

(19)



(11)

EP 2 942 800 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.11.2015 Patentblatt 2015/46

(51) Int Cl.:
H01J 35/16^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15166319.2**

(22) Anmeldetag: **05.05.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
MA

(71) Anmelder: **Incoatec GmbH**
21502 Geesthacht (DE)

(72) Erfinder: **Hans, Karl**
21339 Lüneburg (DE)

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus Patentanwälte
 Partnerschaftsgesellschaft mbB**
Ruppmannstraße 27
70565 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **09.05.2014 DE 102014208729**

(54) **FESTANODEN-RÖNTGENRÖHRE MIT ZWEITEILIGER HOCHSPANNUNGS-
 VAKUUMDURCHFÜHRUNG**

(57) Festanoden-Röntgenröhre, umfassend eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung (23) umfassend
 - einen Isolationskörper (1) aus keramischem Material, wobei der Isolationskörper (1) einen durchgehenden Hohlraum (10) aufweist,
 - und eine Anode (28), wobei die Anode (28) mit einem hinteren Ende im Hohlraum (10) des Isolationskörpers (1) angeordnet ist und den Hohlraum (10) vakuumdicht verschließt,
 dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (28) zweiteilig mit einem hinteren Teilstück (2) und einem vorderen Teilstück (3) ausgebildet ist, dass das hintere Teilstück (2) aus einem ersten metallischen Material besteht, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient α_{ht} dem Wärmeausdehnungskoeffizienten α_{ker} des keramischen Materials entspricht, dass das hintere Teilstück (2) im Hohlraum (10)

des Isolationskörpers (1) angeordnet und in den Isolationskörper (1) vakuumdicht eingelötet ist, dass das vordere Teilstück (3) zumindest teilweise aus einem zweiten metallischen Material besteht, dessen Wärmeleitfähigkeit λ_{vt} größer ist als die Wärmeleitfähigkeit λ_{ht} des ersten metallischen Materials des hinteren Teilstücks (2), und dass das vordere Teilstück (3) am hinteren Teilstück (2) befestigt ist.

Die Erfindung stellt eine Festanoden-Röntgenröhre mit einer einfach zu fertigenden Hochspannungs-Vakuumdurchführung bereit, die zuverlässig vakuumdicht ausgebildet werden kann und auch im Betrieb zuverlässig vakuumdicht bleibt, insbesondere wobei die Hochspannungs-Vakuumdurchführung auch auf einfache Weise mit verschiedenen Targetmaterialien ausgerüstet werden kann.

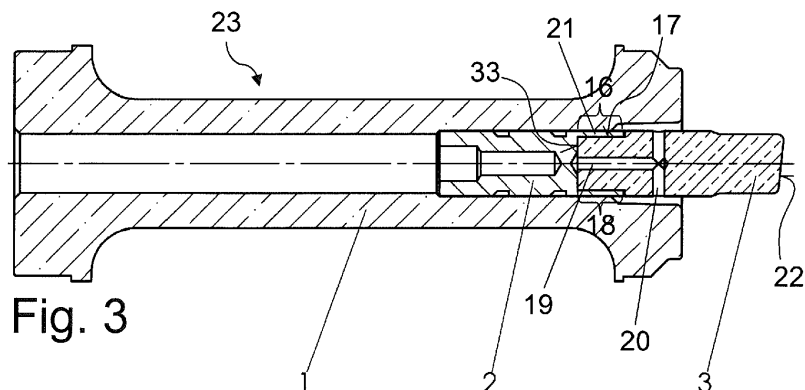


Fig. 3

EP 2 942 800 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung für eine Elektronenröhre, insbesondere für eine Festanoden-Röntgenröhre, umfassend

- einen Isolationskörper aus keramischem Material, wobei der Isolationskörper einen durchgehenden Hohlraum aufweist,
- und eine Anode, wobei die Anode mit einem hinteren Ende im Hohlraum des Isolationskörpers angeordnet ist und den Hohlraum vakuumdicht verschließt.

[0002] Eine solche Vakuumdurchführung ist beispielsweise aus der DE 10 2009 017 924 A1 bekannt geworden.

[0003] Röntgenstrahlung wird in vielfältiger Weise in der instrumentellen Analytik oder auch zur Fertigung von Bildaufnahmen von menschlichen und tierischen Patienten in der Medizin eingesetzt. Die Erzeugung von Röntgenstrahlung erfolgt typischerweise in einer Röntgenröhre durch Emission von Elektronen an einem elektrisch beheizten Elektronenemitter, und Beschleunigung der Elektronen im elektrischen Feld auf ein so genanntes Target, an dem charakteristische Röntgenstrahlung freigesetzt wird; das Targetmaterial unterscheidet sich je nach Anwendungsfall. Der Elektronenemitter ist Teil einer Kathode, und das Target Teil einer Anode.

[0004] Um die Elektronen in ausreichendem Maße auf das Target beschleunigen zu können, muss zum einen der Raum zwischen Kathode und Anode evakuiert sein. Zum anderen muss eine Hochspannung (typischerweise einige Kilovolt) zwischen Kathode und Anode angelegt werden. Meist wird die Anode auf Hochspannung gelegt, wofür eine entsprechende vakuumdichte Durchführung benötigt wird. Eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung umfasst üblicherweise einen Keramikkörper als elektrischen Isolator mit einer zentralen Öffnung, in die eine Hochspannungszuführung und eine Elektrode vakuumdicht eingesetzt sind, vgl. dazu die EP 1 537 594 B1.

[0005] In einer Ausführungsform der DE 10 2009 017 924 A1 ist die Anode aus Kupfer gefertigt und wird in einem rohrförmigen keramischen Isolationskörper aus Aluminiumnitrid vakuumdicht eingelötet.

[0006] Kupfer und Keramiken wie Aluminiumnitrid verfügen jedoch über recht unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten, so dass beim Einlöten oder auch bei Belastung (und Erwärmung) im Betrieb große mechanische Spannungen auftreten können, wodurch die Lötstelle undicht werden kann; die Röntgenröhre wird dann unbrauchbar.

[0007] In der DE 10 2009 017 924 A1 wird vorgeschlagen, die Anode außenseitlich mit elastischen Krallen auszubilden. Diese können die mechanischen Spannungen elastisch aufnehmen und stellen zudem den Wärmefluss ein. Alternativ wird vorgeschlagen, die Anode in einen weich geglühten, hohlzylindrischen Abschnitt auslaufen zu lassen, an dem nur geringe mechanische Spannungen auftreten.

gen auftreten.

[0008] Die Fertigung von elastischen Krallen an der Anode ist sehr aufwändig, und das vakuumdichte Verlöten mit dem keramischen Isolationskörper ist gegenüber einer Anode mit einer glatten Außenwand deutlich schwieriger. Eine Anode mit hohlzylindrischem Abschnitt ist nur für relativ kleine Wärmeflüsse, also Röntgenröhren mit vergleichsweise geringer Leistung, geeignet; hinzu tritt, dass der hohlzylindrische Abschnitt leicht beim Einbau verformt werden kann und daher die vakuumdichte Lötung wiederum erschwert ist.

