

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **89401760.7**

⑤① Int. Cl.⁵: **H 01 J 35/06**
H 01 J 35/14

㉔ Date de dépôt: **22.06.89**

③① Priorité: **01.07.88 FR 8808958**

④③ Date de publication de la demande:
03.01.90 Bulletin 90/01

④④ Etats contractants désignés: **DE ES GB IT NL**

⑦① Demandeur: **GENERAL ELECTRIC CGR S.A.**
100, rue Camille-Desmoulins
F-92130 Issy les Moulineaux (FR)

⑦② Inventeur: **De Fraguier, Sixte**
CABINET BALLOT-SCHMIT 84, Avenue Kléber
F-75116 Paris (FR)

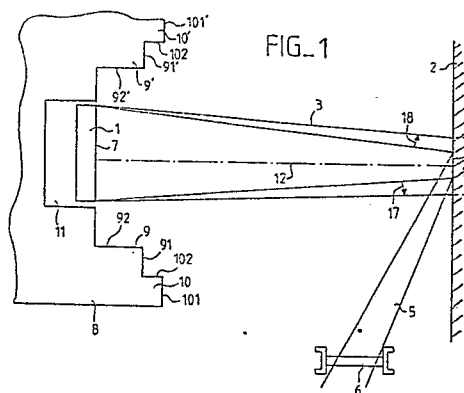
Thomas, Catherine
CABINET BALLOT-SCHMIT 84, Avenue Kléber
F-75116 Paris (FR)

Caire, François
CABINET BALLOT-SCHMIT 84, Avenue Kléber
F-75116 Paris (FR)

⑦④ Mandataire: **Ballot, Paul Denis Jacques**
Cabinet Ballot-Schmit 7, rue le Sueur
F-75116 Paris (FR)

⑤④ **Tube à rayons X à foyer variable auto-adapté à la charge.**

⑤⑦ On résout les problèmes de tenue en température à la fois de l'anode (2) et de la cathode (1) en réalisant une cathode plane (7) inscrite dans un dispositif (8) de focalisation à marche. On montre que selon la forme de ce dispositif le débit thermique sur l'anode est constant quelle que soit la charge du tube.



Description

TUBE A RAYONS X A FOYER VARIABLE AUTO-ADAPTE A LA CHARGE

La présente invention a pour objet un tube à rayons X notamment à foyer variable auto-adapté à la charge, utilisable dans le domaine médical. Les principales caractéristiques de ces tubes concernent les résistances à la dérive de leurs caractéristiques d'émission en fonction de leur température ainsi que l'homogénéité de l'illumination X produite par tous les points de leur foyer. L'invention vise à perfectionner de tels tubes en évitant leur éventuelle destruction sous l'effet d'un échauffement trop important de leur anode.

D'une façon générale des rayons X sont produits par le bombardement électronique, dans une enceinte à vide, d'une cible élaborée dans un matériau à haut numéro atomique. Les électrons nécessaires au bombardement de cette cible sont libérés par effet thermo-électronique, généralement dans un filament hélicoïdal de tungstène, d'une cathode placée avec précision au sein d'une pièce de concentration. La pièce de concentration joue un rôle focalisateur en même temps qu'un rôle de Wehnelt. La cible est constituée par l'anode du tube. Dans ce type de configuration très classique, les vitesses initiales des électrons au niveau de l'émetteur sont très dispersées. Leur trajectoire présente donc une structure désordonnée et le système de focalisation est chargé de les rectifier. Le système de focalisation n'est généralement pas suffisamment performant. En conséquence, au lieu de l'impact de ces électrons de bombardement sur la cible, on obtient un enchevêtrement assez compliqué des trajectoires. Ceci confère au foyer thermique des rayons X un profil énergétique assez peu compatible avec une bonne qualité d'image.

