



(11) **EP 2 206 136 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.03.2013 Patentblatt 2013/13

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

(21) Anmeldenummer: **08836274.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2008/001629

(22) Anmeldetag: **01.10.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/043344 (09.04.2009 Gazette 2009/15)

(54) **RÖNTGEN-DREHANODENTELLER UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG**

X-RAY ROTATING ANODE PLATE, AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF
PLAQUE ANODE ROTATIVE AUX RAYONS X ET SON PROCÉDÉ DE PRODUCTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(74) Vertreter: **Däsch, Götz et al**
Patentanwaltsbüro Pfeiffer & Kollegen
Engelplatz 11
07743 Jena (DE)

(30) Priorität: **02.10.2007 DE 102007047544**
28.04.2008 DE 102008021551

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-99/45564

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.07.2010 Patentblatt 2010/28

(73) Patentinhaber:
• **Reis, Hans-Henning**
07639 Bad Klosterlausnitz (DE)
• **Melzer, Dieter**
09599 Freiberg/OT Zug (DE)

- **QIN ET AL: "High temperature electrical and thermal properties of the bulk carbon nanotube prepared by SPS" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS: PROPERTIES, MICROSTRUCTURE & PROCESSING, LAUSANNE, CH, Bd. 420, Nr. 1-2, 31. März 2006 (2006-03-31), Seiten 208-211, XP005900617 ISSN: 0921-5093**
- **PEIGNEY A ET AL: "Aligned carbon nanotubes in ceramic-matrix nanocomposites prepared by high-temperature extrusion" CHEMICAL PHYSICS LETTERS ELSEVIER NETHERLANDS, Bd. 352, Nr. 1-2, 24. Januar 2002 (2002-01-24), Seite 10, XP002514940 ISSN: 0009-2614**

(72) Erfinder:
• **Reis, Hans-Henning**
07639 Bad Klosterlausnitz (DE)
• **Melzer, Dieter**
09599 Freiberg/OT Zug (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 206 136 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Röntgen-Drehanodenteller und ein Verfahren zu seiner Herstellung, wobei der Röntgen-Drehanodenteller einen Basiskörper aufweist. Dieser Basiskörper, welcher eine aufgebrachte Schicht oder einen eingefügten Körper aus röntgenaktivem Material mit der Brennbahn, beispielsweise aus einer Wolfram-Rhenium-Legierung mit 5 bis 10 Masse-% Rhenium, trägt, hat die Funktion, der Gesamtkonstruktion die notwendige Festigkeit zu verleihen und die bei der energetischen Umsetzung von Elektronenstrahlung in Röntgenstrahlung entstehende Wärmeenergie abzuleiten. Im Zusammenhang mit Ableitung der Wärmeenergie kommt es beim Material des Basiskörpers vor allem auf solche Kennwerte, wie Wärmekapazität, Wärmeleitvermögen, Wärmeübergang sowie Anpassung der Wärmedehnung zwischen bzw. von röntgenaktivem Material und Basiskörper an.

[0002] Die Anforderungen an die thermische und mechanische Belastbarkeit der Röntgen-Drehanodenteller steigen ständig. Derzeit können bei Hochleistungsrontgenröhren im elektronischen Brennfleck Temperaturen von über 3000°C auftreten. Zur besseren Energieverteilung rotiert der Teller mit 9.000 min⁻¹; geplant sind Drehzahlen von 15.000 min⁻¹ und mehr. Mit der gleichen Zielstellung liegt der Durchmesser der Drehanodentellers derzeit schon bei 200 mm und geplant sind 300 mm! Die Festigkeit des Basiskörpermaterials muss dieser Tatsache Rechnung tragen.

[0003] Seit langem sind Röntgen-Drehanodenteller mit einem Basiskörper aus einer Molybdänlegierung, wie beispielsweise Molybdän mit Zusätzen von Titan, Zirkon und Kohlenstoff ("TZM") bekannt (DE 33 03 529 A1). Hierbei stört bei hohen Drehzahlen des Drehanodentellers die hohe Dichte der Hauptkomponente Molybdän von 10,2 g/cm³ im Basiskörper. Derartige Röntgen-Drehanodenteller können eine Masse von mehr 5 kg erreichen. Speziell bei Computertomografen wird die Rotation des Röntgen-Drehanodentellers in der Röntgenröhre noch von der Rotation und Translation des gesamten Systems, in welchem sich die Röntgenröhre befindet, überlagert, so dass unkontrollierte Fliehkräfte in mehreren Richtungen auftreten. Nicht zu unterschätzen sind auch die immensen Materialkosten der beschriebenen Metallkonstruktionen.

[0004] Bei gegebener Wärmekapazität sind die Dichte und damit auch die Masse von Graphit geringer, weshalb auch gefügte Röntgen-Drehanodenteller mit einem Basiskörper aus Graphit bekannt geworden sind (DE 32 38 352 A1). Wegen der schichtartigen Mikrostruktur von Graphit ist dessen Festigkeit bei hohen Drehzahlen völlig unzureichend. Dies gilt auch für Basiskörper aus Graphit, welche beispielsweise mittels Vakuumplasmaspritzen mit einer röntgenaktiven Schicht aus Wolfram-Rhenium versehen wurden.

[0005] Die Festigkeiten des Basiskörpers sowohl auf Molybdänbasis als auch aus Graphit sind begrenzt, so dass bei den oben erwähnten mechanischen und thermischen Belastungen im Einsatz die reale Gefahr einer Beschädigung oder Zerstörung besteht.

[0006] Schließlich sind auch Basiskörper für den genannten Anwendungsfall aus faserverstärktem Graphit bekannt geworden. Vorzugsweise werden Kohlenstofffasern eingesetzt, wobei über die räumliche Anordnung der Fasern bzw. Fasergeflechte beispielsweise eine Anpassung des Wärmedehnungskoeffizienten des Basiskörpers an denjenigen des aufgetragten röntgenaktiven Materials (DE 103 01 069 A1) oder eine hohe Wärmedehnung in radialer Richtung verbunden mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit in der axialen Richtung erreicht werden sollen (DE 196 50 061 A1). Zwar besitzen die erwähnten Kohlenstofffasern in Faserrichtung eine gute Wärmeleitfähigkeit sowie sehr gute Festigkeitseigenschaften, aber senkrecht dazu sind diese Eigenschaften um Größenordnungen schlechter. Bei der letztgenannten technischen Lösung hat man diese Anisotropie durch ein dreidimensionales Verweben der Kohlenstofffasern einzuschränken versucht, aber der Werkstoff bleibt dennoch im zweistelligen Mikrometerbereich anisotrop.

