



(11)

EP 3 764 386 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
13.01.2021 Bulletin 2021/02

(51) Int Cl.:
H01J 1/16 (2006.01) **H01J 1/18** (2006.01)
H01J 23/07 (2006.01) **H01J 23/04** (2006.01)
H01J 25/42 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20183040.3**

(22) Date de dépôt: **30.06.2020**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **LEGGIERI, Alberto**
78140 Velizy-Villacoublay (FR)
• **LEGRAND, François**
78470 St Remy les Chevreuse (FR)
• **MARCHESIN, Rodolphe**
91190 Gif sur Yvette (FR)

(30) Priorité: **08.07.2019 FR 1907279**

(74) Mandataire: **Marks & Clerk France**
Immeuble "Visium"
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **THALES**
92400 Courbevoie (FR)

(54) **CATHODE ANNULAIRE POUR TUBE ELECTRONIQUE**

(57) L'invention porte sur une cathode annulaire pour tube électronique, comprenant :

- un support central (7) cylindrique d'axe celui de la cathode ;
- un émetteur d'électrons (6) périphérique extérieur à section annulaire d'axe celui de la cathode, s'étendant sur le pourtour externe de la cathode ;
- une jupe repliée (4), solidaire en une extrémité interne au support central (7), et solidaire, en son extrémité externe, à une pluralité de pattes (5) ;
- chaque patte (5) étant disposée en série avec la jupe repliée (4), et solidaire avec la jupe repliée (4) et avec la surface interne de l'émetteur d'électrons (6).

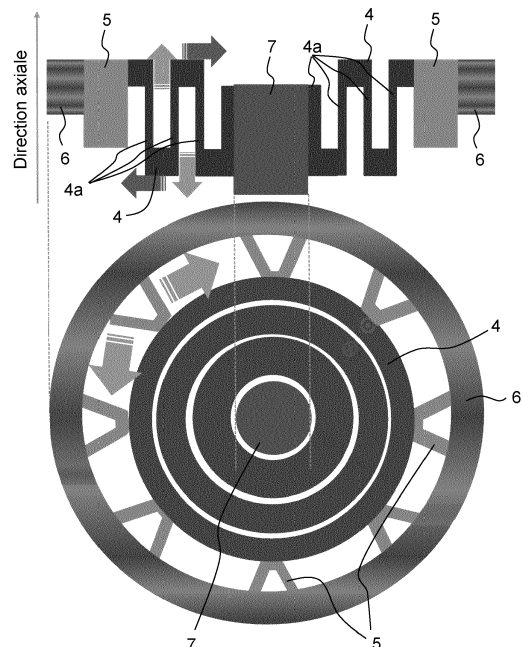


FIG.2

Description

[0001] L'invention porte sur une cathode annulaire pour tube électronique ou tubes à électrons. La présente invention concerne le développement de canons à électrons thermoélectriques/thermoioniques à hautes performances, tels des gyrotrons. Un gyrotron est un tube électronique de puissance (oscillateur), générant une onde hyperfréquence.

[0002] Le principal inconvénient des émetteurs d'électrons cathodiques est le contact avec l'élément qui le supporte.

[0003] L'émetteur d'électrons doit être maintenu dans une position spécifique, mais doit en même temps être isolé thermiquement du reste de la cathode (y compris le support). En outre, l'émetteur d'électrons doit avoir une température homogène sur toute la surface.

[0004] Le contact de l'émetteur, avec la structure qui le supporte, est donc très important, car il crée plusieurs zones présentant des discontinuités de température, se traduisant également par des déformations thermiques asymétriques. Cette inhomogénéité et ces déformations affectent la qualité du faisceau émis par le canon à électrons.

[0005] L'utilisation d'un seul élément dont le sens de dilatation est opposé à celui de la cathode principale est déjà connue et se limite à un élément de maintien flexible (élément de maintien incliné ou conique) qui relie l'émetteur d'électrons au support de la cathode comme décrit par exemple dans le document US 3631290 A.

[0006] Un tel mode de réalisation compense une dilatation longitudinale de l'émetteur d'électrons sans compenser les dilatations radiales et orbitales, ce qui implique une déformation de l'émetteur d'électrons par une dilatation thermique anisotrope. Ces dilatations ne sont pas équilibrées et il se produit une inhomogénéité de dilatation thermique. Dans le même temps, la présence de points de contact discrets entre l'émetteur d'électrons et les connexions traditionnelles produit des discontinuités de flux de chaleur et affecte l'homogénéité thermique de l'émetteur.

[0007] Les principales difficultés de conception d'une cathode concernent l'alignement de l'émetteur d'électrons et l'isolation thermique entre l'émetteur d'électrons et les autres parties de la cathode, en particulier avec l'élément qui supporte l'émetteur.

[0008] L'émetteur d'électrons doit être placé dans une certaine position, par conséquent, un élément est dédié à son support, ci-après appelé support. Les cathodes existantes présentent, en termes d'alignement des émetteurs, les principaux inconvénients qui suivent.

