

①⑫

NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤ Date de publication du nouveau fascicule du brevet: **12.09.90**

⑤① Int. Cl.⁵: **H 01 J 35/16, G 21 K 1/02**

②① Numéro de dépôt: **81402080.6**

②② Date de dépôt: **28.12.81**

⑤④ **Tube radiogène comportant un limiteur universel de rayonnement secondaire.**

③⑨ Priorité: **16.01.81 FR 8100775**

④③ Date de publication de la demande:
28.07.82 Bulletin 82/30

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
11.02.87 Bulletin 87/07

④⑤ Mention de la décision concernant l'opposition:
12.09.90 Bulletin 90/37

③④ Etats contractants désignés:
DE FR

⑤⑥ Documents cités:
EP-A-0 044 067 FR-A-2 389 227
DE-A-2 744 808 GB-A-1 018 723
DE-C- 473 930 GB-A-1 057 284
FR-A-1 051 495 US-A-3 500 097
FR-A-1 112 714 US-A-4 157 476
FR-A-2 038 757

British journal of Radiology vol.12(1939)no.144
p.658-666,A.Bouwers et al."Further experiments
with X-ray tubes for high voltages up to one
million volts"

⑦⑧ Titulaire: **THOMSON-CSF**
51, Esplanade du Général de Gaulle
F-92800 Puteaux (FR)

⑦⑦ Inventeur: **Gabbay, Emile**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: **Penato, Jean-Marie**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

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

EP 0 056 552 B2

Description

La présente invention concerne un limiteur universel de rayonnement secondaire dans un tube radiogène. Elle trouve son application tant en radiologie classique qu'en radiothérapie.

Quand une cible convenable est bombardée par un flux d'électrons rapides, elle émet un certain flux de photons dans une bande spectrale liée à la nature et à la géométrie de la cible et liée à la vitesse des électrons. De tels dispositifs générateurs sont dits tubes radiogènes. Ils émettent plus particulièrement dans la bande des rayons X ou γ . Il est aussi possible d'utiliser des émissions photoniques secondaires. Dans tous les cas, on appelle foyer la zone matérielle émissive des rayonnements.

Dans la répartition géométrique du flux des photons engendrés, il est connu d'isoler par des moyens divers un angle solide divergent ou non, dont une section contient le foyer émetteur et qui comporte le rayonnement caractérisé d'être soit qu'il y soit particulièrement monochromatique soit qu'il y soit d'énergie plus élevée que n'importe où ailleurs. Du fait que la source émissive est un foyer étendu, il vient que le rayonnement utile comporte deux parties:

- un rayonnement primaire,
- un rayonnement secondaire.

Un rayon appartenant au rayonnement primaire peut être défini comme un rayon direct qui est porté par une droite coupant l'axe central de l'angle solide du rayonnement utile en un point commun à tous les rayons primaires sur l'axe central du rayonnement primaire.

Un rayon secondaire est porté par une droite quelconque issue du foyer émetteur. Ce rayonnement, souvent d'énergie faible relativement au rayonnement primaire, est générateur de mauvaises images en Radiologie et de causes d'irradiation parasites en Radiothérapie. Il convient donc de la supprimer le plus complètement possible.

Dans l'art antérieur, il a été proposé des dispositifs limiteurs du rayonnement secondaire adaptés aux tubes radiogènes. Ces dispositifs, dits collimateur, sélectionnent en fait le champ d'éclairement c'est-à-dire l'angle solide contenant le rayonnement utile.

Un brevet US—A—4 157 476 décrit un appareil à rayons X comportant un tube radiogène, monté dans une enveloppe de protection dans laquelle circule un fluide servant à refroidir le tube radiogène. La gaine protectrice est réalisée en un matériau absorbant le rayonnement, et comporte une ouverture permettant le passage d'un faisceau de rayons X émis par un foyer formé sur une anode du tube radiogène. Un fourreau de forme conique, constitué en un matériau absorbant le rayonnement X, est disposé dans ladite ouverture et travers la gaine protectrice depuis l'extérieur de cette dernière jusqu'à proximité du tube radiogène, en vis à vis dudit foyer, de manière à constituer un dispositif limiteur de faisceau. Une telle disposition permet surtout de délimiter le

faisceau de rayonnement X utile, mais en ce qui concerne la limitation du rayonnement secondaire, cette disposition est désavantageuse en ce qu'elle laisse libre l'espace compris entre le foyer et le dispositif limiteur de faisceau.

