



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **695 644 A5**

(51) Int. Cl.: **H01J 35/12** (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00782/05

(73) Titulaire(s):
THALES, 45, rue de Villiers
92526 Neuilly sur Seine (FR)

(22) Date de dépôt: 03.11.2003

(72) Inventeur(s):
Philippe Fillion, 94117 Arcueil (FR)
Gérard Muffat, 94117 Arcueil (FR)
Christophe Malmejac, 94117 Arcueil (FR)

(30) Priorité: 08.11.2002 FR 02/14053

(74) Mandataire:
Kirker & Cie S.A., 122, rue de Genève Case postale 324
1226 Genève-Thônex (CH)

(24) Brevet délivré: 14.07.2006

(86) Demande internationale:
PCT/EP 2003/050781

(45) Fascicule du brevet publié: 14.07.2006

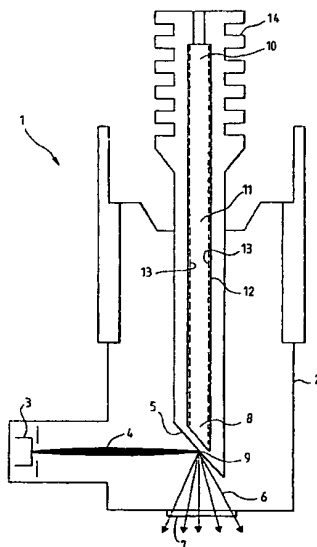
(87) Publication internationale:
WO 2004/042769

(54) **Générateur de rayons X à dissipation thermique améliorée et procédé de réalisation du générateur.**

(57) L'invention se rapporte à un générateur de rayons X et à un procédé de réalisation de ce générateur.

Le générateur (1) de rayons X comporte une enceinte fermée (2) à l'intérieur de laquelle règne un vide suffisant pour permettre le déplacement d'un faisceau d'électrons (4). Le générateur (1) comporte à l'intérieur de l'enceinte (2), une cathode (3) destinée à émettre le faisceau d'électrons (4), une cible (5; 21) destinée à recevoir le faisceau d'électrons (4) et à émettre un rayonnement X (6) et des moyens pour refroidir la cible (5). Les moyens pour refroidir la cible (5; 21) comportent un caloduc (11).

Le procédé consiste à disposer le caloduc (11) à l'intérieur de l'enceinte fermée (2), puis à réaliser le vide à l'intérieur de l'enceinte (2) et enfin à introduire un fluide réfrigérant dans le caloduc (11).



Description

[0001] L'invention se rapporte à un générateur de rayons X et à un procédé de réalisation de ce générateur. Les rayons X sont notamment utilisés dans le milieu médical pour l'imagerie ou la radiothérapie et dans le milieu industriel pour le contrôle de pièces mécaniques ou pour le traitement local par irradiation.

[0002] Des générateurs de rayons X connus comportent généralement, à l'intérieur d'une enceinte fermée ou tube électronique, une cathode émettant un faisceau d'électrons en direction d'une anode ou cible. Le faisceau est accéléré et focalisé au moyen d'électrodes situées entre la cathode et la cible. Lorsque le faisceau d'électrons bombarde la cible, une petite partie de son énergie génère un rayonnement X et le reste de son énergie est transformé en énergie calorifique qu'il est nécessaire de dissiper hors de l'enceinte fermée.

[0003] On peut réaliser la dissipation de cette énergie calorifique au moyen d'un barreau réalisé en cuivre. Le barreau est alors fixé à l'une de ses extrémités à la cible et à une autre extrémité à un radiateur formant une paroi du tube. Le radiateur peut comporter des ailettes situées à l'extérieur du tube en fonction de la quantité d'énergie calorifique à évacuer. On peut faire circuler entre ces ailettes un fluide colloporteur assurant le refroidissement de celle-ci par convection naturelle ou forcée.