[0009] Le support est sensible aux déformations induites par la dilatation thermique des matériaux. Ces déformations compromettent l'alignement du support: la position mécanique du support à température ambiante peut changer après le chauffage thermique. Souvent, la position mécanique du support à température ambiante ne peut pas correspondre à sa position lorsque l'émetteur

d'électrons est chauffé. En conséquence, la position spatiale de l'émetteur d'électrons peut changer avant, pendant et après le chauffage. Les cathodes existantes présentent, en termes d'homogénéité thermique, les principaux inconvénients qui suivent.

[0010] Le support doit être en contact, au moins partiellement, avec l'émetteur. Ce contact est un contact mécanique, qui est donc un contact thermique. Les éléments de support en contact avec l'émetteur d'électrons permettent un flux de chaleur qui crée des écarts de température dans la zone de contact. Cet écart de températures provoque une inhomogénéité de la température de l'émetteur d'électrons le long de la surface de l'émetteur. Cette inhomogénéité de la température provoque une inhomogénéité de l'énergie des électrons émis, ce qui se traduit par une faible qualité du faisceau.

[0011] La figure 1 représente schématiquement une vue de coupe et une vue de dessus d'une cathode cylindrique connue de l'état de l'art, comprenant un élément de maintien flexible 1 (élément de maintien incliné ou conique) qui relie un émetteur d'électrons 2 à surface émissive d'électrons concave au support 3 de la cathode.

[0012] L'émetteur d'électrons 2 se dilate dans la direction axiale de la cathode, dans le sens positif, tandis que l'élément de maintien flexible 1 a une projection de dilatation thermique dans la même direction axiale, mais dans le sens opposé, négatif. Les dilatations longitudinales des deux structures sont pratiquement équilibrées. Cependant, les dilatations radiales et orbitales ne sont pas équilibrées et le flux de chaleur peut être important à l'interface entre l'émetteur d'électrons 2 et l'élément de maintien conique 1. La présence de points de contact discrets entre l'émetteur d'électrons 2 et l'élément de maintien conique 1 provoque des discontinuités de flux de chaleur et affecte l'homogénéité thermique de l'émetteur d'électrons 2.

[0013] Un but de l'invention est de pallier les problèmes précédemment cités.

[0014] Il est proposé, selon un aspect de l'invention, une cathode annulaire pour tube électronique, comprenant :

- un support central cylindrique d'axe celui de la cathode ;
- un émetteur d'électrons périphérique extérieur à section annulaire d'axe celui de la cathode, s'étendant sur le pourtour externe de la cathode ; et
- une jupe repliée, solidaire en une extrémité interne au support central, et solidaire, en son extrémité externe, à une pluralité de pattes ;
- chaque patte étant disposée en série avec la jupe repliée, et solidaire avec la jupe repliée et avec la surface interne de l'émetteur d'électrons.

[0015] La présente invention améliore l'alignement et l'homogénéité thermique de l'émetteur d'électrons de cathode dans des conditions de fonctionnement à chaud.

[0016] Selon un mode de réalisation, la jupe repliée

est monobloc.

[0017] L'utilisation d'une jupe monobloc permet de limiter le nombre de soudures.

[0018] En variante, la jupe repliée comprend une pluralité de cylindres tubulaires concentriques à sections circulaires, deux cylindres consécutifs étant reliés alternativement à une extrémité et à l'autre des cylindres tubulaires par un anneau.

[0019] L'utilisation d'une telle jupe repliée est plus facilement réalisable qu'une jupe monobloc.

[0020] Par exemple, le support central cylindrique est à section circulaire.

[0021] Dans un mode de réalisation, la cathode annulaire comprend un support de fixation des pattes disposé entre l'émetteur d'électrons et les pattes.

[0022] La présence d'un tel support facilite le montage des pattes.

[0023] Par exemple, les pattes sont en forme de U.

[0024] Ainsi, permet de réaliser des connexions dans la direction désirée avec un montage simplifié.

[0025] Selon un mode de réalisation, les pattes sont angulairement équiréparties. Ainsi, l'homogénéité thermique est améliorée car les discontinuités thermiques sont distribuées symétriquement dans la direction orbitale, en améliorant l'homogénéité thermique.

[0026] Selon un mode de réalisation, le rapport volume sur surface d'une patte et/ou d'un cylindre de la jupe repliée est inférieur à 0,06 mm.

[0027] Dans un mode de réalisation, une patte a un rapport volume sur surface de 0,05 mm.

[0028] Selon un mode de réalisation, un cylindre de la jupe repliée a un rapport volume sur surface de 0,025 mm.

[0029] Ainsi, on obtient un bon compromis entre une bonne résistance thermique (finesse) et un bon échange thermique par rayonnement (bonne surface), et permet une bonne dilatation isotrope.

