



⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑬ Numéro de dépôt: 89401761.5

⑮ Int. Cl.⁵: H 01 J 35/06
H 01 J 35/14

⑭ Date de dépôt: 22.06.89

⑯ Priorité: 01.07.88 FR 8808962

⑰ Demandeur: GENERAL ELECTRIC CGR S.A.
100, rue Camille-Desmoulins
F-92130 Issy les Moulineaux (FR)

⑰ Date de publication de la demande:
03.01.90 Bulletin 90/01

⑯ Inventeur: De Fraguier, Sixte
Cabinet Ballot-Schmit 7, rue Le Sueur
F-75116 Paris (FR)

⑯ Etats contractants désignés: DE ES GB IT NL

Lemestreallan, Gilles
Cabinet Ballot-Schmit 7, rue Le Sueur
F-75116 Paris (FR)

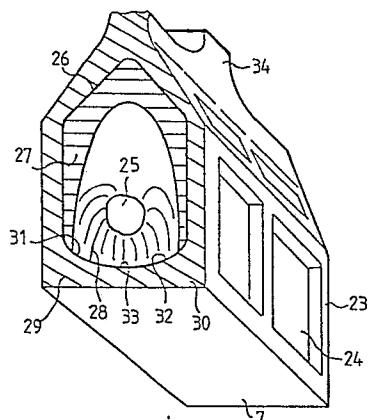
Caire, François
Cabinet Ballot-Schmit 7, rue Le Sueur
F-75116 Paris (FR)

⑯ Mandataire: Ballot, Paul Denis Jacques
Cabinet Ballot-Schmit 7, rue Le Sueur
F-75116 Paris (FR)

⑯ Tube radiogène à cathode plane et à chauffage indirect.

⑯ On résout les problèmes de tenue en température des cathodes en réalisant des cathodes planes en forme de poutre creuse. Ceci leur assure une rigidité inhérente à la forme en poutre, sans leur conférer par ailleurs les inconvénients d'une trop grande inertie thermique.

FIG. 1



Description**TUBE RADIogene A CATHODE PLANE ET A CHAUFFAGE INDIRECT**

La présente invention a pour objet un tube à rayons X notamment utilisable dans le domaine médical. Les principales caractéristiques de ces tubes sont leur résistance à la dérive de leurs caractéristiques d'émission en fonction de leur température ainsi que l'homogénéité et 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 ou de leur cathode.

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-électrique, 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 constitue une 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 des 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 favorable 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, on fait référence à une cathode qui n'est plus constituée par un filament mais qui est maintenant 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, lesquels présentent cependant systématiquement des problèmes de tenue thermomécanique. C'est d'ailleurs pour résoudre de tels problèmes que la demande de brevet européen ci-dessus évoquée a été déposée. En particulier, malgré tous les soins portés au laminage des rubans, des phénomènes de

5 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.

10 La présente invention a pour objet de remédier à cet inconvénient en proposant un dispositif émetteur plan offrant une rigidité mécanique permettant de s'affranchir des problèmes de tôle ondulée évoqués ci-dessus. En simplifiant, l'émetteur est constitué par une poutre. De préférence cette poutre est creuse, et éventuellement de section 15 sensiblement rectangulaire. On bénéficie alors de tous les avantages conférés par la rigidité d'une poutre, cette rigidité étant bien supérieure à la rigidité d'un ruban. En outre, pour éviter d'avoir à chauffer une trop grosse masse de matériau, la poutre est creuse. Pour une puissance de chauffage donnée ceci réduit le temps d'allumage du tube. Dans un perfectionnement la poutre creuse est même traversée de part en part par un filament hélicoïdal chauffant : la poutre est chauffée par 20 chauffage indirect. Ce chauffage indirect peut même 25 n'être focalisé que sur des parties préterminées de la poutre, notamment la face de la poutre en regard de l'anode. Ceci permet encore de limiter la puissance de chauffage.

30 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, la cathode étant une cathode plane, caractérisé en ce que cette cathode comporte une poutre.