[0004] La puissance du rayonnement X est principalement limitée par la capacité de la cible à dissiper l'énergie calorifique qui y est générée. L'invention trouve une utilité particulière pour les tubes générateurs de rayons X à microfoyer. Ce type de tube est principalement utilisé dans l'imagerie où on cherche à réaliser une source de rayonnement X la plus ponctuelle possible. En effet, la netteté de l'image obtenue par irradiation dépend de la finesse de la source de rayonnement X. Plus la source sera petite, plus on pourra distinguer les détails dans l'image réalisée. On sait par exemple réaliser une source de rayonnement X à l'aide d'un faisceau électronique de 10 W accéléré à une énergie de 130 KeV et générant une tache d'environ 7 μm sur une cible réalisée en tungstène. Lorsque la puissance est réduite par exemple à 0,5 W, la tache peut être réduite à environ 1 μm sur la cible. Pour une même dimension de tache, le fait d'augmenter la puissance du faisceau électronique entraînerait des dommages sur la cible dus à un échauffement trop important de celle-ci.

[0005] L'invention a pour but d'améliorer la dissipation thermique de la cible, ce qui permet notamment soit d'augmenter la puissance pour une dimension de tache donnée, soit de réduire la dimension de la tache pour une puissance donnée.

[0006] Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée aux générateurs de rayons X à microfoyer et elle peut être mise en œuvre dans d'autres types de générateurs pour lesquels on cherche à améliorer la dissipation thermique de la cible.

[0007] Pour atteindre ce but, l'invention a pour objet un générateur de rayons X comportant les caractéristiques énoncées à la revendication 1.

[0008] L'invention a également pour objet un procédé de réalisation d'un générateur de rayons X comportant les caractéristiques énoncées à la revendication 6.

[0009] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, mode de réalisation donné à titre d'exemple, et illustré par le dessin joint dans lequel:

la fig. 1 représente schématiquement un premier mode de réalisation d'un tube générateur de rayons X conforme à l'invention;

la fig. 2 représente un second mode de réalisation d'un tube générateur de rayons X conforme à l'invention.

[0010] Pour ne pas surcharger la description, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les deux modes de réalisation.

[0011] Le générateur 1 de rayons X représenté sur la fig. 1 comporte un tube 2 formant une enceinte fermée à l'intérieur de laquelle règne un vide suffisant pour permettre le déplacement d'un faisceau d'électrons. Une cathode 3 génère un faisceau d'électrons 4 en direction d'une cible 5 qui transforme l'énergie reçue par le faisceau d'électrons 4 en partie en rayonnement X 6 sortant du tube 2 par une fenêtre 7 et en partie en énergie thermique qu'il est nécessaire d'évacuer. Le générateur 1 comporte également des moyens de focalisation du faisceau d'électrons 4. Ces moyens ne sont pas représentés sur la fig. 1. Ils peuvent être formés d'enroulement dans lesquels circule un courant électrique générant un champ magnétique à l'intérieur du tube 2. Ce champ magnétique est orienté de façon à focaliser le faisceau d'électrons 4 sur une zone sensiblement ponctuelle de la surface de la cible 5. On peut également focaliser le faisceau d'électrons 4 par des moyens électrostatiques.

[0012] Le générateur 1 de rayons X comporte des moyens pour refroidir la cible 5 et selon l'invention, ces moyens comportent un évaporateur 8. Avantageusement, l'évaporateur est situé à proximité immédiate d'une zone 9 de la cible 5, la zone 9 recevant le faisceau d'électrons 4. En effet, plus l'évaporateur 8 est proche de la zone 9, plus la résistance thermique s'opposant à la circulation d'un flux thermique de refroidissement de la cible 5 par conduction se réduit.

[0013] Avantageusement, la cible 5 est formée d'un matériau déposé en couche sur la paroi de l'évaporateur 8. Plus précisément, il n'est pas nécessaire de réaliser une couche d'épaisseur supérieure à la pénétration maximale du faisceau

d'électrons 4 dans le matériau de l'anode cible 5. Par exemple, lorsqu'on souhaite utiliser le tungstène comme matériau de la cible 5, on a constaté que, pour un faisceau d'électrons 5, dont l'énergie est de 130 KeV, la pénétration du faisceau d'électrons 5 dans le tungstène n'excède guère 20 à 30 μm . La couche a par exemple une épaisseur inférieure à 50 μm .