[0030] L'invention sera mieux comprise à l'étude de quelques modes de réalisation décrits à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels les figures :

La Figure 1 illustre schématiquement une cathode cylindrique en vue de dessus et vue de coupe, selon l'état de la technique ;

la Figure 2 illustre schématiquement une cathode annulaire en vue de coupe et vue de dessus, selon un aspect de l'invention ;

la Figure 3 illustre schématiquement une comparaison entre une cathode annulaire de l'état de l'art et une cathode annulaire selon un aspect de l'invention ;

la Figure 4 illustre schématiquement une cathode annulaire en vue de dessus, selon un aspect de l'invention ;

la Figure 5 illustre schématiquement une cathode annulaire en vue de coupe, selon un aspect de l'invention ; et

la Figure 6 illustre schématiquement un exemple d'une patte et d'un cylindre de jupe repliée d'une cathode annulaire selon un aspect de l'invention.

[0031] Sur l'ensemble des figures, les éléments ayant des références identiques sont similaires.

[0032] L'invention proposée, comme représentée sur la figure 2, repose sur deux éléments de maintien mécaniques couplés qui agissent en synergie pour maintenir la concentricité et l'alignement de tous les composants de la cathode pendant son fonctionnement à chaud. Les deux éléments de maintien sont une jupe repliée 4 et une pluralité de pattes 5 disposés en série entre un support central cylindrique 7 d'axe celui de la cathode et un émetteur d'électrons périphérique extérieur 6 à section annulaire d'axe celui de la cathode, s'étendant sur le pourtour externe de la cathode.

[0033] La jupe repliée 4 permet de compenser des déformations axiales et radiales de la géométrie de la cathode. La jupe repliée 4 comprend des manchons ou cylindres tubulaires concentriques 4a qui implémentent des éléments de maintien flexibles calibrés avec des vecteurs de dilatation thermique opposés pour compenser dilatation thermique.

[0034] La pluralité de pattes 5 permet de compenser des déformations orbitales et radiales de la cathode. Les pattes 5 sont des supports radiaux qui relient l'émetteur d'électrons périphérique extérieur 6 à la jupe reliée 4.

[0035] La compensation axiale peut être obtenue en ajustant la hauteur (dimension dans la direction axiale) des pattes. Ces pattes implémentent des éléments de maintien flexibles qui compensent la dilatation radiale du matériau par un contre-effet isotrope agissant sur la direction circonférentielle. La dilatation opposée au sein d'une déformation symétrique rend l'émetteur d'électrons aligné dans la condition désirée, une fois que le système a été dimensionné pour l'exploitation de cette condition.

[0036] Ces deux éléments de maintien 4, 5 sont disposés en série. La jupe repliée 4 est fixée au support central cylindrique 7 de la cathode annulaire et aux pattes 5 qui sont fixées à la surface interne de l'émetteur d'électrons périphérique extérieur 6.

[0037] Les cylindres tubulaires 4a de la jupe repliée 4 se dilatent dans des directions longitudinales et radiales opposées et, simultanément, les pattes 5 se dilatent dans des directions orbitale et radiale opposées. La présence des cylindres tubulaires 4a rend l'expansion de l'émetteur d'électrons 6 équilibrée selon les trois directions axiale, radiale et orbitale. Les cylindres tubulaires 4a de la jupe repliée 4 se dilatent symétriquement selon la direction axiale de la cathode annulaire selon les deux sens positif et négatif, en conséquence de la symétrie des forces en expansion réparties sur les manchons elles-mêmes. Les discontinuités de températures et les écarts de dilatation mécaniques le long des cylindres tubulaires 4a de la jupe repliée 4 sont fortement limités.

[0038] Il y a une réduction du flux de chaleur de l'émet-

teur d'électrons 6 vers le support grâce à l'utilisation d'une pluralité d'éléments de maintien 4a, qui garantit un long chemin dans lequel la chaleur est rayonnée par les surfaces, ce qui se traduit par une résistance thermique augmentée (au lieu de l'utilisation d'un seul élément de maintien, dans laquelle la chaleur traverserait un chemin plus court et avec moins de surfaces). Lors de l'échauffement de la structure, les déformations mécaniques agissent en synergie avec les pattes 5. Les pattes 5 se dilatent symétriquement dans les directions orbitale et radiale afin de créer une déformation thermique isotrope qui maintient la concentricité entre l'émetteur d'électrons périphérique extérieur 6 et le reste de la cathode pendant le chauffage de celle-ci. Le résultat de déformations symétriques dans les deux sens selon des trois axes permet d'obtenir une concentricité et un alignement parfaits lorsque la cathode est chauffée.

[0039] La conduction thermique limitée entre l'émetteur d'électrons 6 périphérique extérieur et les éléments de maintien 4, 5 est assurée par l'alternance de points de contact de taille réduite entre les éléments de maintien de l'émetteur d'électrons et les manchons en étoile. Les éléments de maintien sont fabriqués dans des matériaux appropriés (Tungstène, Molybdène et Moly-Rhénium) et sont conçus en respectant une contrainte sur leur facteur de forme (volume réduit par rapport à la surface) afin de limiter la conduction thermique. En conséquence directe, l'homogénéité thermique est assurée par la multiplicité des points de contact, ce qui crée des discontinuités thermiques de faible amplitude, chacune placée dans un espace proche. Le résultat est une inhomogénéité thermique négligeable de l'émetteur d'électrons 6.

