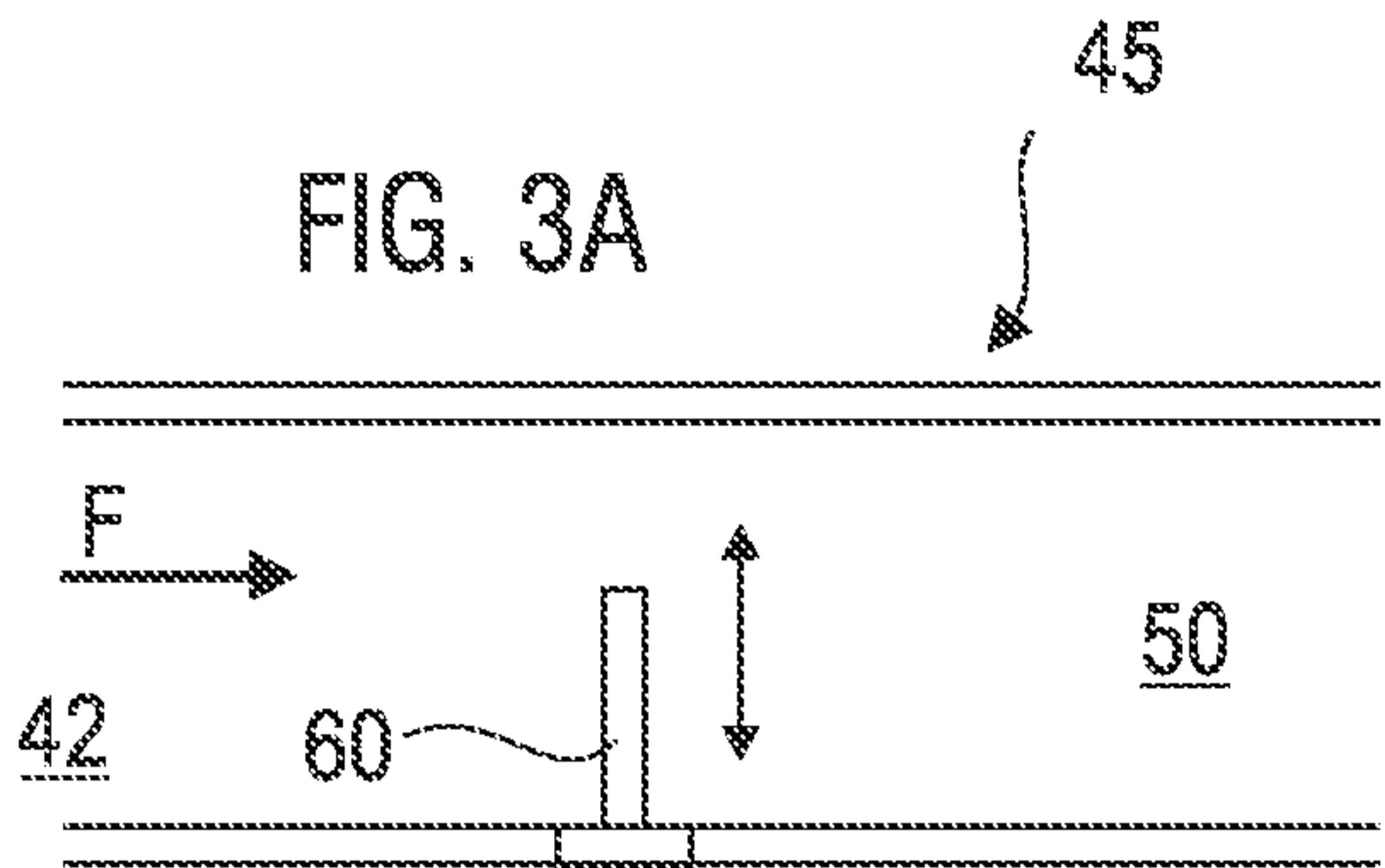


FIG. 4D

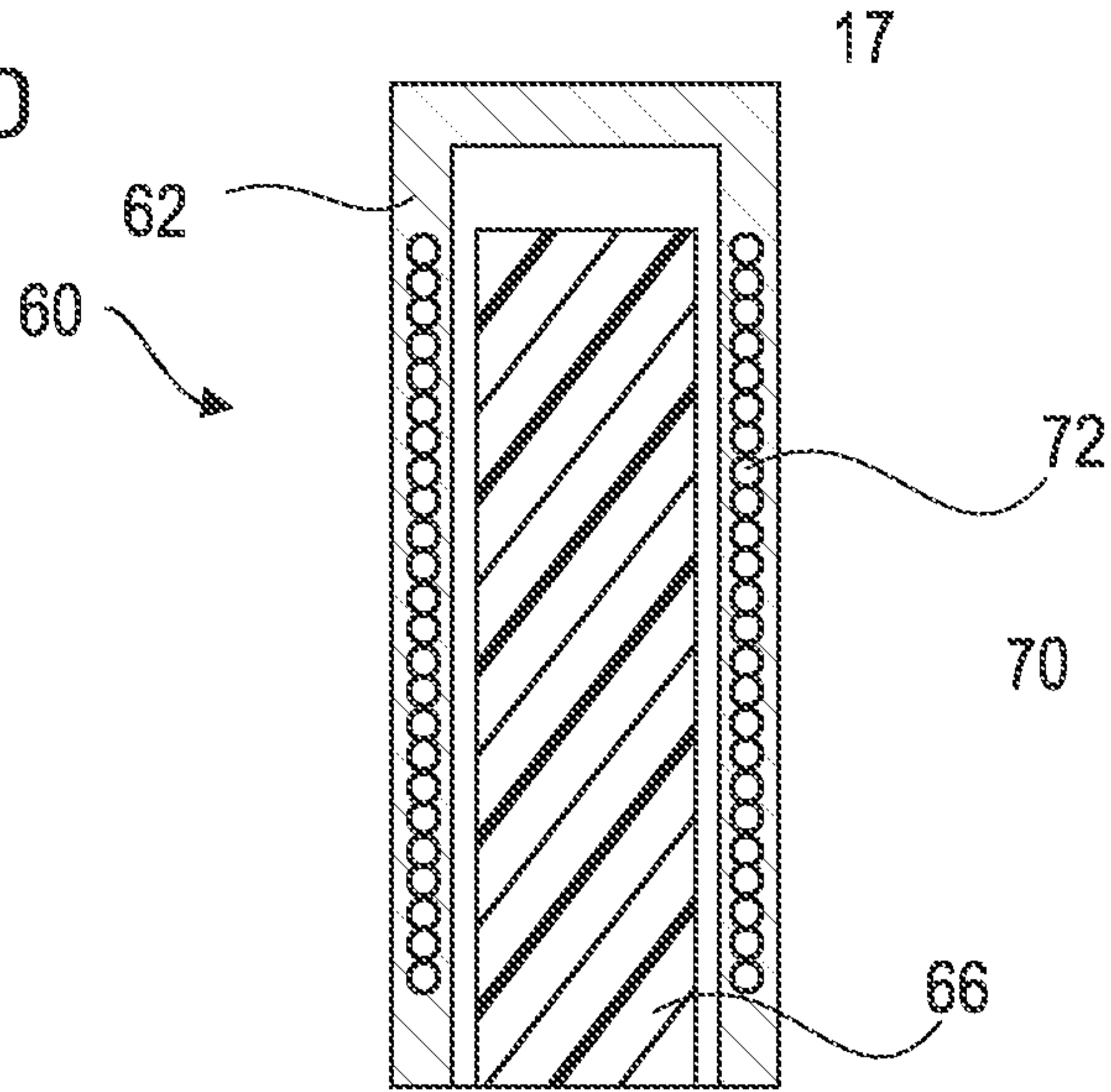


