



(11) **EP 2 591 489 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
30.11.2016 Bulletin 2016/48

(51) Int Cl.:
H01J 35/10 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11728897.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2011/061296

(22) Date de dépôt: **05.07.2011**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2012/004253 (12.01.2012 Gazette 2012/02)

(54) **ANODE POUR L'ÉMISSION DE RAYONS X ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE ANODE**

RÖNTGENSTRAHLENEMITTIERENDE ANODE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER DERARTIGEN ANODE

X-RAY EMITTING ANODE AND PROCESS FOR MANUFACTURING SUCH AN ANODE

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **MITAUT, Christian**
38240 Meylan (FR)
- **PIQUE, Didier**
F-38410 Saint Martin d'Uriage (FR)
- **ROBERT, Pierre-Olivier**
F-73490 La Ravoire (FR)

(30) Priorité: **06.07.2010 FR 1055453**

(43) Date de publication de la demande:
15.05.2013 Bulletin 2013/20

(74) Mandataire: **Casalonga**
Casalonga & Partners
Bayerstraße 71/73
80335 München (DE)

(73) Titulaire: **Acerde**
38920 Crolles (FR)

(72) Inventeurs:
• **HUOT, Guillaume**
38500 Voiron (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 850 899 WO-A1-2010/070574
US-A- 4 920 012 US-A1- 2010 040 202

EP 2 591 489 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des dispositifs émetteurs de rayons X, utilisés notamment pour la réalisation d'images, et plus particulièrement utilisés dans les scanners d'imagerie médicale.

[0002] La production de rayons X est obtenue par un matériau réfractaire sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons dirigé vers et bombardant localement ce matériau.

[0003] Couramment, le matériau réfractaire se présente sous la forme d'une couche formée par un support en un autre matériau, l'ensemble étant appelé une anode. La production de rayons X présente une efficacité basse. Une grande part de l'énergie des électrons est transformée en chaleur dans l'anode. Pour limiter la charge thermique au point d'impact des électrons, on fait tourner l'anode à grande vitesse.

[0004] Actuellement, dans les scanners médicaux, les anodes rotatives les plus couramment utilisées comprennent un disque métallique qui porte une couche en un matériau apte à produire des rayons X, en général du tungstène, aménagée sur une portion annulaire de l'une de ses faces.

[0005] Du fait de leur poids, les vitesses de rotation de telles anodes sont plafonnées au maximum à 10 000 tours par minute. La température au point d'impact des électrons pouvant atteindre 2000°C, la température de l'anode, dans sa masse, s'établit généralement aux environs de 1300°C.

[0006] Pour augmenter la puissance du rayonnement X émis, il est proposé d'augmenter la vitesse de rotation de l'anode et de réduire son poids, il est proposé des anodes qui comprennent un disque constitué par un substrat en un matériau à base de graphite, en des composés de fibres de carbone ou en composites carbone-carbone.

[0007] Néanmoins, d'autres inconvénients apparaissent, notamment des problèmes de migration du carbone dans la couche apte à produire des rayons X. En particulier lorsque la couche apte à produire des rayons X est en tungstène, cette couche se transforme, au moins dans sa partie adjacente au disque, en un carbure de tungstène particulièrement fragile et cassant, générant des problèmes de délamination et de séparation de cette couche.

[0008] Parallèlement, la différence entre les coefficients de dilatation du substrat à base de graphite et de la couche apte à produire des rayons X cause l'apparition de larges fissures dans cette couche. Le substrat peut alors se trouver directement bombardé par le faisceau d'électrons, ce qui peut causer la détérioration complète de l'anode.

[0009] Pour limiter les inconvénients ci-dessus, différentes anodes sont proposées dans les documents suivants.

[0010] Le document US 5 352 489 propose d'interposer une couche intermédiaire de rhénium entre un subs-

trat en graphite et une couche de tungstène apte à produire des rayons X.

[0011] Le document US 4 352 041 propose d'interposer, entre un substrat en graphite et une couche de tungstène apte à produire des rayons X, une première couche intermédiaire de rhénium, une seconde couche intermédiaire de rhénium dopée au tantale et une troisième couche intermédiaire de rhénium.

[0012] Le document US 5 099 506 propose d'interposer, entre un substrat en graphite et une couche de tungstène apte à produire des rayons X, une première couche intermédiaire de carbure de silicium et une seconde couche intermédiaire en nitrure de titane.

[0013] Le document US 4 132 917 propose d'interposer, entre un substrat en graphite et une couche apte à produire des rayons X, en un alliage de tungstène et de rhénium, une couche intermédiaire de carbure de molybdène ou d'un alliage à base de molybdène.

[0014] Le document US 5 875 228 propose d'interposer, entre un substrat en un composite carbone-carbone et une couche apte à produire des rayons X, en un alliage de tungstène et de rhénium, une couche intermédiaire de rhénium.

[0015] Le document US 6 430 264 propose un substrat en composé à base de carbone et une couche apte à produire des rayons X, formée directement sur le substrat, l'état de surface du substrat étant particulier.