Dans le brevet français FR—A—1 051 495 au nom de la Compagnie Générale de Radiologier est décrit un dispositif collimateur qui réduit le rayonnement secondaire. Mais il consiste en une grille ou trame de forme conique dirigée vers le foyer qui laisse donc une trace dans le champ éclairé en absorbant aussi du rayonnement primaire. De plus, il est situé en dehors du tube radiogène à sa fenêtre de sortie.

Dans le brevet français FR—A—2 038 757 au nom de l'Atome Industriel S.A., est décrit un collimateur de rayonnement à symétrie axiale de révolution dirigée selon l'axe central du faisceau utile. En coupe transversale, le collimateur est une grille. Il est aussi extérieur à la source radiogène.

Cette disposition extérieure de collimateur est désavantageuse quand il s'agit de réduire le rayonnement secondaire. En effet, l'espace compris entre le foyer et l'entrée du collimateur est libre au rayonnement secondaire. Pour remédier à cet inconvénient, la présente invention propose de placer un limiteur de rayonnement secondaire dans le tube radiogène à proximité immédiate du foyer émetteur.

De plus, les collimateurs dont une section transversale est en forme de grille ou de trame, laissent une trace en absorbant du rayonnement primaire dans le champ du faisceau utile.

Dans le brevet DE—C—473 970 est décrit un tube à rayons X qui comprend un corps de collimation en matériau absorbant le rayonnement X qui est disposé à proximité de la zone de génération des rayons X. Ce corps de collimation est fixé directement sur l'anode, ce qui pose des problèmes d'isolation thermique et électrique.

Dans le brevet GB—A—1057 284 est décrit une source de rayons X associée à un dispositif d'analyse d'échantillons comportant en outre, une structure de fenêtre, c'est-à-dire une chambre ou l'élément tubulaire de forme tronconique pointée à proximité immédiate du foyer de la cible de rayons X sur laquelle est focalisé le faisceau d'électrons primaires. Cette chambre tubulaire permet au faisceau de rayons X utile d'être dirigé radialement mais ne permet pas d'éliminer ou tout au moins réduire le rayonnement secondaire car aucun moyen n'est prévu à cet effet.

La présente invention, pour porter remède à ces inconvénients de l'art antérieur, est un limiteur de rayonnement secondaire de forme conique simple dont une extrémité est fixée à la fenêtre de sortie du tube et l'autre à proximité du foyer émetteur du rayonnement.

Le rayonnement secondaire peut ne pas être émis seulement par le foyer. En effet, le foyer est la zone bombardée par les électrons incidents sur l'anode. Une certaine quantité d'électrons est émise par le foyer. Ces électrons sont dits électrons secondaires. Ils sont expulsés du foyer avec

une certaine énergie cinétique et subissent une attraction du fait du potentiel d'anode. Ils retombent donc sur celle-ci hors du foyer, avec une énergie telle qu'ils produisent eux aussi un rayonnement secondaire mais hors du foyer c'est-à-dire extrafocal.

C'est un but de la présente invention d'absorber aussi un tel rayonnement.

Selon l'invention, un tube radiogène comportant une enceinte étanche au vide contenant une anode qui présente un foyer émetteur d'un faisceau utile de rayonnement, et un limiteur de rayonnement secondaire constitué d'une enveloppe isolante et réfractaire d'épaisseur prédéterminée de forme conique, dont l'axe de symétrie est aligné sur l'axe central du faisceau utile de rayonnement et réalisé en un matériau comportant au moins un élément à haut numéro atomique de façon à absorber le rayonnement secondaire, limiteur dont l'ouverture d'entrée de l'enveloppe est située à proximité immédiate du foyer émetteur et dont l'ouverture de sortie est liée par des moyens de liaison à une fenêtre de sortie du faisceau utile de rayonnement.