Dans des développements récents, par exemple dans ceux décrits dans la demande de brevet européen n° 85 106753.8, déposée le 31 mai 1985, il est fait référence à une cathode qui n'est plus constituée par un filament mais qui est constituée par une portion d'un ruban présentant, à l'émission des électrons, une surface plane en face de l'anode. L'intérêt d'utiliser un émetteur d'électrons plan a déjà été présenté antérieurement à cette demande. Il consiste à maintenir une certaine cohésion des charges électroniques au cours de leur trajectoire vers la cible. En effet, l'expérience a montré qu'on obtient dans ce cas une répartition de potentiel électrostatique favorable à une meilleure focalisation des charges électriques. Le foyer X ainsi obtenu présente alors un profil énergétique pratiquement homogène, ce qui est bénéfique à la qualité de l'image. La littérature scientifique relate certaines expérimentations basées sur ce principe général. On y fait toujours usage d'émetteur élaboré sous la forme de ruban de tungstène.

Mais ces rubans présentent systématiquement des problèmes de tenue thermomécanique. C'est d'ailleurs pour résoudre de tels problèmes que l'invention correspondante à la demande de brevet européen ci-dessus évoquée a été faite. En particulier, malgré tous les soins portés au laminage des

rubans, des phénomènes de contraintes différentielles se produisent dans ceux-ci et ils prennent du fait des échauffements et des refroidissements successifs dans le tube une allure dite en tôle ondulée. Les avantages de disposer d'un émetteur plan sont alors perdus.

En plus de ces défauts, les émetteurs plans ou même les émetteurs filaments présentent l'inconvénient que l'allure du profil énergétique du foyer varie d'une manière non maîtrisée avec la charge du tube. La charge du tube correspond au débit de rayons X. Ce débit est lié à l'importance de l'effet thermoélectronique dans la cathode. Celui-ci est lié à la température à laquelle est portée cette cathode. Or, de plus en plus d'appareils de radiologie sont munis de circuits de régulation pour réguler la charge du tube. Compte tenu du coefficient d'absorption radiologique d'un patient donné à examiner cette régulation agit pour que ce rayonnement qui traverse ce patient soit minimum. Cette régulation agit bien entendu sur le circuit de chauffage de la cathode. La technique de régulation tendant à faire agir cette régulation sur la haute tension entre anode et cathode a été abandonnée car cette technique conduit à modifier pendant l'examen la dureté du rayonnement X utilisé.

Et la modification de la charge du tube n'est pas sans effets sur la distribution énergétique du foyer. Ceci a plusieurs conséquences. En particulier dans certaines situations, du fait de la modification de cette charge du tube, on peut atteindre des densités énergétiques en certains endroits de l'anode qui se situent au delà des densités thermiques acceptables pour cette anode. Dans ce cas l'anode peut être détruite. Les phénomènes de dilatation et de compression des surfaces utiles du foyer thermique sont dus à l'existence de la charge d'espace véhiculée par les électrons avant d'aller frapper la cible. Encore faut-il lier l'importance de cette charge d'espace elle-même à la haute tension nécessaire à l'arrachement des électrons de la cathode.

Il pourrait être envisageable de modifier la fonction de la pièce de focalisation en fonction de la charge d'espace de manière à limiter par exemple les effets destructeurs d'une augmentation brutale trop importante de la densité thermique du foyer. Indépendamment de la complexité d'un tel asservissement, dans l'état actuel non envisageable, il faudrait en plus que cet asservissement puisse anticiper les dérives thermiques de la densité thermique du foyer.

Cette solution n'est pas possible. En conséquence, dans l'état actuel de la technique, la régulation apportée sur la charge du tube retient automatiquement en une variation de l'illumination X, et donc sur la qualité des images résultantes. En définitive, le caractère hétéroclite des effets combinés de la charge d'espace et de la haute tension (de la charge du tube), ne permet pas de disposer de tubes dont au moins certaines caractéristiques d'émission, seraient maîtrisées quelle que soit la

charge.

La présente invention a pour objet de remédier à cet inconvénient en proposant un dispositif émetteur plan, offrant par ailleurs une rigidité mécanique permettant de s'affranchir des problèmes de tôle ondulée évoqués ci-dessus. La solution des problèmes de variation de la densité thermique le long du foyer, ou de variation de la dimension de ce foyer en fonction de la charge du tube, peut alors être apportée par l'installation de cette cathode plane dans une pièce de focalisation dite à marche. On a découvert en effet qu'il y avait dans ce cas une autorégulation des caractéristiques de ce foyer. Ainsi, pour une géométrie particulière de la pièce de focalisation à marche on peut obtenir une densité thermique du foyer toujours constante. L'intérêt de cette solution est qu'elle s'applique sur une large gamme de haute tension, entre l'anode et la cathode, de telle façon qu'un même tube peut servir à plusieurs applications.