[0016] Les documents EP 0 850 899 et US 2010/0040202 décrivent un substrat muni directement d'un revêtement multicouches, le document EP 0 850 899 proposant un aménagement de la forme de la surface du substrat pour améliorer la tenue du revêtement.

[0017] Néanmoins, il a pu être observé que notamment le problème de l'apparition de grandes fissures dans la couche apte à émettre des rayons X et également dans les couches intermédiaires, provoquant une détérioration définitive prématurée de l'anode, n'est pas vraiment résolu.

[0018] Par ailleurs, quelles que soient les solutions actuellement proposées, si l'on souhaite que les anodes ne se détériorent pas trop rapidement, la vitesse de rotation des anodes ne peut pas excéder 10 000 tours par minute et la puissance des rayons X produits est limitée.

[0019] C'est pourquoi, malgré les différentes solutions disponibles dans l'état de la technique, il existe toujours, notamment dans le domaine des scanners d'imagerie médicale dans lequel on souhaite réduire les durées d'exposition des patients et en même temps augmenter la netteté des images, un besoin de disposer d'anodes aptes à la fois à émettre des rayons X de puissances plus importantes, aptes à supporter les contraintes thermiques et mécaniques plus importantes qui en résultent, et, pour des raisons économiques, susceptibles de présenter des durées d'utilisation possibles nettement plus longues.

[0020] Dans un mode de réalisation, il est proposé une anode pour l'émission de rayons X, qui comprend un substrat et, sur une portion de surface du substrat, un

revêtement.

[0021] Ce revêtement comprend une pluralité de groupes superposés ou empilés de sous-couches, chaque groupe comprenant au moins une première sous-couche et une deuxième sous-couche superposées ou empilées, au moins une sous-couche superficielle étant apte à produire des rayons X sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons, et comprend une sous-couche intermédiaire entre le substrat et le revêtement, cette sous-couche étant en un matériau différent des matériaux formant le substrat, la première sous-couche et la deuxième sous-couche.

[0022] Le substrat est en graphite ou un matériau à base de carbone ou en un matériau composite carbone-carbone, ladite première sous-couche est en rhénium et ladite deuxième sous-couche est en un alliage de tungstène et de rhénium, cet alliage comprenant un pourcentage de rhénium compris entre trois et dix, tandis que ladite sous-couche superficielle est à base de tungstène.

[0023] Le matériau constituant la première sous-couche peut être plus ductile que le matériau constituant la deuxième sous-couche.

[0024] Les matériaux constituant la première sous-couche et la deuxième sous-couche d'au moins certains desdits groupes peuvent présenter des ductilités différentes.

[0025] Les matériaux constituant la première sous-couche et la deuxième sous-couche d'au moins certains desdits groupes peuvent présenter des modules d'élasticité différents.

[0026] Le matériau constituant la première sous-couche peut posséder un module d'élasticité supérieur à celui du matériau constituant la deuxième sous-couche.

[0027] Les matériaux constituant respectivement les sous-couches des groupes superposés peuvent être identiques.

[0028] La sous-couche intermédiaire peut présenter une température de transition entre l'état fragile et l'état ductile plus élevée que celle d'au moins l'une desdites première et seconde couche dudit revêtement.

[0029] La sous-couche intermédiaire peut présenter un module d'élasticité supérieur à celui d'au moins l'une desdites première et seconde couche dudit revêtement.

[0030] La sous-couche intermédiaire peut présenter une épaisseur comprise entre 3 microns et 20 microns, la première sous-couche peut présenter une épaisseur comprise entre 2 microns et 10 microns et la deuxième sous-couche peut présenter une épaisseur comprise entre 10 microns et 100 microns, le nombre de groupes de première et seconde sous-couches pouvant être compris entre six et vingt-quatre.

[0031] La sous-couche intermédiaire peut être en un matériau choisi parmi ou à base de nitrure de titane (TiN), de nitrure de bore (B₄C) ou de carbure de silicium (SiC).

[0032] Le substrat peut être en forme de disque rotatif, ledit revêtement pouvant être formé sur au moins une portion de surface annulaire d'une face de ce disque.

[0033] Il est également proposé un procédé de fabri-

cation d'une anode pour l'émission de rayons X, cette anode comprenant un substrat et, sur une portion de surface du substrat, un revêtement comprenant une pluralité de groupes superposés ou empilés de sous-couches, chaque groupe comprenant au moins une première sous-couche et une deuxième sous-couche superposées ou empilées, au moins une sous-couche superficielle étant apte à produire des rayons X sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons, et comprenant une sous-couche intermédiaire entre le substrat et le revêtement, cette sous-couche intermédiaire étant en un matériau différent des matériaux formant le substrat, la première sous-couche et la deuxième sous-couche.

[0034] Le procédé comprend le dépôt d'une sous-couche intermédiaire sur la portion de surface du substrat, puis la fabrication desdits groupes de sous-couches, et la fabrication de chaque groupe de sous-couches comprend :

le réchauffement de la structure antérieurement réalisée, à partir d'une température basse située dans une plage basse de températures et jusqu'à une température située dans une plage haute de températures,

le dépôt d'une première sous-couche à une température haute située dans une plage haute de températures,

le dépôt d'une deuxième sous-couche à une température haute située dans une plage haute de températures et inférieure à la température de dépôt de la première sous-couche,

puis le refroidissement de la structure nouvellement réalisée jusqu'à une température basse située dans ladite plage basse de températures.

