

⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt: **87400061.5**

⑤① Int. Cl.4: **H 01 J 35/10**

㉑ Date de dépôt: **13.01.87**

③⑩ Priorité: **17.01.86 FR 8600654**

④③ Date de publication de la demande:  
**02.09.87 Bulletin 87/36**

⑧④ Etats contractants désignés: **AT DE GB NL**

⑦① Demandeur: **THOMSON-CGR**  
**13, square Max-Hymans**  
**F-75015 Paris (FR)**

⑦② Inventeur: **Gabbay, Emile**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris (FR)**

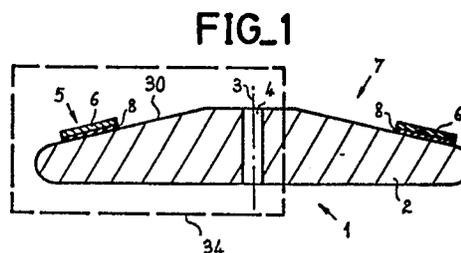
**Penato, Jean-Marie**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris (FR)**

**Debrouwer, Yves**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris (FR)**

⑦④ Mandataire: **Grynwald, Albert et al**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris (FR)**

⑤④ **Anode tournante avec graphite pour tube radiogène.**

⑤⑦ L'invention concerne une anode tournante avec graphite pour tube radiogène dans laquelle la qualité de la liaison avec le graphite (2) est considérablement améliorée par rapport à l'art antérieur, grâce à l'utilisation d'un élément de liaison (8) comportant du béryllium.



## Description

## ANODE TOURNANTE AVEC GRAPHITE POUR TUBE RADIOGENE

La présente invention concerne une anode tournante du type composite avec graphite, pour tube radiogène.

Dans les tubes radiogènes, le rayonnement X est produit sous l'effet d'un bombardement d'un matériau réfractaire à haut numéro atomique, porté par l'anode, par un faisceau d'électrons généré par une cathode. Ces matériaux à haut numéro atomique sont constitués par exemple par du tungstène, du tantal ou encore du molybdène, et sont appelés dans la suite de la description "matériaux cibles".

L'émission de photons X s'accompagne d'une forte émission de chaleur. En effet, le rendement énergétique des rayons X produits, c'est-à-dire le rapport d'énergie des photons X à l'énergie des électrons incidents, est de l'ordre de 1%, le reste est transformé en chaleur.

En général, c'est uniquement par rayonnement qu'est évacuée la chaleur accumulée dans l'anode. Aussi, les anodes et notamment les anodes tournantes, sont le plus souvent constituées de manière à favoriser le rayonnement thermique, et comportent à cet effet une ou des pièces en graphite.

Le graphite a essentiellement pour fonction d'augmenter le rayonnement thermique. L'augmentation de l'énergie rayonnée  $\Delta W$  peut s'écrire :

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon}$$

où  $W$  est l'énergie et  $\epsilon$  le coefficient de rayonnement ou coefficient d'émissivité. Le gain d'énergie dissipée varie linéairement avec le coefficient d'émissivité, toutes conditions étant égales par ailleurs.

D'autre part, l'énergie rayonnée  $W$  est proportionnelle à la puissance 4 de la température exprimée en °K. Aussi, pour une énergie rayonnée  $W_1$  correspondant à une température  $T_1$  de 1250°C, et une seconde énergie rayonnée  $W_2$  correspondant à une seconde température  $T_2$  de 1000°C, le rapport  $\frac{W_1}{W_2} = 2$ .

Ceci montre l'importance qu'il y a à pouvoir porter le disque d'anode à la plus haute température possible, afin de tirer le bénéfice maximum susceptible d'être apporté par le rayonnement thermique dû au graphite.

L'apport de graphite dans les disques d'anodes tournantes est réalisé de différentes façons. D'une façon générale le disque d'anode est un disque composite, formé d'un corps de base dont une face est couverte au moins partiellement par un matériau cible.

