



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.01.2025 Patentblatt 2025/02

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01J 35/16^(2006.01) H01J 35/18^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24158802.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01J 35/16; H01J 35/18; H01J 9/50

(22) Anmeldetag: **21.02.2024**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Bruker AXS GmbH**
76187 Karlsruhe (DE)

(72) Erfinder: **Maurer, Christian**
76187 Karlsruhe (DE)

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB**
Gropiusplatz 10
70563 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **06.07.2023 DE 102023206414**

(54) **VERFAHREN ZUM ÜBERFÜHREN EINES BAUTEILS VON EINER AUSGANGS-RÖNTGENRÖHRE IN EINE ZIEL-RÖNTGENRÖHRE, INSBESONDERE FÜR EIN RECYCLING**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überführen eines Bauteils (12a -12e) von einer Ausgangs-Röntgenröhre (20) in eine Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}), wobei die Ausgangs-Röntgenröhre einen ersten Opferbereich (23, 64), die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) einen zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) und das Bauteil einen Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) aufweist, wobei jeder Opferbereich von einer Oberfläche (24, 28, 43) eines jeweils zugehörigen Funktionsbereichs (21, 25, 39, 61, 63) hervorsteht, wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) eine Bauteil-Kontaktfläche (30, 55), der erste Opferbereich (23, 64) eine erste Kontaktfläche (65), und der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) eine zweite Kontaktfläche (47) aufweisen, wobei, solange das Bauteil noch in die Ausgangs-Röntgenröhre verbaut ist, äußere Enden (31, 32) der zugehörigen Opferbereiche materialschlüssig verbunden sind und die zugehörigen Kontaktflächen parallel aneinander anliegen, mit folgenden Schritten:

- Abtragen eines das bisherige äußere Ende (31, 32) des jeweiligen Opferbereichs umfassenden jeweiligen äußeren Teils (33, 34) des ersten Opferbereichs (23, 64) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62);
- Entfernen des Bauteils von der Ausgangs-Röntgenröhre (20);
- Anordnen des Bauteils an der Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}), wobei die Bauteil-Kontaktfläche (30) unter paralleler Ausrichtung zu der zweiten Kontaktfläche (47, 54) an die zweite Kontaktfläche (47, 54) angelegt wird;
- Materialschlüssiges Verbinden des äußeren Endes (36a) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) und des äußeren Endes (44) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}).

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können Bauteile von Röntgenröhren auf einfache Weise wieder-

verwendet werden.

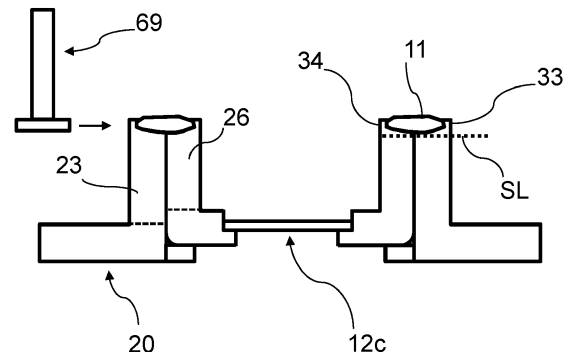


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überführen eines Bauteils von einer Ausgangs-Röntgenröhre in eine Ziel-Röntgenröhre.

[0002] Ein Verfahren zum Wiederverwerten von Bauteilen aus Röntgenröhren in Form von Beryllium-Fenstern ist aus der JP 2002 367 550 A bekannt.

[0003] Gemäß der Lehre der JP 2002 367 550 A ist ein Fensterrahmen, in dem das Beryllium-Fenster einer Röntgenröhre befestigt ist, an einen Flansch der Röntgenröhre angeschweißt, sodass der Fensterrahmen mit dem Flansch durch eine Schweißnaht verbunden ist. Der Fensterrahmen mit dem Beryllium-Fenster kann durch ein Aufschmelzen der Schweißnaht von der Röntgenröhre gelöst werden und unter einem Kürzen der Schweißnaht in einer anderen Röntgenröhre wiederverwendet werden.

[0004] Die DE 19 16 497 C3 (auch veröffentlicht als US 3 549 931A) betrifft eine Röntgenröhre mit einem auswechselbaren Strahlenaustrittsfenster. Ein rohrförmiges Teil umschließt eine Öffnung eines Röhrenkolbens, wobei das rohrförmige Teil mit einem Ende fest mit dem Röhrenkolben verbunden ist. Ein rohrförmiges Teil des Strahlenaustrittsfensters ist in das rohrförmige Teil des Röhrenkolbens eingesetzt. Die rohrförmigen Teile sind an den nach außen vorstehenden Enden miteinander verschweißt. Zum Auswechseln des Strahlenaustrittsfensters wird vorgeschlagen, die Schweißstelle durchzuschneiden. Das Strahlenaustrittsfenster kann dann zur Wiederverwendung herausgenommen werden.

[0005] Ein weiteres Verfahren zur Wiederverwertung von Beryllium-Fenstern aus Röntgenröhren ist aus der US 5 515 412 A bekannt.

[0006] Die US 5 515 412 A offenbart Röntgenröhren, bei denen metallische Komponenten der Röntgenröhren, z.B. Beryllium-Fenster, durch spezielle Schmelzmaterialien mit Glaskörpern der Röntgenröhren verbunden sind. Es wird insbesondere vorgeschlagen, Glaskörper schadhafter Röntgenröhren zu zerstören, einen Rand abzuschleifen, um anhaftende Glasstücke zu entfernen, und anschließend Beryllium-Fenster dieser Röntgenröhren durch ein Verschweißen unter Verwendung der vorgenannten Schmelzmaterialien an neuen Röntgenröhren anzubringen. Dadurch können die Beryllium-Fenster wiederverwendet werden.

[0007] Aus der JP 2003 142 000 A ist ein Verfahren bekannt, das dem Erneuern einer Targetanode einer Röntgenröhre dient. Dabei wird eine durch Bestrahlung mit Elektronenstrahlen schadhafte Oberflächenschicht der Targetanode abgetragen und anschließend eine neue Oberflächenschicht durch Plasma-Sprühen auf die Targetanode aufgetragen.