35 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 :

- 40 - figure 1 : une vue en perspective d'une cathode en poutre selon l'invention,
 - figure 2 : une vue en coupe de la cathode de la figure 1
 - figure 3 : une coupe schématique d'un tube radiogène muni d'une poutre selon l'invention;
 - figures 4 et 5 : des diagrammes énergétiques pour le tube de la figure 3;

45 Dans l'invention une cathode 1 a l'allure d'une poutre représentée en perspective sur la figure 1. Cette poutre est prismatique, creuse, et a sensiblement l'allure d'une maison. La base de la maison constitue une 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. Si cette quantité est plus faible, l'inertie thermique de la cathode sera moins grande, le démarrage du tube pourra être plus rapide. Par ailleurs la consommation de l'alimentation de chauffage de la cathode pourra être réduite ce qui est un avantage quand on sait les problèmes d'isolement auxquels doivent être confrontés les circuits de chauffage de telles cathodes.

Bien qu'on pourrait 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 que les filaments utilisés dans l'état de la technique comme émetteur. Ce filament chauffé est porté à une haute tension négative (de plusieurs milliers de volts) par rapport à la cathode. 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 isolantes pour concentrer 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 de la maison. Les électrons émis par le filament chauffant bombardent alors l'arrière de la cathode selon un dessin représenté par les courbes de champ électrique 28. Ce bombardement est limité à la paroi avant 33. Par ailleurs cette paroi avant présente un profil 33 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 inférieure de la cathode 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 cette manière la base 7 de la poutre est porté en tous points à une température sensiblement constante, il 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 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 immanquablement 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 une 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 obtenu en faisant passer la haute tension par les vis 35 ou 36.

La figure 3 montre schématiquement un tube radiogène muni d'une cathode-poutre 1 selon l'invention. Ce tube radiogène comporte, dans une enceinte vide non représentée, la cathode 1 située en vis à vis d'une anode 2. L'anode reçoit un rayonnement électronique 3 sur son foyer 4 et réemet 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 3, 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 droite dont la figure 3 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 2 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. 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 2 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 (figure 4) est alors sensiblement constant, pour une haute tension d'utilisation donnée, en fonction de la charge du tube D. En effet, le diagramme de la figure 4

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 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, sans provoquer localement de contraintes thermiques anormales sur l'anode. Cette augmentation de la charge se traduit par l'écartement, selon les flèches 17 et 18, des directions latérales du rayonnement 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 que l'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 n'est pas 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 autre exemple, où le rayonnement 3 est convergent et converge en un point de convergence placé devant l'anode, l'augmentation du débit de dose provoque le déplacement en direction de l'anode 2 du point de convergence. Dans ce rayonnement de type croisé l'écartement 17 18 des rayons latéraux du faisceau de rayonnement X avant le point de convergence provoque d'une manière inverse le rétrécissement de la dimension 16 du foyer. On a découvert que ce rétrécissement, qui pourrait être désastreux, est en fait limité par un phénomène de saturation de l'émission des électrons arrachés de la face supérieure 7 de la cathode 1. En effet, du fait de la concentration, la charge d'espace, qui a naturellement tendance à augmenter avec la charge du tube (il y a plus d'électrons) augmente à un point tel qu'elle constitue, dans certaines conditions, un écran pour l'émission des électrons suivants. En quelque sorte cette charge d'espace agit comme une grille. On a découvert que ce phénomène pouvait être utilisé comme une auto-régulation, à condition de choisir une optique de focalisation particulière. Cette optique de focalisation est du même type que celle décrite ci dessus. Elle comporte des marches. Comme précédemment ce phénomène présente l'avantage de se produire quelle que soit la haute tension d'utilisation du tube. D'une manière compréhensible, ce phénomène de saturation provoque un flux thermique à saturation sur le foyer dont la valeur dépend de cette haute tension. En effet, si la haute tension est faible, les