[0014] L'enveloppe de l'évaporateur 8 sert alors de support au matériau de la cible 5. Elle est par exemple réalisée en cuivre pour sa bonne conductibilité thermique. L'enveloppe de l'évaporateur 8 a une épaisseur la plus faible possible au regard de la tenue mécanique de l'enveloppe. Au niveau de la cible 5 l'épaisseur est par exemple de l'ordre de 0,5 mm.

[0015] On a constaté que les matériaux habituellement utilisés pour réaliser la cible 5, comme par exemple le tungstène, ont une conductibilité thermique très nettement inférieure à celle des matériaux, comme par exemple le cuivre, habituellement utilisés pour réaliser un évaporateur. Dans cette variante de l'invention, cible 5 déposée en couche sur l'enveloppe de l'évaporateur 8, la tenue mécanique de la paroi de l'évaporateur 8 et de la cible 5 est assurée uniquement par la paroi de l'évaporateur 8 et la bonne conductibilité thermique de la paroi de l'évaporateur 8 et de la cible 5 est assurée par le matériau de l'enveloppe de l'évaporateur 8 et la faible épaisseur de la cible 5.

[0016] Avantageusement, le générateur 1 de rayons X comporte un condenseur 10 formant avec l'évaporateur 8 un caloduc 11 à l'intérieur duquel circule un fluide réfrigérant. Plus précisément, le caloduc 11 comporte une enveloppe fermée 12 à l'intérieur de laquelle un fluide caloporteur, comme par exemple de l'eau, est soumis à un cycle de refroidissement mettant en œuvre deux changements de phase du fluide. Un premier changement de phase est constitué par l'évaporation du fluide dans l'évaporateur 8 situé au niveau d'une partie chaude du caloduc 11 en l'occurrence à proximité immédiate d'une zone 9 de la cible 5, zone recevant le faisceau d'électrons 4. Le fluide ainsi évaporé se déplace vers une partie froide du caloduc 11, partie où le condenseur 10 est situé. C'est dans le condenseur 10 qu'intervient le second changement de phase du fluide: sa condensation. Le caloduc dispose, par ailleurs, de moyens pour ramener le fluide caloporteur à l'état liquide du condenseur vers l'évaporateur 8. Ces moyens sont, par exemple, formés par un réseau capillaire 13 situé au voisinage de l'enveloppe fermée 12 du caloduc 11. La chaleur ainsi transportée de la partie chaude vers la partie froide du caloduc 11 est ensuite évacuée par exemple vers un fluide ambiant circulant à l'extérieur du générateur 1 de rayons X.

[0017] Avantageusement, le générateur X comporte des moyens de refroidissement du condenseur 10. Plus précisément, le transfert de chaleur de la partie froide du caloduc 11 vers le fluide ambiant peut être amélioré au moyen d'ailettes 14 fixées sur l'enveloppe fermée 12 du caloduc 11 et entre lesquelles circule le fluide ambiant. Le fluide ambiant peut circuler entre les ailettes par convection naturelle ou forcée.

[0018] On choisit avantageusement l'eau comme fluide réfrigérant circulant à l'intérieur du caloduc 11. En effet, ce fluide est peu onéreux et sa chaleur latente de transformation est élevée, ce qui lui permet de véhiculer une quantité importante de chaleur de l'évaporateur 8 vers le condenseur 10. En revanche, un caloduc 11 ainsi constitué et rempli d'eau ne permet pas de supporter une température supérieure à 300°C. Le générateur 1 de rayons X, quant à lui, nécessite, pour atteindre un vide suffisant, une opération de pompage qui se déroule habituellement à une température de l'ordre de 400°C. On constate donc qu'un caloduc 11, utilisant de l'eau comme fluide réfrigérant, ne supporterait pas l'opération de pompage.

[0019] Pour pallier ce problème, on propose de disposer le caloduc 11 à l'intérieur de l'enceinte fermée 2, puis à réaliser le vide à l'intérieur de l'enceinte 2 et enfin à introduire le fluide réfrigérant dans le caloduc 11.

[0020] Il est également possible d'utiliser d'autres types de fluides réfrigérant pouvant supporter les températures de pompage, comme par exemple le lithium. On note cependant que le lithium est moins efficace que l'eau pour transporter de l'énergie calorifique.