[0008] Die vorbekannten Verfahren sind recht schwierig und aufwendig durchzuführen, und eignen sich nur für spezielle Systeme von Röntgenröhren und Bauteilen.

[0009] Die JP H05 159 729 A2 offenbart eine Struktur für ein Strahlungsfenster. Dazu ist in dem Strahlungsfenster

zwischen einem zentralen Bereich aus Beryllium und einem äußeren Bereich aus einer Eisenlegierung ein Übergangsbereich angeordnet, in dem die Materialien allmählich ineinander übergehen. Der äußere Bereich ist in einem Trägerring angeordnet, und die äußeren Enden des äußeren Bereichs und des Trägerrings sind miteinander verschweißt. Durch diese Anordnung soll das Entstehen von Rissen in dem Strahlungsfenster vermieden werden, wie sie bei einem Anlöten eines Strahlungsfensters an einen Trägerring oder im Betrieb des Strahlungsfensters entstehen können.

[0010] In der US 5 515 412 ist auch ein Röntgenfenster beschrieben, das in einem Kovar-Rahmen gehalten ist und auf einem Kovar-Verbindungsring aufliegt, der direkt mit dem Kolben der Röntgenröhre verschweißt ist. Der Kovar-Rahmen und der Kovar-Verbindungsring weisen eine radial außen liegende Pressverschweißung auf.

[0011] Eine weitere Röntgenröhre mit verschweißtem Fenster ist aus der JP H10 255 702 A bekannt. Aus der DE 695 09 478 T2 ist ein Röntgenbildverstärker mit verschweißtem Fenster bekannt. In der US 3 500 097 A und der EP 0 239 214 B1 sind Röntgenröhren mit verschweißten Flanschverbindungen offenbart.

Aufgabe der Erfindung

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem auf einfache Weise eine Wiederverwendung von Bauteilen von Röntgenröhren, und ggf. auch eine Wiederverwendung der übrigen Röntgenröhren, erfolgen kann.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0013] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Überführen eines Bauteils von einer Ausgangs-Röntgenröhre in eine Ziel-Röntgenröhre,

wobei die Ausgangs-Röntgenröhre einen ersten Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen ersten Opferbereich angrenzt, wobei der kragenförmige erste Opferbereich von einer Oberfläche des ersten Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei die Ziel-Röntgenröhre einen zweiten Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich angrenzt, wobei der kragenförmige zweite Opferbereich von einer Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei das Bauteil einen Bauteil-Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich angrenzt, wobei der Bauteil-Opferbereich von einer Oberfläche des Bauteil-Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei der Bauteil-Opferbereich eine Bauteil-Kon-

taktfläche, der erste Opferbereich eine erste Kontaktfläche, und der zweite Opferbereich eine zweite Kontaktfläche aufweisen, wobei, solange das Bauteil noch in die Ausgangs-Röntgenröhre verbaut ist, die Bauteil-Kontaktfläche parallel zur ersten Kontaktfläche des kragenförmigen ersten Opferbereichs verläuft und an der ersten Kontaktfläche anliegt, und die äußeren Enden des ersten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs miteinander materialschlüssig verbunden sind, mit folgenden Schritten:

- a) Abtragen eines äußeren Teils des ersten Opferbereichs, der das bisherige äußere Ende des ersten Opferbereichs umfasst, und eines äußeren Teils des Bauteil-Opferbereichs, der das bisherige äußere Ende des Bauteil-Opferbereichs umfasst, um das Bauteil von dem ersten Opferbereich zu lösen, wobei ein neues äußeres Ende des ersten Opferbereichs und ein erstes neues äußeres Ende des Bauteil-Opferbereichs erzeugt werden;
- b) Entfernen des Bauteils von der Ausgangs-Röntgenröhre;
- c) Anordnen des Bauteils an der Ziel-Röntgenröhre, wobei die Bauteil-Kontaktfläche an die zweite Kontaktfläche angelegt wird, und wobei die Bauteil-Kontaktfläche des Bauteil-Opferbereichs parallel zur zweiten Kontaktfläche des zweiten Opferbereichs verläuft;
- d) Materialschlüssiges Verbinden des äußeren Endes des Bauteil-Opferbereichs und des äußeren Endes des zweiten Opferbereichs.

[0014] Die Erfindung sieht vor, ein Bauteil und eine Ausgangs-Röntgenröhre sowie eine Ziel-Röntgenröhre auf besondere Weise auszubilden, so dass eine Auftrennung von Bauteil und Ausgangs-Röntgenröhre und ein Verbinden von Bauteil und Ziel-Röntgenröhre besonders einfach möglich ist. Dazu werden an den Röntgenröhren und dem Bauteil Opferbereiche eingerichtet, die von jeweiligen Funktionsbereichen kragenförmig abstehen. Die Opferbereiche liegen mit Kontaktflächen aneinander an, und an den Enden der Opferbereiche kann ein verbindender Materialschluss eingerichtet werden.

[0015] Zum Auftrennen der Verbindung zwischen der Ausgangs-Röntgenröhre und dem Bauteil können äußere Teile der Opferbereiche abgetragen werden, wodurch auch die Verbindung aufgehoben wird. Das Abtragen des entsprechenden Materials kann dabei in sicherer Entfernung von den Funktionsbereichen erfolgen, die für die technische Funktion der Röntgenröhre bzw. des Bauteils erforderlich sind.

[0016] Gleichermaßen kann das Verbinden der Ziel-Röntgenröhre mit dem Bauteil in sicherer Entfernung von den Funktionsbereichen erfolgen, beispielsweise ohne dass es bei einem Schweißen oder Löten zu einer merklichen Erwärmung oder Verformung der Funktionsberei-

che kommt.

[0017] Durch das kragenförmige Abstehen der Opferbereiche von den Funktionsbereichen sind die äußeren Enden der Opferbereiche zudem leicht zugänglich.