Le corps de base peut être constitué directement en graphite. Le matériau cible, du tungstène par exemple peut être appliqué sur le graphite soit par des procédés de brasure, soit par exemple selon une couche déposée sur le graphite par un procédé de dépôt par phase gazeuse, ou encore par exemple par électrolyse ignée. Dans tous les cas la qualité de la liaison entre le tungstène et le graphite est

primordiale pour, d'une part obtenir une adhérence suffisante du tungstène sur le graphite et d'autre part constituer une résistance thermique minimum entre, le tungstène ou matériau cible considéré comme étant la source de chaleur, et le graphite qui est prévu pour évacuer la chaleur par rayonnement.

Cette liaison entre le tungstène ou matériau cible et le graphite, est réalisée par une couche d'un élément de liaison : dans le cas de la brasure c'est l'élément de brasure qui constitue cet élément de liaison et dans le cas du dépôt par phase gazeuse ou par électrolyse ignée, cet élément de liaison est constitué par un élément dit élément intermédiaire, déposé selon une couche mince entre le matériau cible et le graphite ; cet élément intermédiaire étant constitué en général par du rhénium, qui est lui-même un matériau réfractaire.

Dans d'autres cas, le corps de base est constitué par exemple par du molybdène, sur lequel le matériau cible, tel que du tungstène, est appliqué selon un procédé mécanique par exemple ; une pièce de graphite étant brasée sur le corps de base en molybdène, sur une face opposée à celle du matériau cible. La qualité de la liaison entre le molybdène et le graphite a une même importance que dans les exemples précédents, l'élément de liaison étant constitué par l'élément de brasure, lui-même constitué en matériau relativement réfractaire tel par exemple que le zirconium, le Titane, palladium, rhodium etc...

Quelle que soit la constitution de ces anodes tournantes de type composite, on constate fréquemment que les différences de température entre le matériau cible et la pièce en graphite sont supérieures aux différences attendues, et que par suite la quantité d'énergie rayonnée est considérablement plus faible que celle espérée.

L'auteur de la présente invention a pensé que ce défaut était dû à une qualité insuffisante de la liaison graphite-tungstène ou graphite-molybdène, et que notamment pour les procédés de brasure, les éléments de brasure tels que précédemment cités, mouillent mal d'une part le graphite et d'autre part le tungstène ou le molybdène.

D'autre part il est à remarquer également, qui si l'élément de brasure a un point de fusion trop bas, ou une tension de vapeur trop élevée, cela peut conduire à baisser la température d'utilisation du disque d'anode en entier, et conduire ainsi à une diminution de la quantité d'énergie rayonnée.

La présente invention concerne une anode tournante du type composite, comportant du graphite destiné notamment à augmenter la quantité d'énergie rayonnée, et dans laquelle la qualité de la liaison entre le graphite et les éléments auxquels il est solidarisé est considérablement améliorée par rapport à l'art antérieur, de manière à augmenter les limites de température d'utilisation du disque d'anode.

Selon l'invention, une anode tournante du type composite, comportant, autour d'un axe de symé-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

trie, une première pièce solidarisée à une seconde pièce constituée en graphite, la première pièce comportant un matériau cible destiné à produire un rayon nement X, est caractérisée en ce que la première et la seconde pièce sont solidarisées par un élément de liaison comportant du béryllium.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif, et aux trois figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 montre schématiquement par une vue en coupe, une anode tournante selon l'invention comportant un corps en graphite sur lequel est déposée une couche d'un matériau cible;

- la figure 2 montre une partie de l'anode tournante de l'invention représentée dans un encadré montré sur la figure 1 ;

- la figure 3 montre l'anode de l'invention, comportant un corps en graphite sur lequel est brasé un matériau cible ;

- la figure 4 montre schématiquement par une vue en coupe, l'anode selon l'invention comportant un corps en molybdène.

La figure 1 montre une anode tournante 1 conforme à l'invention, comportant, dans l'exemple non limitatif décrit, un corps de base 2 constitué par une masse de graphite, ayant un axe de symétrie 3. Le corps de base 2 comporte un trou 4 disposé selon l'axe de symétrie 3, destiné à permettre la fixation de l'anode tournante 1 sur son support (non représenté).