L'invention est illustrée par la description de quelques tubes radiogènes équipés de tels limiteurs.

Les figures annexées représentent:

la figure 1 un tube radiogène à anode tournante,

la figure 2 un schéma explicatif des avantages de l'invention,

la figure 3 un tube radiogène à anode fixe à puits.

Les exemples de réalisation sont plus particulièrement tirés de la radiologie mais trouvent aussi leur application en radiothérapie.

A la figure 1, le tube radiogène représenté comporte une anode tournante 1 incluse dans une enveloppe 2 étanche au vide. Il comporte aussi à l'intérieur de l'enveloppe 2 un excitateur de photons qui est ici un canon à électrons non représenté. Le flux d'électrons frappe l'anode tournante 1, au foyer 4 émetteur du flux de photons.

Le limiteur 5 de rayonnement secondaire comporte une enveloppe conique divergente 6 d'axe de symétrie aligné avec l'axe 7 du champ utile sélectionné. Ce limiteur 5 comporte une ouverture d'entrée 8 du flux de photons et une ouverture de sortie 9 du rayonnement utile.

L'ouverture de sortie est liée mécaniquement à la fenêtre de sortie 10 du tube. Celle-ci peut comporter une fenêtre de filtration additionnelle 11 constituée d'une mince feuille d'aluminium ou de béryllium. Cette filtration additionnelle a un effet cumulé avec le limiteur, en absorbant les rayons moins énergétiques donc en appauvrissant encore le taux de rayonnement secondaire relativement au rayonnement utile. Les moyens de liaison mécanique 12 de l'ouverture de sortie 9 à la fenêtre de sortie 10, comportent une bague 13 brasée ou soudée à un repli de la paroi de l'enveloppe 2.

L'ouverture d'entrée 8 est placée à proximité immédiate du foyer émetteur 4 du flux de pho-

tons. La projection de l'ouverture 8 sur l'anode 1 peut contenir ou être contenue par la surface du foyer 4. Cette caractéristique peut permettre de réduire l'étendue du foyer émetteur ou d'en sélectionner, par construction du tube, une zone de bonne émission.

Un limiteur universel de rayonnement secondaire placé à l'intérieur d'un tube à décharge doit présenter trois qualités. Il doit être: absorbant des photons X, isolant électriquement, réfractaire.

Pour être absorbant des photons X, le limiteur doit être constitué d'un matériau à base d'un élément chimique à haut numéro atomique. Le matériau doit être isolant électriquement pour ne pas induire de différences de potentiel avec l'anode et donc modifier les lignes de champ dans le tube. Il doit être aussi réfractaire, puisqu'il est placé à proximité du foyer qui est une source très chaude.

Le limiteur selon l'invention est constitué d'un matériau à base d'uranium, de hafnium ou de thorium qui répondent aux trois qualités citées.

Le matériau peut être un oxyde des trois éléments chimiques cités plus haut. Il peut aussi être constitué d'un substrat recouvert de tels oxydes.

Les moyens de liaison mécanique comportent une bague 13 réalisée en un alliage comme par exemple le Dilver P ou le Vacrion 10 dans le cas d'une enveloppe réalisée en inox ou en cuivre.

A la figure 2, on a représenté un foyer émetteur de photons AB dans le demi-espace à droite de la ligne portant le foyer AB. La droite médiatrice X est axe de symétrie de la figure. On a schématiquement représenté un limiteur de rayonnement secondaire CDEF dont les ouvertures d'entrée et de sortie sont respectivement CD et EF.

Le rayonnement primaire est inclus dans l'espace limité par les droites GY et GZ, le point G étant un point de l'axe X de symétrie. Un rayon primaire est donc défini comme une droite de cet espace passant par G. Les droites GY et GZ sont les droites qui portent les côtés CE et DF du limiteur. Elles interceptent les bords A et B du foyer AB sur la figure mais elles peuvent aussi couper l'intérieur du foyer en sélectionnant une fraction.