[0018] Die Opferbereiche dienen im Rahmen der Erfindung im Wesentlichen zur Verbindung der jeweiligen Röntgenröhre mit dem Bauteil, ohne dass es für die Verbindung von Röntgenröhre und Bauteil (oder für die Funktion der Röntgenröhre im übrigen) auf die Länge der Opferbereiche ankommen würde. Entsprechend ist ein Abtrag eines äußeren Teils eines jeweiligen Opferbereichs in einem jeweiligen Regenerationszyklus problemlos möglich. Typischerweise sind die Opferbereiche von einer ursprünglichen Länge (Höhe), die mehrere Regenerationszyklen (meist wenigstens drei, oft wenigstens fünf) gestatten, und in einem jeweiligen Regenerationszyklus wird lediglich ein geringer Teil des jeweiligen Opferbereichs abgetragen. Dazu im Einzelnen:

Der jeweilige Opferbereich kragt von dem zugehörigen Funktionsbereich aus. Ein Loslösen des Bauteils von der jeweiligen Ausgangs-Röntgenröhre erfolgt durch ein Entfernen des Materialschlusses unter einem einfachen Kürzen des Opferbereichs, wobei die für das Kürzen verwendeten Werkzeuge und Mittel leicht an die Opferbereiche bzw. deren äußeren Teilen herangeführt werden können. Das Loslösen des jeweiligen Bauteils von der Ausgangs-Röntgenröhre erfolgt mit einem derartigen Sicherheitsabstand von den Funktionsbereichen des Bauteils und der Ausgangs-Röntgenröhre, dass empfindliche elektrische und/oder mechanischen Komponenten der Ausgangs-Röntgenröhre und des Bauteils funktionsfähig bleiben. Die Funktionsbereiche des Bauteils und der Ausgangs-Röntgenröhre bleiben strukturell unverändert.

[0019] Sollen die Opferbereiche verbunden werden, um das Bauteil an einer Ziel-Röntgenröhre zu befestigen, kann die Verbindung der Opferbereiche an einer leicht zugänglichen Stelle an deren (ggf. neuen) äußeren Enden erfolgen. Dies vereinfacht das Verbinden der jeweiligen Ziel-Röntgenröhre mit dem entsprechenden Bauteil. Die Opferbereiche ermöglichen es, die Verbindung des Bauteils mit der Ziel-Röntgenröhre vorteilhaft in einem Sicherheitsabstand zu den Funktionsbereichen des Bauteils und der Ziel-Röntgenröhre auszubilden, um eine Beschädigung dieser Funktionsbereiche zu vermeiden, insbesondere sodass empfindliche elektrische und/oder mechanischen Komponenten der Ziel-Röntgenröhre und des Bauteils funktionsfähig bleiben. Die Funktionsbereiche des Bauteils und der Ziel-Röntgenröhre bleiben strukturell unverändert.

[0020] Die Verbindung des Bauteils mit der Ziel-Röntgenröhre findet an einer Stelle in einem jeweiligen Opferbereich statt, der für die Funktionsfähigkeit des Bauteils und der Ziel-Röntgenröhre nicht relevant ist. Damit ist die Funktionsfähigkeit des Bauteils und der Ziel-Röntgenröhre nach dem Verbinden der Opferbereiche gemäß Schritt d) gewährleistet.

[0021] Durch die Opferbereiche kann das Verbinden

des Bauteils mit Röntgenröhren und das Loslösen des Bauteils von Röntgenröhren an Stellen vermieden werden, an denen sich schädliche oder giftige Materialien befinden.

[0022] Bauteile grundsätzlich aller Art der jeweiligen Röntgenröhre und die entsprechenden Einbaustellen der Röntgenröhre können mit Opferbereichen ausgestattet werden, sodass das Verfahren hinsichtlich der Auswahl der Bauteile eine große Flexibilität aufweist.

[0023] Das Verfahren vereinfacht somit die Wiederverwendung von Bauteilen aus Röntgenröhren. Insbesondere kann ein Bauteil in derselben Röntgenröhre, aus der es entnommen wurde, oder in einer anderen Röntgenröhre wieder verbaut werden.

[0024] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens können beim Recycling des Bauteils oder auch einer Ausgangs-Röntgenröhre oder Ziel-Röntgenröhre Beschädigungen minimiert und ansonsten oft nötige aufwändige Ausbesserungs- und Reparaturmaßnahmen nach einem Loslösen des betreffenden Bauteils von einer Ausgangs-Röntgenröhre oder einem Verbinden des Bauteils mit einer Ziel-Röntgenröhre vermieden werden. Insgesamt kann die Wiederverwendung von Bauteilen in Röntgenröhren besonders kostengünstig gestaltet werden.

[0025] Falls gewünscht, können an einer Ausgangs-Röntgenröhre auch mehrere Bauteile entsprechend den Schritten a) und b) gelöst und entfernt werden, und an einer Ziel-Röntgenröhre mehrere Bauteile entsprechend den Schritten c) und d) angeordnet und verbunden werden, wobei die Bauteile von einer oder mehreren Ausgangs-Röntgenröhren stammen können.

[0026] Man beachte, dass die äußeren Enden von erstem/zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich insbesondere durch Verschweißen oder Verlöten materialschlüssig, und bevorzugt vakuumdicht, verbunden worden sein können/verbunden werden können.

[0027] Die Opferbereiche sind typischerweise geschlossen umlaufend, beispielsweise kreisringförmig, ausgebildet, insbesondere wenn eine vakuumdichte Verbindung gewünscht ist (z.B. für Röntgenfenster).

[0028] Funktionsbereiche des Bauteils sind insbesondere Teilbereiche des Bauteils, deren struktureller Erhalt für das bestimmungsgemäße Funktionieren des Bauteils notwendig ist. Entsprechendes gilt für Funktionsbereiche der vorgenannten Röntgenröhren und deren Bestandteile.

[0029] Falls gewünscht oder erforderlich, kann zwischen Schritt b) und c) eine Ausbesserung oder Regeneration des Bauteils erfolgen, beispielsweise eine Ausbesserung einer Abdichtung oder ein Auftrag von Targetmaterial.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung

[0030] Eine bevorzugte Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der erste Opferbereich, der zweite Opferbereich und der Bauteil-Opferbereich

zumindest im Bereich der ersten Kontaktfläche, der zweiten Kontaktfläche und der Bauteil-Kontaktfläche zylindrisch oder kegelstumpfförmig ausgebildet sind. Derart ausgestaltete erste Opferbereiche, zweite Opferbereich und Bauteil-Opferbereiche zeichnen sich vorteilhaft durch glatte, stufenlose Kontaktflächen aus. Dies vereinfacht das Anlegen der Kontaktfläche aneinander (siehe Schritt c). Außerdem kann auf vergleichsweise einfache Weise ein paralleler Verlauf der Bauteil-Kontaktfläche und der zweiten Kontaktfläche sichergestellt oder überprüft werden, z.B. über eine Bestimmung oder Festlegung der Neigungswinkel der betreffenden Kontaktflächen.