Dans l'exemple non limitatif de la description, une couche 6 d'un matériau cible, en tungstène par exemple ou en un composite de ce dernier, est déposée sur une première face 7 du corps de base 2. Dans l'exemple non limitatif décrit, la couche 6 de matériau cible est déposée sur une partie pentue 30 de la face 7, selon la forme d'une couronne centrée sur l'axe de symétrie 3 et destinée dans le fonctionnement de l'anode à constituer une couronne focale. La couche 6 de matériau cible a été déposée selon une méthode conventionnelle, telle que dépôt chimique en phase gazeuse par exemple, sur une seconde couche 8 d'un élément de liaison. L'élément de liaison est constitué pour une part d'un élément intermédiaire, classique dans cette configuration, destiné notamment à réaliser une adhérence suffisante du matériau cible ou tungstène sur le graphite du corps de base 2 et à éviter la carburation du tungstène ; cet élément intermédiaire étant par exemple du rhénium.

Selon une caractéristique de l'invention, la seconde couche 8 formée par l'élément de liaison est constituée par l'élément intermédiaire ci-dessus décrit auquel a été ajouté du béryllium. Le béryllium constitue un agent de mouillage qui améliore la liaison tungstène-graphite, même en faible quantité et dont la proportion par rapport à l'élément intermédiaire n'est pas critique, ainsi qu'il apparaît dans une suite de la description ; la seconde couche 8 d'élément de liaison pouvant être constituée par l'élément intermédiaire auquel a été ajouté le béryllium dans une proportion, par exemple de l'ordre de 10 % en poids.

Dans l'exemple non limitatif décrit, la première couche 6 en tungstène constitue une première pièce, solidarisée à une seconde pièce formée par le graphite constituant le corps de base 2, par l'intermédiaire de la seconde couche 8 constituée par l'élément de liaison. Dans le fonctionnement de l'anode tournante 1, la couche 6 de matériau cible constitue la source de chaleur, et la qualité de la liaison tungstène-graphite qui est assurée par la couche 8 d'élément de liaison selon l'invention, permet d'évacuer cette chaleur par le rayonnement du graphite de manière optimum.

Le dépôt de la seconde couche 8 en élément de liaison peut s'effectuer selon l'une des méthodes classiques, employées pour réaliser le dépôt préalable d'une couche intermédiaire en Rhénium, telle que l'électrolyse par exemple.

Il est utile ensuite, notamment après que la première couche 6 de matériau cible ou tungstène a été déposée, de porter l'anode tournante 1 à une haute température, sous vide; cette haute température étant supérieure à la température de fonctionnement de l'anode 1. Ceci permet, soit d'obtenir la fusion du béryllium et de réaliser ainsi sa diffusion d'une part dans le graphite et d'autre part dans le tungstène si le béryllium a été ajouté en faible proportion, soit de favoriser une diffusion solide du béryllium dans le tungstène et le graphite, si le béryllium a été ajouté en proportion plus importante par exemple supérieure à 10 % en poids. Ceci permet en outre d'évacuer les excès de béryllium par évaporation.

La figure 2 illustre une autre possibilité de réaliser le dépôt de la seconde couche 8, en montrant une partie de l'anode 1 représentée dans un encadré 34 de la figure 1.

Selon cette autre possibilité, la seconde couche 8 en élément de liaison comporte une couche appelée couche intermédiaire 32 et formée de rhénium, soit pur, soit mélangé avec du béryllium pur, en contact soit avec la première couche 6 de matériau cible, soit avec le graphite du corps de base 2.

Dans l'exemple non limitatif décrit, la seconde couche 8 en élément de liaison comporte une couche supérieure 31 et une couche inférieure 33 en béryllium pur, avec entre ces couches supérieure et inférieure 31, 33, la couche intermédiaire 32 ; ces couches supérieure, inférieure, intermédiaire 31, 33, 32 pouvant être déposées par exemple par un procédé d'électrolyse.