Le dépôt desdites sous-couches peut être réalisé par des dépôts en phase vapeur à haute température (HTCVD).

[0035] Des anodes pour l'émission de rayons X vont maintenant être décrites à titre d'exemples non limitatifs, illustrés par le dessin sur lequel :

- la figure 1 représente une coupe d'une anode rotative selon l'invention, portant un revêtement ;
- la figure 2 représente une coupe partielle agrandie d'un revêtement de l'anode de la figure 1 ;
- et la figure 3 représente un graphique temps (t) / température (T°) d'un procédé de fabrication d'un revêtement de l'anode de la figure 1.

[0036] L'anode 1 représentée sur la figure 1 comprend un substrat constitué par un disque rotatif 2 qui présente un passage central traversant de montage 2a et qui présente une face frontale 3 qui présente une zone annulaire 3a, légèrement tronconique, située autour d'une zone centrale radiale 3b traversée par le passage 2a.

[0037] Sur la zone annulaire 3a de la face frontale 3 est réalisé un revêtement 4. Ce revêtement 4 peut s'éten-

dre jusqu'au bord périphérique de la face frontale 3 et peut être prolongé sur au moins une zone 5a de la face périphérique 5 du disque 2.

[0038] Le revêtement 4 comprend, au moins dans sa partie frontale, un matériau apte à produire des rayons X sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons dirigé vers et bombardant localement ce matériau.

[0039] Comme illustré de façon agrandie sur la figure 2, le revêtement 4 comprend une sous-couche intermédiaire 6 formée sur la zone annulaire 3a et éventuellement sur la zone 5a, ainsi qu'une pluralité 7a de groupes 7 de sous-couches, superposés ou empilés les uns sur les autres, sur la sous-couche intermédiaire 6.

[0040] Chaque groupe 7 comprend une première sous-couche 8 et une deuxième sous-couche 9, superposées ou empilées.

[0041] Les matériaux choisis pour constituer les sous-couches 8 et 9 et les modes d'élaboration de ces sous-couches sont tels que ces sous-couches 8 et 9 présentent des ductilités différentes.

[0042] Avantagusement, la première sous-couche 8 peut être en un matériau plus ductile et de module élastique plus élevé, que le matériau de la deuxième sous-couche 9.

[0043] Par ductilité d'un matériau, il s'entend aptitude de celui-ci à se déformer plastiquement sans se rompre sous l'effet d'un effort de traction.

[0044] Par module élastique d'un matériau, il s'entend ratio entre contrainte exercée sur ce matériau et la déformation qui en résulte, dans la limite du comportement élastique de ce matériau.

[0045] Les matériaux constituant respectivement les sous-couches 8 et 9 des groupes superposés 7 peuvent avantagusement être identiques d'un groupe à l'autre.

[0046] Selon un exemple de réalisation, le disque 2 peut être en composite à fibre de carbone. Le revêtement 4 peut être réalisé sur une zone annulaire présentant un diamètre intérieur compris entre un tiers et un demi du diamètre de l'anode et un diamètre extérieur compris égal au diamètre de l'anode.

[0047] La sous-couche intermédiaire 6 peut présenter une épaisseur comprise entre 3 microns et 20 microns. Cette sous-couche intermédiaire 6 peut présenter un module d'élasticité et une température de transition fragile/ductile plus élevés que ceux de l'une des sous-couches 8 et 9 ou des sous-couches 8 et 9.

[0048] La sous-couche intermédiaire 6 va alors jouer le rôle d'un moyen d'absorption des contraintes mécaniques liées aux différences de dilatations thermiques entre le substrat 2 et le revêtement 4, dans un premier temps en se déformant élastiquement, puis en se fissurant préférentiellement. La microstructure de cette sous-couche est contrôlée selon les paramètres de mise en oeuvre de la technique de dépôt et permet que la fissuration se fasse selon un réseau de petites fissures.

[0049] La sous-couche intermédiaire 6 peut être à base de nitrure de titane (TiN), de nitrure de bore (BN) ou de carbure de silicium (SiC).

[0050] Dans chacun des groupes 7, la première sous-couche 8 est en rhénium et la deuxième sous-couche 9 est en un alliage de tungstène et de rhénium, comprenant un pourcentage de rhénium compris entre trois et dix, cet alliage étant plus ductile que le rhénium.

[0051] La première sous-couche 8 peut présenter une épaisseur comprise entre 2 microns et 10 microns et la deuxième sous-couche 9 peut présenter une épaisseur comprise entre 10 microns et 100 microns. Le nombre de groupes superposés 7 de sous-couches 8 et 9 peut être compris entre six et vingt-quatre.

[0052] Comme illustré sur le graphique de la figure 3, le revêtement 4 peut être réalisé de la manière suivante.