FIG. 5

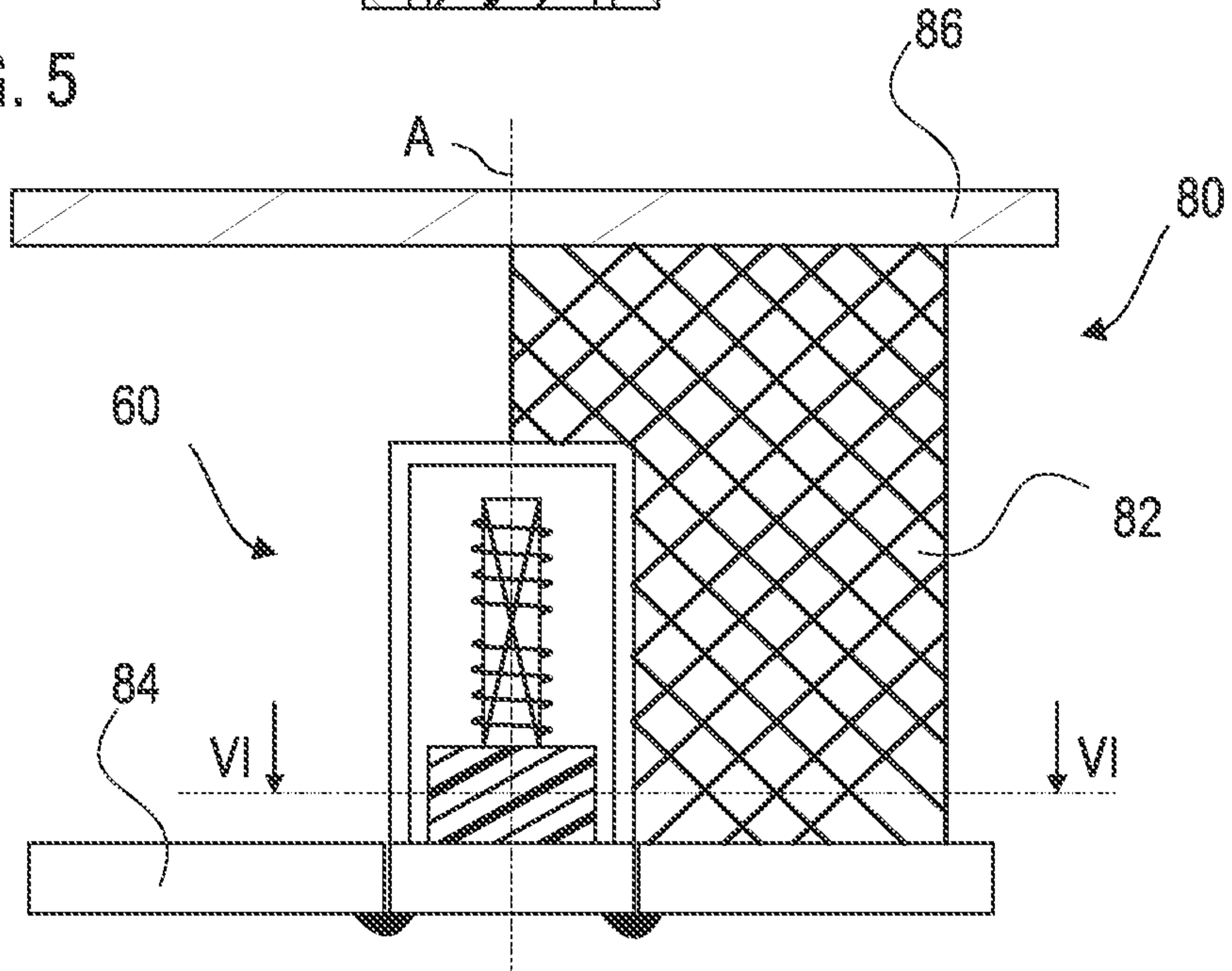
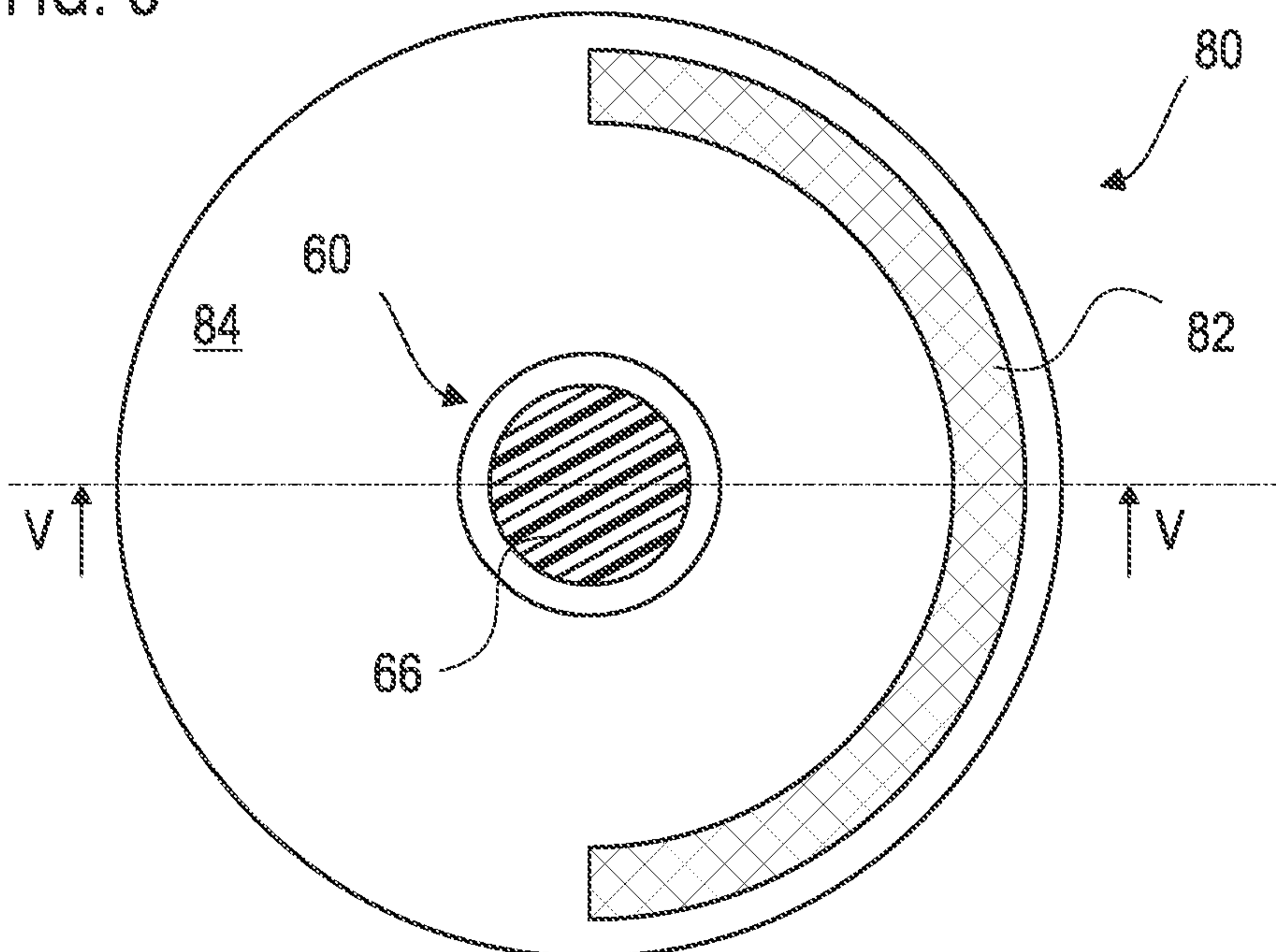