électrons sont relativement moins accélérés. La charge d'espace de saturation se fait plus rapidement sentir : l'embouteillage de saturation se provoque d'autant plus que les électrons vont moins vite. Il est par ailleurs intéressant de remarquer que des courbes 20 à 22 (figure 5), montrant les différents effets sur le flux thermique de ce phénomène de saturation, sont bornées à l'approche de la saturation. Ceci signifie, qu'au moment de la saturation le débit ne peut plus augmenter, mais surtout le flux thermique ne peut plus augmenter. En choisissant correctement les matériaux d'anode et de cathode ou les conditions d'utilisation des tubes de telle façon que le point de saturation ne soit pas situé hors des tolérances de fonctionnement on obtient le résultat recherché.

Revendications

- 20 1 - Tube radiogène muni d'une cathode (1) et d'une anode (2), en regard de la cathode, pour émettre un rayonnement X (3), la cathode étant une cathode plane (7) conformée comme une poutre, caractérisé en ce que la poutre est creuse (24).
- 25 2 - Tube selon la revendication 1 caractérisé en ce que la cathode est chauffée par un dispositif (25) de chauffage indirect.
- 30 3 - Tube selon la revendication 2 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.
- 35 4 - Tube selon la revendication 2 ou la revendication 3 caractérisé en ce qu'une face interne de la cathode, opposée à la face plane, a une forme concave avec des ailes (29,30) plus proches du dispositif de chauffage qu'une partie centrale interne (33) de cette forme concave.
- 40 5 - Tube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au moins une des parois (23) de la poutre comporte un évidement (24).
- 45 6 - Tube selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que cette poutre est fixée au tube par un seul point (34) de fixation
- 50 7 - Tube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que la poutre est guidée par des pions (37,38) de céramique fixés de part et d'autre d'elle sur un dispositif (8) de focalisation.
- 55 8 - Tube selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que
- la cathode est une cathode plane
 - placée à la base d'un dispositif de focalisation à marche.
- 60 9 - Tube selon la revendication 8 caractérisé en ce que le dispositif de focalisation est à double marche.
- 65 10 - Tube selon la revendication 9 caractérisé en ce que
- le plan (7) de la cathode est éloigné d'environ 7,5 mm de l'anode 2,

- le dispositif de focalisation comporte un plan profond commun avec le plan de la cathode, limité par un cylindre (92,92') d'environ 4 mm de largeur,
- un plan intermédiaire (91,91') 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 (101,101') situé à environ 6 mm de la cible.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