[0021] Le générateur 20 de rayons X représenté sur la fig. 2 comporte un tube 2 formant une enceinte fermée à l'intérieur de laquelle règne un vide suffisant pour permettre le déplacement d'un faisceau d'électrons. Une cathode 3 génère un faisceau d'électrons 4 en direction d'une cible 21 qui transforme l'énergie reçue par le faisceau d'électrons 4 en partie en rayonnement X 6 sortant du tube 2 par une fenêtre 7 et en partie en énergie thermique qu'il est nécessaire d'évacuer.

[0022] A la différence du premier mode de réalisation, la cible 21 est massive. Elle est réalisée dans un matériau apte à générer un rayonnement X sous l'effet du faisceau d'électrons 4. La cible 21 est par exemple réalisée en tungstène. La cible 21 est formée d'une plaque de quelques millimètres d'épaisseur. La cible 21 est assemblée sur un corps massif 22 fixé à l'enceinte 2. L'assemblage de la cible 21 sur le un corps massif 22 est par exemple réalisé par moulage. Plus précisément, on place une plaque de tungstène dans un moule dans lequel on coule le matériau du corps massif 22. Ce matériau est par exemple du cuivre afin de mieux conduire l'énergie thermique produite au niveau de la cible 21 lors du bombardement par le faisceau d'électrons 4. Le corps massif 22 comporte un perçage 23 qui sert de logement à l'évaporateur 8. Le caloduc 11, utilisé pour refroidir la cible 21 est situé en partie dans le perçage 23. Le condenseur 10 est situé dans un tube 24 dont une première extrémité 25 est fermée. Une seconde extrémité 26 du tube 24 est ouverte et est raccordée de façon étanche au perçage 23. Ici aussi, il est avantageux de fixer des ailettes 14, sur les parois extérieures du tube 24, comme moyens de refroidissement du condenseur 10. Dans ce second mode de réalisation, il est bien entendu possible de remplir le caloduc 11 après avoir réalisé le vide à l'intérieur de l'enceinte 2.

[0023] Le procédé de réalisation du générateur 1 peut bien entendu être mis en œuvre pour réaliser le générateur 20.

Revendications

1. Générateur (1; 20) de rayons X comportant une enceinte fermée (2) à l'intérieur de laquelle règne un vide suffisant pour permettre le déplacement d'un faisceau d'électrons (4), le générateur (1) comportant à l'intérieur de l'enceinte (2), une cathode (3) destinée à émettre le faisceau d'électrons (4), une cible (5; 21) destinée à recevoir le faisceau d'électrons (4) et à émettre un rayonnement X (6) et des moyens pour refroidir la cible (5), les moyens pour refroidir la cible (5; 21) comportant un évaporateur (8), caractérisé en ce que la cible (5) est formée d'un matériau déposé en couche sur une paroi de l'évaporateur (8).
2. Générateur (1; 20) de rayons X selon la revendication 1, caractérisé en ce que la cible (5; 21) comporte une zone (9) recevant le faisceau d'électrons (4) et en ce que l'évaporateur (8) est situé à proximité immédiate de la zone (9).
3. Générateur (1) de rayons X selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche a une épaisseur inférieure à 50 μm .
4. Générateur (1; 20) de rayons X selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un condenseur (10) formant avec l'évaporateur (8) un caloduc (11) à l'intérieur duquel circule un fluide réfrigérant
5. Générateur (1, 20) de rayons X selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (14) de refroidissement du condenseur (10).
6. Procédé de réalisation d'un générateur (1; 20) de rayons X comportant une enceinte fermée (2) à l'intérieur de laquelle règne un vide suffisant pour permettre le déplacement d'un faisceau d'électrons (4), le générateur (1) comportant à l'intérieur de l'enceinte (2), une cathode (3) destinée à émettre le faisceau d'électrons (4), une cible (5; 21) destinée à recevoir le faisceau d'électrons (4) et à émettre un rayonnement X (6) et des moyens pour refroidir la cible (5), caractérisé en ce que les moyens pour refroidir la cible (5) comportent un évaporateur (8) et un condenseur (10) formant avec l'évaporateur (8) un caloduc (11) à l'intérieur duquel circule un fluide réfrigérant en ce que la cible (5) est formée d'un matériau déposé en couche sur une paroi de l'évaporateur (8), et en ce que le procédé consiste à disposer le caloduc (11) à l'intérieur de l'enceinte fermée (2), puis à réaliser le vide à l'intérieur de l'enceinte (2) et enfin à introduire le fluide réfrigérant dans le caloduc (11).