FIG. 6



18

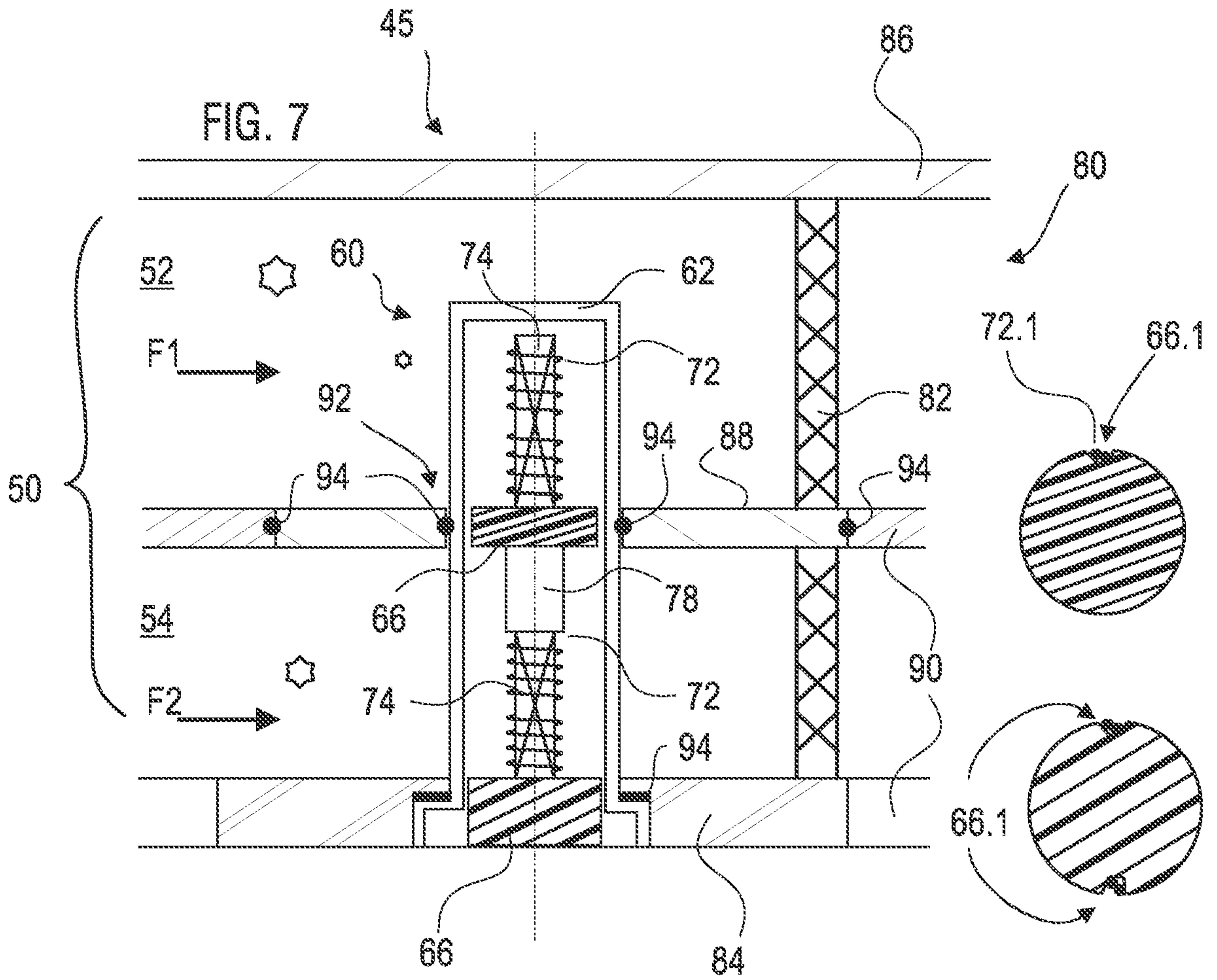


FIG. 8