Dans cette configuration, le procédé consiste :

1° à déposer la couche inférieure 33 de béryllium pur sur le graphite du corps de base ;

2° puis à déposer la couche intermédiaire 32 de rhénium pur ou mélangé au béryllium, sur la couche inférieure 33 déjà déposée sur le graphite ;

3° puis à déposer la couche supérieure 31 de béryllium pur sur la couche intermédiaire 32 de rhénium pur ou mélangé

4° et enfin à déposer la première couche 6 de matériau cible, en tungstène par exemple, sur la seconde couche 8 d'élément de liaison c'est-à-dire directement sur la couche supérieure 31 de béryllium pur, en utilisant par exemple un

procédé de dépôt chimique en phase gazeuse comme il a été précédemment mentionné.

Il faut ensuite porter l'anode 1, sous vide, à une température supérieure à la température de fonctionnement de l'anode 1. La haute température conduit à la fusion du béryllium pur, qui, d'une part, diffuse dans la maille du tungstène, et d'autre part remplit les porosités du graphite, tout en s'alliant à la couche formée de rhénium composée ou non avec du béryllium. Les excès de béryllium, comme dans le cas précédent, sont évacués par évaporation sous vide.

La figure 3 illustre une version préférée de l'invention, dans laquelle l'anode tournante 1 comporte également un corps de base 2 en graphite, mais où le matériau cible est constitué par une couronne 5 solidarisée au corps de base 2 par un procédé de brasure. La couronne 5 peut être constituée de manière classique, en matériau cible massif pur ou allié comme par exemple en tungstène massif ou en un alliage de ce dernier, ou encore en un composite tungstène-molybdène tel que comportant du tungstène (éventuellement allié) en surface et un support (non représenté) en molybdène en sous couche.

Dans l'exemple non limitatif décrit, la face 7 du corps de base 2 comporte une gorge 12 en forme de couronne centrée autour de l'axe de symétrie 3. La couronne 5 de matériau cible est appliquée sur le corps de base 2 en graphite, dans la gorge 12 dans laquelle au préalable a été déposée de manière conventionnelle une troisième couche 13 d'un élément de liaison. Dans ce cas, l'élément de liaison est constitué par un élément de brasure tel que précédemment cité, comme par exemple, du titane ou du zirconium auquel est ajouté une quantité relativement faible de béryllium ; la brasure s'effectuant par des moyens en eux-mêmes connus (non représentés), permettant notamment de chauffer l'anode tournante 1 pendant qu'une force est exercée de manière classique sur la couronne 5 de matériau cible afin de la presser contre le corps de base 2. La proportion de béryllium n'est pas critique, aussi bien dans le cas où il est ajouté au rhénium selon les exemples précédents, que dans le cas où il est ajouté à un élément de brasure. Des essais ont montrés que la qualité de la liaison du tungstène au graphite était améliorée même avec une proportion de béryllium de 1 % en poids, et il n'a pas été jugé utile, en pratique, d'aller au-delà de 15 %, les excès de béryllium étant évacués par évaporation sous vide.

Nous pensons que les brasures utilisées telles que zirconium, titane, mouillent mal le graphite et le matériau cible, le tungstène ou le molybdène par exemple. Le béryllium constitue un mouillant qui diffuse largement dans le tungstène ou le molybdène et dans le graphite, créant des alliages dont on peut, par chauffage sous vide à haute température, déplacer les équilibres et vaporiser les excès de matériau.

Le rôle du béryllium, bien qu'ayant un bas point de fusion et une haute pression de vapeur, peut s'expliquer de la façon suivante : après s'être allié avec, par exemple le titane ou le zirconium, le

béryllium allié, d'une part remplit en particulier les porosités du graphite, et d'autre part le béryllium diffuse dans la maille du tungstène ou du molybdène et s'allie au tungstène en toute proportion, assurant ainsi une bonne qualité de la liaison tungstènebéryllium. En portant l'ensemble à haute température et sous vide, par exemple à une température de 1550° supérieure à la température de fonctionnement désirée de l'anode 1, l'excès de béryllium s'en va par évaporation sous vide ; le reste, étant prisonnier du tungstène ou molybdène et du graphite, ne peut plus s'évaporer lors d'une montée à température élevée de l'anode durant son fonctionnement, et nuire ainsi à ce fonctionnement. Ainsi, tout en passant par une solution de brasure du graphite, la température de fonctionnement n'est pas limitée par la température de la brasure. On remarque en outre que dans ces conditions la quantité de béryllium n'est pas critique.