[0053] On place le disque 2 dans la chambre d'une enceinte de dépôt, équipée de façon à pouvoir réaliser les sous-couches 6, 8 et 9 par des dépôts en phase vapeur à haute température (couramment appelés : HTCVD), en mettant en oeuvre les techniques connues de l'homme du métier.

[0054] On procède au dépôt de la sous-couche intermédiaire 6.

[0055] On amène la température de la chambre de l'enceinte de dépôt à une température basse T1 située dans une plage basse de température, de telle sorte que la sous-structure A, composée du disque 2 et de la sous-couche intermédiaire 6, soit à cette température basse T1, par exemple à une température basse inférieure à 100°C, en particulier à la température ambiante.

[0056] On réalise ensuite les groupes superposés 7 de sous-couches 8 et 9 en effectuant, pour chacun des groupes, les étapes suivantes.

[0057] On chauffe lentement et progressivement (Phase P1) la chambre de l'enceinte de dépôt jusqu'à une température haute T2 située dans une plage haute de température, telle que cette température haute T2 de la sous-structure A se situe à une valeur favorable au dépôt de la première sous-couche 8. Par exemple, dans le cas d'une sous-couche 8 en rhénium à réaliser, la température haute T2 à atteindre de la sous-structure A est située aux environs de 1000°C. Cette opération de réchauffement peut s'étaler sur plusieurs heures, par exemple sur 20 à 60 minutes.

[0058] Puis, la température haute T2 étant atteinte, on procède à la formation par dépôt (Phase P2) de la première sous-couche 8 par exemple en rhénium, sur la sous-couche intermédiaire 6. Cette opération peut prendre quelques minutes, par exemple de 1 à 20 minutes. On obtient une sous-structure B.

[0059] Ensuite, immédiatement après, on amène la température de la chambre de l'enceinte de dépôt à une température haute T3 telle que la température correspondante T3 de la sous-structure B se situe à une valeur favorable au dépôt de la deuxième sous-couche 9. Par exemple, dans le cas d'une sous-couche 9 est en un alliage de tungstène-rhénium comme indiqué plus haut, la température correspondante T3 de la sous-structure B est située aux environs de 950°C. De façon générale, T3 est inférieure à T2.

[0060] Puis, on procède à la formation par dépôt (Phase P3) de la deuxième sous-couche 9 sur la sous-couche 8. Cette opération peut prendre quelques minutes, par exemple de 5 à 60 minutes. On obtient une sous-structure C.

[0061] Puis, on refroidit ou on laisse refroidir lentement et progressivement (Phase P4) la chambre de l'enceinte de dépôt jusqu'à la température basse T1 située dans la plage basse de température, de telle sorte que la sous-structure C nouvellement obtenue, comprenant le disque 2, la sous-couche intermédiaire 6 et le premier groupe 7 de sous-couches 8 et 9, se refroidissent lentement et progressivement jusqu'à cette température basse T1. Cette opération de refroidissement peut par exemple s'étaler sur 0,5 à 2 heures.

[0062] Ensuite, on répète les étapes ci-dessus (de cinq à vingt trois fois), de réchauffement de la sous-structure antérieure, de dépôts successifs des sous-couches 8 et 9 et de refroidissement de la sous-structure nouvelle ou complétée, de façon à réaliser successivement tous les groupes 7 superposés ou empilés de sous-couches 8 et 9.

[0063] La dernière sous-couche 9n, formée sur la dernière sous-couche 8, constitue le matériau extérieur ou superficiel du revêtement 5, cette couche superficielle 9n étant apte à produire des rayons X sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons dirigé vers et bombardant localement le matériau la constituant. La dernière sous-couche 9n, superficielle, peut être en tungstène ou à base de tungstène.

[0064] La combinaison d'une part de matériaux de caractéristiques différentes pour constituer les sous-couches 8 et 9 et d'autre part de refroidissements suivis de réchauffements de la structure en cours de fabrication (à des températures T2 et T3 parfaitement choisies), pour les opérations de réalisation de ces sous-couches 8 et 9, conduit ou peut conduire à la formation de microfissures qui peuvent être contrôlées. De telles microfissures sont particulièrement favorables à une réduction de la fragilité du revêtement 5 comparée à si il était réalisé de façon monolithique.

[0065] La présence de la sous-couche intermédiaire 6 assure une bonne tenue dans le temps des empilements 7 déposés par la suite.

[0066] C'est pourquoi, l'anode 1 peut avantageusement être utilisée dans les scanners d'imagerie médicale, car sa vitesse de rotation peut être accrue et sa résistance est en mesure de supporter une quantité accrue d'énergie issue d'électrons incidents atteignant la sous-couche superficielle 9n et en conséquence de produire une quantité accrue de rayons X.

[0067] Selon des variantes de réalisation, les sous-couches 8 et 9 peuvent être en d'autres matériaux, par exemple choisis parmi le tantale, le zirconium, le niobium, le titane, le vanadium, l'hafnium, le molybdène, en des alliages de ces matériaux ou sous leur forme nitrurée ou carburée.

[0068] Selon un exemple, la sous-couche 8 peut être

en Hafnium (Hf) susceptible d'être déposée à environ 1050°C, et la sous couche 9 peut être en carbure de Niobium susceptible d'être déposée à environ 1100°C.