[0031] Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Innenwand des zweiten Opferbereichs eine Einführ-Ausnehmung umgrenzt, in welche in Schritt c) das Bauteil eingeschoben wird, wobei eine Seitenwand des Bauteils die Bauteil-Kontaktfläche des Bauteil-Opferbereichs ausbildet, die Innenwand des zweiten Opferbereichs die zweite Kontaktfläche ausbildet, und wobei die Seitenwand parallel zu der Innenwand des zweiten Opferbereichs verläuft und an dieser Innenwand anliegt. Der zweite Opferbereich umgreift das Bauteil wenigstens teilweise, wodurch das Bauteil vorteilhaft in seiner Position und Ausrichtung stabilisiert wird. Außerdem schützt der zweite Opferbereich die umgriffenen Abschnitte des Bauteils. Zusätzlich bewirkt das Einführen des Bauteils in die Einführ-Ausnehmung eine kompakte Ausbildung der Anordnung von Bauteil und zweitem Opferbereich.

[0032] Von Vorteil ist eine Variante des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die zweite Kontaktfläche parallel zu einer Fügerichtung verläuft, wobei in Schritt c) die Bauteil-Kontaktfläche durch ein Bewegen des Bauteils in der Fügerichtung an die zweite Kontaktfläche angelegt wird.

[0033] Die Kontaktflächen parallel zur Fügerichtung erleichtern die Verwendung von unterem Ausgleichselement und (standardisiertem) oberem Ausgleichselement zur Angleichung der Höhen der äußeren Enden von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich (siehe unten). Ferner wird das Bauteil nach dem ersten Kontakt der Kontaktflächen aneinander durch die zweite Kontaktfläche in Fügerichtung geführt. Dies erleichtert ein präzises Verschieben des Bauteils in Fügerichtung.

[0034] Bevorzugt ist eine Variante des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die zweite Kontaktfläche des zweiten Opferbereichs nicht-parallel zu einer Fügerichtung verläuft, wobei in Schritt c) die Bauteil-Kontaktfläche durch ein Bewegen des Bauteils in der Fügerichtung an die zweite Kontaktfläche angelegt wird, insbesondere wobei die zweite Kontaktfläche senkrecht oder in einem Winkel zwischen 60° und 120° zur Fügerichtung verläuft.

[0035] Durch einen nicht-parallelen Verlauf der Kontaktflächen zur Fügerichtung ist automatisch ein gegenseitiger Anschlag von Bauteil und Röntgenröhre gegeben. Mit schräg zur Fügerichtung orientierten zweiten

Kontaktflächen kann eine Selbstzentrierung des Bauteils beim Anlegen der Kontaktflächen bewirkt werden, insbesondere bei Ausgestaltungen des Verfahrens, bei denen Innenwände von Einführöffnungen die zweite Kontaktfläche ausbilden.

[0036] Bei einer weiteren Variante des Verfahrens bildet die Ziel-Röntgenröhre, insbesondere im Bereich des zweiten Opferbereichs, einen Anschlag aus, an den das Bauteil in Schritt c) angelegt wird. Dadurch wird eine gewünschte angelegte Position auf einfache Weise definiert. Durch den Anschlag kann insbesondere vorteilhaft die Tiefe festgelegt werden, mit der das Bauteil in die Ziel-Röntgenröhre eingeschoben werden kann. Vorteilhaft wird dadurch ein unerwünscht tiefes Einschieben des Bauteils in die Ziel-Röntgenröhre verhindert. Der Anschlag verhindert insbesondere ein unerwünschtes Verschieben des Bauteils während des Verbindens des Bauteils mit der Ziel-Röntgenröhre gemäß Schritt d).

[0037] Bevorzugt ist eine Variante des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass das Abtragen in Schritt a) durch Abfräsen oder Abdrehen der äußeren Teile der kragenförmigen Opferbereiche erfolgt, insbesondere um eine Länge von $100\mu\text{m}$ bis $300\mu\text{m}$. Das Abfräsen erlaubt vorteilhaft eine große Flexibilität in der Form der Opferbereiche, die durch das Abfräsen zeitsparend und präzise abgetragen werden können. Das Abdrehen eignet sich insbesondere, um rotationssymmetrische, radial außen liegende, kreisförmige Abschnitte der Opferbereiche an im Wesentlichen rotationssymmetrischen Röntgenröhrenkörpern schnell und kostengünstig abzutragen.

[0038] Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass solange das Bauteil noch in der Ausgangs-Röntgenröhre verbaut ist, die äußeren Enden des ersten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs miteinander vakuumdicht verbunden sind, und dass in Schritt d) ein vakuumdichtes Verbinden des äußeren Endes des Bauteil-Opferbereichs und des äußeren Endes des zweiten Opferbereichs erfolgt. Entsprechend kann das erfindungsgemäße Verfahren mit Bauteilen genutzt werden, die an der Begrenzung des Röhrenvakuums beteiligt sind, das für die Propagation eines Elektronenstrahls zur Anode nötig ist.

[0039] Bevorzugt ist eine Variante des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass das materialschlüssige Verbinden in Schritt d) durch Verschweißen der äußeren Enden des zweiten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs erfolgt, insbesondere durch Verschweißen mit einem Laserstrahl, bevorzugt wobei eine dabei entstehende Schweißnaht eine Tiefe von $100\mu\text{m}$ bis $300\mu\text{m}$ aufweist. Schweißverbindungen zeichnen sich vorteilhaft durch hohe mechanische Belastbarkeit und geringe Materialkosten aus. Insbesondere kann durch Laserschweißen die von der Verschweißung betroffene Schweißzone des jeweiligen Opferbereichs klein gehalten werden. Entsprechend kann eine hohe Zahl von Recycling-Zyklen erreicht werden. Laserschweißen erreicht zudem eine hohe Fertigungsgeschwindigkeit. Im Rahmen der Erfindung kommt sowohl Wärmeleitschweißen

als auch Tiefschweißen in Betracht. Das Laserschweißen kann im Rahmen der Erfindung automatisiert ablaufen, insbesondere mit einem programmierten Laserscanner (etwa einem piezo-angetriebenen Spiegel), oder auch manuell vorgenommen werden.