La figure 4 montre une version de l'anode selon l'invention dans laquelle cette dernière comporte un corps 20 formé par une masse de molybdène. Dans l'exemple non limitatif décrit, le matériau cible est constitué par une couche épaisse 26, en tungstène par exemple, couvrant entièrement la première face 7. Dans l'exemple décrit, le tungstène 6 a une épaisseur e relativement importante, et a été solidarisé, par un procédé mécanique et thermique classique, au corps 20 en molybdène avec lequel il forme une première pièce.

L'anode tournante 1 comporte en outre une seconde pièce formée par un anneau 16 en graphite disposé sur une seconde face 17 du corps 20 en molybdène. L'anneau 16 de graphite est centré autour de l'axe de symétrie 3, dans une seconde gorge 18 usinée dans une seconde face 17 du corps 20. L'anneau 16 de graphite est brasé sur le molybdène du corps 2 grâce à une quatrième couche 25 d'un élément de liaison. L'élément de liaison est constitué, ainsi que dans l'exemple relatif à la figure 3, par un élément de brasure d'un type classique auquel a été ajouté du béryllium, de manière à parfaire, ainsi qu'il a été précédemment décrit, la qualité de la liaison entre le graphite et le molybdène.

La présente invention est applicable à tout type d'anode dans laquelle a été incorporé un élément de graphite.

## Revendications

1. Anode tournante du type composite, comportant une première pièce (6, 5, 20) solidarisée à une seconde pièce (2, 16) constituée en graphite, la première pièce (6, 5, 20) comportant un matériau cible (6, 5, 25) destiné à produire un rayonnement X, caractérisée en ce que la première et la seconde pièce (6, 5, 20 et 2, 16) sont solidarisées par un élément de liaison (8, 13, 25) comportant du béryllium.

2. Anode tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce que le matériau cible (5,6) est du tungstène.

3. Anode tournante selon la revendication 1,

caractérisée en ce que le matériau cible est un composite tungstène-molybdène.

4. Anode tournante selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la deuxième pièce constitue un corps de base (2) en graphite portant ledit matériau cible (5,6). 5

5. Anode tournante selon la revendication 4, caractérisée en ce que l'élément de liaison (8) comporte un élément intermédiaire et du béryllium. 10

6. Anode tournante selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'élément intermédiaire est mélangé avec du béryllium.

7. Anode tournante selon la revendication précédente, caractérisée en ce que béryllium représente 1 à 15 % en poids de l'élément intermédiaire. 15

8. Anode tournante selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'élément de liaison (8) comporte au moins une couche (31, 33) de béryllium pur. 20

9. Anode tournante selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit élément intermédiaire est constitué par du rhénium.

10. Anode tournante selon l'une des revendications 1, 2, 3 ou 4, caractérisée en ce que ledit élément de liaison (13) est constitué par un élément de brasure auquel est ajouté du béryllium. 25

11. Anode tournante selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le béryllium représente 1 à 15 % en poids de l'élément de brasure. 30

12. Anode tournante selon l'une des revendications 1 ou 2 ou 3, caractérisée en ce que la première pièce (26, 20) comporte un corps en molybdène (20) solidarisé audit matériau cible (26) et en ce qu'un anneau (16) en graphite est solidarisé audit corps (20) en molybdène grâce à un élément de liaison (25) constitué d'un élément de brasure auquel a été ajouté du béryllium. 35  
40