[0009] Der relativ aufwändige Einbauprozess einer Anode in einen keramischen Isolationskörper sorgt weiterhin für vergleichsweise lange Lieferzeiten, wenn nicht für jeden Targettyp gefertigte Vakuumdurchführungen bevorratet werden sollen. Nach dem Einbau einer Anode in den Isolationskörper ist es im Stand der Technik kaum mehr möglich, das Target am vorderen Ende der Anode zu ändern.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung

[0010] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine einfach zu fertigende Hochspannungs-Vakuumdurchführung bereitzustellen, die zuverlässig vakuumdicht ausgebildet werden kann und auch im Betrieb zuverlässig vakuumdicht bleibt, insbesondere wobei die Hochspannungs-Vakuumdurchführung auch auf einfache Weise mit verschiedenen Targetmaterialien ausgerüstet werden kann.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung der eingangs genannten Art, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Anode zweiteilig mit einem hinteren Teilstück und einem vorderen Teilstück ausgebildet ist, dass das hintere Teilstück aus einem ersten metallischen Material besteht, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient α_{ht} dem Wärmeausdehnungskoeffizienten α_{ker} des keramischen Materials entspricht, dass das hintere Teilstück im Hohlraum des Isolationskörpers angeordnet und in den Isolationskörper vakuumdicht eingelötet ist, dass das vordere Teilstück zumindest teilweise aus einem zweiten metallischen Material besteht, dessen Wärmeleitfähigkeit λ_{vt} größer ist als die Wärmeleitfähigkeit λ_{ht} des ersten metallischen Materials des hinteren Teilstücks, und dass das vordere Teilstück am hinteren Teilstück befestigt ist.

[0012] Die vorliegende Erfindung sieht vor, die Anode zweiteilig auszubilden, um die praktischen Anforderungen an dieses Bauteils besser erfüllen zu können.

[0013] Ein hinteres Teilstück der Anode dient vor allem der Befestigung im keramischen Isolationskörper. Das erste metallische Material des hinteren Teilstücks ist so

gewählt, dass dessen Wärmeausdehnungskoeffizient α_{ht} dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des keramischen Materials des Isolationskörpers α_{ker} entspricht, so dass beim Löten und auch im Betrieb der Elektronenröhre (in welchem sich die Anode erwärmt) keine oder so niedrige mechanischen Spannungen auftreten, dass die Dichtigkeit der Lötung zwischen dem hinteren Teilstück und dem Isolationskörper nicht beeinträchtigt wird. Insbesondere kann das hintere Teilstück mit einem sehr engem Spalt (etwa 50 μm Spaltbreite oder weniger) in den Isolationskörper eingelötet werden, welcher leicht mit einem Lot vakuumdicht überbrückt bzw. verschlossen werden kann. Das hintere Teilstück wird in der Regel in der vorderen Hälfte des Isolationskörpers in den Hohlraum vakuumdicht eingelötet.

[0014] Die linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten α_{ht} und α_{ker} entsprechen sich insbesondere dann, wenn sich α_{ht} um maximal 50%, bevorzugt um maximal 25%, von α_{ker} unterscheidet (bezogen auf α_{ker}); bevorzugt ist α_{ht} nicht größer als α_{ker} . Typischerweise beträgt α_{ht} ca. $5\cdot 10^{-6}$ 1/K, insbesondere ca. $5,5\cdot 10^{-6}$ 1/K bei Fernico, und α_{ker} ca. $6,5\text{--}8,9\cdot 10^{-6}$ 1/K, insbesondere ca. $7\cdot 10^{-6}$ 1/K bei Al_2O_3 -Keramik.

[0015] Das vordere Teilstück der Anode dient vor allem der Wärmeabfuhr vom Target, also dem durch Elektronen bestrahlten Bereich der Anode. Das Target wird im einfachsten Fall von einem vorderen Ende des vorderen Teilstücks gebildet, oder das Target ist eine Beschichtung oder ein (meist aufgelöteter) Aufsatz oder Einsatz am vorderen Ende des vorderen Teilstücks. Das vordere Teilstück besteht ganz oder teilweise (bis auf das Target) aus dem zweiten metallischen Material, dessen Wärmeleitfähigkeit λ_{vt} größer ist als die Wärmeleitfähigkeit des ersten metallischen Materials λ_{ht} ; typischerweise ist $\lambda_{vt} \geq 5\lambda_{ht}$, und bevorzugt $\lambda_{vt} \geq 10\lambda_{ht}$. Durch die relativ hohe Wärmeleitfähigkeit des zweiten metallischen Materials kann die am Target entstehende Wärme effizient abgeleitet werden.

[0016] Typischerweise beträgt λ_{vt} ca. 300-400 W/(m*K), insbesondere ca. 380 W/(m*K) bei Kupfer, und λ_{ht} ca. 10-30 W/(m*K), insbesondere ca. 16,7 W/(m*K) bei Fernico.

[0017] Das hintere Teilstück kann unabhängig vom vorderen Teilstück, und damit unabhängig vom gewünschten Targetmaterial, in den Isolationskörper eingelötet werden. Wenn feststeht, welches Targetmaterial für die Elektronenröhre gewünscht wird, kann dann später ein entsprechendes vorderes Teilstück am eingelöteten hinteren Teilstück befestigt werden. Für alle Targetmaterialtypen genügt es, dieselbe teilmontierte Vakuumdurchführung (mit Isolationskörper und eingelötetem hinteren Teilstück) vorzuhalten. Für verschiedene Targetmaterialien können verschiedene entsprechende vordere Teilstücke (auch Anodenköpfe genannt) bevorratet werden.

[0018] Die Verbindung von hinterem Teilstück und vorderem Teilstück kann auf jede geeignete Weise erfolgen, die einen ausreichend guten Wärmeübergang zwischen

vorderem Teilstück und hinterem Teilstück ermöglicht und einen elektrisch guten Kontakt gewährleistet; bevorzugt wird jedoch nicht geschweißt oder gelötet, um die Festigkeit bzw. Dichtigkeit der Lötverbindung zwischen hinterem Teilstück und Isolationskörper nicht nachträglich zu beeinträchtigen. Die Verbindung sorgt im Allgemeinen für einen ständigen, flächigen Berührungskontakt zwischen vorderem Teilstück und hinterem Teilstück. Zur Verbindung hat sich insbesondere Aufstecken/Ineinanderstecken und Anschrupfen bewährt. Es ist aber auch zum Beispiel Aufeinanderschrauben/Ineinanderschrauben, ggf. mit Sicherungsstift, gut möglich.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung

[0019] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumdurchführung sind das hintere Teilstück und das vordere Teilstück ineinander gesteckt. Durch eine Steckverbindung kann eine große Kontaktfläche auf einfache Weise eingerichtet werden. Die Steckverbindung kann zudem durch Anschrupfen fixiert werden, oder auch mit einem Sicherungsstift.

[0020] Eine vorteilhafte Weiterbildung dieser Ausführungsform sieht vor, dass hintere Teilstück vorderenends einen Aufnahmeabschnitt mit einer Ausnehmung aufweist, dass das vordere Teilstück hinterenends einen Steckabschnitt aufweist, und dass der Steckabschnitt in den Aufnahmeabschnitt eingesteckt ist. In diesem Fall kann die Wärme über eine sehr kurze Strecke vom Steckabschnitt des vorderen Teilstücks radial durch die Wand des Aufnahmeabschnitts des hinteren Teilstücks in den Isolationskörper übergehen. Zudem kann im Falle eines Anschrupfens das leicht zu handhabende und wenig empfindliche vordere Teilstück zum Zusammenziehen tiefgekühlt werden (etwa in flüssigem Stickstoff), und der Isolationskörper samt hinterem Teilstück zur Erweiterung des Aufnahmeabschnitts schonend erwärmt werden (etwa in einem Ofen, z.B. bei ca. 200°C).

[0021] Bevorzugt ist dabei, dass das vordere Teilstück eine Längsbohrung zum Grund der Ausnehmung des Aufnahmeabschnitts sowie eine Querbohrung aufweist, die mit der Längsbohrung verbunden ist, und dass die Querbohrung außerhalb des Aufnahmeabschnitts mündet. Durch die Längsbohrung und die Querbohrung kann Gas (insbesondere Luft) beim Ineinanderstecken von vorderem und hinterem Teilstück zuverlässig nach außerhalb der Ausnehmung des Aufnahmeabschnitts entweichen. Gaseinschlüsse, die einen schlechten Wärmeübergang oder auch mechanische Spannungen im Betrieb verursachen können, werden vermieden.