[0007] Ein neuartiges Material auf Kohlenstoffbasis sind die sogenannten Kohlenstoffnanoröhrchen (engl. carbon nano tubes" oder "CNT"), deren technische Entwicklung von den Anfängen an recht anschaulich im Abschnitt "Hintergrund der Erfindung" in der Übersetzung der Europäischen Patenschrift DE 695 32 044 T2 beschrieben ist, wobei die in dieser Patenschrift beschriebene Erfindung mit chemisch wirksamen Funktionsschichten auf Kohlenstoffnanoröhrchen einen gänzlich anderen Erfindungsgegenstand betrifft als die vorliegende Erfindung.

[0008] Während beim herkömmlichen Graphit Kohlenstoffatome in hexagonaler Anordnung flächenhaft in einzelnen Ebenen angeordnet sind, sind bei den Kohlenstoffnanoröhrchen solche hexagonalen Anordnungen rohrartig geschlossen, woraus sich hervorragende mechanische, elektrische und thermische Eigenschaften ergeben. Wie die Silbe "nano" ausdrückt, liegen die Durchmesser dieser Kohlenstoffnanoröhrchen im Nanometerbereich; je nach Quelle spricht man 0,4 nm bis 50 nm oder 100 nm.

[0009] Die Schüttdichte dieser Kohlenstoffnanoröhrchen liegt nach Herstellerangaben in der Größenordnung von 0,15 g/cm³, die Materialdichte wird mit 1,3 g/cm³ bis 1,4 g/cm³ angegeben, was deutlich unter derjenigen von Graphit liegt. Als Festigkeit wird ein theoretischer Wert von 45 GPa genannt, was etwa das 20fache von Stahl und das 200fache des oben erwähnten Basiskörperwerkstoffes TZM wäre. Die theoretische Wärmeleitfähigkeit beträgt 6000 W/mK und übertrifft damit jene des Diamanten um das Doppelte und diejenige metallischer Wärmeleiter um mindestens eine Größenordnung.

[0010] Es sind auch Anwendungen von Kohlenstoffnanoröhrchen im Zusammenhang mit Röntgenröhren bekannt geworden. Dabei handelt es sich zumeist um Kohlenstoffnanoröhrchen in streng paralleler Ausrichtung.

[0011] So ist eine Kathode für eine Röntgenröhre bekannt, bei welcher zur Erzielung einer Kathodenfläche kleiner

Abmessungen die Kohlenstoffnanoröhrchen auf einer Platte mit negativem Potenzial angeordnet sind und als Emitter Elektronen zu einem gegenüberliegenden Target aus Kupfer aussenden (Japanische Patentkurzfassung 2005166565).

[0012] Bei einer anderen Kathode für Röntgenröhren sind sie hinter einem Steuergitter angeordnet und dienen der Realisierung einer Kathode mit einstellbarer Emissionsfläche (Japanische Patentkurzfassung 2006086001).

[0013] Es ist auch eine technische Lösung bekannt geworden, bei welcher auf einer röntgenaktiven Schicht (also auf der Elektronenaufftrefffläche) von Röntgenanoden ein "Wald" bzw. ein "Haarbüschel" senkrechter, paralleler, gut Wärme leitender Kohlenstofffasern angeordnet ist, wobei es sich nicht ausdrücklich um Kohlenstoffnanoröhrchen handelt (US 5.943.389). Der Zweck dieser Anordnung besteht darin, zusätzlich zur Wärmeableitung durch den Basiskörper Wärme durch diese Kohlenstofffasern abzuleiten.

[0014] Weiterhin ist eine Röntgenanode bekannt, auf deren Anoden-Auftrefffläche Kohlenstoffnanoröhrchen vorzugsweise in Gestalt eines Gewebes angeordnet sind, um die Bildung von Sekundärelektronen sowie die Entstehung eines Plasmas bzw. die Freisetzung neutraler Gase zu unterdrücken (WO 03/043036 A1).

[0015] Als Stand der Technik für die vorliegende Erfindung sind schließlich auch Basiskörper für Röntgendrehanoden bekannt, bei welchen Kohlenstofffasern vorzugsweise Kohlenstoffnanoröhrchen in Kupfer (DE 102005039187) oder in Titan (DE 102005039188) eingelagert sind, um die Wärmeableitung zu verbessern. Kupfer hat den Nachteil, dass sein Schmelzpunkt für hohe Wärmeableitungsleistungen zu niedrig ist; Titan hat wie auch Kupfer den Nachteil, dass es bei der Einsatztemperatur mit dem vorhandenen Kohlenstoff zur Karbidbildung neigt.

[0016] Neuerdings sind auch Kohlenstoffnanoteilchen mit Graphitstruktur und im Wesentlichen sphärischer Gestalt mit einer mittleren Korngröße von beispielsweise 55 nm bekannt geworden (Firmendruckschrift der Firma Auer-Remy GmbH, Hamburg "Nanopowders", Position "C 1249YD 7440-44-0"). Neben den im vorliegenden Zusammenhang vorteilhaften Eigenschaften der Kohlenstoffnanoteilchen bereitet bei sphärischen Teilchen mit ihren in allen Achsrichtungen gleichen Abmessungen die Erreichung einer im Wesentlichen isotrope Eigenschaften des Basiskörpers sichernden räumlichen Verteilung naturgemäß weniger verfahrenstechnische Schwierigkeiten bei der Aufbereitung der Rohstoffe für die Formgebung des Basiskörpers als bei Kohlenstoffnanoröhrchen mit ihrer axialen Erstreckung.

[0017] Einige der Karbide und Nitride, die bei der vorliegenden Erfindung zur Festigkeitssteigerung eine Rolle spielen, sind bereits bei RöntgenDrehanoden eingesetzt worden, jedoch in gänzlich anderer Funktion und ohne Aussagen zur Korngröße.

[0018] So sind neben anderen Verbindungen auch Karbide und Nitride von Tantal, Niob, Molybdän und Wolfram für erosionsbeständige, mit Flüssigmetall geschmierte Gleitpaarungen zwischen den Drehanoden-Schaft und dessen Lager eingesetzt worden (DE 69 121 504 T2).

[0019] Tantalkarbid ist neben anderen Verbindungen als Rückseitenbeschichtung des Drehanodentellers vorgeschlagen worden, um die Wärmeabstrahlung zu verbessern (DE 2 805 154).

[0020] Schließlich sind neben anderen Verbindungen Molybdänkarbid und Wolframkarbid in Anordnungen mit einer Vielzahl von Schichten zur Anpassung des Wärmedehnungskoeffizienten zwischen röntgenaktiver Schicht und Basiskörper bekannt geworden (DE 10 2005 015 920).

[0021] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Röntgen-Drehanodenteller mit einem Basiskörper zu schaffen, welcher die eingangs erwähnten Anforderungen hinsichtlich der Temperatur des Brennflecks und der angestrebten Drehzahlen von Röntgen-Drehanodentellern durch eine geringere Masse, ein entsprechendes Wärmeleitvermögen und eine ausreichende Hochtemperaturfestigkeit bei mindestens gleichen oder möglichst geringeren Materialkosten des Basiskörpers zu erfüllen und dadurch die Mängel des Standes der Technik zu beheben vermag. Aufgabe der Erfindung ist es weiterhin, ein rationelles Herstellungsverfahren für einen solchen Röntgen-Drehanodenteller bestehend aus dem Basiskörper mit röntgenaktiver Schicht mit notwendigen bzw. vorteilhaften Zwischenschichten zwischen beiden zu schaffen.