L'intérêt de disposer d'une densité thermique maîtrisée et donc d'un foyer de dimension variable avec la charge permet à l'utilisateur de disposer avec le même tube d'un grand nombre de foyers de dimensions différentes. En effet, les clichés réalisés avec un foyer fin peuvent être faits à débit plus faible, et lorsque l'utilisateur travaille avec un foyer plus gros, il lui faut davantage de puissance. L'invention met donc à la disposition de l'utilisateur un tube à foyer de dimension continuellement variable et réglable et à flux thermique constant sur la cible. On assure ainsi simplement la maîtrise de l'utilisation.

L'invention a donc pour objet un tube radiogène muni d'une cathode et d'une anode, en regard de la cathode, pour émettre un rayonnement X, caractérisé en ce que

- la cathode est une cathode plane,
- placée à la base d'un dispositif de focalisation à marche.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont données qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

- figure 1 : une coupe schématique d'un tube radiogène selon l'invention;
- figure 2 : un diagramme énergétique pour le tube de la figure 1 ;
- figure 3 : Une vue en perspective d'un exemple d'une cathode plane selon l'invention;
- figure 4 : une vue en coupe de la cathode de la figure 3.

La figure 1 montre schématiquement un tube radiogène selon l'invention. Ce tube radiogène comporte, dans une enceinte vide non représentée, une cathode 1 située en vis à vis d'une anode 2. L'anode reçoit un rayonnement électronique 3 sur son foyer 4 et réémet un rayonnement X 5 notamment en direction d'une fenêtre d'utilisation 6. La fenêtre d'utilisation fait partie de l'enveloppe du tube. Selon l'invention la cathode présente la particularité d'opposer une face plane 7 en vis à vis de l'anode 2. Elle présente en outre la particularité d'être insérée dans une optique de focalisation 8 dite à marche. Cette optique de focalisation à

marche a pour objet de créer une répartition du champ électrique entre l'anode et la cathode telle que le rayonnement 3 des électrons soit du type convergent. On distingue deux types de rayonnement convergent. Dans un premier type, représenté sur la figure 1, le point de convergence des électrons est situé derrière le plan de l'anode : il est virtuel. Dans ce cas, le rayonnement est dit direct. Dans un deuxième type de rayonnement, dit croisé, le point de convergence des électrons se situe en position intermédiaire entre la cathode 7 et l'anode 2 : il est réel.

Bien que le dispositif de focalisation 8 puisse être également à simple marche, on a trouvé ici plus avantageux de le réaliser à double marche. La pièce de focalisation 8 a une forme prismatique dont la figure 1 représente le plan de section droit. La pièce 8 comporte les deux marches, respectivement 9 et 10 réparties symétriquement en 9' et 10' de part et d'autre de la cathode 1. Chaque marche comporte un dessus de marche 91 ou 101 et une contremarche 92 ou 102. (respectivement 91', 92', 101', 102'). Dans un exemple préféré de réalisation le plan 7 de la cathode 1 est distant de l'anode 4 d'une distance d'environ 7.5 mm. Les dessus 91 et 91' des marches 9 et 9' sont distants de l'anode d'environ 7mm. Les dessus 101 et 101' sont distants, eux, d'environ 6 mm du plan de l'anode 2. La largeur de la cathode 1, mesurée dans le plan de section droite de la pièce prismatique focale 8, vaut 2 mm. La largeur d'un logement 11 où est placée cette cathode à l'intérieur de la pièce focale 8 vaut 2.2 mm. La distance qui sépare les contremarches 92 et 92' est de 4 mm tandis que la distance qui sépare les contremarches 101 et 102' est de 5 mm. On peut considérer que les contre marches sont ainsi accolées à des cylindres parallélépipédiques (pris au sens théorique du terme) de largeurs respectives 4 mm et 5 m. De préférence le dispositif a une allure symétrique par rapport à un plan passant par l'axe 12 du rayonnement, perpendiculairement au plan de la figure. En variante cependant, plutôt que d'être prismatique, l'ensemble peut être circulaire, l'axe 12 servant d'axe de révolution à la cathode ainsi qu'à la pièce de focalisation. Il est possible que l'anode 4 soit une anode de type tournant et même qu'elle présente une face inclinée sur l'axe 12. Dans ce cas les distances indiquées sont plutôt les distances mesurées sur cet axe 12 entre le plan 7 de la cathode et la trace de l'axe 12 sur l'anode 2.