[0022] Ganz besonders bevorzugt sind das hintere Teilstück und das vordere Teilstück durch Anschrupfen miteinander verbunden. Dies ermöglicht eine sehr zuverlässige, mechanisch hochfeste Verbindung von vorderem und hinterem Teilstück ohne Lot oder zusätzliche Befestigungs- oder Sicherungsmittel. Dafür wird das einzusteckende Teilstück (typischerweise das vordere Teilstück) stark abgekühlt, etwa in flüssigem Stickstoff,

und/oder das aufnehmende Teilstück (typischerweise das hintere Teilstück) erwärmt (beispielsweise auf 200°C, jedoch ohne die Lötung zum Isolationskörper aufzuweichen). Sodann werden die beiden Teilstücke ineinander gesteckt, wobei nur geringes Spiel besteht, beispielsweise 4/100 mm oder weniger bezogen auf den Durchmesser des Aufnahmeabschnitts. Wenn anschließend das eingesteckte Teilstück sich erwärmt, dehnt es sich aus, und das aufnehmende Teilstück kühlt sich ab und schrumpft; die beiden Teilstücke blockieren schließlich jeweils die wärmebedingte Geometrieänderung des anderen Teilstücks. Dadurch werden die beiden Teilstücke elastisch gegeneinander verspannt und fest miteinander verbunden. Das eingesteckte Teilstück steht im Verbund dann unter Druckspannung, und das aufnehmende Teilstück unter Zugspannung.

[0023] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass das keramische Material des Isolationskörpers Al_2O_3 ist, und das erste metallische Material des hinteren Teilstücks aus einer Eisen-Nickel-Cobalt-Legierung besteht, insbesondere mit Gewichtsanteilen von $\text{Fe}=53\text{-}54\%$, $\text{Ni}=28\text{-}29\%$, $\text{Co}=17\text{-}18\%$. Die angegebenen Gewichtsanteile der Eisen-Nickel-Cobalt-Legierung entsprechen einer sogenannten Fernico-Legierung. Al_2O_3 -Keramik und Fernico haben sehr gut zueinander passende Wärmeausdehnungskoeffizienten, mit $\alpha(\text{Al}_2\text{O}_3)$ von ca. $7 \cdot 10^{-6}$ 1/K, und $\alpha(\text{Fernico})$ von ca. $5,5 \cdot 10^{-6}$ 1/K. Diese Materialkombination hat sich in der Praxis gut bewährt.

[0024] Besonders bevorzugt ist weiterhin eine Ausführungsform, bei der das zweite metallische Material, aus dem das vordere Teilstück teilweise oder vollständig besteht, Cu ist. Kupfer besitzt eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit von ca. 380 W/(m*K), und kann daher sehr effizient Wärme vom Target abführen. Bei vollständiger Fertigung aus Cu wird das vordere Teilstück unmittelbar als Target verwendet.

[0025] Ebenfalls bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der am vorderen Teilstück vorderenends eine Beschichtung, ein Aufsatz oder ein Einsatz aus Molybdän, Wolfram, Rhodium, Silber, Cobalt oder Chrom aufgebracht oder angeordnet ist. Die Beschichtung, der Aufsatz oder der Einsatz wird als Target verwendet, um charakteristische Röntgenemissionslinien des zugehörigen Materials nutzen zu können. Typischerweise wird ein Aufsatz auf das vordere Teilstück der Anode aufgelötet; ein Einsatz wird in eine Vertiefung vorne am vorderen Teilstück eingebracht, und in der Regel durch Einlöten oder Umgießen (etwa mit Kupfer) befestigt. Eine Beschichtung kann beispielsweise durch Sputtern aufgebracht werden. Da nur die Beschichtung, der Aufsatz oder der Einsatz aus dem besonderen Targetmaterial besteht, können die Eigenschaften des zweiten metallischen Materials (meist Kupfer) nach wie vor genutzt werden, etwa eine hohe Wärmeleitfähigkeit.

[0026] Vorteilhaft ist auch eine Ausführungsform, bei der das hintere Teilstück hinterenends einen Buchsenabschnitt mit einer Ausnehmung zur Aufnahme eines

Hochspannungssteckers aufweist. Eine Steckverbindung für den Anschluss der Hochspannungsleitung ist einfach einzurichten und hat sich in der Praxis bewährt.

[0027] Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass der Isolationskörper in einem vorderen Bereich eine Wandstärke WSv aufweist, die größer ist als eine Wandstärke WSm in einem mittleren Bereich, wobei sich das hintere Teilstück zumindest teilweise im mittleren Bereich erstreckt,

insbesondere wobei $\text{WSm} \leq 2/3 \cdot \text{WSv}$,

und insbesondere wobei sich wenigstens 2/3 der Länge des hinteren Teilstücks im mittleren Bereich erstreckt. Der Isolationskörper verfügt über eine vergleichsweise schlechte Wärmeleitfähigkeit. Durch Ausdünnen im mittleren Bereich kann dann die Wärmeableitung von der Anode verbessert werden, insbesondere zu einer aufsitzenden Kühlvorrichtung, zumal die Wärmeleitung im hinteren Teilstück der Anode zumeist relativ schlecht ist. Der Hochspannungs-Anschluss wird dann besser geschützt. Die größere Wandstärke im vorderen Teil verbessert die elektrische Isolation, insbesondere durch einen langen Weg entlang der Oberfläche des Isolationskörpers von der Anode zu einem (in der Regel geerdeten) Gehäuse oder Außenbereich. Typischerweise verfügt der Isolationskörper weiterhin über einen hinteren Bereich, an welchem die Wandstärke gegenüber dem mittleren Bereich wieder vergrößert ist, so dass der Isolationskörper näherungsweise hantelförmig aufgebaut ist; dies verbessert den Halt einer aufsitzenden Kühlvorrichtung.

[0028] Vorteilhaft ist eine Weiterbildung dieser Ausführungsform, bei der eine Kühlvorrichtung im mittleren Bereich außen auf dem Isolationskörper aufsitzt. Durch die Kühlvorrichtung kann die Wärmeableitung aus dem Isolationskörper, insbesondere im ausgedünnten mittleren Bereich, verbessert werden.

[0029] Bevorzugt ist es hierbei, wenn die Kühlvorrichtung eine metallische Ummantelung des Isolationskörpers umfasst, insbesondere wobei die metallische Ummantelung aus Kupfer oder Aluminium gefertigt ist. Die metallische Ummantelung kann mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als das Material des Isolationskörpers Wärme vom Isolationskörper weg transportieren und über die Länge der metallischen Ummantelung verteilen, und dadurch lokale Überhitzungen im Bereich der Anode verhindern. Die metallische Ummantelung ist typischerweise mehrteilig, etwa zweiteilig, ausgebildet, um die Anbringung am Isolationskörper zu erleichtern. Die metallische Ummantelung ist typischerweise deutlich länger als das hintere Teilstück, etwa mehr als doppelt so lang wie das hintere Teilstück. Die metallische Ummantelung kann Kühlrippen umfassen und/oder von einem kühlenden Luftstrom angeströmt werden. Ein Kühlmittelstrom, etwa Luft oder Wasser, durch die Kühlvorrichtung ist möglich, in der Praxis aber nur selten erforderlich.