Le rayonnement secondaire comporte l'ensemble des rayons portés par les droites issues du foyer AB et qui ne passent pas par le point G. Si les parois CE et DF sont absorbantes du rayonnement secondaire, les deux zones de l'espace comprises entre les droites BC et BE et la paroi CE d'une part, et les droites AD et AF et la paroi DF d'autre part, sont vides de tout rayonnement secondaire. Par contre les zones de l'espace comprises entre les droites BA et BC d'une part et les droites AB et AD d'autre part comportent chacune du rayonnement secondaire. Pour le réduire il convient de rapprocher l'ouverture d'entrée CD du limiteur CDEF du foyer AB.

C'est aussi les cas des zones limitées par les droites ET et EY d'une part et FZ et FU d'autre part, qui ont été hachurées sur la figure 2. Pour

que ces zones de rayonnement secondaire soient réduites, il faut éloigner l'ouverture de sortie EF du limiteur selon l'invention du foyer AB, les droites ET et FU se rapprochant respectivement des droites EY et FZ qui limitent le faisceau utile.

Le rayonnement extrafocal de rayons X est aussi considérablement réduit. Dans le foyer, un électron est réémis sur la courbe e. Il frappe la cible au point H, hors du foyer. Les rayons du secteur de l'espace entre les rayons HD et HF émis par le point H, dits rayons extrafocaux sont interceptés et absorbés par la paroi DF du limiteur. Le rapprochement de la face d'entrée CD du foyer AB, ainsi que le grandissement du limiteur sur l'axe GX permettent de réduire la part du rayonnement extrafocal dans le faisceau de rayons X utile.

A la figure 3, un tube à anode fixe à puits a été représenté. Dans l'enveloppe 14, le tube comprend une cathode 15 munie d'un filament 16 et d'un concentrateur 17. Un faisceau d'électrons 18 pénètre dans le puits 19 d'une anode fixe 20. Cette anode comporte une cible 21 émissive de photons et est percée d'une fenêtre 22 de sortie du rayonnement. Un limiteur 23 selon l'invention est disposé dans un col 24 de l'enveloppe 14 du tube. Son ouverture d'entrée est disposée en regard de la fenêtre 22 de l'anode fixe 20 et son ouverture de sortie est liée comme il a été précédemment indiqué à la fenêtre de sortie de rayonnement 25 munie ou non d'un filtre additionnel.

Dans une telle disposition, le puits 19 de l'anode participe aussi à la diminution du rayonnement secondaire. Il peut donc être utile de recouvrir extérieurement les puits 19 d'un matériau comme précédemment décrit pour absorber le rayonnement secondaire.

Un tube radiogène muni d'un tel limiteur de rayonnement secondaire présente l'avantage de rapprocher le foyer émetteur de l'objet irradié sans l'intermédiaire d'une chambre de collimation extérieure comme décrit dans l'art antérieur. De plus, la diminution du rayonnement secondaire est considérablement améliorée grâce au rapprochement de la face d'entrée du limiteur du foyer émetteur.

Le foyer émetteur peut être constitué par une cible à électrons mais aussi par une cible bombardée par des photons incidents qui par effet Compton induisent un nouveau flux de photons dans une bande spectrale améliorée selon un diagramme d'émission donné.

Le limiteur selon l'invention a été décrit de type divergent. Il est possible de la réaliser sous forme de cône convergent l'ouverture d'entrée étant alors plus grande que l'ouverture de sortie sans que les caractères principaux de l'invention soient changés.

Le limiteur selon l'invention peut donc être adapté à n'importe quel type de tube à foyer de petite étendue, étant ainsi un limiteur universel de rayonnement secondaire.

Revendications

1. Tube radiogène comportant une enceinte (2) étanche au vide contenant une anode qui présente un foyer émetteur d'un faisceau utile de rayonnement et un limiteur de rayonnement secondaire constitué d'une enveloppe (6) isolante et réfractaire d'épaisseur prédéterminée de forme conique dont l'axe de symétrie est aligné sur l'axe central (7) du faisceau utile de rayonnement et réalisé en un matériau comportant au moins un élément à haut numéro atomique de façon à absorber le rayonnement secondaire, limiteur dont l'ouverture d'entrée (8) de l'enveloppe (6) est située à proximité immédiate du foyer émetteur (4) et dont l'ouverture de sortie (9) est liée par des moyens de liaison (12) à une fenêtre de sortie (11) du faisceau utile de rayonnement.