[0022] Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen beschriebene Erfindung gelöst.

[0023] Die Herstellung des erfindungsgemäßen Basiskörpers mit Kohlenstoffnanoröhrchen bzw. aus Hochleistungsgraphit- und/oder Fasergraphitwerkstoffen mit einem Gehalt an solchen Kohlenstoffnanoröhrchen ist nach den herkömmlichen sowie auch mit Hilfe der neuesten Pulver-Technologien möglich, wobei dafür Sorge zu tragen ist, dass die Struktur der Kohlenstoffnanoröhrchen nicht zerstört wird.

[0024] Grundsätzliche Voraussetzung zur Erzielung der gewünschten Effekte bezüglich Hochtemperaturfestigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Wärmedehnung ist die quasihomogene Verteilung der Kohlenstoffnanoröhrchen im Bauteil, um einen im submakroskopischen Bereich im wesentlichen isotropen Basiskörper, d.h. einen Anisotropiegrad von beispielsweise $< 1,2$ (Verhältnis des Maximalwertes zum Minimalwert bei Messung in den drei räumlichen Dimensionen) bezüglich Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Wärmedehnung zu erreichen. Besonders günstig ist eine leicht winklige Gestalt der einzelnen Kohlenstoffnanoröhrchen.

[0025] Erfindungsgemäß kann die Makrofestigkeit des Basismaterials durch den Zusatz von hochfesten Verbindungen, wie Oxide, Nitride, Boride, Karbide, Silizide des Tantals, Niobs, Chroms, Siliziums, Molybdäns, Hafniums, Bors und/oder Wolframs bzw. Gemische derselben und Fasern aus diesen Materialien gesteigert werden. Auch Mischungen dieser Verbindungen sind denkbar. Im Interesse der Bindungsfestigkeit zwischen Basiskörper und röntgenaktiver Schicht kann

der Anteil dieser Stoffe in Achsrichtung variiert werden, wobei es weiterhin vorteilhaft ist, wenn der gegebenenfalls vorhandene Anteil von Graphit bzw. Graphitfasern zur röntgenaktive Schicht hin zugunsten des Anteils der Kohlenstoff-nano röhren und der genannten festigkeitssteigenden Stoffe abnimmt.

[0026] Der Basiskörper kann nach den üblichen Beschichtungs-Verfahren mit der röntgenaktiven Schicht versehen werden, wobei zur Beherrschung der schädlichen Kohlenstoffdiffusion an sich bekannte Diffusions-Sperrschichten aus Rhenium, Molybdän, Tantal, Niob, Zirkonium, Titan bzw. Verbindungen und Kombinationen dieser Metalle sowie in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weiterhin eine Bindungsschicht, beispielsweise durch Einbringen von Rhenium oder Rheniumverbindungen, bzw. -Karbiden in den Oberflächenbereich des Basiskörpers, angeordnet werden.

[0027] Von Vorteil kann auch die Einbringung einer Ausgleichsschicht, vorzugsweise aus Molybdän oder einer Molybdänlegierung zwischen der Diffusionsbarriereschicht und der röntgenaktiven Schicht sein. Sie dient beispielsweise dem Ausgleich von Unterschieden der beiden vorgenannten Schichten hinsichtlich Wärmedehnung und/oder Duktilität.

[0028] Eine besonders schnell realisierbare technische Lösung ist das Zusammenfügen eines herkömmlichen Röntgen-Drehanodentellers aus Metall mit dem Basiskörper, wobei der Teller wegen der besseren Festigkeitseigenschaften des erfindungsgemäßen Basiskörpers wesentlich dünner ausgeführt werden kann als beim Stand der Technik, was Masse und Kosten sparen hilft, wobei grundsätzlich anzumerken ist, dass die verringerte Masse nicht nur bezüglich der Materialkosten sondern auch wegen der geringeren Fliehkräfte von Vorteil ist.

[0029] Bei der Verwendung von Kohlenstoffnanoröhren ist normalerweise eine gewisse Nanoporosität zu erwarten, so dass eine Verarbeitung im Unterdruckbereich mit einer Restatmosphäre aus Schutzgasen oder auch die Verwendung gedeckelter Kohlenstoffnanoröhren von Vorteil sind.

[0030] Die vorteilhaften wirtschaftlichen Auswirkungen der Erfindung infolge der verwendeten innovativen Werkstoffe werden nachfolgend im Vergleich zu einem Basiskörper aus TZM als Stand der Technik dargestellt. Kohlenstoffnanoröhren werden in den kleintechnischen Maßstab industriell erzeugt. Das Preisniveau liegt bei etwa 150 EUR/kg, wobei bei einem Vergleich mit einem metallischen Basiskörper nach dem Stand der Technik nicht nur der geringere Kilopreis sondern auch die geringere Dichte zu Buche schlägt. Überschlüssig ergibt sich für einen 200 mm-Röntgen-Drehanodenteller:

TZM:	5,0 kg entsprechend 1000 EUR Materialkosten
Kohlenstoffnanoröhren:	0,7 kg entsprechend 100 EUR Materialkosten

[0031] Die vorteilhaften Auswirkungen der Erfindung infolge des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens liegen in der Einsparung des teuren Beschichtungs- bzw. Konfektionierungsverfahrens sowie der dafür erforderlichen Investitionen, in der Minimierung des Materialeinsatzes sowie in einer Festigkeitssteigerung des Gesamtbauteiles.

[0032] Die Erfindung wird nachstehend an sechs Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0033] Es zeigen:

Fig. 1: einen Röntgen-Drehanodenteller entsprechend Ausführungsbeispiel 1,

Fig. 2: einen Röntgen-Drehanodenteller entsprechend den Ausführungsbeispielen 2 und 3,

Fig. 3: einen Röntgen-Drehanodenteller entsprechend Ausführungsbeispiel 4 und

Fig. 4: einen Röntgen-Drehanodenteller entsprechend Ausführungsbeispiel 5.

Ausführungsbeispiel 1:

[0034] Der in Fig. 1 im Schnitt dargestellte Röntgen-Drehanodenteller besteht aus einem Basiskörper 1.1 mit 60 Masse-% Kohlenstoffnanoröhren und 40 Masse-% Nano-Graphitpulverteilchen, auf den durch Vakuumplasmaspritzen eine an sich bekannte Diffusionsbarriereschicht 3.1 aus Wolfram-Rhenium-Tantal, die zugleich als Bindungsschicht 4.1 dient, sowie die röntgenaktive Schicht 2.1 aufgebracht sind. Der Durchmesser des Röntgen-Drehanodentellers beträgt 120 mm, seine Dicke 15 mm.