[0030] Bevorzugt ist weiterhin eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumdurchführung, bei der das hintere Teilstück mit einem Ag- oder Au-haltigen Lot

in den Isolationskörper eingelötet ist, wobei der Isolationskörper zumindest in dem verlöteten Bereich eine vernickelte MoMn-Beschichtung aufweist. Auf diese Weise lässt sich das metallische hintere Teilstück zuverlässig vakuumdicht mit dem keramischen Isolationskörper einlöten.

[0031] In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch eine Elektronenröhre, insbesondere Festanoden-Röntgenröhre, umfassend eine erfindungsgemäße, oben beschriebene Vakuumdurchführung. Die Elektronenröhre ist sehr zuverlässig, und ein Ausfall aufgrund einer Undichtigkeit der Vakuumdurchführung, insbesondere durch Erwärmung im Betrieb, ist nicht zu erwarten.

Verfahren zur Fertigung einer erfindungsgemäßen Vakuumdurchführung

[0032] Ebenfalls in den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt ein Verfahren zur Fertigung einer erfindungsgemäßen, oben beschriebenen Vakuumdurchführung, mit folgenden Schritten:

- a) Fertigung des Isolationskörpers,
- b) Einsetzen des hinteren Teilstücks der Anode in den Hohlraum des Isolationskörpers und vakuumdichtes Einlöten des hinteren Teilstücks in den Isolationskörper;
- c) Befestigen des vorderen Teilstücks der Anode am hinteren Teilstück. Durch das erfindungsgemäße Vorgehen kann sehr zuverlässig die Dichtigkeit der Vakuumdurchführung gewährleistet werden. Das Herstellungsverfahren ist zudem sehr flexibel bezüglich des Targetmaterials am vorderen Teilstück.

[0033] Eine bevorzugte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass in Schritt c) das Befestigen des vorderen Teilstücks am hinteren Teilstück durch Aufstecken und Anschrumpfen erfolgt. Dadurch wird auf einfache Weise eine hochfeste Verbindung von vorderem und hinterem Teilstück der Anode ohne Lot oder zusätzliche Verbindungsmittel ermöglicht, insbesondere problemlos zeitlich nach Schritt b).

[0034] Vorteilhaft ist zudem eine Variante, bei der zunächst für eine Vielzahl von Vakuumdurchführungen die Schritte a) und b) durchgeführt werden, und später die teilgefertigten Vakuumdurchführungen einzeln oder in Gruppen gemäß Schritt c) mit vorderen Teilstücken versehen werden, wobei mehrere verschiedene Typen von vorderen Teilstücken verwendet werden. Durch dieses Vorgehen kann ein Vorrat an teilgefertigten Vakuumdurchführungen für verschiedene Targetmaterialien genutzt werden. Das Verbinden von vorderem und hinterem Teilstück, etwa über Aufstecken und Schrumpfen, ist sehr schnell möglich, so dass eine Vakuumdurchführung mit Anode mit einem bestimmten Targetmaterial kurzfristig bereitgestellt und geliefert werden kann.

[0035] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso kön-

nen die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und Zeichnung

[0036] Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch einen keramischen Isolationskörper, in Hantelform, für eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung gemäß der Erfindung;
- Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt durch eine teilgefertigte Hochspannungs-Vakuumdurchführung gemäß der Erfindung; mit einem Isolationskörper in Hantelform gemäß Fig. 1;
- Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt durch eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung gemäß der Erfindung, mit einem Isolationskörper in Hantelform und einem hinteren Teilstück einer Anode gemäß Fig. 2;
- Fig. 4 eine schematische Außenansicht der erfindungsgemäßen Hochspannungs-Vakuumdurchführung von Fig. 3, mit noch nicht aufsitzender Kühlvorrichtung;
- Fig. 5 die Hochspannungs-Vakuumdurchführung von Fig. 4 im Längsschnitt, mit aufsitzender Kühlvorrichtung;
- Fig. 6 eine schematische Außenansicht eines vorderen Teilstücks einer Anode für eine erfindungsgemäße Hochspannungs-Vakuumdurchführung, vollständig aus Kupfer gefertigt;
- Fig. 7 eine schematische Außenansicht eines vorderen Teilstücks einer Anode für eine erfindungsgemäße Hochspannungs-Vakuumdurchführung, mit einem Einsatz aus Wolfram am vorderen Ende;
- Fig. 8 einen schematischen Längsschnitt einer erfindungsgemäßen Hochspannungs-Vakuumdurchführung, mit einem keramischen Isolationskörper von im Wesentlichen einheitlicher Wandstärke;
- Fig. 9 einen schematischen Längsschnitt einer erfindungsgemäßen Elektronenröhre, mit einer er-

findungsgemäßen Hochspannungs-Vakuum-durchführung gemäß Fig. 5.

[0037] Die Figuren 1 bis 3 illustrieren die Fertigung einer erfindungsgemäßen Hochspannungs-Vakuum-durchführung in verschiedenen, zeitlich nacheinander liegenden Stadien.

[0038] Zunächst wird ein keramischer Isolationskörper 1 hergestellt bzw. bereitgestellt, vgl. **Fig. 1**. Der Isolationskörper 1 ist hier aus Aluminiumoxid-Keramik gefertigt, beispielsweise durch Schlickerguss oder andere an sich bekannte Formgebungsverfahren, und anschließendes Sintern; die Al_2O_3 -Keramik kann, falls gewünscht oder erforderlich, Sinterhilfsmittel oder andere Zusätze zur Optimierung des Herstellungsprozesses oder der Qualität der gesinterten Keramik in an sich bekannter Weise enthalten.

[0039] Der Isolationskörper 1 ist im Wesentlichen rohrförmig aufgebaut, und verfügt insbesondere über einen in Längsrichtung (vgl. Längsachse LA) verlaufenden, durchgehenden Hohlraum 10, ähnlich einer Bohrung. Der Isolationskörper 1 ist hier rotationssymmetrisch bezüglich der Längsachse LA aufgebaut. Der Hohlraum 10 verfügt über eine Stufe 11, die als Anschlag für ein vom vorderen (hier rechten) Ende 12 her einzuführendes, hinteres Teilstück einer Anode dient (vgl. **Fig. 2**). Von einem hinteren (hier linken) Ende 13 her kann eine Hochspannungsleitung zur Anode geführt werden (nicht dargestellt).

[0040] Der Isolationskörper 1 verfügt zudem in einem vorderen Bereich VB über eine (durchschnittliche) Wandstärke WSV, die größer ist als die (durchschnittliche) Wandstärke WSm in einem mittleren Bereich MB. Zudem ist in einem hinteren Bereich HB die (durchschnittliche) Wandstärke WSh wiederum größer als im mittleren Bereich MB. Dadurch erhält der Isolationskörper ein hantelartiges Aussehen. Vorderer Bereich VB, mittlerer Bereich MB und hinterer Bereich HB erstrecken sich zusammen über die gesamte axiale Länge des Isolationskörpers 1.

[0041] In den Isolationskörper 1 bzw. dessen Hohlraum 10 wird sodann ein hinteres Teilstück 2 einer Anode eingeführt, vgl. **Fig. 2**, und außenseitlich umlaufend mit der Innenwand des Hohlraums 10 verlötet. Zu diesem Zweck kann der Isolationskörper 1 zumindest in einem rechts an die Stufe 11 angrenzenden Bereich innen zunächst mit einer MoMn-Beschichtung versehen werden, etwa über CVD-Verfahren, und mit einem Ag- oder Auhaltigen Lot verlötet werden. Die Lötung wird vakuumdicht ausgeführt, was bei ausreichend engem Spalt zwischen dem hinteren Teilstück 2 und der Innenwand des Isolationskörpers 1 problemlos möglich ist. Das hintere Teilstück 2 ist hier aus einer Fernico-Legierung gefertigt, deren thermischer Ausdehnungskoeffizient dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Isolationskörpers 1 entspricht (sowohl bezüglich der radialen Richtung, als auch der axialen Längsrichtung).