[0040] Il y a une coupure partielle du flux de chaleur de l'émetteur d'électrons 6 vers le support 7, grâce à l'alternance des points de contacts (au lieu d'un seul élément de maintien, dans lequel la chaleur est conduite directement de l'émetteur 6 vers le support 7). Il y a, à chaque point de contact entre l'élément de maintien 5 et l'émetteur d'électrons 6, une petite discontinuité de température et dilatation grâce à la pluralité de pattes 5 (au lieu d'une grande discontinuité, dans le cas d'un nombre réduit d'éléments de maintien).

[0041] La structure des éléments de maintien 4, 5 peut être inversée et le nombre de cylindres tubulaires 4a de la jupe repliée 4 et/ou le nombre de pattes 5 peut être adapté pour une meilleure correspondance des tailles du support central 7 et de l'émetteur d'électrons 6 d'électrons, en fonction de la taille de la cathode.

[0042] Les cylindres tubulaires 4a de la jupe repliée 4 se dilatent dans des directions longitudinales et radiales opposées et, simultanément, les pattes 5 en étoile se dilatent dans des directions orbitale et radiale opposées. Le résultat de déformations symétriques dans les deux sens selon les trois axes rend l'émetteur d'électrons 6 déformé thermiquement de manière concentrique et aligné sur le reste de la structure de cathode. La conduction thermique limitée entre l'émetteur d'électrons 6 et les éléments de maintien 4, 5 est assurée par l'alternance de

points de contact de taille réduite entre les l'émetteur d'électrons 6 et les pattes 5, avec une conduction thermique donnée par la propriété du matériau et le rapport de longueur des éléments de maintien.

[0043] La figure 3 illustre schématiquement une comparaison entre une cathode annulaire de l'état de l'art et une cathode annulaire selon un aspect de l'invention.

[0044] Les cathodes annulaires connues peuvent se dilater avec une déformation anisotrope lorsqu'elles chauffent. L'alignement et la concentricité de l'émetteur d'électrons 6 par rapport aux autres éléments de la cathode peuvent être compromis lors du chauffage. Certaines solutions existantes tentent de compenser les dilatations longitudinales de l'émetteur d'électrons 6 dans la direction axiale. Cependant, les dilatations radiales et orbitales ne sont pas équilibrées et il en résulte une inhomogénéité du déplacement thermique, comme illustré sur la partie gauche de la figure 3. Dans le même temps, la présence de points de contact discrets entre l'émetteur d'électrons 6 et les connexions traditionnelles produit des discontinuités de flux de chaleur et affecte l'homogénéité thermique de l'émetteur d'électrons 6. La conduction thermique des plots de support 8 (nécessaires pour placer l'émetteur d'électrons dans la zone souhaitée) produit une inhomogénéité de la température du support 7 et de l'émetteur d'électrons 6 par rapport à la contribution apportée par l'effet de rayonnement.

[0045] La présente invention, en plus de compenser les dilatations thermiques, permet d'améliorer l'homogénéité thermique de l'émetteur d'électrons 6. La raison réside dans la géométrie des pattes 5: ce sont des éléments de maintien de faible épaisseur et flexibles. Plus d'éléments de maintien donne un flux de chaleur plus homogène dans plus de points de contact, mais la faible épaisseur de ces éléments de maintien garantit une conduction thermique extrêmement basse. Afin de montrer de quelle manière la conception proposée permet de résoudre les inconvénients réels, un exemple de solution connue est comparé à l'invention proposée sur la figure 3.

[0046] Les figures 4 et 5 illustrent schématiquement une cathode annulaire en vue de dessus et vue de coupe, selon un aspect de l'invention.

[0047] Cette cathode annulaire pour tube électronique comprend :

- un support central 7 cylindrique tubulaire à section circulaire d'axe celui de la cathode ;
- un émetteur d'électrons 6 périphérique extérieur à section annulaire d'axe celui de la cathode, s'étendant sur le pourtour externe de la cathode ; et
- une jupe repliée 4, solidaire en son extrémité interne au support central, et solidaire, en son extrémité externe, à une pluralité de pattes 5 ;
- chaque patte 5 étant disposée en série avec la jupe repliée 4, et solidaire avec la jupe reliée 4 et avec la surface interne de l'émetteur d'électrons 6.

[0048] La jupe repliée 4 comprend une pluralité de cy-

lindres tubulaires concentriques 4a à sections circulaires, deux cylindres consécutifs 4a étant reliés alternativement à une extrémité et à l'autre des cylindres tubulaires par un anneau 4b.

[0049] L'émetteur d'électrons 6 présente une surface externe émettant des électrons vers l'extérieur.

[0050] Le support central 7 cylindrique est tubulaire à section circulaire, et les pattes 5 sont en forme de U.