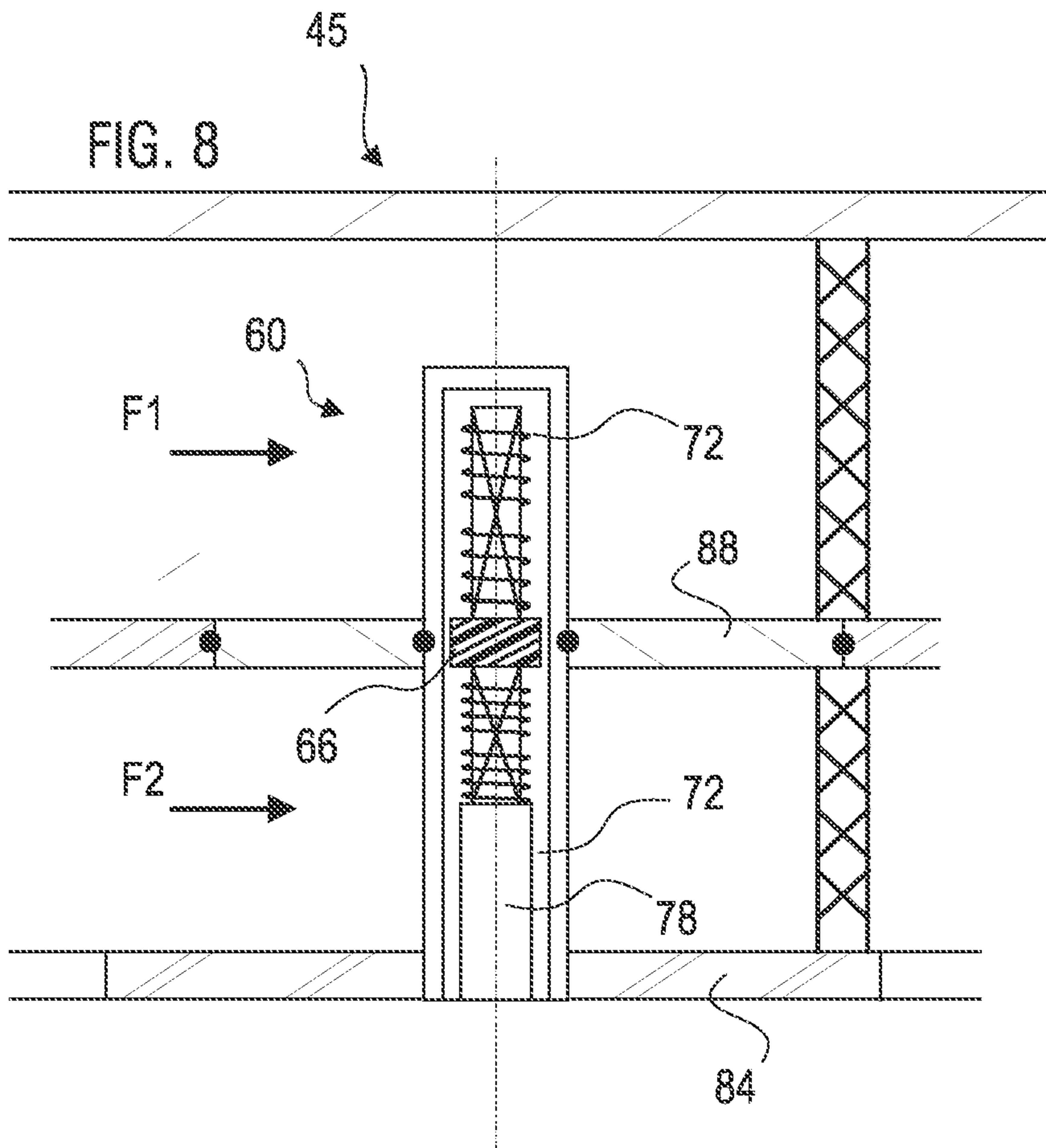


FIG. 9

19

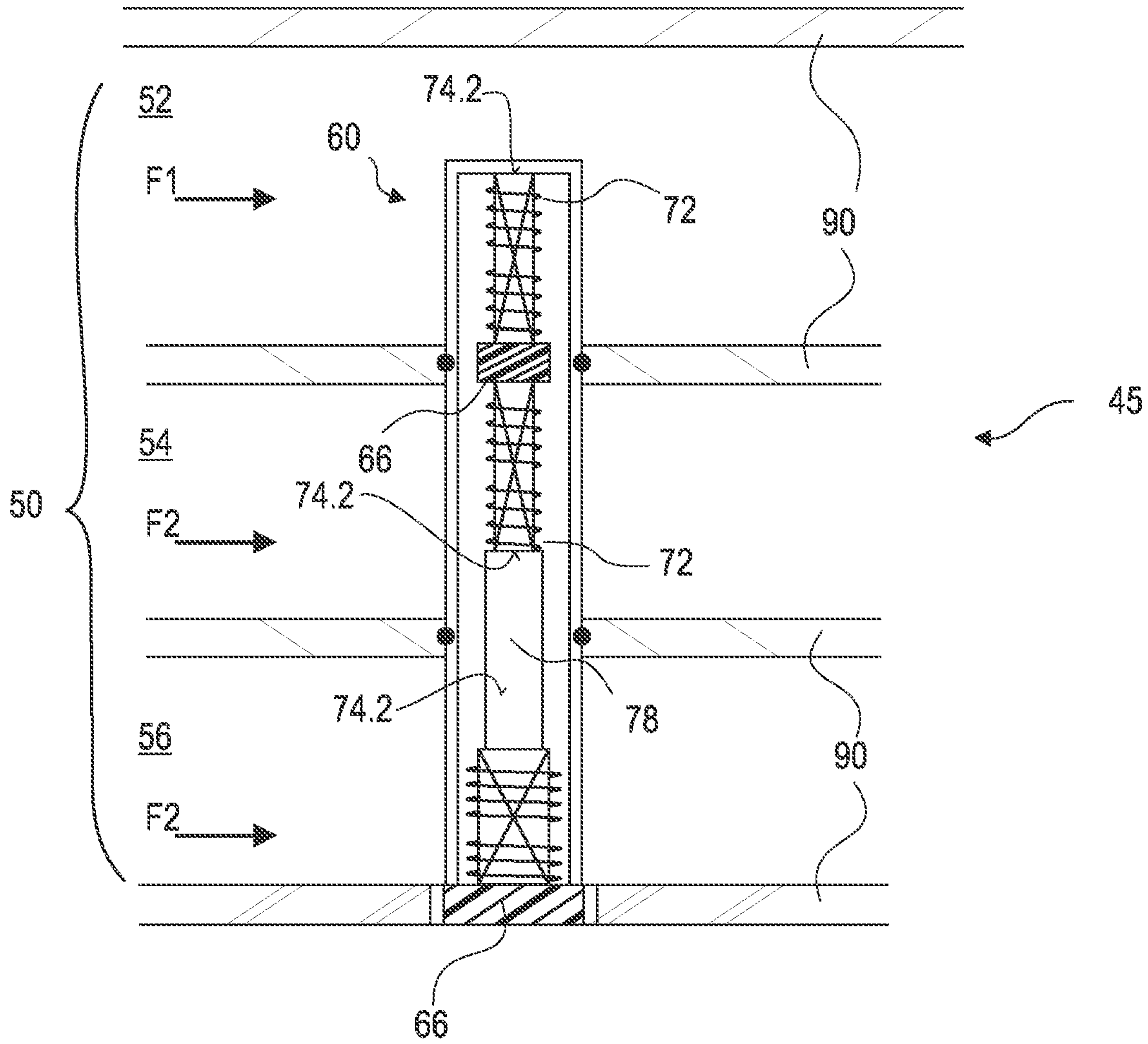