2. Tube radiogène selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'enveloppe (6) du limiteur comporte un substrat recouvert d'au moins une couche d'oxyde(s) d'un (ou d') élément(s) à haut numéro atomique.

3. Tube radiogène selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'enveloppe (6) du limiteur est de forme conique divergente.

4. Tube radiogène selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'enveloppe (6) du limiteur est de forme conique convergente.

5. Tube radiogène selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de liaison (12) comportent une bague (13) soudée à l'enceinte (2) du tube.

6. Tube radiogène du type à anode fixe selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'anode (20) est munie d'un puits (19) recouvert d'un matériau à haut numéro atomique.

7. Tube radiogène selon la revendication 1, caractérisé en ce que le foyer émetteur (4) est du type à émission Compton.

Patentansprüche

1. Röntgenröhre mit einem vakuumdichten Gehäuse enthaltend eine Anode, die ein Emissionszentrum, von dem eine Nutzstrahlenbündel ausgeht, aufweist und auch Sekundärstrahlungsbegrenzer umfasst, welcher aus einer isolierenden und festeren Hülle (6) von vorbestimmter Dicke und kegelförmiger Form gebildet ist, deren Symmetrieachse mit der zentralen Achse (7) des Nutzstrahlenbündels fluchtet und die aus einem Material gebildet ist, welches wenigstens ein Element mit hoher Atomzahl enthält, so daß die Sekundärstrahlung absorbiert wird, wobei an diesem Begrenzer die Eintrittsöffnung (8) der Hülle (6) in unmittelbarer Nähe des Emissionszentrums (4) liegt und die Austrittsöffnung durch Verbindungsmittel (12) mit einem Austrittsfenster (11) für das Nutzstrahlenbündel verbunden ist.

2. Röntgenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (6) des Begrenzers eine Substrat umfaßt, welches mit wenigstens einer Schicht aus einem Oxid oder Oxiden eines oder mehrerer Elemente mit hoher Atomzahl

bedeckt ist.

3. Röntgenröhre nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (6) des Begrenzers eine divergierende konische Form aufweist.

4. Röntgenröhre nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (6) des Begrenzers eine konvergierende kegelige Form aufweist.

5. Röntgenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsmittel (12) einen Ring (13) umfassen, welcher an die Hülle (2) der Röhre angelötet ist.

6. Röntgenröhre von Typ mit Festanode, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode (20) mit einem Schacht (19) versehen ist, welcher mit einem Material von hoher Atomzahl bedeckt ist.

7. Röntgenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Emissionszentrum (4) vom Typ mit Compton-Strahlung ist.

Claims

1. X-ray tube comprising a vacuum-tight housing (2) containing an anode having a focus emitting a useful radiation beam and a secondary radiation limiter formed of an envelope (6) isolating and refractory, of predetermined thickness and conical shape, the symmetry axis of which is aligned on the central axis (7) of the useful

radiation beam and formed of a material comprising at least one element with a high atomic number in a manner to absorb the secondary radiation, the limiter having an entrance opening (8) of the envelope (6) located in the immediate neighborhood of the emitting focus (4) and the outlet opening of which is connected by connection means (12) to an output window (11) of the useful radiation beam.

2. X-ray tube according to claim 1, characterized in that the envelope (6) of the limiter comprises a substrate coated with at least one layer of an oxide (of oxides) of one (or a plurality of) element(s) having a high atomic number.

3. X-ray tube according to claim 1 or 2, characterized in that the envelope (6) of the limiter has a divergent conical shape.

4. X-ray tube according to claim 1 or 2, characterized in that the envelope (6) of the limiter has a conical convergent shape.

5. X-ray tube according to claim 1, characterized in that the connection means (12) comprise a ring (13) soldered to the envelope (2) of the tube.

6. X-ray tube of the type having a fixed anode, according to claim 1, characterized in that the anode (20) is provided with a well (19) coated with a material of high atomic number.

7. X-ray tube according to claim 1, characterized in that the emitting focus (4) is of the Compton emission type.

35

40

45

50

55

60

65

5