[0051] Un support de fixation 9 des pattes 5 est disposé entre l'émetteur d'électrons 6 et les pattes 5. Le support 9 est pourvu d'emplacements, telles des fentes, destinées à recevoir les extrémités des pattes 5, par glissement, qu'il suffit ensuite de fixer par simple brasure. Cela simplifie la fixation des pattes 5 sur l'émetteur d'électrons 6.

[0052] La figure 6 illustre schématiquement un exemple d'une patte et d'un cylindre. Le rapport volume sur surface d'une patte et/ou d'un cylindre de la jupe repliée peut être inférieur à 0,06 mm.

[0053] Par exemple, une patte 5 a un rapport volume sur surface de 0,05 mm, et un cylindre 4a de la jupe repliée 4 a un rapport volume sur surface de 0,025 mm.

Revendications

1. Cathode annulaire pour tube électronique, comprenant :

- un support central (7) cylindrique d'axe celui de la cathode ;
- un émetteur d'électrons (6) périphérique extérieur à section annulaire d'axe celui de la cathode, s'étendant sur le pourtour externe de la cathode ; et
- une jupe repliée (4), solidaire en une extrémité interne au support central (7), et solidaire, en son extrémité externe, à une pluralité de pattes (5) ;
- chaque patte (5) étant disposée en série avec la jupe repliée (4), et solidaire avec la jupe repliée (4) et avec la surface interne de l'émetteur d'électrons (6).

2. Cathode annulaire selon la revendication 1, dans laquelle la jupe repliée (4) est monobloc.

3. Cathode annulaire selon la revendication 1, dans laquelle la jupe repliée (4) comprend une pluralité de cylindres tubulaires concentriques (4a) à sections circulaires, deux cylindres consécutifs (4a) étant reliés alternativement à une extrémité et à l'autre des cylindres tubulaires par un anneau (4b).

4. Cathode annulaire selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le support central (7) cylindrique est tubulaire à section circulaire.

5. Cathode annulaire selon l'une des revendications précédentes, comprenant un support de fixation (9) des pattes (5) disposé entre l'émetteur d'électrons (6) et les pattes (5).

6. Cathode annulaire selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les pattes (5) sont en forme de U.

7. Cathode annulaire selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les pattes (5) sont angulairement équiréparties.

8. Cathode annulaire selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le rapport volume sur surface d'une patte (5) et/ou d'un cylindre (4a) de la jupe repliée (4) est inférieur à 0,06 mm.

9. Cathode annulaire selon la revendication 7, dans laquelle une patte (5) a un rapport volume sur surface de 0,05 mm.

10. Cathode annulaire selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle un cylindre (4a) de la jupe repliée (4) a un rapport volume sur surface de 0,025 mm.