[0040] Eine weitere Variante des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das Bauteil einen Röhrenkopf, einen Röhregrundkörper, einen Pumpstutzen, ein Röntgenfenster mit einem Fensterrahmen, eine Festkörperanode und/oder ein Target ist. Diese Bauteile sind für das erfindungsgemäße Verfahren besonders gut geeignet; zudem handelt es sich um vergleichsweise teure Komponenten von Röntgenröhren, sodass ein Ausbau und Einbau dieser Bauteile nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die Herstellungs-, Wartungs- und Betriebskosten von Röntgenröhren erheblich senken kann.

[0041] Bevorzugt ist eine Variante des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Ausgangs-Röntgenröhre dieselbe Röntgenröhre ist wie die Ziel-Röntgenröhre, und insbesondere wobei der erste Opferbereich derselbe Opferbereich ist wie der zweite Opferbereich. Durch das erfindungsgemäße Verfahren können die Kosten der Wiederverwendung von Röntgenröhren vorteilhaft erheblich dadurch gesenkt werden, dass gezielt einzelne schadhafte/verbrauchte Bauteile von einer Röntgenröhre gelöst und (nach einer Ausbesserung/Regenerierung) wieder in diese Röntgenröhre eingefügt werden können. Dabei wird vermieden, dass die übrige Röntgenröhre beschädigt wird. Das Loslösen und Wiedereinfügen eines Bauteils kann mit dem Verfahren einmalig oder auch mehrmalig auf sichere Weise durchgeführt werden. Im Falle, dass der erste und zweite Opferbereich identisch sind, befindet sich der erste Opferbereich an der derselben Position in der Röntgenröhre wie der zweite Opferbereich.

[0042] Eine Alternative zu der vorgenannten Variante des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Ausgangs-Röntgenröhre und die Ziel-Röntgenröhre verschieden sind. Das erfindungsgemäße Verfahren kann die Wiederverwendung von Röntgenröhren vorteilhaft erheblich kostengünstiger ausgestalten, dadurch dass funktionstüchtige Bauteile aus einer schadhafte Röntgenröhre gelöst werden, ohne die Bauteile dabei derart zu beschädigen, dass ihre Funktionsfähigkeit verloren geht. Die Bauteile können dann auf sichere Weise in andere Röntgenröhren eingefügt werden, beispielsweise wenn deren entsprechende Bauteile beschädigt sind.

[0043] Eine weitere Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass zu Beginn von Schritt d) der zweite Opferbereich und der Bauteil-Opferbereich unterschiedliche Höhen aufweisen, insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich wenigstens $300\mu\text{m}$ beträgt, bevorzugt mit $300\mu\text{m} \leq dH \leq 600\mu\text{m}$. Der Höhenunterschied kann als Unterschied der Position der äußeren Enden von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich in Richtung entlang ihrer (gemeinsamen) Erstreckungsrichtung von dem jeweiligen Funktionsbereich

weg bzw. senkrecht zur angrenzenden Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs (im angebrachten Zustand des Bauteils an der Ziel-Röntgenröhre) bestimmt werden. Die (einzelne absolute) Höhe des jeweiligen Opferbereichs kann (im angebrachten Zustand des Bauteils an der Ziel-Röntgenröhre) als Abstand des zugehörigen äußeren Endes zu einer Geraden, die im Querschnitt des zweiten Funktionsbereichs, des zweiten Opferbereichs und des Bauteils tangential an der an den zweiten Opferbereich angrenzenden Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs verläuft, gemessen werden. Unter dem Querschnitt wird ein Schnitt in einer Schnittebene verstanden, die sich durch den zweiten Funktionsbereich und den zweiten Opferbereich und das Bauteil erstreckt, bevorzugt in Richtung einer Normalen der an den zweiten Opferbereich angrenzenden Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs. Wenn auf einen Ausgleich der Höhen verzichtet wird (und entsprechend ein ggf. größerer Höhenunterschied akzeptiert wird), ist das Verfahren bis einschließlich Schritt c) besonders einfach. Allerdings müssen auch ggf. größere Höhenunterschiede in Schritt d) überwunden werden. Dafür kann beispielsweise Löten verwendet werden, oder beim Schweißen eine schräge Laserführung eingerichtet werden. Unterschiedliche Höhen der Opferbereiche können z.B. dadurch auftreten, dass Bauteile und Röntgenröhren verwendet werden, deren Opferbereiche im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens unterschiedlich oft abgetragen wurden, etwa bei einer unterschiedlich häufigen Wiederverwendung, oder wenn die Schweißnähte der Komponenten eine unterschiedliche Tiefe aufgewiesen haben, bevor sie abgetrennt wurden, also unterschiedliche Längen abgetragen wurden.

[0044] Eine alternative Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zu der vorgenannte Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass zu Beginn von Schritt d) der zweite Opferbereich und der Bauteil-Opferbereich näherungsweise gleiche Höhen aufweisen, insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich und Bauteilopferbereich weniger als $300\ \mu\text{m}$ beträgt, bevorzugt mit $dH \leq 100\ \mu\text{m}$. Bei näherungsweise gleichen Höhen ist das materialschlüssige Verbinden in Schritt d) besonders einfach, und insbesondere mittels Laserschweißen von senkrecht oben auf einfache Weise möglich. Bei typischen Schweißtiefen des Laserschweißens von $200\text{--}300\ \mu\text{m}$ kann bei geringen Höhenunterschieden, insbesondere mit $dH \leq 100\ \mu\text{m}$, die materialschlüssige Verbindung leicht hergestellt werden. Mit Schweißtiefen von ca. $400\ \mu\text{m}$, die beispielsweise durch etwas kleinere Vorschubgeschwindigkeiten oder etwas längere Verweildauern des Laserstrahl erreicht werden können, kann auch ein Höhenunterschied von $300\ \mu\text{m}$ noch leicht überbrückt werden. Insbesondere kann dann auch leicht eine Vakuumdichtheit erreicht werden. Ein kleiner oder vernachlässigbarer Höhenunterschied zu Beginn von Schritt d) wird meist durch vorausgehende Ausgleichsmaßnahmen erreicht (siehe unten).