FIG. 10A

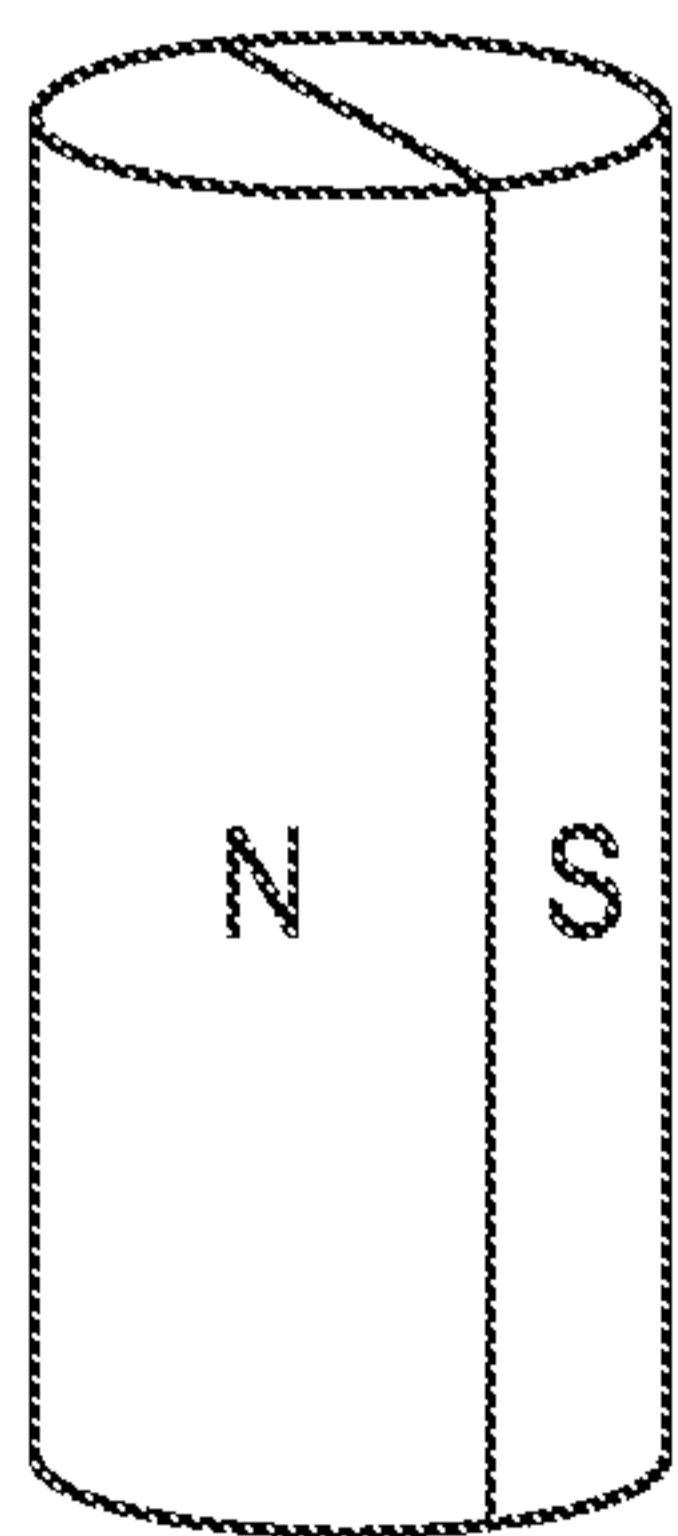


FIG. 10B