[0035] Der Basiskörper 1.1 wird nach den üblichen Verfahren der Pulvermetallurgie und der Graphitverarbeitung durch Mischen der Pulver, Pressen und Wärmebehandlung, unter Umständen unter Anwendung des Heißpressverfahren, in Abmessungen nahe an der Endform hergestellt und durch spangebende Formung fertigtgearbeitet.

[0036] Es werden handelsübliche ungedeckelte Kohlenstoffnanoröhren und feinkörniges Nano-Graphitpulverteilchen hoher Reinheit eingesetzt, wobei die ersteren sich in Länge und Durchmesser untereinander nur wenig unterscheiden und im Durchschnitt kürzer als 10 nm sein sollen. Ihre Längsachse soll nach Möglichkeit von der Geraden abweichen

[0037] Nach dem Vakuumplasmaspritzen wird durch eine geeignete Wärmebehandlung eine Diffusionsbindung zwi-

schen dem Basiskörper 1.1 und den Schichten ausgebildet sowie der Röntgen-Drehanodenteller nach den üblichen Verfahren fertigbearbeitet.

Ausführungsbeispiel 2:

[0038] Der in Fig. 2 im Schnitt dargestellte Röntgen-Drehanodenteller weist im Unterschied zu Ausführungsbeispiel 1 einen Basiskörper 1.2 auf, der aus handelsüblichen Kohlenstoffnanoröhrchen mit einem Zusatz von 20 Volumen-% Wolframkarbid besteht.

[0039] In den Basiskörper 1.2 ist eine Vertiefung entsprechend dem Verlauf der Isothermen im Betriebszustand nach Patentanmeldung Nr. 10 2005 000 784 A1 eingebracht, welche durch die röntgenaktive Schicht 2.2 aus Wolfram mit 5 Masse-% Rhenium ausgefüllt ist. Die Diffusionsbarriereschicht 3.2, die gleichzeitig auch die Bindungsschicht 4.2 ist, besteht in diesem Falle aus Tantal und hat eine Stärke von 0,2 mm, ist der Form der Vertiefung angepasst und entspricht, wie auch die röntgenaktive Schicht 2.2, in der Funktion den entsprechenden Schichten 2.1; 3.1 bzw. 4.1 von Ausführungsbeispiel 1. Gleiches gilt für die geometrischen Abmessungen des Röntgen-Drehanodentellers.

[0040] Die Herstellung des kompletten Bauteiles mit allen oben erwähnten Schichten erfolgt in diesem Falle nach dem Einfüllen in eine geeignete Form in einem Arbeitsgang durch Heißpressen mittels Impulsstrom bei 2400°C bei einem Druck von 40 MPa in einer Restgasatmosphäre aus Argon mit einem geringfügigen Wasserstoffanteil bei einem Restdruck von etwa 2 Pa.

[0041] Die Endfertigung erfolgt nach den üblichen Verfahren.

Ausführungsbeispiel 3:

[0042] Eine Qualitätsverbesserung des entsprechend Ausführungsbeispiel 2 hergestellten Röntgen-Drehanodentellers wird wie folgt erreicht: Die Schicht 2.2 wird auf die Zusammensetzung Wolfram mit 1 Masse-% Rhenium eingestellt. Nach der Vorfertigung des Bauteiles wird die Tellerschräge sauber überschliffen und durch Vakuum-Plasmaspritzen eine röntgenaktive Schicht der Zusammensetzung Wolfram mit 5 Masse-% Rhenium mit einer Stärke von 200 µm aufgebracht.

[0043] Die Endfertigung erfolgt nach den üblichen Verfahren.

Ausführungsbeispiel 4:

[0044] Der in Fig. 3 im Schnitt dargestellte Röntgen-Drehanodenteller stellt technologisch und hinsichtlich des Fertigungsablaufes eine Übergangsform zwischen einem herkömmlichen Röntgen-Drehanodenteller aus Metall und der erfindungsgemäßen Lösung dar, wobei selbstverständlich alle notwendigen Merkmale der Erfindung realisiert sind.

[0045] Der am äußeren Rand zur Achse hin abgeschrägte Basiskörper 1.3 entspricht in der Zusammensetzung und technologisch dem Basiskörper 1.1 von Ausführungsbeispiel 1. Mit diesem Basiskörper 1.3 ist ein fertigbearbeiteter Metallkörper 5 aus einer Molybdän-TZM-Legierung mit einer röntgenaktiven Schicht 2.3 durch Diffusionsschweißen an der Fläche 6 verbunden.

[0046] Die ausgezeichneten Festigkeitseigenschaften des Basiskörpers 1.3 mit einem Gehalt an Kohlenstoffnanoröhrchen ermöglichen es trotz der vorgesehenen hohen Drehzahlen und Betriebstemperaturen den Metallkörper 5 wesentlich dünner und leichter auszuführen als bei Röntgen-Drehanodenteller aus Metall mit einem Graphit-Basiskörper nach dem Stand der Technik. Der Durchmesser des Röntgen-Drehanodentellers beträgt, wie bei den Ausführungsbeispielen 1 und 2, ebenfalls 120 mm; die Gesamtdicke beträgt anders als bei den vorgenannten Ausführungsbeispielen insgesamt 16 mm, nämlich 6 mm des Metallkörpers 5 plus 10 mm des Basiskörpers 1.3.

Ausführungsbeispiel 5:

[0047] Die Figur 4 zeigt einen schichtweise aufgebauten Basiskörper eines Röntgen-Drehanodentellers entsprechend den Ansprüchen 4 und 5, wobei die Querschnittsform der Bindungsschicht 4.4 und der röntgenaktiven Schicht 2.4, wie bei den obigen Ausführungsbeispielen 2 und 3 entsprechend Anspruch 19, wiederum einer Isotherme der Temperaturverteilung in der Umgebung der röntgenaktiven Schicht während des Betriebszustandes folgt.

[0048] Von unten nach oben, d.h. zur röntgenaktiven Schicht hin, haben die Schichten des Basiskörpers folgende Zusammensetzung:

[0049] Untere Schicht 1.41: einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen und durchschnittlich 30 Volumen-% Siliziumkarbid, wobei dessen Gehalt innerhalb dieser Schicht vorzugsweise von oben nach unten zunimmt.

[0050] Für die Zwischenschicht 1.42 sind drei alternative Varianten vorgesehen:

142a: 100 Masse-% Nano-Graphitpulverteilchen,

142b: 50 % Masse-% Nano-Graphitpulverteilchen und 50 Masse-% einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen,

142c: massive, vorgeformte Platte aus röntgentauglichem Graphit, welche zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit des Basiskörpers 1 beiträgt.

5

[0051] Obere Schicht 143: einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen mit durchschnittlich 20 Volumen-% Wolframkarbid, wobei dessen Gehalt innerhalb dieser Schicht vorzugsweise von oben nach unten zunimmt.