[0045] Eine Weiterbildung der vorgenannten Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Verringerung eines zu Beginn von Schritt d) vorliegenden Höhenunterschieds von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich in einem Schritt c'), der vor oder zusammen mit Schritt c) und vor Schritt d) erfolgt, ein unteres Ausgleichselement an der Ziel-Röntgenröhre im Bereich des zweiten Opferbereichs angeordnet wird, und das im Rahmen von Schritt c) an der Ziel-Röntgenröhre angeordnete Bauteil nach Schritt c) auf dem unteren Ausgleichselement aufsitzt, insbesondere wobei das untere Ausgleichselement an einen Anschlag angelegt wird, den die Ziel-Röntgenröhre ausbildet, bevorzugt im Bereich des zweiten Opferbereichs. Die Gesamtheit von unterem Ausgleichselement und Bauteil-Opferbereich ergeben dann effektiv eine größere Höhe des äußeren Endes des Bauteil-Opferbereichs im an der Ziel-Röntgenröhre angeordnetem Zustand. Für diese Ausgleichsmaßnahme verlaufen die Kontaktflächen typischerweise parallel zur Fügerrichtung. Vorteilhaft kann durch das Verwenden des unteren Ausgleichselements auf einfache, zeitsparende und kostengünstige Weise das äußere Ende des Bauteil-Opferbereichs an das äußere Ende des zweiten Opferbereichs herangeführt werden. Typischerweise werden unterschiedlich hohe, untere Ausgleichselemente in einer Recyclingstation vorgehalten.

[0046] Eine alternative Weiterbildung der vorgenannten Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Verringerung eines zu Beginn von Schritt d) vorliegenden Höhenunterschieds von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich in einem Schritt c"), der vor oder nach Schritt c) und vor Schritt d) erfolgt, ein oberes Ausgleichselement mit dem Bauteil-Opferbereich oder dem zweiten Opferbereich an dessen Oberseite materialschlüssig verbunden wird, insbesondere vakuumdicht verbunden wird, sodass der betroffene Opferbereich danach ein neues äußeres Ende ausbildet, das gegenüber dem bisherigen äußeren Ende eine größere Höhe aufweist. Das obere Ausgleichselement kann insbesondere auf dem Bauteil-Opferbereich oder dem zweiten Opferbereich aufgeschweißt werden. Auch hierdurch ist es möglich, einen Höhenunterschied der Opferbereiche zu schaffen. Insbesondere ist es auch möglich, die Opferbereiche wieder zu verlängern, sodass im Grundsatz beliebig viele Recyclingzyklen ermöglicht werden. Darüber hinaus gewährleistet der Materialschluss von oberem Ausgleichselement und dem jeweiligen Opferbereich eine relativ zu dem betreffenden Opferbereich unveränderliche Position des neuen äußeren Endes des betreffenden Opferbereichs. Dies vereinfacht zum Beispiel ein anschließendes Verbinden der Enden der Opferbereiche gemäß Schritt d). Typischerweise werden unterschiedlich hohe, obere Ausgleichselemente in einer Recyclingstation vorgehalten.

[0047] Eine weitere alternative Weiterbildung der vorgenannten Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Verringerung eines zu Beginn von Schritt d) vorliegenden Höhenunterschieds von zweitem Opferbereich

und Bauteil-Opferbereich in einem Schritt c''), der vor oder nach dem Schritt c) und vor Schritt d) erfolgt, ein Endabschnitt des zweiten Opferbereichs und/oder des Bauteil-Opferbereichs abgetragen wird, sodass der betroffene Opferbereich danach ein neues äußeres Ende ausbildet, das gegenüber dem bisherigen äußeren Ende eine geringere Höhe aufweist. Durch das Abtragen des Endabschnitts wird das überstehende äußere Ende auf einfache Weise an das andere äußere Ende (zumindest näherungsweise) angeglichen. Das Abtragen ermöglicht vorteilhaft eine zu einem jeweiligen Zeitpunkt während des Abtragens nur lokal ausgeprägte und gut kontrollierbare Veränderung der Höhe des jeweiligen Opferbereichs. Dies betrifft insbesondere ein Abtragen durch Abfräsen oder Abdrehen.

[0048] Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Höhe des ersten Opferbereichs und/oder eine Höhe des Bauteil-Opferbereichs vor Schritt a) wenigstens 1 mm beträgt, insbesondere 1 mm bis 5 mm beträgt,

und dass eine Höhe des zweiten Opferbereichs und/oder eine Höhe des Bauteil-Opferbereichs zu Beginn von Schritt d) wenigstens 0,7 mm beträgt, insbesondere 0,7 mm bis 4,7 mm beträgt. Die angegebenen Mindesthöhen stellen sicher, dass bei Durchführung des Verfahrens die Funktionsbereiche der Röntgenröhren und des Bauteils mit großer Sicherheit nicht beschädigt werden. Bei größeren Höhen kann zudem eine größere Anzahl von Wiederverwendungen der Röntgenröhren und/oder Bauteile erfolgen.

[0049] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird das Verfahren mit demselben Bauteil wiederholt durchgeführt, wobei jeweils die Ziel-Röntgenröhre eines vorhergehenden Verfahrensdurchgangs dieselbe Röntgenröhre ist wie die Ausgangs-Röntgenröhre eines nachfolgenden Verfahrensdurchgangs. Durch mehrfaches Recycling des Bauteils kann eine besonders große Kosteneinsparung erzielt werden.