[0069] Selon un exemple, la sous-couche 8 peut être en nitrure de Zirconium susceptible d'être déposée à environ 1150°C, et la sous couche 9 peut être en tantale susceptible d'être déposée à environ 850°C.

[0070] Selon un exemple, la sous-couche 8 peut être en alliage tantale/niobium susceptible d'être déposée à environ 1000°C, et la sous couche 9 peut être en tantale susceptible d'être déposée à environ 850°C.

[0071] Selon un exemple, la sous-couche 8 peut être en alliage zirconium/niobium susceptible d'être déposée à environ 1150°C, et la sous couche 9 peut être en carbure de niobium susceptible d'être déposée à environ 1100°C.

[0072] Selon d'autres variantes de réalisation, il peut être proposé de réaliser des groupes 7 différents quant aux matériaux constituant respectivement leurs sous-couches 8 et 9 et quant à leurs conditions de dépôt.

[0073] La présente invention ne se limite pas aux exemples ci-dessus décrits. Bien d'autres variantes de réalisation sont possibles, sans sortir du cadre défini par les revendications annexées.

Revendications

1. Anode pour l'émission de rayons X, comprenant un substrat (2) en graphite ou en un matériau à base de carbone ou en un matériau composite carbone-carbone et, sur une portion de surface du substrat, un revêtement (4) comprenant une pluralité de groupes (7) superposés ou empilés de sous-couches (8, 9), chaque groupe comprenant au moins une première sous-couche (8) en rhénium et une deuxième sous-couche (9) superposées ou empilées, au moins une sous-couche superficielle (9n) à base de tungstène étant apte à produire des rayons X sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons, caractérisé en une sous-couche intermédiaire (6) entre le substrat et le revêtement, cette sous-couche étant en un matériau différent des matériaux formant le substrat, la première sous-couche et la deuxième sous-couche, et en ladite deuxième sous-couche étant en un alliage de tungstène et de rhénium, cet alliage comprenant un pourcentage de rhénium compris entre trois et dix.
2. Anode selon la revendication 1, dans laquelle les matériaux constituant la première sous-couche (8) et la deuxième sous-couche (9) d'au moins certains desdits groupes présentent des ductilités différentes.
3. Anode selon la revendication 2, dans laquelle le matériau constituant la première sous-couche est plus ductile que le matériau constituant la deuxième

sous-couche.

4. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les matériaux constituant la première sous-couche (8) et la deuxième sous-couche (9) d'au moins certains desdits groupes présentent des modules d'élasticité différents. 5
5. Anode selon la revendication 4, dans laquelle le matériau constituant la première sous-couche possède un module d'élasticité supérieur à celui du matériau constituant la deuxième sous-couche. 10
6. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les matériaux constituant respectivement les sous-couches (8, 9) des groupes superposés (7) sont identiques. 15
7. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la sous-couche intermédiaire présente une température de transition entre l'état fragile et l'état ductile plus élevée que celle d'au moins l'une desdites première et seconde couche dudit revêtement. 20
8. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la sous-couche intermédiaire présente un module d'élasticité supérieur à celui d'au moins l'une desdites première et seconde couche dudit revêtement. 25
9. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la sous-couche intermédiaire (6) présente une épaisseur comprise entre 3 microns et 20 microns, la première sous-couche (8) présente une épaisseur comprise entre 2 microns et 10 microns et la deuxième sous-couche (9) présente une épaisseur comprise entre 10 microns et 100 microns et dans laquelle le nombre de groupes (7) de première et seconde sous-couches (8, 9) est compris entre six et vingt-quatre. 30
10. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la sous-couche intermédiaire est en un matériau choisi parmi ou é base de nitrure de titane (TiN), de nitrure de bore (B4C) ou de carbure de silicium (SiC). 40
11. Anode selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un substrat en forme de disque rotatif, ledit revêtement étant formé sur au moins une portion de surface annulaire d'une face de ce disque. 45
12. Procédé de fabrication d'une anode pour l'émission de rayons X, cette anode comprenant un substrat (2) et, sur une portion de surface du substrat, un revêtement (4) comprenant une pluralité de groupes 50

(7) superposés ou empilés de sous-couches (8, 9), chaque groupe comprenant au moins une première sous-couche (8) et une deuxième sous-couche (9) superposées ou empilées, au moins une sous-couche superficielle (9n) étant apte à produire des rayons X sous l'effet d'un faisceau incident d'électrons, et comprenant une sous-couche intermédiaire (6) entre le substrat et le revêtement, cette sous-couche intermédiaire étant en un matériau différent des matériaux formant le substrat, la première sous-couche et la deuxième sous-couche, le procédé comprenant le dépôt d'une sous-couche intermédiaire (6) sur la portion de surface du substrat, puis la fabrication desdits groupes (7) de sous-couches, et dans lequel la fabrication de chaque groupe de sous-couches comprend :

le réchauffement de la structure antérieurement réalisée, à partir d'une température basse située dans une plage basse de températures et jusqu'à une température située dans une plage haute de températures,
le dépôt d'une première sous-couche (8) à une température haute (T2) située dans une plage haute de températures,
le dépôt d'une deuxième sous-couche (9) à une température haute (T3) située dans une plage haute de températures et inférieure à la température de dépôt de la première sous-couche (8) ($T3 < T2$),
puis le refroidissement de la structure nouvellement réalisée jusqu'à une température basse située dans ladite plage basse de températures.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel le dépôt desdites sous-couches (6, 8, 9) est réalisé par des dépôts en phase vapeur à haute température (HTCVD). 35