[0052] Zwischen diesen drei Schichten 141, 142 und 143 befinden sich jeweils 80 µm dicke Basiskörper-Bindungsschichten aus Molybdänkarbid.

10 **[0053]** In einer Abschrägung der oberen Schicht 143 von 10° gegenüber Horizontalen ist im Bereich der Brennbahn eine Vertiefung entsprechend dem erwähnten Verlauf einer Isotherme eingearbeitet. Dort befinden sich in der Richtung von unten nach oben: eine Diffusionsbarriereschicht 3.4 von 100 µm Dicke aus 40 Volumen-% Tantalkarbid und 60 Volumen-% Niobkarbid. Darauf ist etwa bis zur halben Tiefe der Vertiefung eine Bindungsschicht 4.4 aus Molybdän mit 12 Masse-% Wolfram und schließlich die Vertiefung bis zum Niveau der Abschrägung auffüllend die röntgenaktive

15 Schicht 2.4 aus Wolfram mit 6 Masse-% Rhenium angeordnet.

[0054] Die typischen Abmessungen eines solchen Röntgen-Drehanodentellers betragen beispielsweise: Durchmesser: 120 mm, Dicke der Schichten 1.41 und 1.42 je 6 mm und der Schicht 1.43 8mm. Die Breite der Vertiefung mit den Schichten 3.4 und 4.4 sowie der röntgenaktiven Schicht 2.4 beträgt 35 mm und ihre maximale Tiefe von der Abschrägungsfläche aus gemessen 6 mm.

20

Liste der verwendeten Bezugszahlen

[0055]

25	1.1; 1.2; 1.3	Basiskörper
	1.41; 1.42(a, b, c); 1.43	Schichten des Basiskörpers
	2.1; 2.2; 2.3, 2.4	röntgenaktive Schicht
	3.1; 3.2; 3.4	Diffusionsbarriereschicht
	4.1; 4.2; 4.4	Bindungsschicht
30	5	Metallkörper
	6	Lotschicht
	7	Basiskörper-Bindungsschicht

35 **Patentansprüche**

1. Röntgen-Drehanodenteller mit einem Basiskörper, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser Basiskörper Kohlenstoffnanoröhrchen in quasihomogener, im submakroskopischen Bereich im Wesentlichen isotrope Eigenschaften des Basiskörpers sichernder räumlicher Verteilung enthält.

40

2. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper 10 Masse-% bis 90 Masse-% Kohlenstoffnanoröhrchen enthält.

45

3. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper 50 Masse-% bis 70 Masse-% Kohlenstoffnanoröhrchen enthält.

4. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der bisherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil der Kohlenstoffnanoröhrchen in Achsrichtung stetig und/oder schichtweise variiert.

50

5. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der bisherigen Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Basiskörper zur Festigkeitssteigerung und Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit weiterhin folgende Verbindungen zugesetzt sind: Oxide, Nitride, Boride, Karbide, Silizide des Tantal, Niob, Chroms, Siliziums, Molybdäns, Hafniums, Bors und/oder Wolframs bzw. Gemische derselben.

55

6. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungen in Korngrößen im Nanometerbereich vorliegen.

7. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Korngröße der Verbindungen

dungen 40 nm bis 200 nm beträgt.

8. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungen 4 Volumen-% bis 80 Volumen-% des Basiskörpers ausmachen.
9. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungen 20 Volumen-% bis 40 Volumen-% des Basiskörpers ausmachen.
10. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil der Verbindungen nach Anspruch 5 in Achsrichtung stetig oder schichtweise variiert.
11. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch einem der bisherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Achsrichtung der einzelnen Kohlenstoffnanoröhrchen von der Geraden abweicht.
12. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Achsrichtung der einzelnen Kohlenstoffnanoröhrchen winklig verläuft.
13. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kohlenstoffnanoröhrchen solche mit Mehrfachwindungen sind.
14. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der bisherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich Länge und Durchmesser der Kohlenstoffnanoröhrchen nicht mehr als um den Faktor 10 unterscheiden.
15. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich Länge und Durchmesser der Kohlenstoffnanoröhrchen nicht mehr als um den Faktor 3 unterscheiden.
16. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kohlenstoffnanoröhrchen Kugelform haben.
17. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der bisherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Basiskörper (1.1; 1.2) und einer röntgenaktiven Schicht (2.1; 2.2; 2.4) eine Diffusionsbarriereschicht (3.1; 3.2, 3.4) aus Rhenium, Molybdän, Tantal, Niob, Chrom, Wolfram, Zirkonium bzw. Kombinationen dieser Metalle oder deren Verbindungen angeordnet ist, welche zugleich die Funktion einer Bindungsschicht (4.1; 4.2; 4.4) und Ausgleichsschicht hat.
18. Röntgen-Drehanodenteller nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Diffusionsbarriereschicht (3.1; 3.2; 3.3) auf dem Röntgen-Drehanodenteller über die röntgenaktive Schicht hinaus erstreckt.
19. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der Ansprüche 17-18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die röntgenaktive Schicht (2.2; 2.4) eine Nut ausfüllt, deren Querschnittsform einer Isotherme der Temperaturverteilung in der Umgebung des röntgenaktiven Bereiches während des Betriebszustandes entspricht.
20. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die qualitative und/oder quantitative Zusammensetzung der Schichten in Achsrichtung stetig oder schichtweise variiert.
21. Röntgen-Drehanodenteller nach einem der Ansprüche 1-16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper (1.3) mit einem in an sich bekannter Weise geformten Metallkörper (5), welcher eine röntgenaktive Schicht (2.3) trägt, zusammengefügt ist.
22. Verfahren zur Herstellung eines Röntgen-Drehanodentellers nach einem der Ansprüche 17 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangsmaterialien des Basiskörpers und der röntgenaktiven Schicht in einer Pressform in einem Arbeitsgang durch die gleichzeitige Einwirkung von Druck, Temperatur und zeitlich variierten elektrischen Strömen auf dieselben auf eine angenäherte Endform gebracht, auf die Enddichte komprimiert sowie hochfeste Diffusionsbindungen zwischen diesen Ausgangsmaterialien ausgebildet werden.
23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangsmaterialien auch diejenigen einer Bindungsschicht und/oder einer Diffusionsbarriere zwischen denjenigen des Basiskörpers und der röntgenaktiven Schicht sowie weiterer Zwischenschichten umfassen.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangsmaterialien der Schicht des Basiskörpers nach Anspruch 5 als vorgeformter Körper in die Pressform eingebracht werden.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Fertigstellung der angenäherten Endform die Tellerschräge spanend bearbeitet und nachfolgend durch geeignete Verfahren eine röntgenaktive Schicht aufgetragen wird.