[0050] In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch eine Röntgenröhren-Anordnung, umfassend eine Ziel-Röntgenröhre mit einem Bauteil, wobei die Ziel-Röntgenröhre einen zweiten Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich angrenzt, wobei der kragenförmige zweite Opferbereich von einer Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei das Bauteil einen Bauteil-Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich angrenzt, wobei der Bauteil-Opferbereich von einer Oberfläche des Bauteil-Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei der Bauteil-Opferbereich eine Bauteil-Kontaktfläche und der zweite Opferbereich eine zweite Kontaktfläche aufweisen, wobei die Bauteil-Kontaktfläche parallel zur zweiten Kontaktfläche des kragenförmigen zweiten Opferbereichs an dem zweiten Opferbereich verläuft und an der zweiten Kontaktfläche anliegt, und die äußeren Enden des zweiten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs miteinander materialschlüssig

verbunden sind, ist dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Opferbereich und der Bauteil-Opferbereich unterschiedliche Höhen aufweisen,

5 insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich wenigstens 300 μm beträgt, bevorzugt mit $300 \mu\text{m} \leq dH \leq 600 \mu\text{m}$,
 10 insbesondere wobei die Röntgenröhren-Anordnung hergestellt wurde gemäß der vorgenannten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich wenigstens 300 μm beträgt.

15 **[0051]** Die Höhen bzw. der Höhenunterschied werden bestimmt ohne einen Schweißwulst (oder ähnliche Verbindungsstrukturen) an den äußeren Enden der Opferbereiche. Durch Inkaufnahme eines merklichen Höhenunterschieds können Ausgleichsmaßnahmen für die Höhen der Opferbereiche vermieden werden, und eine entsprechende recycelte Röntgenröhre/Ziel-Röntgenröhre kann besonders einfach und kostengünstig erhalten werden.

20 **[0052]** Ebenso fällt in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Röntgenröhren-Anordnung, umfassend eine Ziel-Röntgenröhre mit einem Bauteil,

30 wobei die Ziel-Röntgenröhre einen zweiten Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich angrenzt, wobei der kragenförmige zweite Opferbereich von einer Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei das Bauteil einen Bauteil-Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich angrenzt, wobei der Bauteil-Opferbereich von einer Oberfläche des Bauteil-Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist,

35 wobei der Bauteil-Opferbereich eine Bauteil-Kontaktfläche und der zweite Opferbereich eine zweite Kontaktfläche aufweisen, wobei die Bauteil-Kontaktfläche parallel zur zweiten Kontaktfläche des kragenförmigen zweiten Opferbereichs an dem zweiten Opferbereich verläuft und an der zweiten Kontaktfläche anliegt, und die äußeren Enden des zweiten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs miteinander materialschlüssig verbunden sind, wobei der zweite Opferbereich und der Bauteil-Opferbereich näherungsweise gleiche Höhen aufweisen,
 40 insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich weniger als 300 μm beträgt, bevorzugt mit $dH \leq 100 \mu\text{m}$, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil auf einem unteren Ausgleichselement aufgesetzt ist, welches im Bereich des zweiten Opferbereichs an der Ziel-Röntgenröhre angeordnet ist,

insbesondere wobei die Röntgenröhren-Anordnung hergestellt wurde gemäß der vorgenannten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der ein unteres Ausgleichselement an der Ziel-Röntgenröhre im Bereich des zweiten Opferbereichs angeordnet wird. Vorteilhaft ist bei einer solchen Röntgenröhren-Anordnung durch das Verwenden des unteren Ausgleichselements auf einfache, zeitsparende und kostengünstige Weise das äußere Ende des Bauteil-Opferbereichs an das äußere Ende des zweiten Opferbereichs herangeführt worden. Das materialschlüssige Verbinden der äußeren Enden ist entsprechend einfach möglich, insbesondere auch vakuumdicht.

[0053] Zudem fällt in den Rahmen der vorliegenden Erfindung eine weitere Röntgenröhren-Anordnung, umfassend eine Ziel-Röntgenröhre mit einem Bauteil,

wobei die Ziel-Röntgenröhre einen zweiten Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich angrenzt, wobei der kragenförmige zweite Opferbereich von einer Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist, wobei das Bauteil einen Bauteil-Funktionsbereich aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich angrenzt, wobei der Bauteil-Opferbereich von einer Oberfläche des Bauteil-Funktionsbereichs hervorsteht und ein äußeres Ende aufweist,

wobei der Bauteil-Opferbereich eine Bauteil-Kontaktfläche und der zweite Opferbereich eine zweite Kontaktfläche aufweisen, wobei die Bauteil-Kontaktfläche parallel zur zweiten Kontaktfläche des kragenförmigen zweiten Opferbereichs an dem zweiten Opferbereich verläuft und an der zweiten Kontaktfläche anliegt, und die äußeren Enden des zweiten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs miteinander materialschlüssig verbunden sind, wobei der zweite Opferbereich und der Bauteil-Opferbereich näherungsweise gleiche Höhen aufweisen, insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich und Bauteil-Opferbereich weniger als $300\text{ }\mu\text{m}$ beträgt, bevorzugt mit $dH \leq 100\text{ }\mu\text{m}$, dadurch gekennzeichnet, dass der Bauteil-Opferbereich oder der zweite Opferbereich ein aufgeschweißtes oberes Ausgleichselement aufweist, durch welches das äußere Ende des betroffenen Opferbereichs ausgebildet ist, insbesondere wobei die Röntgenröhren-Anordnung hergestellt wurde gemäß der vorgenannten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der ein oberes Ausgleichselement mit dem Bauteil-Opferbereich oder dem zweiten Opferbereich an dessen Oberseite materialschlüssig verbunden wird. Mit dem oberen Ausgleichselement kann ein Höhenausgleich vergleichsweise einfach erfolgen, wobei zudem nötigenfalls die Opferbereiche für weitere Recycling-

zyklen verlängert werden können. Bei einer solchen Röntgenröhren-Anordnung ist zudem das äußere Ende an dem aufgeschweißten Ausgleichselement vorteilhaft unverschieblich an dem betreffenden Opferbereich befestigt. Dies erleichtert z.B. das Verbinden der äußeren Enden der Opferbereiche.