Patentansprüche

1. Anode zum Aussenden von Röntgenstrahlen, die ein Substrat (2) aus Graphit oder aus einem Material auf Kohlenstoffbasis oder aus einem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial und auf einem Oberflächenabschnitt des Substrats eine Beschichtung (4), die mehrere übereinander angeordnete oder gestapelte Gruppen (7) von Unterschichten (8, 9) aufweist, umfasst, wobei jede Gruppe wenigstens eine erste Unterschicht (8) aus Rhenium und eine zweite Unterschicht (9), die ihr überlagert oder damit gestapelt ist, umfasst, wobei wenigstens eine Unterschicht (9n) auf Wolframbasis an der Oberfläche unter der Wirkung eines auftreffenden Elektronenstrahls Röntgenstrahlen erzeugen kann, **gekennzeichnet durch** eine Zwischenunterschicht (6) zwischen dem Substrat und der Beschichtung, wobei diese Unter- 55

- schicht aus einem Material besteht, das von den Materialien, die das Substrat, die erste Unterschicht und die zweite Unterschicht bilden, verschieden ist, wobei die zweite Unterschicht eine Wolfram- und Rheniumlegierung ist, wobei diese Legierung einen prozentualen Anteil von Rhenium im Bereich von drei bis zehn besitzt.
2. Anode nach Anspruch 1, wobei die Materialien, die die erste Unterschicht (8) und die zweite Unterschicht (9) wenigstens bestimmter der Gruppen bilden, unterschiedliche Duktilitäten aufweisen.
 3. Anode nach Anspruch 2, wobei das Material, das die erste Unterschicht bildet, duktiler ist als das Material, das die zweite Unterschicht bildet.
 4. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Materialien, die die erste Unterschicht (8) und die zweite Unterschicht (9) wenigstens bestimmter der Gruppen bilden, unterschiedliche Elastizitätsmodule aufweisen.
 5. Anode nach Anspruch 4, wobei das Material, das die erste Unterschicht bildet, einen Elastizitätsmodul besitzt, der größer als jener des Materials, das die zweite Unterschicht bildet, ist.
 6. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Materialien, die die jeweiligen Unterschichten (8, 9) der übereinander angeordneten Gruppen (7) bilden, gleich sind.
 7. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenunterschicht eine Übergangstemperatur zwischen dem spröden Zustand und dem duktilen Zustand aufweist, die höher ist als jene der ersten und/oder der zweiten Schicht der Beschichtung.
 8. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenunterschicht einen Elastizitätsmodul aufweist, der größer als jener der ersten und/oder der zweiten Schicht der Beschichtung ist.
 9. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenunterschicht (6) eine Dicke im Bereich von 3 bis 20 Mikrometern aufweist, die erste Unterschicht (8) eine Dicke im Bereich von 2 bis 10 Mikrometern aufweist und die zweite Unterschicht (9) eine Dicke im Bereich von 10 bis 100 Mikrometern aufweist und wobei die Anzahl von Gruppen (7) erster und zweiter Unterschichten (8, 9) im Bereich von sechs bis vierundzwanzig liegt.
 10. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenunterschicht aus einem Material besteht, die unter oder auf Basis von Titanitrid (TiN), Bornitrid (B_4C) oder Siliciumcarbid (SiC) gewählt ist.
 11. Anode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ein Substrat in Form einer drehbaren Scheibe umfasst, wobei die Beschichtung wenigstens auf einem ringförmigen Oberflächenabschnitt einer Fläche dieser Scheibe gebildet ist.
 12. Verfahren zum Herstellen einer Anode zum Aussenden von Röntgenstrahlen, wobei diese Anode ein Substrat (2) und auf einem Oberflächenabschnitt des Substrats eine Beschichtung (4), die mehrere übereinander angeordnete oder gestapelte Gruppen (7) von Unterschichten (8, 9) aufweist, umfasst, wobei jede Gruppe wenigstens eine erste Unterschicht (8) und eine zweite Unterschicht (9), die übereinander angeordnet oder gestapelt sind, aufweist, wobei wenigstens eine Unterschicht (9n) an der Oberfläche unter der Wirkung eines auftreffenden Elektronenstrahls Röntgenstrahlen erzeugen kann, und eine Zwischenunterschicht (6) zwischen dem Substrat und der Beschichtung umfasst, wobei diese Zwischenunterschicht aus einem Material besteht, das von den Materialien, die das Substrat, die erste Unterschicht und die zweite Unterschicht bilden, verschieden ist, wobei das Verfahren das Abscheiden einer Zwischenunterschicht (6) auf dem Oberflächenabschnitt des Substrats und dann das Herstellen der Gruppen (7) von Unterschichten umfasst, wobei die Herstellung jeder Gruppe von Unterschichten Folgendes umfasst:

erneutes Erwärmen der vorher verwirklichten Struktur ausgehend von einer niedrigen Temperatur, die in einem niedrigen Bereich von Temperaturen liegt, und bis zu einer Temperatur, die in einem hohen Bereich von Temperaturen liegt,