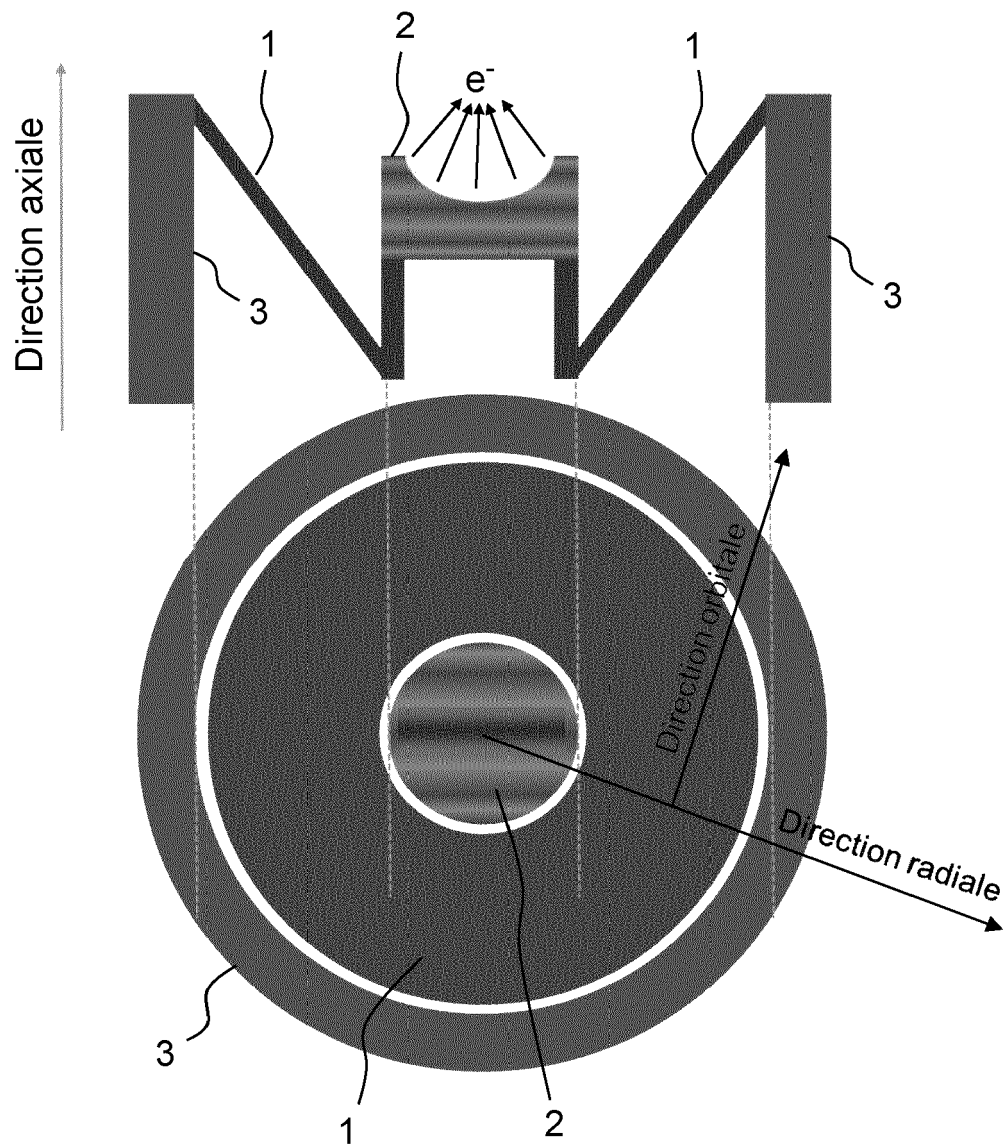


FIG.1

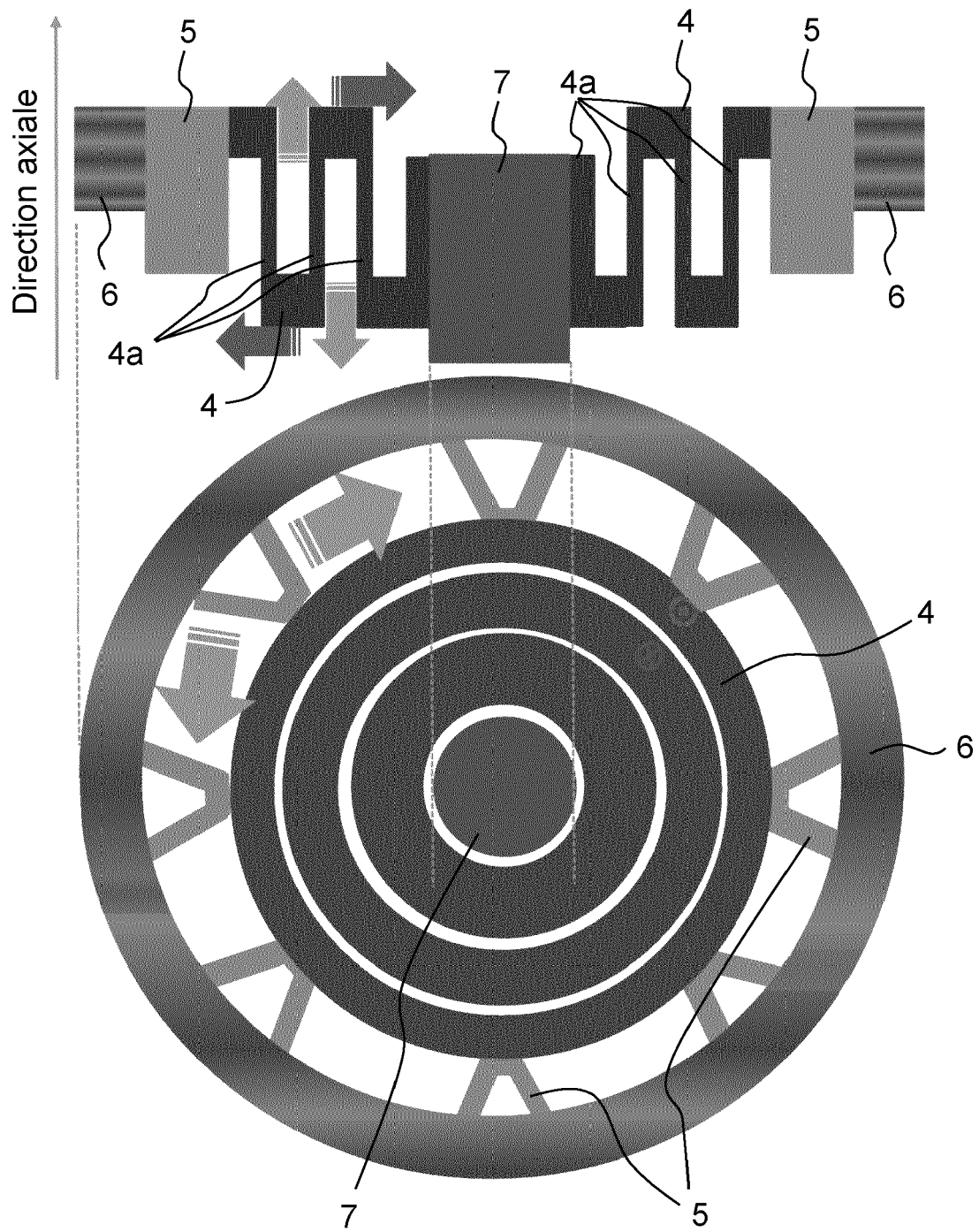


FIG.2

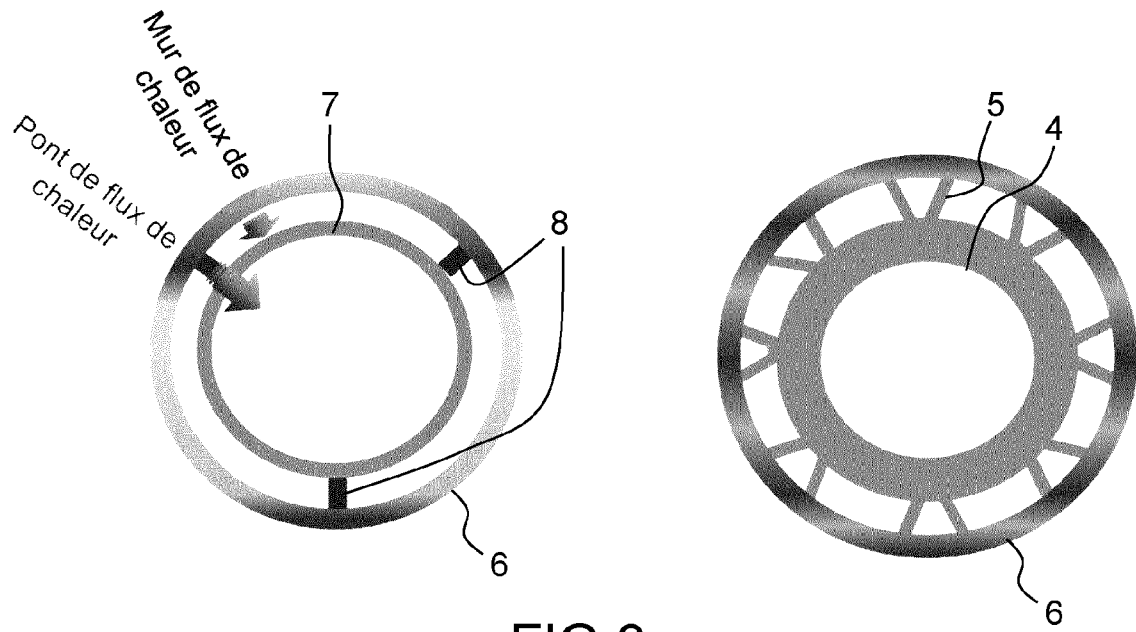


FIG.3

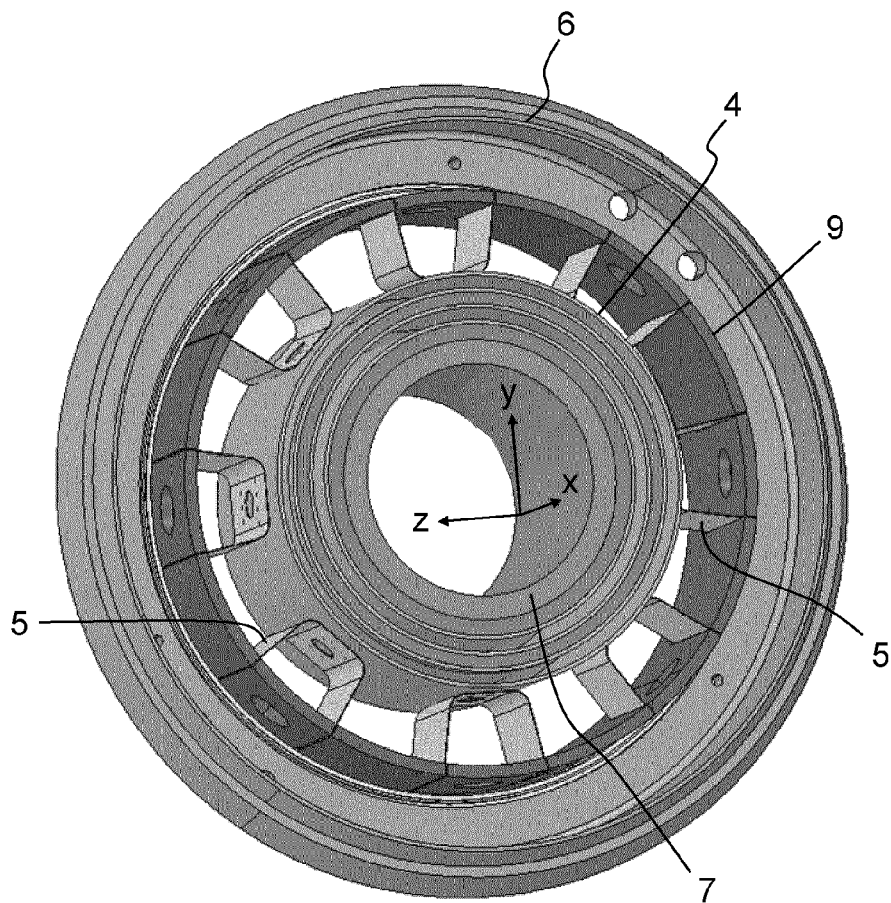


FIG.4

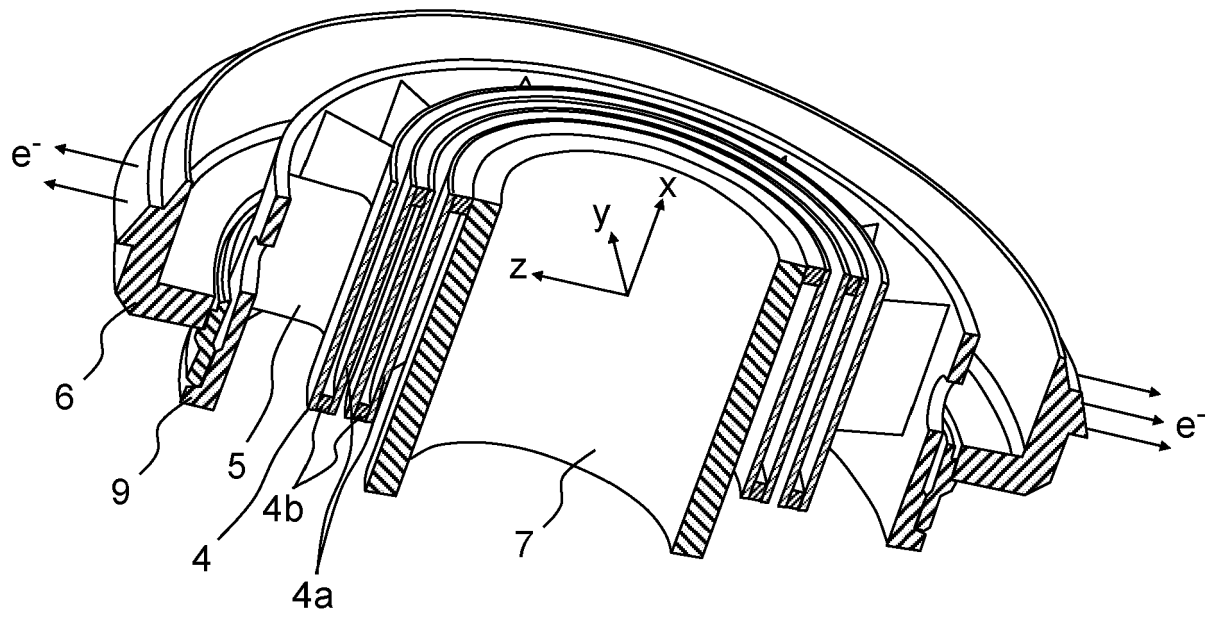


FIG.5