45

50

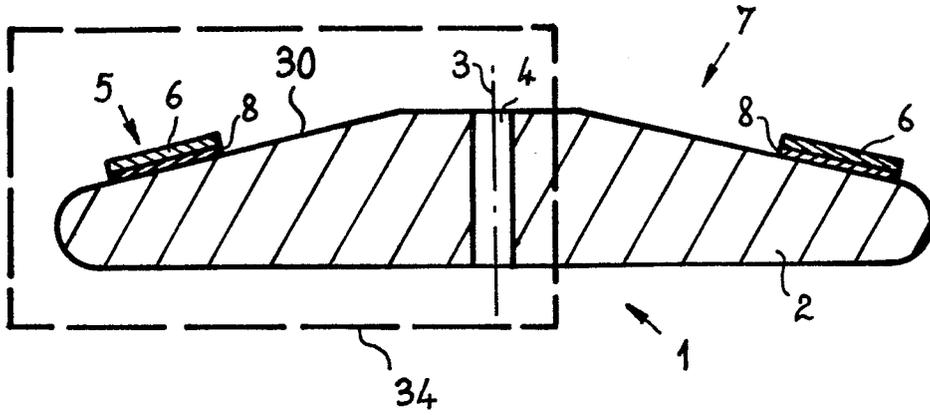
55

60

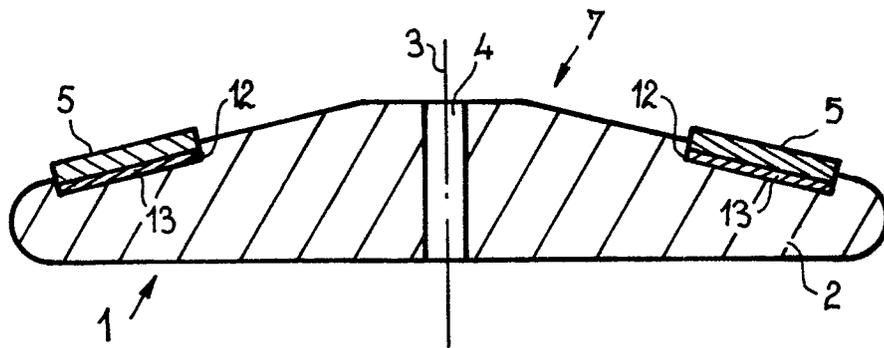
65

5

# FIG\_1



# FIG\_3



# FIG\_4

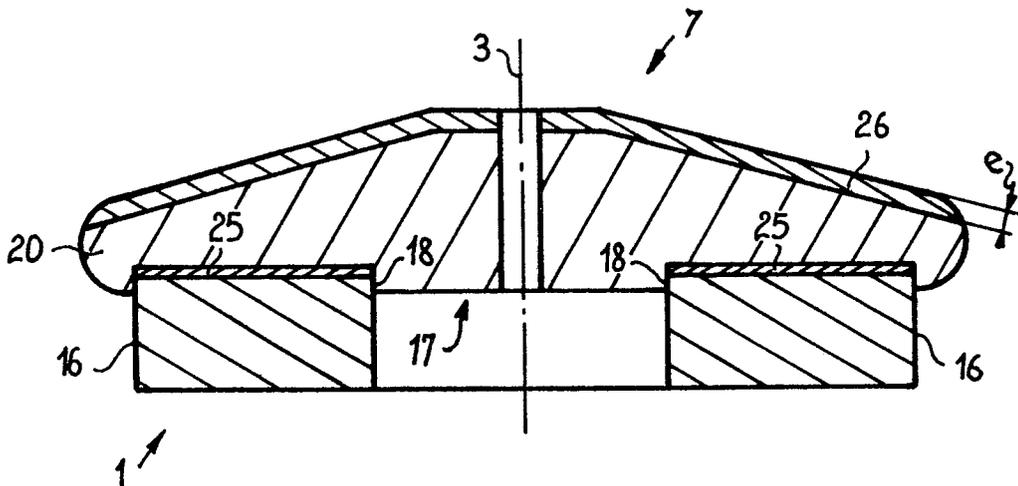
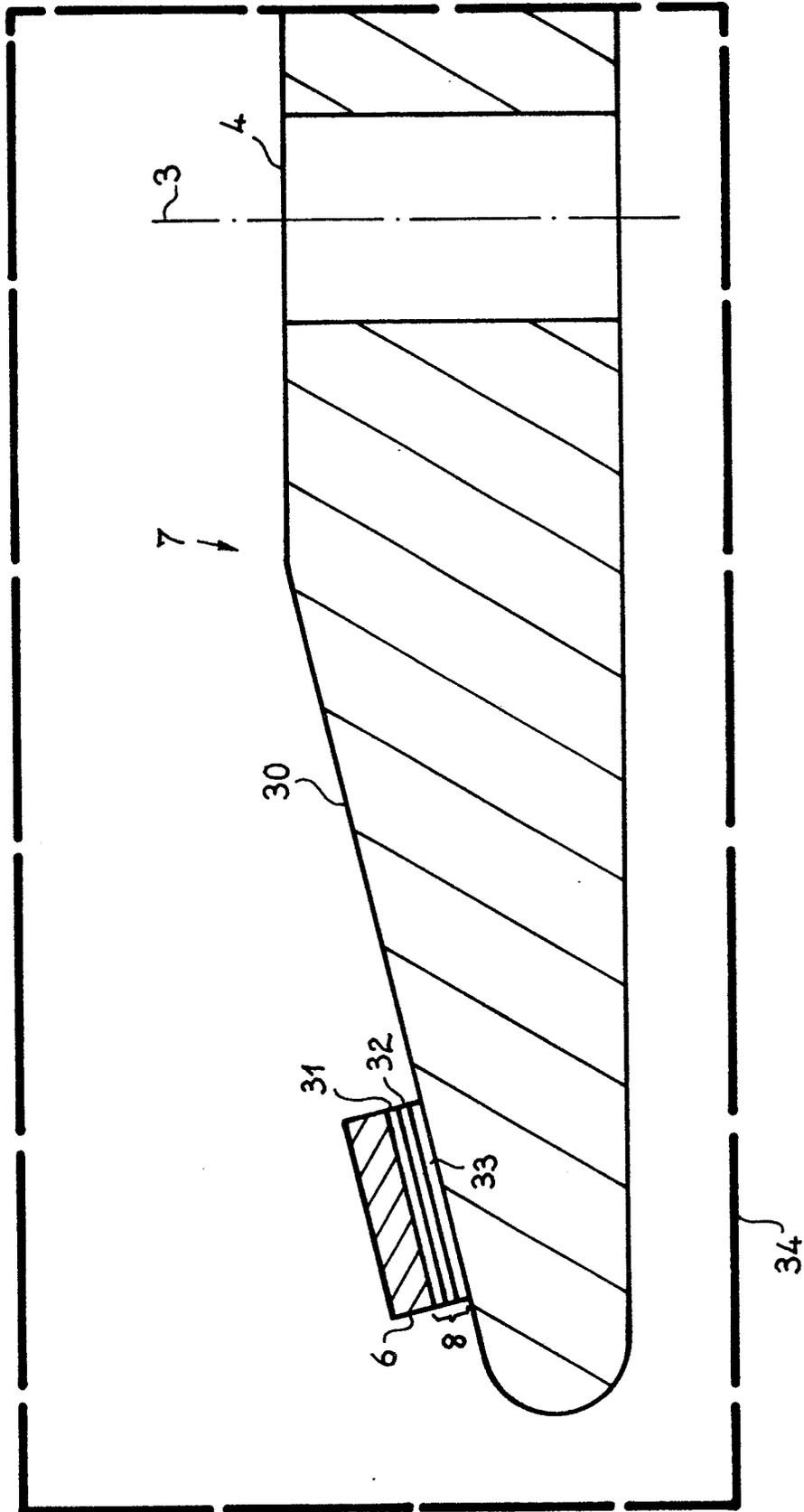


FIG. 2





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	DE-A-2 719 609 (R. BAUER) * Page 1, lignes 16-20; page 2, lignes 1-7 *	1,8	H 01 J 35/10
A	--- US-A-3 329 847 (H. FRIEDMAN) * Colonne 3, ligne 24 - colonne 4, ligne 15 *	1,2,8	
A	--- US-A-3 890 521 (A. SHROFF)  * Colonne 1, lignes 11-67 * & FR-A-2 166 625	1,2,4,9	
A	--- FR-A-1 575 111 (METALLWERK PLANSEE AG) * Page 2, ligne 14 - page 3, ligne 22 *	1,2,4,9	
A	--- EP-A-0 023 065 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * Page 1, ligne 1 - page 3, ligne 12 *	1,2,4,9	H 01 J 35/00
A	--- EP-A-0 037 956 (TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA) * Page 2, ligne 2 - page 3, ligne 4 *	1,2,4,9	
-----			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 16-04-1987	Examineur HORAK G.I.

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