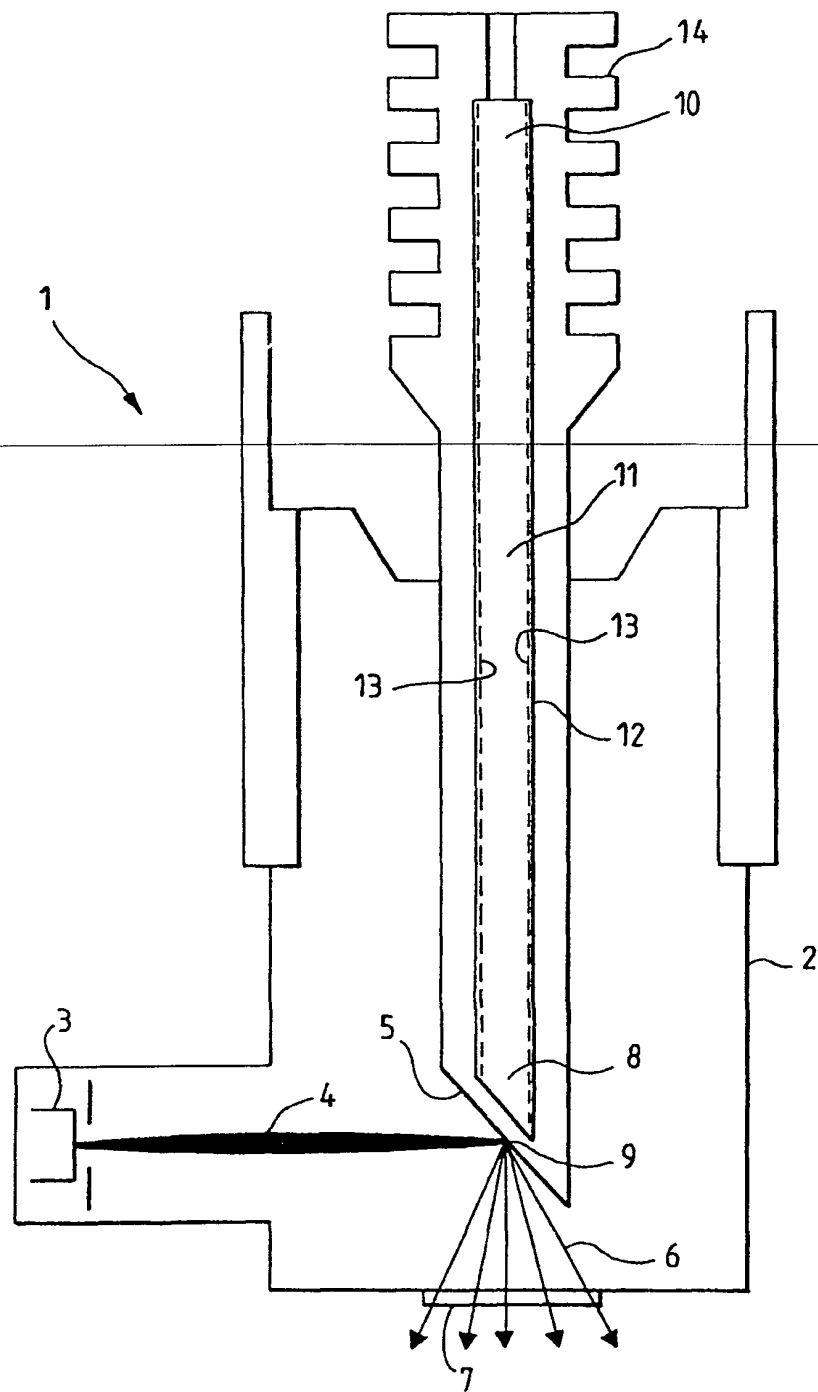


FIG.1