Les dimensions données ci-dessus présentent l'avantage que le flux thermiques FT est alors sensiblement constant, pour une haute tension d'utilisation donnée, en fonction de la charge D du tube. En effet, le diagramme de la figure 2 présente trois courbes respectivement 13 à 15 paramétrées par des hautes tensions respectivement de 20 KV, 40 KV ou 50 KV affichant, dans une plage de charge d'utilisation située entre 150 Milliampères et 500 milliampères, une allure sensiblement plate. Le flux thermique est exprimé en KW par mm². Dans l'exemple indiqué il est toujours inférieur à 50 KW par mm², même pour la haute tension d'utilisation la plus forte. La signification de l'aspect plat de ce flux thermique en fonction de la charge signifie tout

simplement que la dimension 16 du foyer thermique évolue linéairement avec la charge. En effet, si la charge augmente, par exemple double, la dimension 16 augmente, et la puissance de rayon X émise augmente également, double. Ceci ne provoque pas de contraintes thermiques locales anormales sur l'anode puisque le flux thermique reste le même. Cette augmentation de la charge se traduit par l'écartement, selon les flèches 17 et 18, des directions latérales du faisceau d'électrons 3. Celui-ci devient de plus en plus direct.

L'avantage de la présente solution, bien que la dimension du foyer change quand la charge change, est lié au fait qu'on peut ainsi d'une manière simple disposer d'un foyer de dimension choisie. En effet, les courbes 13 à 15 sont des courbes régulières, et sans ondulation. En conséquence, en particulier en métrologie lorsque le problème du débit de dose est un point crucial, ou même en médecine lorsque les limites d'irradiation ne sont pas franchies, on peut choisir en fonction d'une netteté d'image à produire une dimension voulue du foyer. On vient ainsi de présenter un moyen simple de régler à une valeur convenable la dimension de ce foyer.

Dans un exemple préféré, la cathode 1 a l'allure d'une poutre représentée en perspective sur la figure 3. Cette poutre est prismatique, creuse, et a sensiblement l'allure d'une maison. La maison est ici présentée comme si elle était couchée sur un de ses murs. La base de la maison constitue la face 7 émissive de la cathode, les murs de la maison tels que le mur 23 possèdent des fenêtres telles que 24. L'intérêt de fabriquer une poutre creuse se situe dans la réduction de la quantité de métal à chauffer. Par ailleurs, la structure de poutre confère à cette cathode une rigidité mécanique évitant les phénomènes de tôle ondulée. Comme la quantité de métal à chauffer est plus faible, l'inertie thermique de la cathode est moins grande, le démarrage du tube peut être plus rapide. Par ailleurs la consommation de l'alimentation de chauffage de la cathode peut être réduite ce qui est un avantage quand on sait les problèmes d'isolement auxquels doivent être confrontés les circuits de chauffage des cathodes.

Bien qu'on puisse envisager un chauffage direct de cette cathode en faisant passer un courant électrique directement au travers de celle-ci, on préfère utiliser un filament de chauffage 25 par exemple du même type qu'un filament de chauffage utilisé dans l'état de la technique comme émetteur. Ce filament 25 est lui-même polarisé négativement (plusieurs milliers de volts) par rapport à la cathode 1. Dans un exemple préféré la cathode en poutre est réalisée en tungstène. Afin de limiter également la quantité d'énergie thermique à fournir pour chauffer la cathode on munit le plafond 26 et l'intérieur des murs de celle-ci d'un matelas 27 de fibres isolant thermiquement. Ceci concentre le chauffage sur la partie émissive de la cathode. Dans un exemple les fibres sont des fibres de céramique qui permettent un bon isolement des parois internes latérales de la maison. Les électrons émis par le filament chauffant ne bombardent alors que l'arrière de la cathode 7 selon un dessin représenté par les courbes de champ électrique 28. Ce bombardement est limité à

la paroi avant.