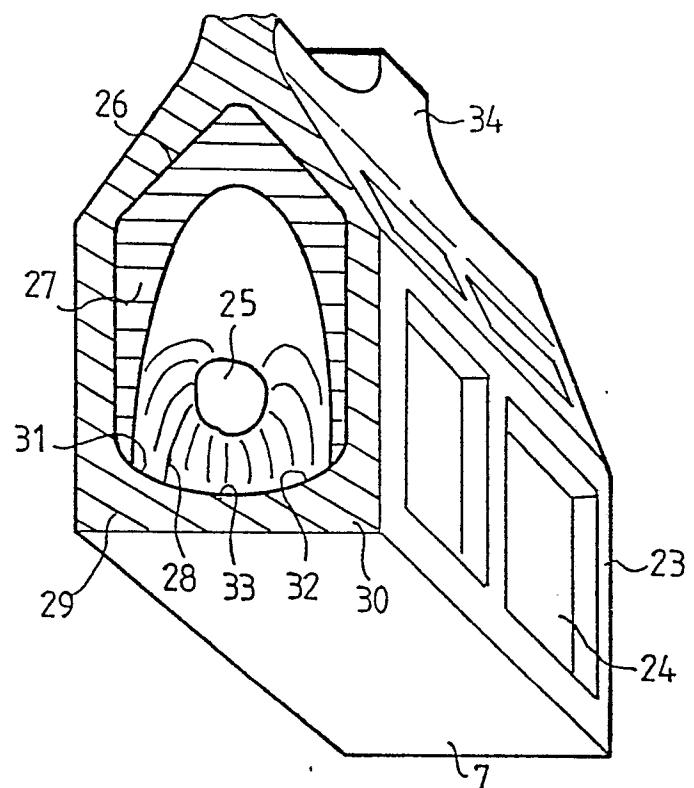
50

55

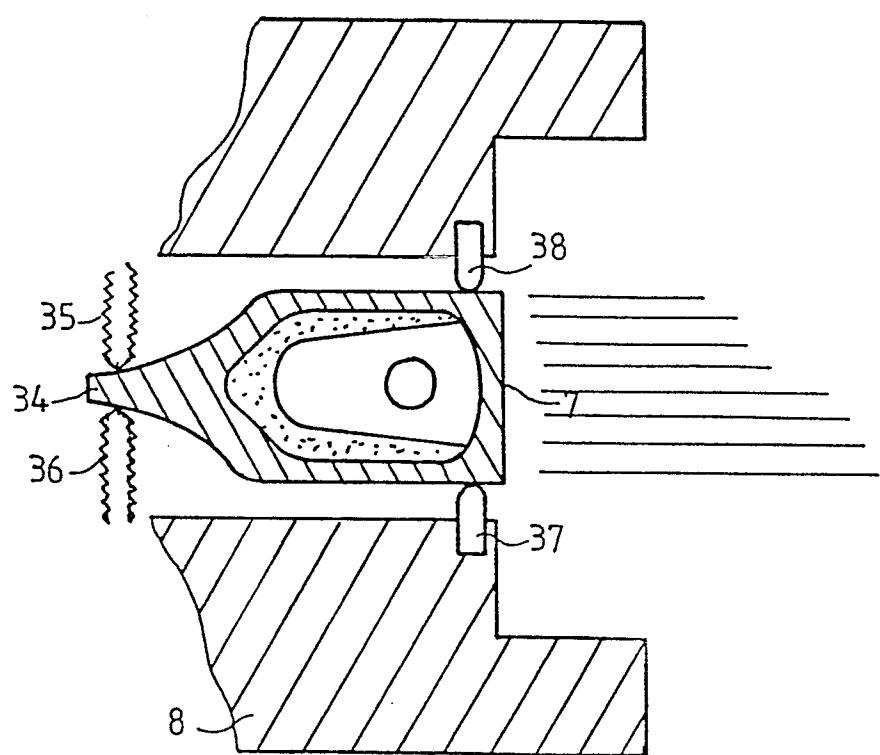
60

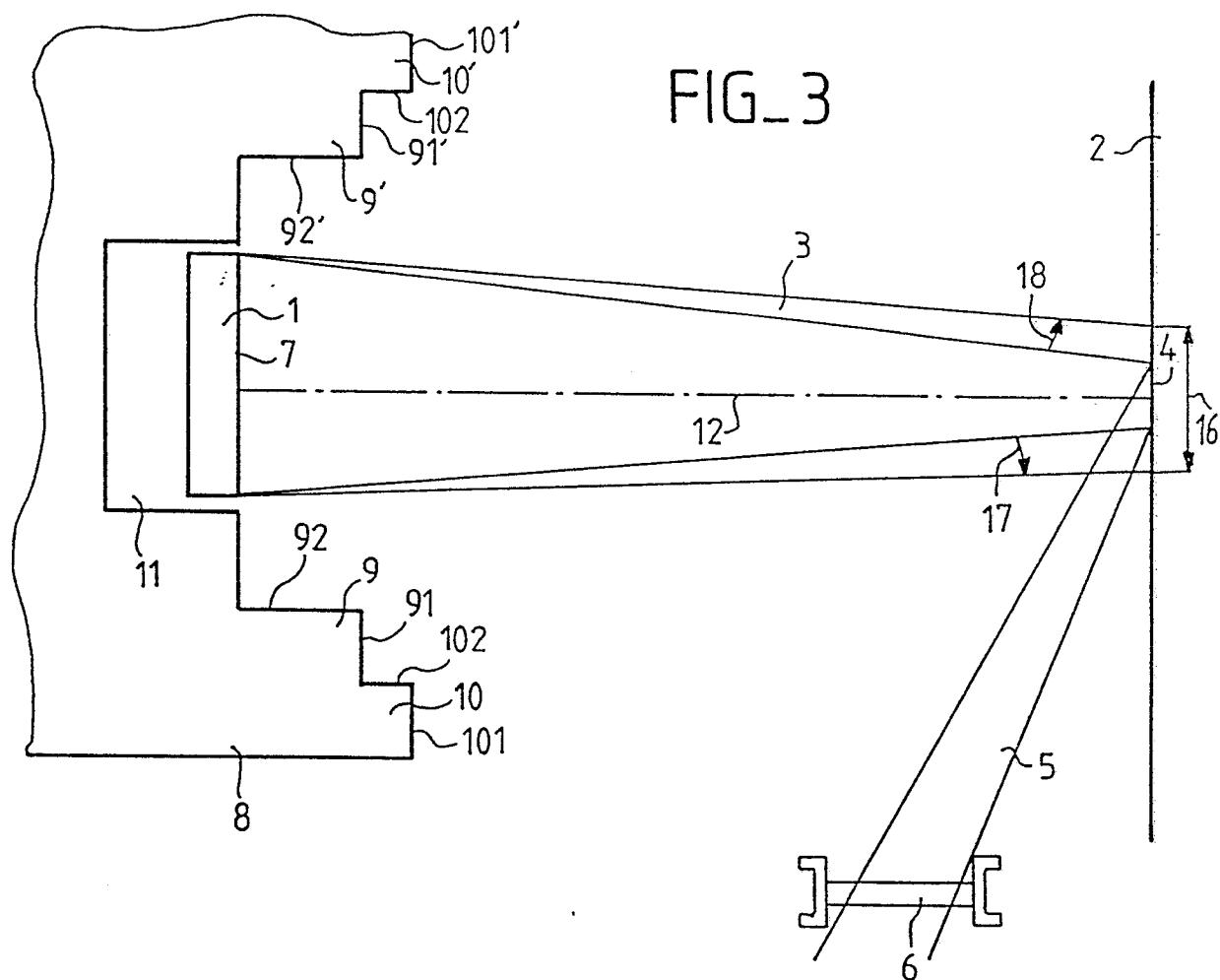
65

FIG_1

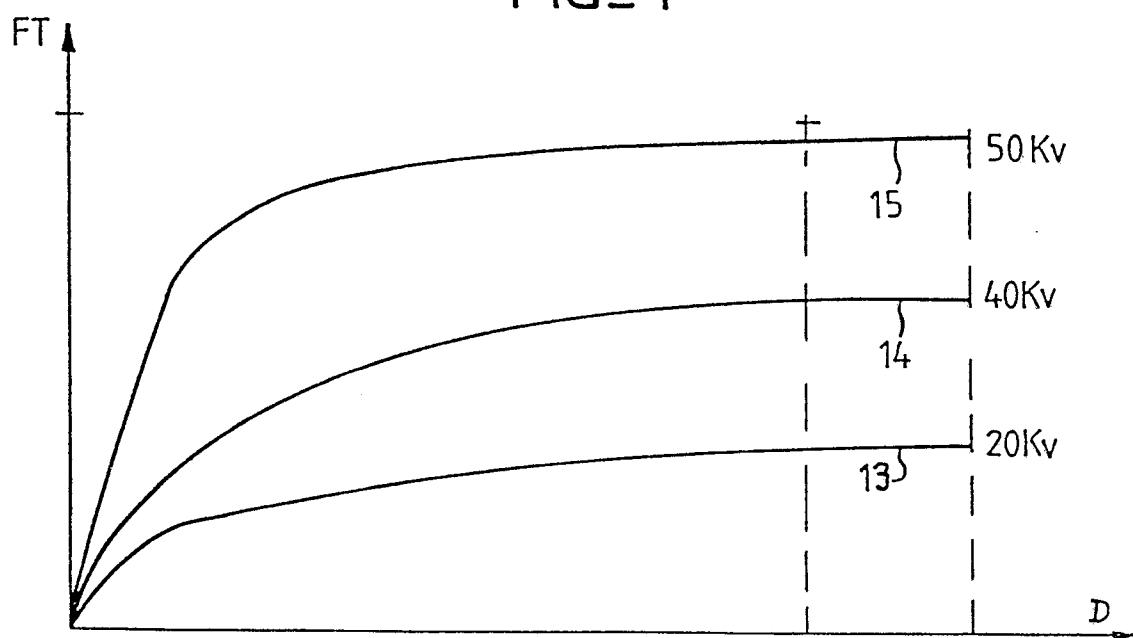


FIG_2

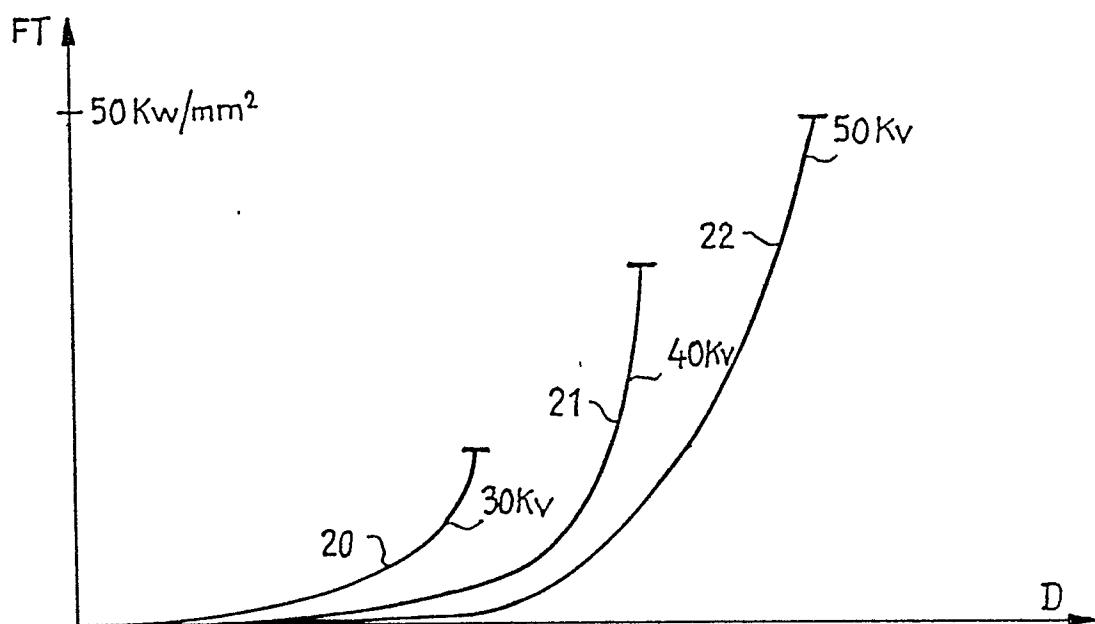




FIG_4



FIG_5





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)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 2, no. 64 (E-78)[2148], 17 mai 1978, page 2148 E 78; & JP-A-53 30 292 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 22-03-1978 * Résumé * ---	1,2,8	H 01 J 35/06 H 01 J 35/14
Y	DE-C- 416 533 (SIEMENS & HALSKE AKT.-GES. IN BERLIN-SIEMENSSTADT) * En entier *	1,2,8	
A	---	6	
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 *	1,8-10	
A	US-A-3 916 202 (R.F. HEITING et al.) * Colonne 4, ligne 12 - colonne 5, ligne 16; figures 3,6 * -----	1,7-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H 01 J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	22-09-1989	GNUGESSER H.M.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			