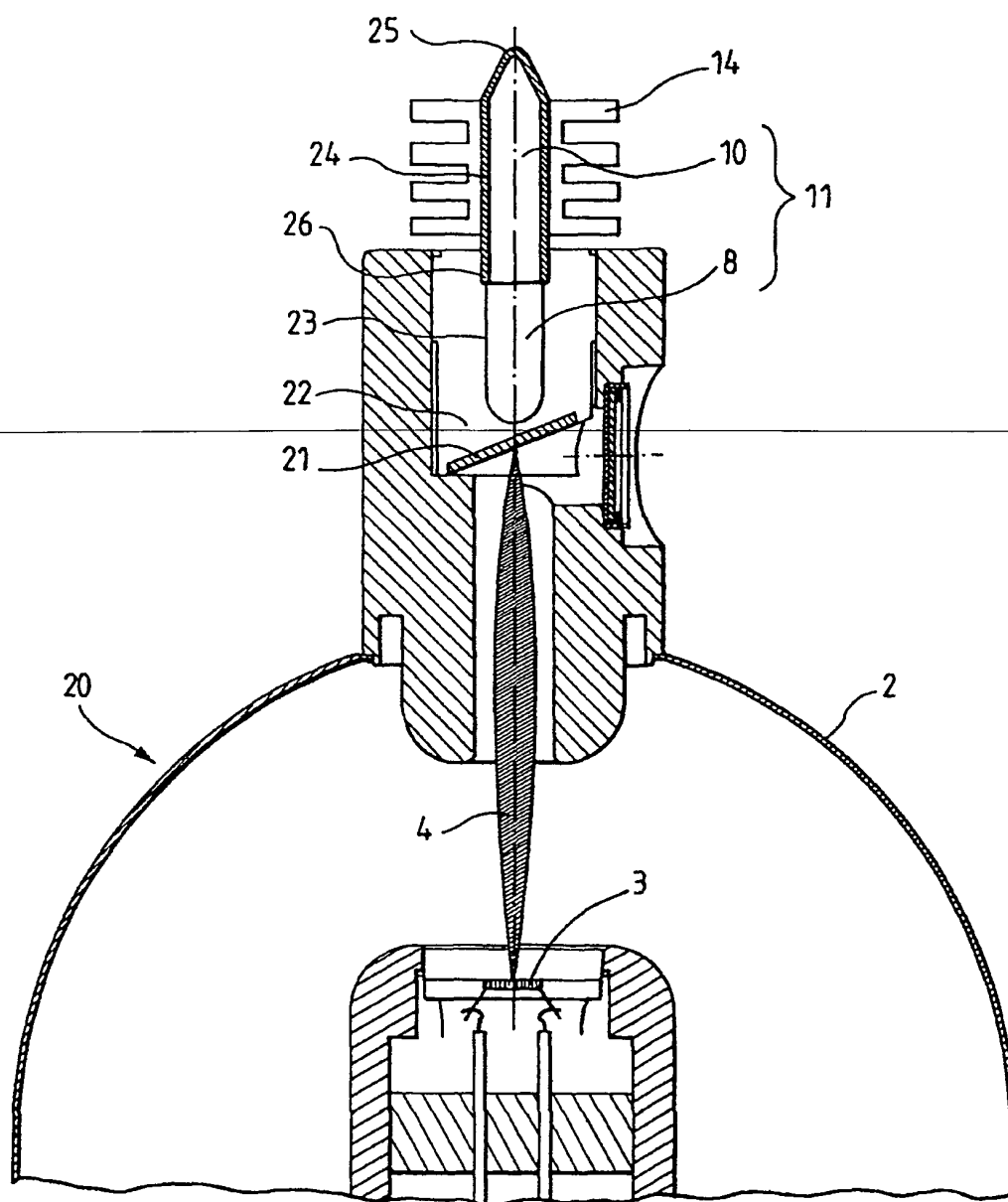


FIG.2