[0042] Durch das hintere Teilstück 2 und die Lötung

wird der Hohlraum 10 nahe dem vorderen Ende 12 vakuumdicht verschlossen, d.h. ein Gasaustausch zwischen dem vorderen Ende 12 und dem hinteren Ende 13 durch den Hohlraum 10 ist nicht mehr möglich.

[0043] Das hintere Teilstück 2 verfügt hinterenends über einen Buchsenabschnitt 14 mit einer Ausnehmung 15 zur Aufnahme eines Hochspannungssteckers (letzterer nicht näher dargestellt). Vorderenends verfügt das hintere Teilstück 2 über einen Aufnahmeabschnitt 16 mit einer Ausnehmung 17 zur Aufnahme eines Steckabschnitts eines vorderen Teilstücks der Anode (siehe dazu **Fig. 3**).

[0044] Der Isolationskörper 1 mit eingelötetem hinteren Teilstück 2 der Anode, jedoch ohne installiertes vorderes Teilstück, wird auch als teilgefertigte Vakuum-durchführung 34 bezeichnet.

[0045] Sodann erfolgt die Anbringung eines vorderen Teilstücks 3 der Anode, vgl. die **Fig. 3**, um die Vakuum-durchführung 23 zu vervollständigen. Dieses vordere Teilstück 3 verfügt hinterenends über einen Steckabschnitt 18, der in die Ausnehmung 17 des hinteren Teilstücks 2 eingeführt wird.

[0046] Dazu wird hier das vordere Teilstück 3 zunächst stark abgekühlt, typischerweise auf die Temperatur von flüssigem Stickstoff (ca. 90 K), in den das vordere Teilstück 3 eingetaucht wird, so dass der Steckabschnitt 18 sich radial zusammenzieht. Zusätzlich wird das hintere Teilstück 2 zusammen mit dem Isolationskörper 1 erwärmt, etwa in einem Ofen auf 200 °C, so dass sich die Ausnehmung 17 radial erweitert. Bei diesen Temperaturverhältnissen kann der Steckabschnitt 18 gerade noch in die Ausnehmung 17 eingeführt werden. Sobald sich die Temperaturverhältnisse normalisieren, also das vordere und das hintere Teilstück 3, 2 auf der gleichen Temperatur sind, hat sich die Ausnehmung 17 radial so weit zusammengezogen und der Steckabschnitt 18 radial so weit ausgedehnt, dass das vordere und hintere Teilstück 3, 2 radial miteinander verspannt sind und nicht mehr voneinander abgezogen werden können.

[0047] Um Lufteinschlüsse zwischen der Ausnehmung 17 und dem Steckabschnitt 18, insbesondere am Grund 33 der Ausnehmung 17, beim Zusammenstecken zu vermeiden, sind im vorderen Teilstück 3 eine Längsbohrung 19 und eine auf die Längsbohrung 19 treffende Querbohrung 20 vorgesehen. Luft kann dann vom Grund 33 der Ausnehmung 17 durch die Bohrungen 19, 20 entweichen, falls der Spalt zwischen der Seitenwand 21 des Aufnahmeabschnitts 16 und der Außenwand des Steckabschnitts 18 für einen Gasaustritt zu schmal ist.

[0048] Das vordere Teilstück 3 ist hier vollständig aus Kupfer gefertigt, um im Betrieb einen raschen und effizienten Wärmetransport vom Bereich des Targets 22 am vorderen Ende des vorderen Teilstücks 3 der Anode in den Isolationskörper 1 zu gewährleisten. Der Wärmefluss findet dabei vor allem durch das vordere Teilstück 3 bis in den Steckabschnitt 18, durch die Seitenwand 21 des Aufnahmeabschnitts 17 des hinteren Teilstücks 2 und teilweise auch durch das weitere hintere Teilstück

2, in den Isolationskörper 1 statt.

[0049] Falls gewünscht, kann am vorderen Ende des vorderen Teilstücks 3 eine Beschichtung, ein Aufsatz oder ein Einsatz aus anderem Material als Kupfer vorgesehen sein, um entsprechend diesem anderen Material am Target 22 charakteristische Röntgenstrahlung zu erzeugen (vgl. dazu Fig. 7).

[0050] Das vordere Teilstück 3 ragt vorderenends aus dem Isolationskörper 1 heraus. Die Vakuumdurchführung 23 wird bestimmungsgemäß in eine Elektronenröhre bzw. Röntgenröhre integriert (vgl. dazu Fig. 9).

[0051] Wie aus Fig. 4 ersichtlich, kann die Vakuumdurchführung 23 mit einer Kühlvorrichtung 4 versehen werden, die hier aus einer metallischen Ummantelung, bevorzugt aus Kupfer oder Aluminium, besteht. In der gezeigten Ausführungsform umfasst die Ummantelung zwei Halbschalen 4a, 4b, die um den Isolationskörper 1 gelegt werden und diesen großflächig über praktisch den gesamten Umfang und die gesamte Länge des mittleren Bereichs MB umschließen. Um temperaturbedingte Längenänderungen bei ausreichend geringen mechanischen Spannungen ausgleichen zu können, weisen die Halbschalen 4a, 4b hier jeweils hinterenends einen mehrfach geschlitzten Bereich 4c auf.

[0052] Fig. 5 zeigt die Vakuumdurchführung 23 mit installierten Halbschalen 4a, 4b, angelegt am Isolationskörper 1, im Längsschnitt. Die Halbschalen 4a, 4b sind über kurze Wege, nämlich durch die verringerte Wandstärke W_{Sm} des Isolationskörpers 1 im mittleren Bereich MB (verglichen mit der größeren Wandstärke W_{Sv} im vorderen Bereich VB) vom hinteren Teilstück 2 der Anode für den vom Target 22 ausgehenden Wärmestrom zu erreichen.

[0053] Das hintere Teilstück 2 erstreckt sich hier in Längsrichtung zu etwa 9/10 im mittleren Bereich MB, und die (durchschnittliche) Wandstärke W_{Sm} im mittleren Bereich MB beträgt hier ca. 1/2 mal die (durchschnittliche) Wandstärke W_{Sv} im vorderen Bereich VB. Die Wärme kann sich in den Halbschalen 4a, 4b der Kühlvorrichtung 4 über deren gesamte Länge verteilen und abgegeben/ abgestrahlt werden, wodurch lokale Überhitzungen der Anode, insbesondere des hinteren Teilstücks 2, das mit einem Hochspannungsstecker verbunden wird, vermieden werden.

[0054] Im Allgemeinen ist es bevorzugt, wenn sich das hintere Teilstück 2 axial zu wenigstens 2/3 in einem Bereich des Isolationskörpers 1 erstreckt, in dem die lokale radiale Wandstärke (vgl. W_{Sm} im mittleren Bereich MB) des Isolationskörpers 1 maximal 2/3 der größten radialen Wandstärke (vgl. W_{Sv} im vorderen Bereich VB) des Isolationskörpers 1 ist.

[0055] Fig. 6 zeigt ein vorderes Teilstück 3 einer Anode für die Erfindung. Das Teilstück 3 ist hier vollständig aus Kupfer gefertigt. Hinterenends ist das Teilstück mit einem Steckabschnitt 18 versehen, und durch das vordere Ende ist das Target 22 ausgebildet. Die ebene Oberfläche des Targets 22 steht leicht schräg zur Längsachse LA, um eine nützliche Abstrahlcharakteristik (Winkelverteilung)

der durch auftreffende Elektronen im Kupfer ausgelösten charakteristischen Röntgenstrahlung zu erreichen.