Claims

1. An X-ray rotating anode plate having a base, **characterized in that** this base comprising carbon nanotubes in a quasi-homogeneous spatial distribution, ensuring substantially isotropic properties of the base in the submacroscopic range.
2. The X-ray rotating anode plate according to claim 1, **characterized in that** the base comprises 10 mass % to 90 mass % of carbon nanotubes.
3. The X-ray rotating anode plate according to claim 2, **characterized in that** the base comprises 50 mass % to 70 mass % of carbon nanotubes.
4. An X-ray rotating anode plate according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the proportion of carbon nanotubes in the axial direction varies steadily and/or in layers.
5. An X-ray rotating anode plate according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, in order to increase stability and improve heat conductivity the following compounds are further added to the base: oxides, nitrides, borides, carbides, silicides of tantalum, niobium, chromium, silicon, molybdenum, hafnium, boron and/or tungsten, or mixtures thereof.
6. The X-ray rotating anode plate according to claim 5, **characterized in that** the compounds are present in particle sizes in the nanometer range.
7. The X-ray rotating anode plate according to claim 6, **characterized in that** the average particle size of the compounds is 40 nm to 200 nm.
8. An X-ray rotating anode plate according to any one of claims 5 to 7, **characterized in that** the compounds constitute 4% by volume to 80% by volume of the base.
9. The X-ray rotating anode plate according to claim 8, **characterized in that** the compounds constitute 20% by volume to 40% by volume of the base.
10. An X-ray rotating anode plate according to any one of claims 5 to 9, **characterized in that** the proportion of the additives according to claim 5 varies steadily or in layers in the axial direction.
11. An X-ray rotating anode plate according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the axial direction of the individual carbon nanotubes deviates from the straight line.
12. The X-ray rotating anode plate according to claim 11, **characterized in that** the axial direction of the individual carbon nanotubes has an angled course.
13. An X-ray rotating anode plate according to any one of claims 1 to 12 comprising carbon nanotubes, **characterized in that** the carbon nanotubes have multiple walls.
14. An X-ray rotating anode plate according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the lengths and diameters of the carbon nanotubes do not differ by more than a factor of 10.
15. The X-ray rotating anode plate according to claim 14, **characterized in that** the lengths and diameters of the carbon nanotubes do not differ by more than a factor of 3.

16. The X-ray rotating anode plate according to claim 15, **characterized in that** the carbon nanotubes have a spherical shape.
17. An X-ray rotating anode plate according to any one of the preceding claims, **characterized in that** a diffusion barrier layer (3.1, 3.2, 3.4) made of rhenium, molybdenum, tantalum, niobium, chromium, tungsten, zirconium, or combinations of these metals or compounds thereof, is disposed between the base (1.1, 1.2) and an X-ray active layer (2.1, 2.2, 2.4), the diffusion barrier layer functioning both as a bonding layer (4.1, 4.2, 4.4) and compensating layer.
18. The X-ray rotating anode plate according to claim 17, **characterized in that** the diffusion barrier layer (3.1, 3.2, 3.3) on the X-ray rotating anode plate extends beyond the X-ray active layer.
19. An X-ray rotating anode plate according to any one of the claims 17 or 18, **characterized in that** the X-ray active layer (2.2, 2.4) fills a groove, the cross-sectional shape of which corresponds to an isotherm of the temperature distribution in the area surrounding the X-ray active region in the operational state.
20. An X-ray rotating anode plate according to any one of claims 17 to 19, **characterized in that** the qualitative and/or quantitative composition of the layers in the axial direction varies steadily or in layers.
21. An X-ray rotating anode plate according to any one of the claims 1 to 16, **characterized in that** the base (1.3) is joined to a metal body (5) formed by a conventionally known method carries an X-ray active layer (2.3).
22. A method for producing an X-ray rotating anode plate according to any one of claims 17 to 21, **characterized in that** the starting materials of the base and of the X-ray active layer are brought into a near net shape in a pressing mold in one operation, by simultaneously applying pressure, temperature and temporally varied electric currents, so as to be compressed to the final density, forming high-strength diffusion bonds between these starting materials.
23. The method according to claim 22, **characterized in that** the starting materials also include those for a bonding layer and/or a diffusion barrier between those for the base and the X-ray active layer, in addition to other intermediate layers.
24. A method according to any one of the claims 22 or 23, **characterized in that** the starting materials for the base layer according to claim 5 are introduced into a pressing mold as a preshaped body.
25. A method according to any one of claims 22 to 24, **characterized in that**, after finishing the near net shape, the plate bevel is machined, whereafter an X-ray active layer is applied using suitable methods.

Revendications

1. Le plateau anodique tournant doté d'un corps de base, est **caractérisé en ce que** ce corps de base comprend des nanotubes de carbone qui dans une répartition quasiment homogène assurent pour l'essentiel dans la zone sub-macroscopique l'existence des caractéristiques isotropes du corps de base.
2. Plateau anodique radiogène tournant avec corps de base suivant la revendication 1 est **caractérisé en ce que** le corps de base comprend de 10% à 90% de masse de nanotubes de carbone.
3. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 2, est **caractérisé en ce que** le corps de base comprend de 50 % à 70 % de masse de nanotubes de carbone.
4. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications précédentes est **caractérisé en ce que** le pourcentage des nanotubes de carbone varie dans le sens de l'axe en continu et/ou par couches.
5. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications précédentes est **caractérisé en ce qu'**au corps de base ont été ajoutées des liaisons chimiques tels que oxydes, nitrites, borides, carbides, siliciures de tantale, niobiums, chromes, siliciums, molybdènes, hafniums, bores et/ou wolframs respectivement des mélanges de ces substances pour obtenir une plus grande stabilité et une augmentation de la conductivité thermique.
6. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 5, est **caractérisé en ce que** les liaisons existent

sous forme de grains de dimensions nanométriques.