Par ailleurs cette paroi avant présente un profil concave. Dans un exemple préféré ce profil concave est même tellement concave que des ailes respectivement 29 et 30 de cette cathode présentent des faces intérieures, respectivement 31 et 32, plus proches du filament 25 que ne l'est la face intérieure de la cathode 7 à l'endroit 33 de son milieu. De cette manière les ailes qui sont à la fois plus épaisses, et qui seraient plus dures à chauffer, sont cependant plus chauffées de manière à ce que le sommet de la poutre soit porté en tous points à une température sensiblement constante. De cette manière on émet avec un débit sensiblement constant le rayonnement d'électrons attendu.

Bien que la poutre selon l'invention présente maintenant l'intérêt que sa face émissive 7 ne se distorde plus sous les effets des échauffements, elle subit cependant des dilatations qu'il convient de guider sans les contrarier. Dans ce but la cathode est fixée par une patte unique 34 constituant en quelque sorte la cheminée de la maison. Le mode de fixation est de préférence obtenu par blocage de cette patte 34 entre deux vis 35 et 36 qui viennent l'enserrer entre elles respectivement. Ce montage à un point de fixation présente l'avantage de laisser à la cathode tous les degrés de liberté voulus. Il est en particulier préférable à un mode de fixation avec deux points qui présenterait l'inconvénient que les réactions entre ces deux points se répercuteraient inmanquablement sur la planéité de la surface émissive 7. Pour guider les déplacements de la cathode avec la température, les murs de cette cathode sont maintenus dans la pièce focale 8 par des pions de céramique tels que 37 et 38 qui viennent s'appuyer de part et d'autre sur elle. Ceci permet d'éviter tout phénomène de flexion ou de vibration néfaste à un exact positionnement de l'émetteur dans la pièce de focalisation. Les pions permettent à l'émetteur de se dilater thermiquement suivant sa plus grande longueur tout en le maintenant latéralement dans sa position de référence. En pratique, l'alimentation électrique de la cathode peut être obtenue en faisant passer la haute tension par les vis 35 ou 36. Le pièce focale peut éventuellement être découplée électriquement de la cathode.

Revendications

1 - Tube radiogène à limitation de flux thermique comportant une cathode (1) et une anode (2), pour émettre un rayonnement X (3), situé en regard de la cathode, caractérisé en ce que

- la cathode est une cathode plane (7)
- placée à la base d'un dispositif (8) de focalisation à marche (9, 10).

2 - Tube selon la revendication 1 caractérisé en ce que la forme du dispositif de focalisation est agencée pour que le rayonnement X soit direct.

3 - Tube selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que le dispositif de focalisation est à double marche (9, 10).

4 - Tube selon la revendication 3 caractérisé en ce que

- le plan de la cathode est éloigné d'environ 7.5 mm de la cible,

- le dispositif de focalisation comporte un plan profond commun avec le plan (7) de la cathode, limité par un cylindre (92, 92') d'environ 4 mm de largeur,

- un plan intermédiaire situé à environ 7 mm de la cible et limité par un cylindre (102, 102') d'environ 5 mm de largeur, et

- un plan supérieur situé à environ 6 mm de l'anode.

5 - Tube radiogène selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la cathode comporte une poutre.

6 - Tube selon la revendication 5 caractérisé en ce que la poutre est creuse (24).

7 - Tube selon la revendication 6 caractérisé en ce que la cathode est chauffée par un dispositif (25) de chauffage indirect.

8 - Tube selon la revendication 7 caractérisé en ce que le dispositif de chauffage comporte

un matelas (27) de fibres pour concentrer le chauffage sur la partie émissive de la cathode.