[0056] Wenn die charakteristische Röntgenstrahlung eines anderen Materials als Kupfer gewünscht wird, kann das vordere Teilstück 3 vorderenends mit einem Einsatz 24 (gestrichelt dargestellt) aus dem anderen Material ("Targetmaterial"), hier aus Wolfram, als Target 22 versehen werden, vgl. Fig. 7. Der Einsatz 24 wird am vorderen Teilstück 3 in einer dortigen Vertiefung 24a angeordnet und befestigt (etwa eingelötet), üblicher Weise bevor das vordere Teilstück 3 am hinteren Teilstück 2 befestigt wird. Die ebene Oberfläche des Einsatzes 24 ist ebenfalls geneigt gegenüber der Längsachse LA.

[0057] Die Fig. 8 zeigt eine alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hochspannungs-Vakuumdurchführung 23, bei der der keramische Isolationskörper 1 mit im Wesentlichen einheitlicher Wandstärke WS ausgebildet ist. Diese Bauform ist besonders einfach, und kann bei Elektronenröhren bzw. Röntgenröhren mit geringer Leistung bzw. geringer Wärmeentwicklung am Target 22 gut eingesetzt werden.

[0058] In der Fig. 9 ist im schematischen Längsschnitt eine Elektronenröhre 25 (hier eine Festanoden-Röntgenröhre) mit einer erfindungsgemäßen Vakuumdurchführung 23 wie aus Fig. 5 bekannt gezeigt.

[0059] Um das vordere Teilstück 3 der Anode 28 herum und angrenzend an den Isolationskörper 1 ist ein vakuumdichtes Gehäuse 30 angeordnet, in welchem ein evakuierter Raum 31 eingerichtet ist. In dem Gehäuse 30 ist weiterhin eine Kathode 27 mit einem Elektronenemitter 26, hier einem elektrisch beheizten Wendel aus Wolframdraht, angeordnet.

[0060] Aus dem Elektronenemitter 26 treten im Betrieb durch Glühemission Elektronen aus, die durch eine Hochspannung zwischen Kathode 27 und Anode 28 von typischerweise 5 kV bis 30 kV durch den evakuierten Raum 31 auf die Anode 28, genauer auf das Target 22 am vorderen Teilstück 3, beschleunigt werden. Dort wird dann - zusätzlich zur Bremsstrahlung - charakteristische Röntgenstrahlung 29 ausgelöst, die durch ein Berylliumfenster 32 austreten und genutzt werden kann, etwa für die instrumentelle Analytik oder die medizinische Diagnostik.

[0061] Selbst wenn die Lötung zwischen dem metallischen, hinteren Teilstück 2 der Anode 28 und dem keramischen Isolationskörper 1 im Betrieb heiß werden sollte, treten an der Lötung keine ausdehnungsbedingten mechanischen Spannungen auf, weil die thermischen Ausdehnungskoeffizienten α_{ht} und α_{ker} des hinteren Teilstücks 2 aus Fernico und des keramischen Materials Al₂O₃ des Isolationskörpers 1 näherungsweise gleich sind. Gleichzeitig wird Wärme vom Target 22 effizient durch das Kupfermaterial des vorderen Teilstücks 2 gut nach hinten (in Fig. 9 nach links) abgeführt.

Patentansprüche

1. Elektronenröhre (25), nämlich Festanoden-Röntgenröhre, umfassend eine Hochspannungs-Vakuumdurchführung (23) umfassend

- einen Isolationskörper (1) aus keramischem Material, wobei der Isolationskörper (1) einen durchgehenden Hohlraum (10) aufweist,
- und eine Anode (28), wobei die Anode (28) mit einem hinteren Ende im Hohlraum (10) des Isolationskörpers (1) angeordnet ist und den Hohlraum (10) vakuumdicht verschließt,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Anode (28) zweiteilig mit einem hinteren Teilstück (2) und einem vorderen Teilstück (3) ausgebildet ist,

dass das hintere Teilstück (2) aus einem ersten metallischen Material besteht, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient α_{ht} dem Wärmeausdehnungskoeffizienten α_{ker} des keramischen Materials entspricht, **dass** das hintere Teilstück (2) im Hohlraum (10) des Isolationskörpers (1) angeordnet und in den Isolationskörper (1) vakuumdicht eingelötet ist, **dass** das vordere Teilstück (3) zumindest teilweise aus einem zweiten metallischen Material besteht, dessen Wärmeleitfähigkeit λ_{vt} größer ist als die Wärmeleitfähigkeit λ_{ht} des ersten metallischen Materials des hinteren Teilstücks (2),
und **dass** das vordere Teilstück (3) am hinteren Teilstück (2) befestigt ist.

2. Elektronenröhre (25) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hintere Teilstück (2) und das vordere Teilstück (3) ineinander gesteckt sind.

3. Elektronenröhre (25) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** hintere Teilstück (2) vorderenends einen Aufnahmeabschnitt (16) mit einer Ausnehmung (17) aufweist, **dass** das vordere Teilstück (3) hinterenends einen Steckabschnitt (18) aufweist, und **dass** der Steckabschnitt (18) in den Aufnahmeabschnitt (16) eingesteckt ist.

4. Elektronenröhre (25) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vordere Teilstück (3) eine Längsbohrung (19) zum Grund (33) der Ausnehmung (17) des Aufnahmeabschnitts (16) sowie eine Querbohrung (20) aufweist, die mit der Längsbohrung (19) verbunden ist, und **dass** die Querbohrung (20) außerhalb des Aufnahmeabschnitts (16) mündet.

5. Elektronenröhre (25) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hintere Teilstück (2) und das vordere Teilstück (3) durch An-

schrumpfen miteinander verbunden sind.

6. Elektronenröhre (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass das keramische Material des Isolationskörpers (1) Al_2O_3 ist, und das erste metallische Material des hinteren Teilstücks (2) aus einer Eisen-Nickel-Cobalt-Legierung besteht, insbesondere mit Gewichtsanteilen von Fe=53-54%, Ni=28-29%, Co=17-18%.

7. Elektronenröhre (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass das zweite metallische Material, aus dem das vordere Teilstück (3) teilweise oder vollständig besteht, Cu ist.

8. Elektronenröhre (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass am vorderen Teilstück (3) vorderenends eine Beschichtung, ein Aufsatz oder ein Einsatz (24) aus Molybdän, Wolfram, Rhodium, Silber, Cobalt oder Chrom aufgebracht oder angeordnet ist.

9. Elektronenröhre (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass das hintere Teilstück (2) hinterenends einen Buchsenabschnitt (14) mit einer Ausnehmung (15) zur Aufnahme eines Hochspannungssteckers aufweist.

10. Elektronenröhre (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass der Isolationskörper (1) in einem vorderen Bereich (VB) eine Wandstärke WS_v aufweist, die größer ist als eine Wandstärke WS_m in einem mittleren Bereich (MB), wobei sich das hintere Teilstück (2) zumindest teilweise im mittleren Bereich (MB) erstreckt.

11. Elektronenröhre (25) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** $WS_m \leq 2/3 \cdot WS_v$, und **dass** sich wenigstens $2/3$ der Länge des hinteren Teilstücks (2) im mittleren Bereich (MB) erstreckt.

12. Elektronenröhre (25) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kühlvorrichtung (4) im mittleren Bereich (MB) außen auf dem Isolationskörper (1) aufsitzt.

13. Elektronenröhre (25) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (4) eine metallische Ummantelung des Isolationskörpers (1) umfasst.

14. Elektronenröhre (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass hintere Teilstück (2) mit einem Ag- oder Au-haltigen Lot in den Isolationskörper (1) eingelötet ist, wobei der Isolationskörper (1) zumindest in dem verlöteten Bereich eine vernickelte MoMn-Beschichtung aufweist.