- 5 7. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 6, est **caractérisé en ce que** la grandeur moyenne des liaisons va de 40 nm à 200 nm.
8. Plateau anodique radiogène tournant suivant les revendications 5 à 7, est **caractérisé en ce que** les liaisons représentent 4 à 80 pourcent volumétrique du corps de base.
- 10 9. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 8 est **caractérisé en ce que** les liaisons constituent de 20 à 40 pourcent volumétrique du corps de base.
10. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications 5 à 9 est **caractérisé en ce que** la part des liaisons suivant la revendication 5 varie dans le sens de l'axe en continu ou par couche.
- 15 11. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications précédentes comprenant des nanotubes de carbone est **caractérisé en ce que** le sens de l'axe des différents nanotubes de carbone ne suit pas la droite.
12. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 11 est **caractérisé en ce que** le sens de l'axe des différents nanotubes de carbone prend un développement angulaire.
- 20 13. Plateau anodique radiogène tournant suivant les revendications 1 à 12, est **caractérisé en ce que** les nanotubes de carbone se distinguent par la présence de plusieurs parois.
14. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications précédentes est **caractérisé en ce que** la longueur et le diamètre des nanotubes de carbone ne diffèrent que par le facteur 10.
- 25 15. Plateau anodique radiogène tournant suivant revendication 14 est **caractérisé en ce que** la longueur et le diamètre des nanotubes de carbone ne diffèrent que par le facteur 3.
- 30 16. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 15 est **caractérisé en ce que** les nanotubes de carbone ont une forme sphérique.
17. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications précédentes est **caractérisé en ce que** entre le corps de base (1.1;1.2) et une couche radiogène active (2.1; 2.2; 2.4) se trouve une couche faisant effet de barrière à la diffusion (3.1; 3.2; 3.4) comprenant rhenium; molybdène, tantale, niobium, chrome, wolfram, zirconium ou des combinaisons de ces métaux ou de leurs liaisons , couche faisant en même temps fonction de couche de liaison (4.1;4.2;4.4) et couche de compensation.
- 35 18. Plateau anodique radiogène tournant suivant la revendication 17, est **caractérisé en ce que** la couche de barrière de diffusion (3.1; 3.2; 3.3) se trouvant sur le plateau anodique radiogène tournant va au-delà de la couche radiogène active.
- 40 19. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications 17-18 est **caractérisé en ce que** la couche radiogène active (2.2; 2.4) remplit une encoche dont la forme de sa section correspond à une isotherme de répartition de la température dans l'environnement de la section radiogène active pendant que l'état de marche.
- 45 20. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications 17 à 19, est **caractérisé en ce que** la composition qualitative et/ou quantitative des couches dans le sens axial varie en continue ou par couches.
- 50 21. Plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications 1 à 16 est **caractérisé en ce que** le corps de base (1.3) est assemblé avec un corps métallique de forme connue (5) portant une couche radiogène active (2.3).
- 55 22. Procédé destiné à la fabrication d'un plateau anodique radiogène tournant suivant une des revendications 17 à 21 est **caractérisé en ce que** dans une moule de compression les matières de départ du corps de base et la couche radiogène active reçoivent leur forme approximative, qu'il sont comprimés jusqu'à l'obtention de la densité définitive et que les liaisons de diffusion très solides entre les matières départ ont pu se former dans une seule opération sous l'influence concomitante de pression, de température et de courants électriques variant temporairement.

EP 2 206 136 B1

23. Procédé suivant la revendication 22 est **caractérisé en ce que** les matières de départ comprennent également celles d'une couche de liaison et/ou d'une barrière de diffusion situées entre celles du corps de base et de la couche radiogène active et d'autres couches intermédiaires.

5 24. Procédé suivant la revendication 22 ou 23 est **caractérisé en ce que** les matières de base de la couche du corps de base suivant la revendication 5 sont introduites dans la moule de compression sous forme d'un corps préformé.

10 25. Procédé suivant une des revendications 22 à 23 est **caractérisé en ce que** après fabrication de la forme approximative définitive la partie inclinée du plateau subit d'abord un prélèvement par usinage avant d'y appliquer dans un procédé approprié, une couche radiogène active.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

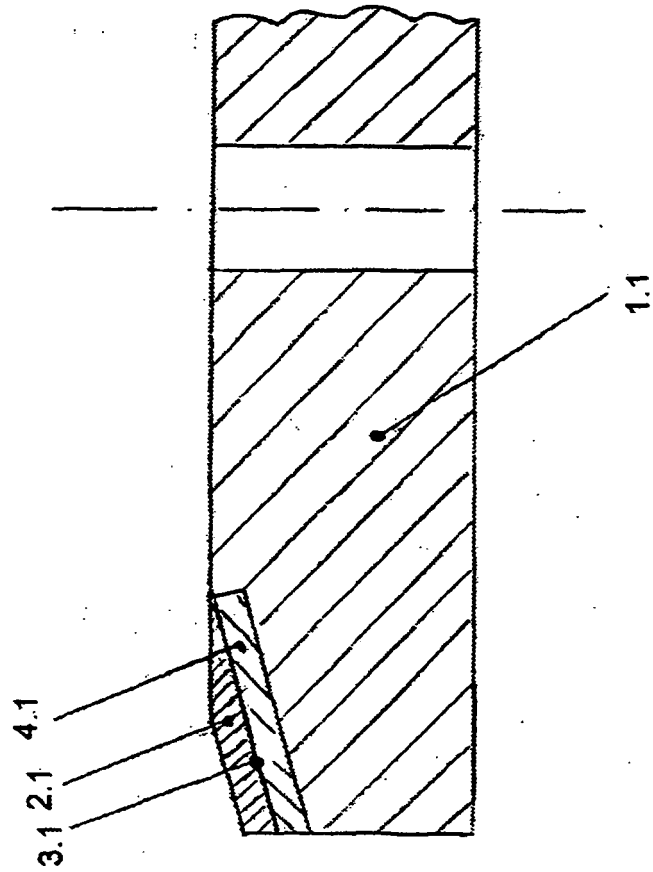
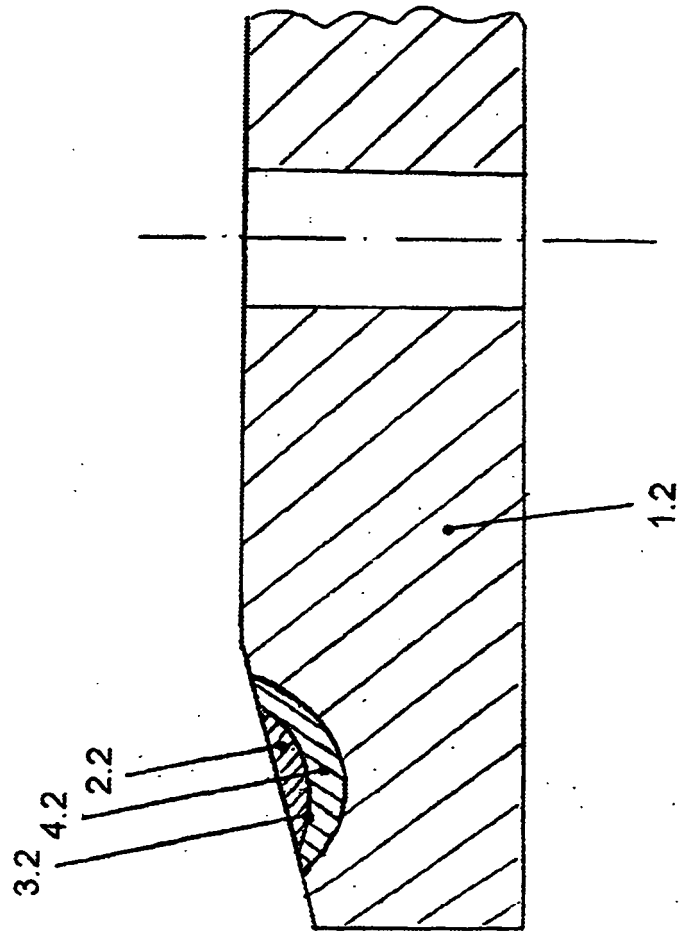