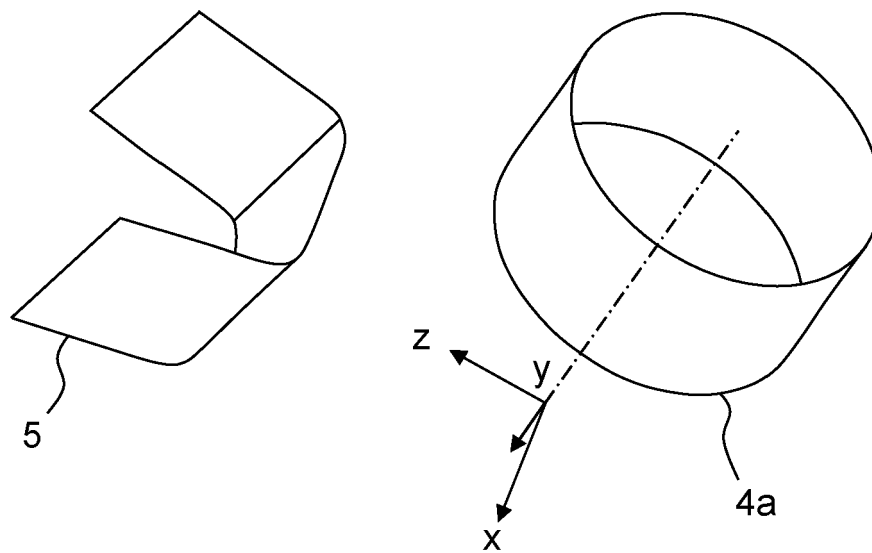


FIG.6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 18 3040

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 2 532 468 A1 (THOMSON CSF [FR]) 2 mars 1984 (1984-03-02) * cf fig 3, 4 et leur description * -----	1,3-8,10	INV. H01J1/16 H01J1/18 H01J23/07 H01J23/04 H01J25/42
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 25 novembre 2020	Examineur Angloher, Godehard
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 3631290 A [0005]