Abscheiden einer ersten Unterschicht (8) bei einer hohen Temperatur (T_2), die in einem hohen Bereich von Temperaturen liegt,

Abscheiden einer zweiten Unterschicht (9) bei einer hohen Temperatur (T_3), die in einem hohen Bereich von Temperaturen liegt und niedriger als die Temperatur der Abscheidung der ersten Unterschicht (8) ist ($T_3 < T_2$),

dann Kühlen der neu verwirklichten Struktur bis auf eine niedrige Temperatur, die in dem niedrigen Bereich von Temperaturen liegt.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Abscheidung der Unterschichten (6, 8, 9) durch Abscheidungen aus der Dampfphase bei hoher Temperatur (HTCVD) ausgeführt wird.

Claims

1. Anode for emitting x-rays, comprising a substrate (2) made of graphite or of a carbon-based material or of a carbon-carbon composite material and, on a surface section of the substrate, a coating (4) comprising a plurality of stacked or superposed groups (7) of sublayers (8, 9), each group comprising, superposed or stacked, at least one first sublayer (8) made of rhenium and one second sublayer (9), at least one superficial tungsten-based sublayer (9n) being able to produce x-rays under the effect of an incident electron beam, **characterized in that** there is an intermediate sublayer (6) between the substrate and the coating, this sublayer being made of a different material from the materials forming the substrate, the first sublayer and the second sublayer, said second sublayer being an alloy of tungsten and rhenium, this alloy comprising a percentage of rhenium comprised between three and ten.
 2. Anode according to Claim 1, wherein the materials from which the first sublayer (8) and the second sublayer (9) of at least some of said groups are made have different ductilities.
 3. Anode according to Claim 2, wherein the material from which the first sublayer is made is more ductile than the material from which the second sublayer is made.
 4. Anode according to any one of the preceding claims, wherein the materials from which the first sublayer (8) and the second sublayer (9) of at least some of said groups are made have different elastic moduli.
 5. Anode according to Claim 4, wherein the material from which the first sublayer is made possesses an elastic modulus higher than that of the material from which the second sublayer is made.
 6. Anode according to any one of the preceding claims, wherein the materials from which the sublayers (8, 9) of the superposed groups (7) are respectively made are identical.
 7. Anode according to any one of the preceding claims, wherein the intermediate sublayer has a transition temperature between the fragile state and the ductile state higher than that of at least one of said first and second layers of said coating.
 8. Anode according to any one of the preceding claims, wherein the intermediate sublayer has an elastic modulus higher than that of at least one of said first and second layers of said coating.
 9. Anode according to any one of the preceding claims,
- wherein the intermediate sublayer (6) has a thickness comprised between 3 microns and 20 microns, the first sublayer (8) has a thickness comprised between 2 microns and 10 microns and the second sublayer (9) has a thickness comprised between 10 microns and 100 microns and wherein the number of groups (7) of first and second sublayers (8, 9) is comprised between six and twenty-four.
10. Anode according to any one of the preceding claims, wherein the intermediate sublayer is made of a material chosen from or based on titanium nitride (TiN), boron nitride (B4C) or silicon carbide (SiC).
 11. Anode according to any one of the preceding claims, comprising a rotatable disc-shaped substrate, said coating being formed on at least one annular surface section of one face of this disc.
 12. Process for manufacturing an anode for emitting x-rays, this anode comprising a substrate (2) and, on a surface section of the substrate, a coating (4) comprising a plurality of superposed or stacked groups (7) of sublayers (8, 9), each group comprising, superposed or stacked, at least one first sublayer (8) and one second sublayer (9), at least one superficial sublayer (9n) being able to produce x-rays under the effect of an incident electron beam, and comprising an intermediate sublayer (6) between the substrate and the coating, this intermediate sublayer being made of a different material from the materials forming the substrate, the first sublayer and the second sublayer, the process comprising depositing an intermediate sublayer (6) on the surface section of the substrate, then manufacturing said groups (7) of sublayers, and wherein the manufacture of each group of sublayers comprises:

heating the structure produced beforehand, from a low temperature located in a low temperature range and to a temperature located in a high temperature range;

depositing a first sublayer (8) at a high temperature (T2) located in a high temperature range;

depositing a second sublayer (9) at a high temperature (T3) located in a high temperature range and below the deposition temperature of the first sublayer (8) ($T3 < T2$); and

then cooling the newly produced structure to a low temperature located in said low temperature range.
 13. Process according to Claim 12, wherein said sublayers (6, 8, 9) are deposited by high-temperature chemical vapour deposition (HTCVD).