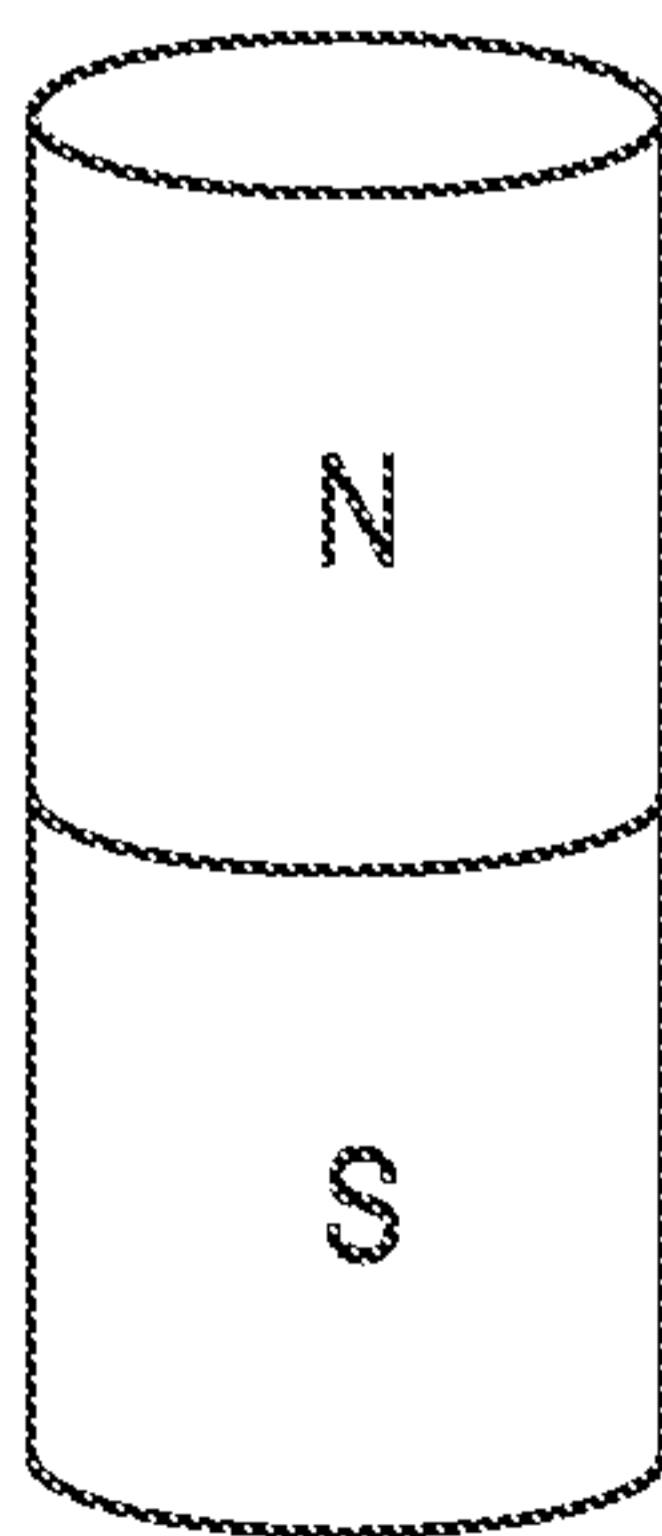
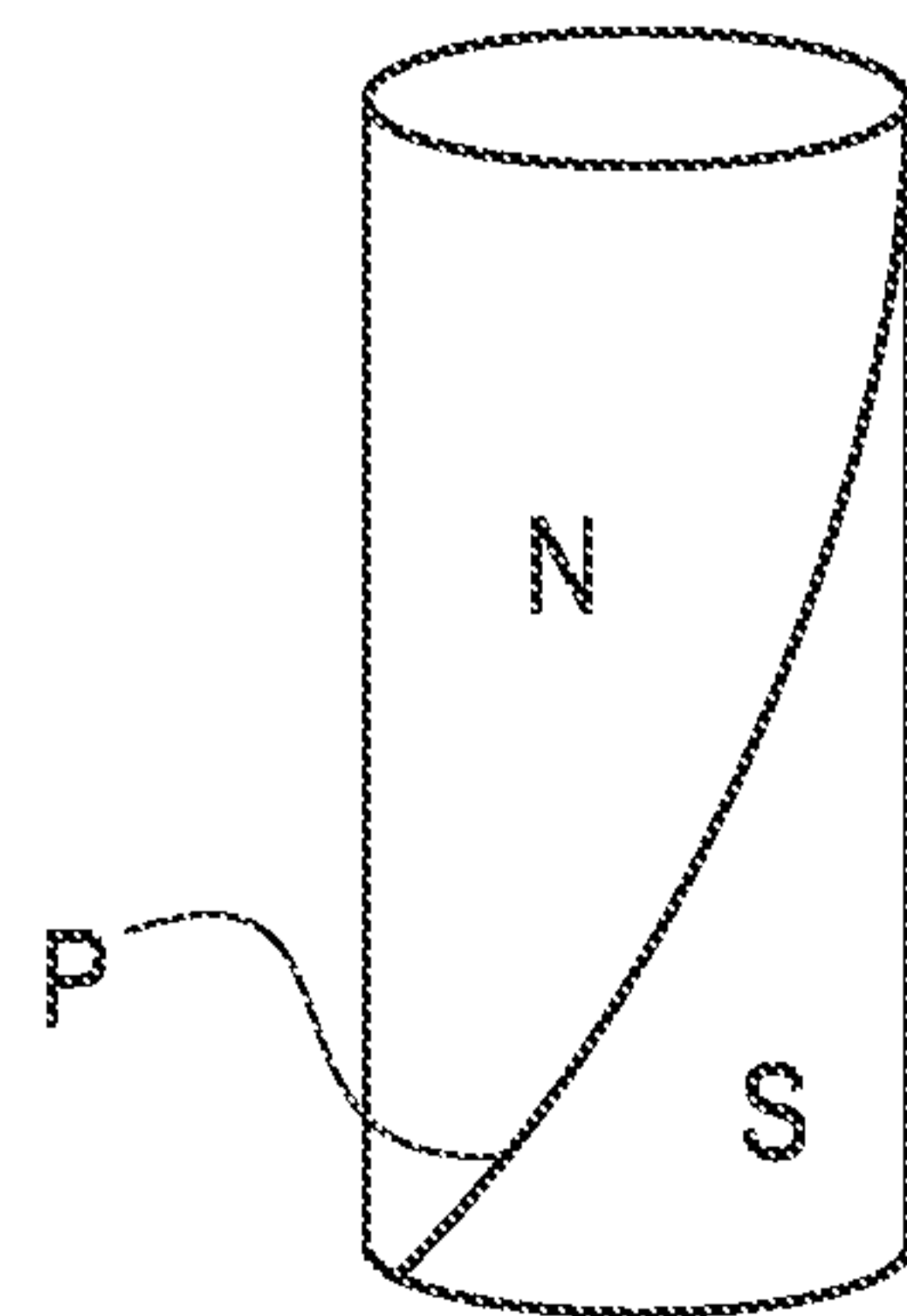