Fig. 2



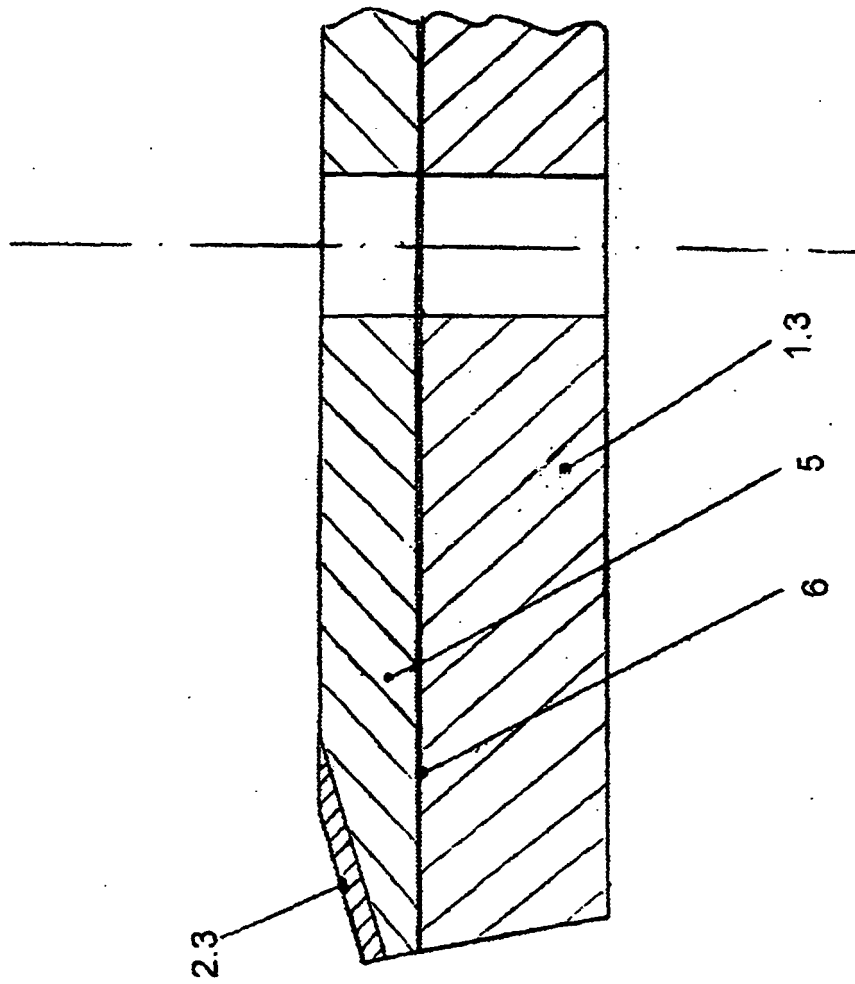
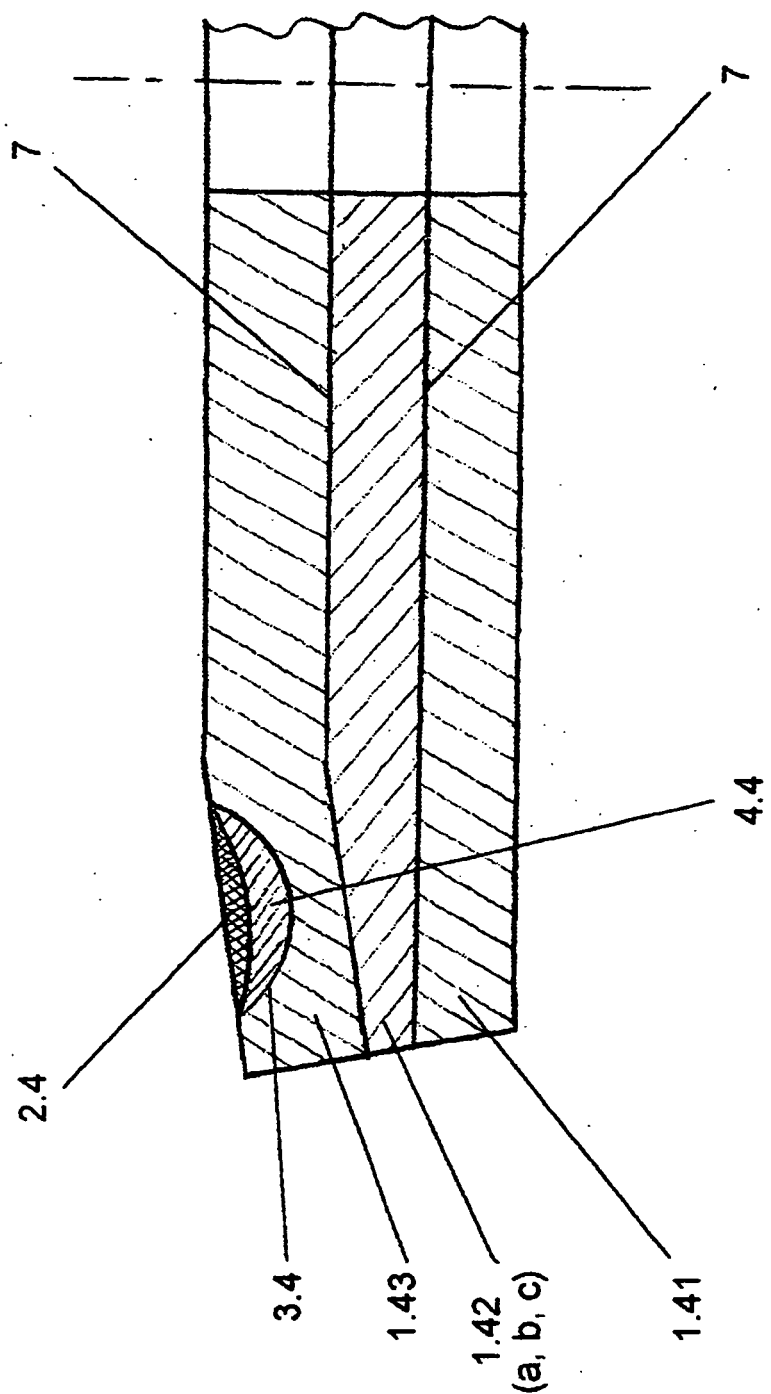


Fig. 3

Fig. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3303529 A1 **[0003]**
- DE 3238352 A1 **[0004]**
- DE 10301069 A1 **[0006]**
- DE 19650061 A1 **[0006]**
- DE 69532044 T2 **[0007]**
- US 5943389 A **[0013]**
- WO 03043036 A1 **[0014]**
- DE 102005039187 **[0015]**
- DE 102005039188 **[0015]**
- DE 69121504 T2 **[0018]**
- DE 2805154 **[0019]**
- DE 102005015920 **[0020]**
- WO 102005000784 A1 **[0039]**