5

15. Verfahren zur Fertigung einer Vakuumdurchführung (23) einer Elektronenröhre (25) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit folgenden Schritten:

10

- a) Fertigung des Isolationskörpers (1),
- b) Einsetzen des hinteren Teilstücks (2) der Anode (28) in den Hohlraum (10) des Isolationskörpers (1) und vakuumdichtes Einlöten des hinteren Teilstücks (2) in den Isolationskörper (1);
- c) Befestigen des vorderen Teilstücks (3) der Anode (28) am hinteren Teilstück (2).

15

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt c) das Befestigen des vorderen Teilstücks (3) am hinteren Teilstück (2) durch Aufstecken und Anschrumpfen erfolgt.

20

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst für eine Vielzahl von Vakuumdurchführungen (23) die Schritte a) und b) durchgeführt werden, und später die teilgefertigten Vakuumdurchführungen (34) einzeln oder in Gruppen gemäß Schritt c) mit vorderen Teilstücken (3) versehen werden, wobei mehrere verschiedene Typen von vorderen Teilstücken (3) verwendet werden.

25

30

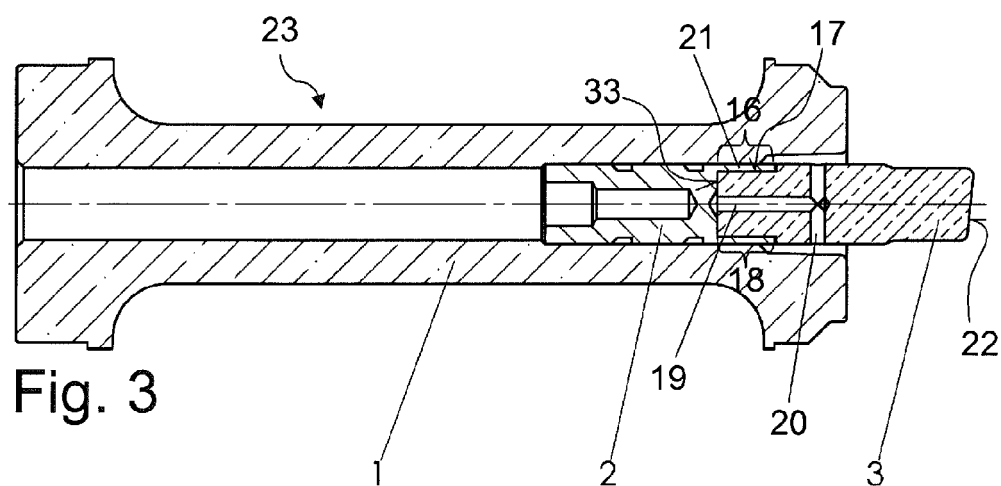
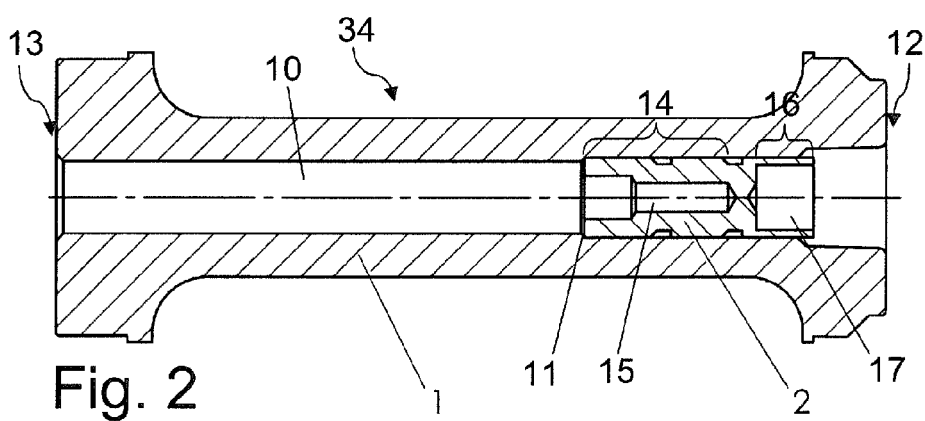
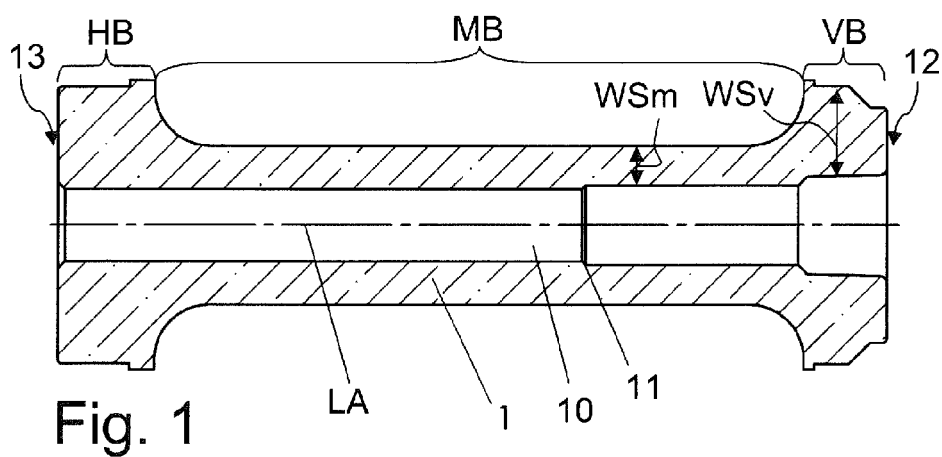
35

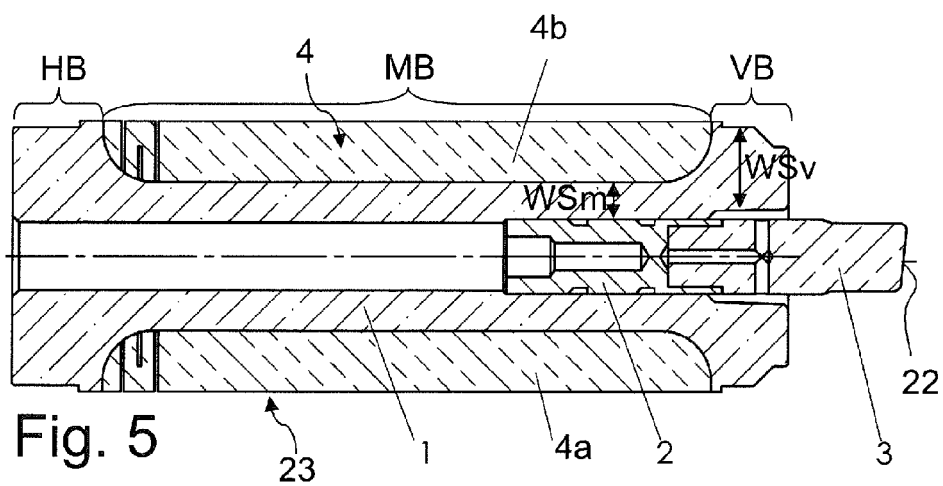
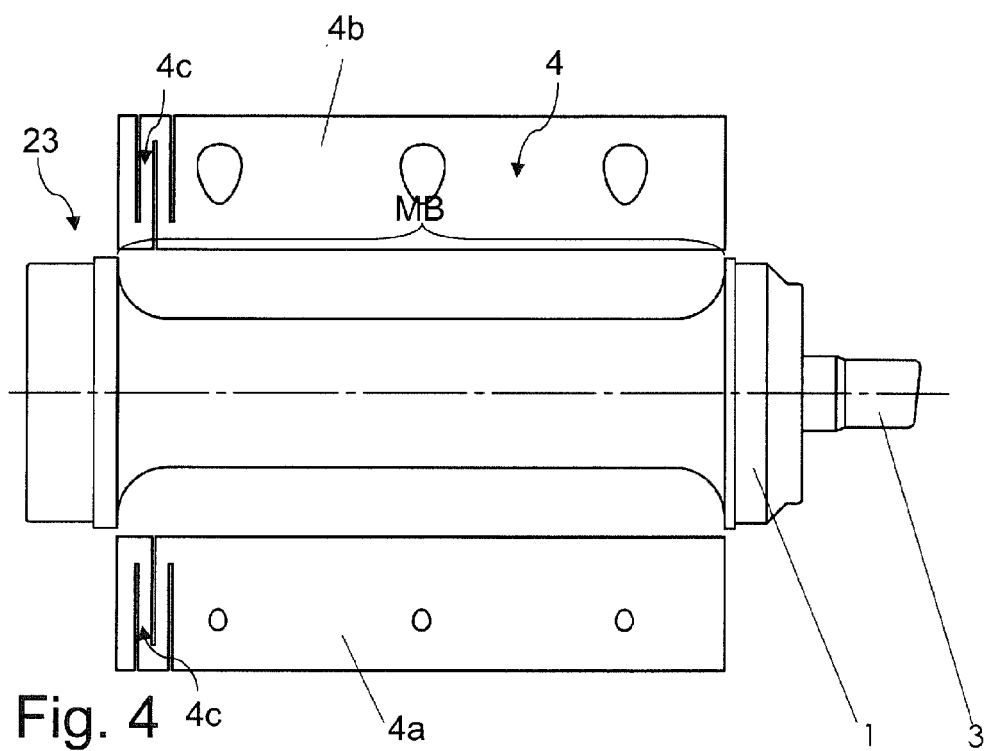
40