9 - Tube selon la revendication 7 ou la revendication 8 caractérisé en ce qu'une face interne de la cathode, opposée à la face plane, a une forme concave (29, 30) avec des ailes plus proches du dispositif de chauffage qu'une partie centrale (33) interne de cette forme concave.

10 - Tube selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce qu'au moins une des parois de la poutre comporte un évidement (24).

11 - Tube selon l'une quelconque des revendications 5 à 10 caractérisé en ce que cette poutre est fixée au tube par un seul point (34) de fixation.

12 - Tube selon l'une quelconque des revendications 5 à 11 caractérisé en ce que la poutre est guidée par des pions (37, 38) de céramique fixés de part et d'autre d'elle sur le dispositif (8) de focalisation.

25

30

35

40

45

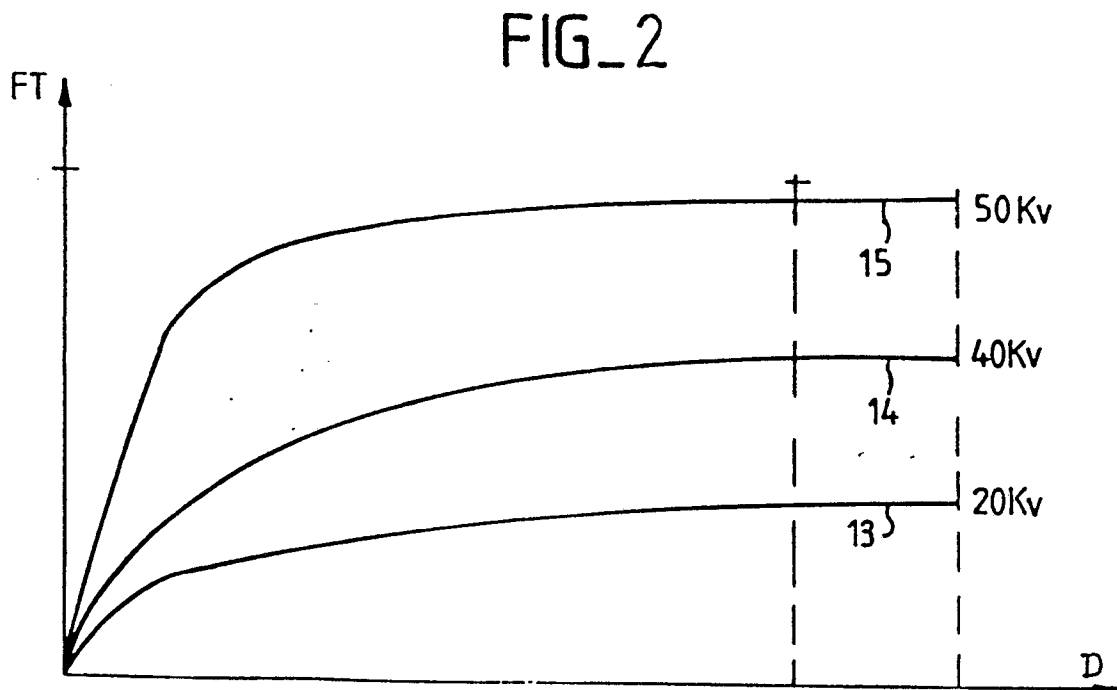
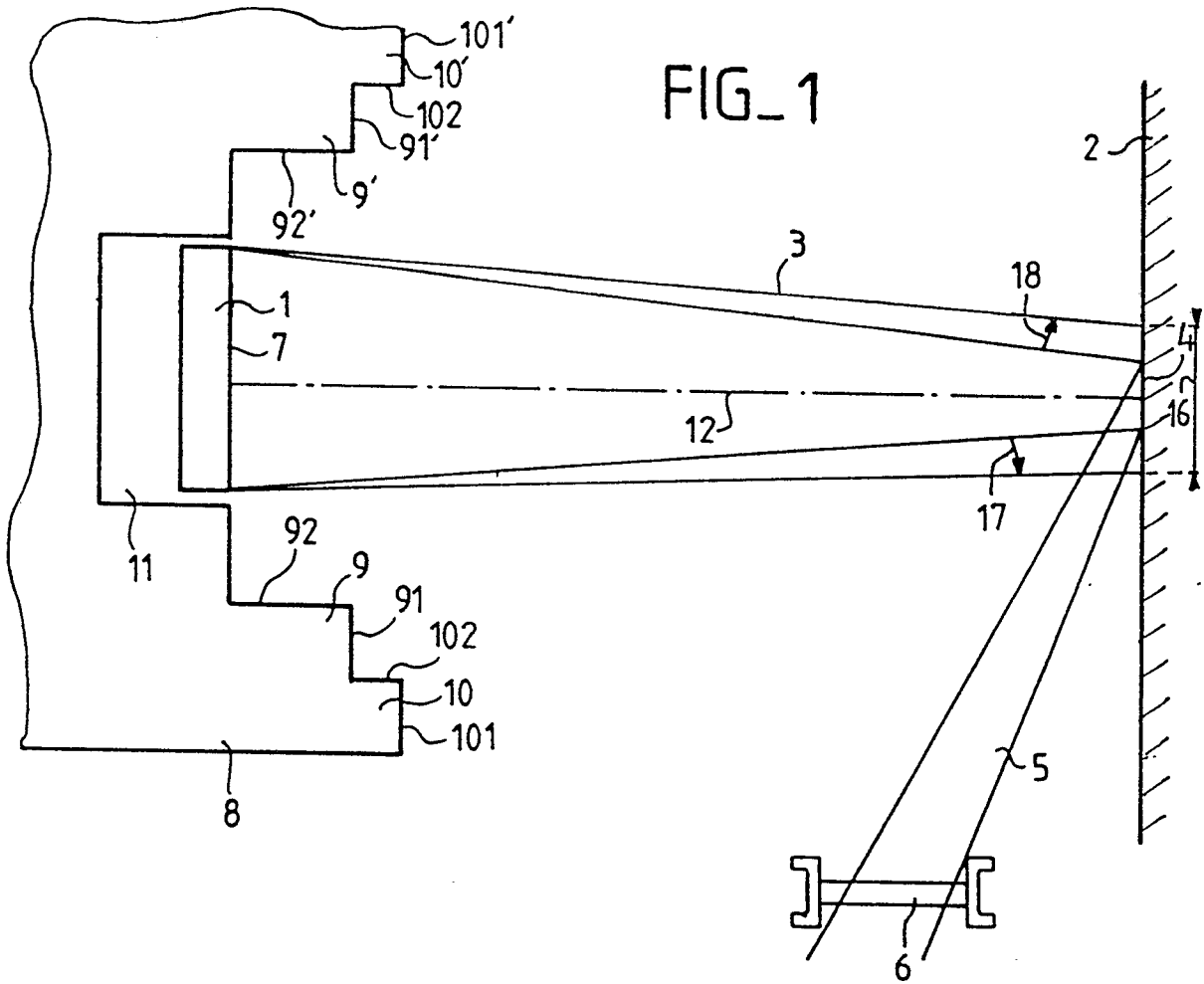
50