FIG.1

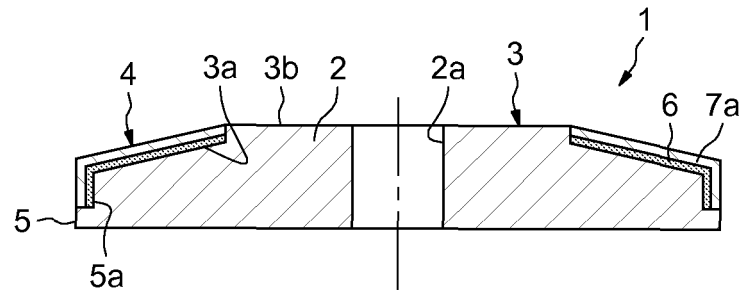


FIG.2

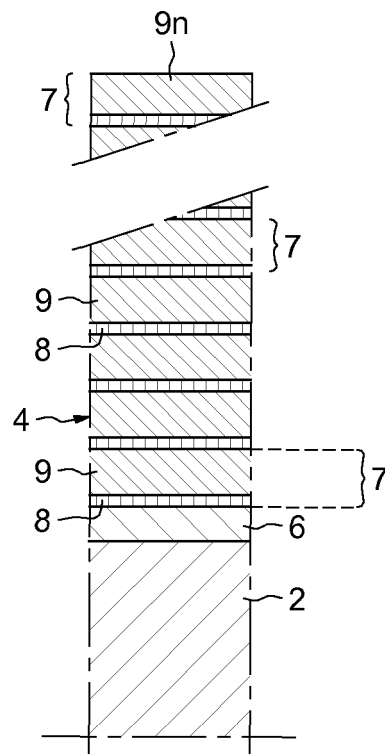
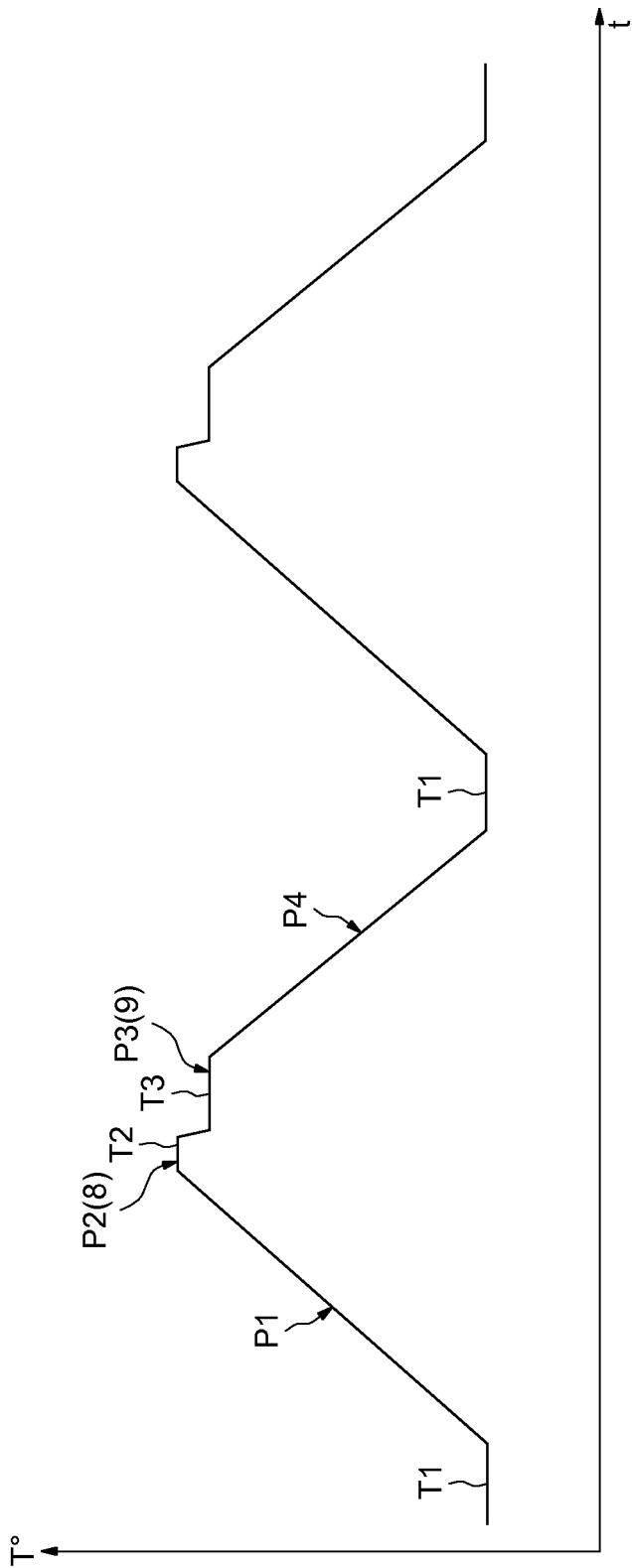


FIG.3



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 5352489 A [0010]
- US 4352041 A [0011]
- US 5099506 A [0012]
- US 4132917 A [0013]
- US 5875228 A [0014]
- US 6430264 B [0015]
- EP 0850899 A [0016]
- US 20100040202 A [0016]