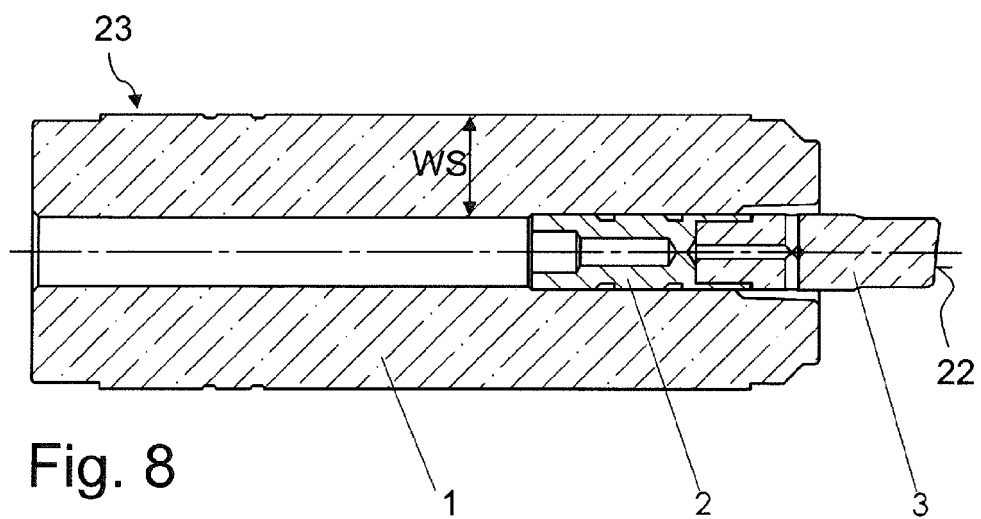
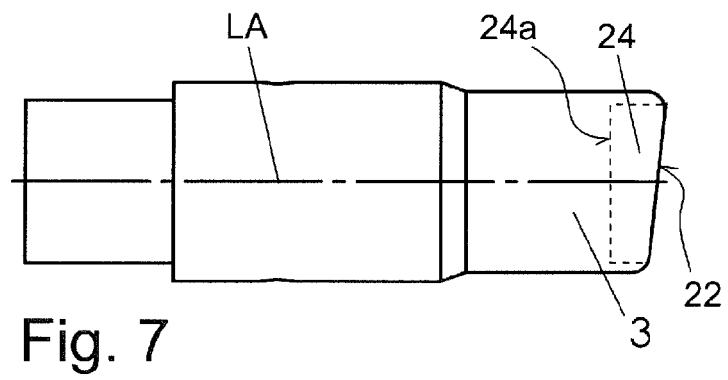
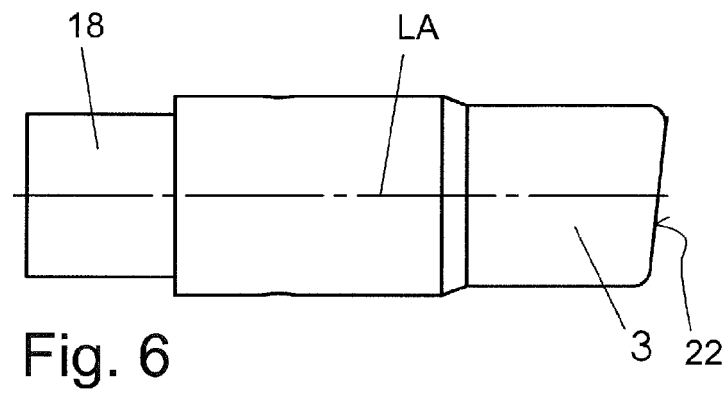
45

50

55







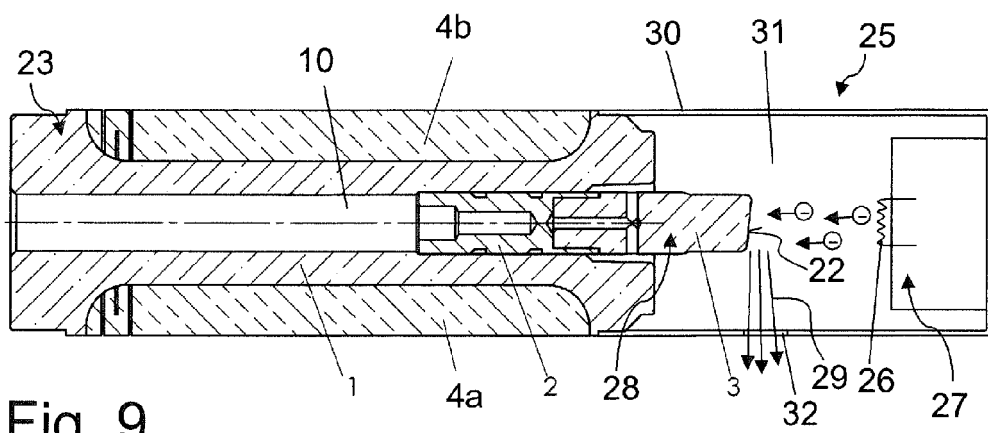


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 16 6319

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 01/18842 A1 (UNIV CALIFORNIA [US]) 15. März 2001 (2001-03-15) * Seite 7, Zeile 20 - Seite 8, Zeile 2 * * Seite 7, Zeile 13 * -----	1-3,6, 10,15	INV. H01J35/16
A,D	DE 10 2009 017924 A1 (RTW ROENTGEN TECHNIK DR WARRIK [DE]) 4. November 2010 (2010-11-04) -----	1-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		31. August 2015	Oestreich, Sebastian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 6319

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-08-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0118842	A1	15-03-2001	AU	7120500 A	10-04-2001
			US	6353658 B1	05-03-2002
			WO	0118842 A1	15-03-2001

DE 102009017924	A1	04-11-2010	KEINE		

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 102009017924 A1 [0002] [0005] [0007]
- EP 1537594 B1 [0004]