FIG. 10C





RAPPORT DE RECHERCHE
 établi en vertu de l'article XI.23., §2 et §3
 du Code de droit économique belge

BO 11977
 BE 201905850

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y,D A	EP 3 363 518 A1 (SAFRAN AERO BOOSTERS SA [BE]) 22 août 2018 (2018-08-22) * alinéa [0058] - alinéa [0070]; figure 2 *	1-7, 11-18 8-10	INV. B03C1/033 B03C1/28 G01N15/06 G01N27/83
Y A	FR 2 686 693 A1 (BOZEC AERONAUTIQUE) 30 juillet 1993 (1993-07-30) * page 5, ligne 13 - page 7, ligne 23; figures 1-4 *	1-7, 11-18 8-10	
Y A	EP 3 127 592 A1 (SAFRAN AERO BOOSTERS SA [BE]) 8 février 2017 (2017-02-08) * alinéa [0044] - alinéa [0056]; figures 2,3 *	1-7, 11-18 8-10	
A	US 4 841 244 A (CHAMBERS KEITH W [CA]) 20 juin 1989 (1989-06-20) * colonne 6, ligne 39 - ligne 50; figures 6,7 *	1-10	
A	EP 2 455 774 A1 (ARGO HYTOS GMBH [DE]) 23 mai 2012 (2012-05-23) * alinéa [0026] - alinéa [0029]; figure 1 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) B03C G01N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juillet 2020		Skaropoulos, N	
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

B0 11977
BE 201905850

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10-07-2020

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3363518	A1	22-08-2018	BE 1024987 A1 EP 3363518 A1	07-09-2018 22-08-2018
FR 2686693	A1	30-07-1993	CA 2088135 A1 DE 69317699 T2 EP 0576306 A1 ES 2117975 T3 FR 2686693 A1 JP H0694840 A US 5384535 A	28-07-1993 05-11-1998 29-12-1993 01-09-1998 30-07-1993 08-04-1994 24-01-1995
EP 3127592	A1	08-02-2017	BE 1023324 A1 CA 2937396 A1 CN 106437936 A EP 3127592 A1 US 2017036144 A1	06-02-2017 06-02-2017 22-02-2017 08-02-2017 09-02-2017
US 4841244	A	20-06-1989	AU 583422 B2 BR 8604929 A CA 1261170 A EP 0223400 A2 IL 80046 A JP S6293654 A KR 870004294 A US 4841244 A	27-04-1989 07-07-1987 26-09-1989 27-05-1987 17-09-1990 30-04-1987 08-05-1987 20-06-1989
EP 2455774	A1	23-05-2012	AUCUN	



OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11977	Date du dépôt(<i>jour/mois/année</i>) 29.11.2019	Date de priorité (<i>jour/mois/année</i>)	Demande n° BE201905850
Classification internationale des brevets (CIB) INV. B03C1/033 B03C1/28 G01N15/06 G01N27/83			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- Cadre n° I Base de l'opinion
- Cadre n° II Priorité
- Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- Cadre n° VI Certains documents cités
- Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

	Examineur Skaropoulos, N
--	-----------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE201905850

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément:
 - un listage de la ou des séquences
 - un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support:
 - sur papier
 - sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise:
 - contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - remis ultérieurement
3. De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	1-18
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	8-10
	Non :	Revendications	1-7, 11-18
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-18
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1 *Art antérieur*

Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 EP 3 363 518 A1 (SAFRAN AERO BOOSTERS SA [BE]) 22 août 2018 (2018-08-22)
- D2 FR 2 686 693 A1 (BOZEC AERONAUTIQUE) 30 juillet 1993 (1993-07-30)
- D3 EP 3 127 592 A1 (SAFRAN AERO BOOSTERS SA [BE]) 8 février 2017 (2017-02-08)
- D4 US 4 841 244 A (CHAMBERS KEITH W [CA]) 20 juin 1989 (1989-06-20)
- D5 EP 2 455 774 A1 (ARGO HYTOS GMBH [DE]) 23 mai 2012 (2012-05-23)

2 *Revendication indépendante*

La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication indépendante 1 n'étant pas conforme au critère d'activité inventive. Les motifs sont présentés ci-dessous.

Le document D1 appartient au domaine technique des systèmes pour la détection de débris métalliques dans un flux d'huile (voir D1, alinéa [0001]) et divulgue un système qui est structurellement similaire au système revendiqué (voir D1, figure 2). L'homme du métier aurait donc eu de bonnes raisons de choisir cet état de la technique comme point de départ pour effectuer un développement ultérieur.

Ce document décrit un système (voir figure 2, le système de détection 34) de détection de débris ferromagnétiques dans un flux d'huile (voir figure 2, le flux 42) d'une turbomachine (voir figure 1), le système comprenant un passage (voir figure 2, le passage 39) destiné à être parcouru par le flux et un module de détection (voir figure 1, le module de détection magnétique 34) des débris ferromagnétiques présents dans le flux, le module de détection comprenant :

- un aimant permanent (voir figure 2, le premier aimant 46); et
- une bobine (voir figure 2, la bobine 44) apte à détecter le champ magnétique (voir alinéa [0059]) généré par l'aimant; caractérisé en ce que le module de détection est agencé dans le passage (voir figure 2) ~~et le module de détection comprend en outre une enveloppe (62) étanche au flux (F, F1, F2) dans laquelle sont confinés l'aimant (66) et la bobine (72).~~

Selon D1, le module de détection magnétique 38 "*occupe un passage 39 traversé par le flux 32*" (voir D1, alinéa [0059]).

Le système de la revendication 1 diffère donc de ce système connu en ce que *le module de détection comprend en outre une enveloppe (62) étanche au flux (F, F1, F2) dans laquelle sont confinés l'aimant (66) et la bobine (72)*

La description de la présente demande enseigne (voir, page 5, lignes 4-7) que "*l'agencement d'une enveloppe au coeur du flux permet de mesurer avec précision la quantité de débris ferromagnétique circulant dans le flux d'huile sans perturber l'écoulement du flux car les pertes de charge résultant du module de détection sont moindres*". La demande ne contient cependant aucune preuve qui aurait objectivement établi que le système revendiqué est avantageux par rapport au système connu au niveau de la précision des mesures de débris ferromagnétiques. Le problème technique à résoudre consiste donc à trouver une solution de remplacement au système connu.

Confronté au problème technique objectif, l'homme du métier rencontrerait la divulgation des documents D2 et D3 parce que ces documents appartiennent au domaine technique de la détection de débris métalliques et il noterait que ces documents enseignent l'utilisation d'une enveloppe pour protéger les composants du système de détection magnétique (voir D2, page 6, lignes 20-29; D3, alinéa [0051]). L'homme du métier aurait donc considéré l'utilisation d'une telle enveloppe dans le système connu de D1 et il arriverait de manière évidente à l'objet de la revendication 1.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 n'implique pas d'activité inventive.

3 *Revendications dépendantes*

3.1 *Revendications 2-7 et 11-18*

Les revendications dépendantes 2-7 et 11-18 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.

En particulier, les caractéristiques supplémentaires des revendications 5 et 18 sont déjà connues du document D1 (voir D1, les figures 1 et 2) et les caractéristiques supplémentaires des revendications 2-4, 6, 7 et 11-17 se rapportent aux détails de la mise en oeuvre du système de détection, ces détails n'ayant pas un effet technique surprenant.

3.2 *Revendications 8-10*

Les revendications 8-10 satisfont aux exigences de nouveauté et d'activité inventive. Les motifs sont présentés ci-dessous.

Les caractéristiques supplémentaires de la revendication 8 se rapportent à un mode de réalisation multi-canaux du système de détection. Selon la description de la présente demande (voir page 9, lignes 23-33), ces caractéristiques permettent la détection des particules ferromagnétiques d'au moins deux flux d'huile indépendants à l'aide d'un seul module de détection. Aucun des documents D1-D5 contient un enseignement qui aurait incité l'homme du métier à modifier le système connu de D1 de telle sorte qu'il serait parvenu à un tel système de détection multi-canaux. La combinaison des caractéristiques de la revendication 8 ne découle donc pas d'une manière évidente de l'état de la technique.

Le même argument s'applique à l'objet des revendications 9 et 10.