55

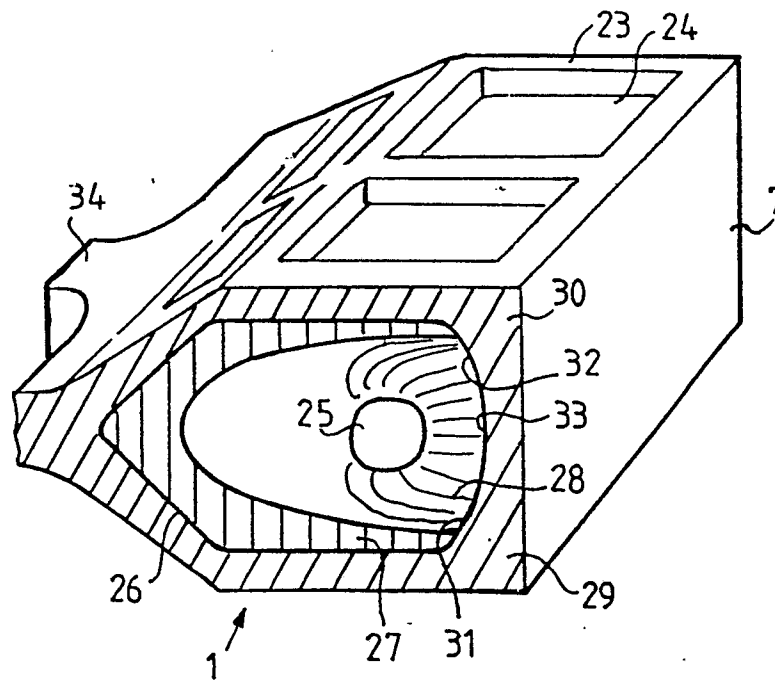
60

65

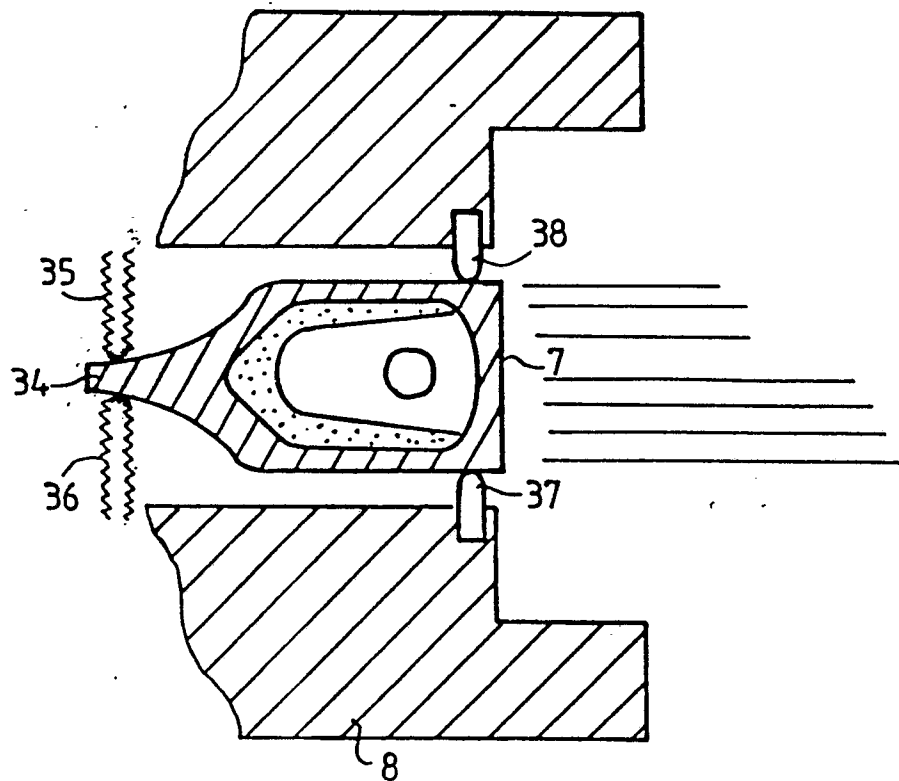
5



FIG_3



FIG_4





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.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 2, no. 64 (E-33)[2148], 17 mai 1978, page 2148 E 78; & JP-A-53 30 292 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 22-03-1978 * Résumé * ---	1,5	H 01 J 35/06 H 01 J 35/14
A	US-A-1 923 876 (A. MUTSCHELLER) * Page 1, lignes 1-51; page 1, ligne 80 - page 2, ligne 26; figure 1 * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 4, no. 157 (E-32)[639], 4 novembre 1980, page 131 E 32; & JP-A-55 108 158 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 19-08-1980 * Résumé * ---	1-3	
A	US-A-4 344 011 (TADASHI HAYASHI et al.) * Colonne 1, ligne 5 - colonne 2, ligne 65; colonne 3, ligne 30 - colonne 4, ligne 51; colonne 5, ligne 8 - colonne 6, ligne 36; figures 1-6 * ---	1-3	
A	DE-C- 416 533 (SIEMENS & HALSKE AG) * En entier * -----	1,5-7, 11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11-09-1989	Examineur GNUGESSER H.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrièr-physiologie O : divulgation P : document		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	