[0054] Eine vorteilhafte Ausführungsform der vorgenannten Röntgenröhren-Anordnungen ist dadurch gekennzeichnet, dass die äußeren Enden des zweiten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs miteinander vakuumdicht verbunden sind. Dadurch kann das Bauteil zur Begrenzung des evakuierten Bereichs der Röntgenröhre, in welchem ein Elektronenstrahl verläuft, mit eingesetzt werden.

[0055] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können 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 Varianten und Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und Zeichnung

[0056]

- Fig. 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch eine Ausgangs-Röntgenröhre für die Erfindung;
- Fig. 2 zeigt schematisch einen vergrößerten Ausschnitt des Querschnitts durch die Ausgangs-Röntgenröhre von Fig. 1 im Bereich eines Röntgenfensters der Röntgenröhre;
- Fig. 3 zeigt für die Ausgangs-Röntgenröhre von Fig. 2 schematisch das Abtragen eines äußeren Endes des ersten Opferbereichs der Ausgangs-Röntgenröhre und eines äußeren Endes des Bauteil-Opferbereichs des Röntgenfensters;
- Fig. 4 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ausgangs-Röntgenröhre von Fig. 3 im Bereich des Röntgenfensters, wobei das Bauteil in Form des Röntgenfensters nach dem erfindungsgemäßen Verfahren von dem ersten Opferbereich der Ausgangs-Röntgenröhre gelöst wurde;
- Fig. 5 zeigt das Entfernen des Bauteils von der Ausgangs-Röntgenröhre von Fig. 4;
- Fig. 6 zeigt schematisch einen Querschnitt durch ei-

- ne Ziel-Röntgenröhre, wobei das Bauteil von Fig. 5 in eine Einführ-Ausnehmung der Ziel-Röntgenröhre eingeschoben wird;
- Fig. 7 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ziel-Röntgenröhre und das Bauteil von Fig. 6 nachdem das Bauteil bis zum Anschlag eingeschoben ist;
- Fig. 8 zeigt für die Ziel-Röntgenröhre von Fig. 7 schematisch ein Verschweißen des zweiten Opferbereichs und des Bauteil-Opferbereichs;
- Fig. 9 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ziel-Röntgenröhre und das Bauteil von Fig. 8, wobei die Opferbereiche der Ziel-Röntgenröhre und des Bauteils miteinander verschweißt sind;
- Fig. 10 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre und das Bauteil, wobei Opferbereiche der Ziel-Röntgenröhre und des Bauteils einen vergleichsweise kleinen Höhenunterschied aufweisen;
- Fig. 11 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre und das Bauteil, wobei Opferbereiche der Ziel-Röntgenröhre und des Bauteils einen vergleichsweise großen Höhenunterschied aufweisen;
- Fig. 12 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform einer Röntgenröhren-Anordnung, wobei Opferbereiche der Röntgenröhren-Anordnung einen vergleichsweise großen Höhenunterschied aufweisen;
- Fig. 13 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform der Röntgenröhren-Anordnung mit einem unteren Ausgleichselement;
- Fig. 14 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform der Röntgenröhren-Anordnung mit einem oberen Ausgleichselement;
- Fig. 15 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre und das Bauteil, wobei ein Endabschnitt des zweiten Opferbereichs abgetragen wird;
- Fig. 16 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre und ein Bauteil, mit jeweils geneigten Kontaktflächen;
- Fig. 17 zeigt schematisch einen Querschnitt durch ei-
- ne Anode und einen Anodenrahmen einer Ziel-Röntgenröhre in einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung;
- Fig. 18 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Röntgenkopfes und eines Röhregrundkörpers.
- [0057]** Fig. 1 zeigt beispielhaft einen Querschnitt durch eine Ausgangs-Röntgenröhre **20** für die Erfindung, ausgehend von der in den Figuren 1 bis 9 eine beispielhafte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überführen eines Bauteils **12c** von einer Ausgangsröntgenröhre **20** in eine Ziel-Röntgenröhre **37^I**, also ein Recycling des Bauteils **12c** im Rahmen eines Recyclingzyklus, illustriert wird.
- [0058]** Zunächst wird für die Ausgangs-Röntgenröhre **20** deren normale Funktion erläutert; entsprechendes gilt auch für die Ziel-Röntgenröhre (siehe weiter unten).
- [0059]** Zur Erzeugung und Emission von Röntgenstrahlen (nicht gezeigt) weist die Ausgangs-Röntgenröhre **20** einen Röhrenkopf **2^I** mit einem Kathodengehäuse **3** und einer Anode **4** auf, wobei der Röhrenkopf **2^I** an einem Grundkörper **5^I** der Ausgangs-Röntgenröhre **20** vakuumdicht befestigt ist. In einem evakuierten Raum des Röhrenkopfs **2^I** befindet sich eine Glühkathode **6**, wobei bei Erhitzen der Glühkathode **6** aus der Glühkathode **6** Elektronen (nicht gezeigt) austreten. Die Elektronen werden unter Einfluss einer hier auf Masse liegenden Schirmung **7** auf eine Oberseite der Anode, das Target **8**, hin beschleunigt. Beim Auftreffen auf die Anode **4** werden die Elektronen abgebremst, wodurch Röntgenstrahlung erzeugt wird (Bremsstrahlung sowie für das Targetmaterial charakteristische Röntgenstrahlung). Die Röntgenstrahlung tritt durch ein Bauteil **12c** in Form eines Röntgenfensters **9^{II}**, hier ein Berylliumfenster, aus der Ausgangs-Röntgenröhre **20** aus, sodass mit der Röntgenstrahlung Messungen oder Bildaufnahmen durchgeführt werden können.
- [0060]** Bei dem Auftreffen auf die Anode **4** erhitzen die Elektronen die Anode **4**. Um ein zu starkes Erwärmen oder gar Aufschmelzen der Anode **4** zu verhindern, wird der Anode **4** durch eine Zulaufleitung **67** und eine Ab-
 45 laufleitung **68** mit einem Kühlmittel (nicht gezeigt) beaufschlagt.
- [0061]** Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das das Bauteil **12c**, also das Röntgenfenster **9^{II}**, von der Ausgangs-Röntgenröhre **20** in eine Ziel-Röntgenröhre **37^I** überführt und dadurch wiederverwendet, etwa wenn die Ausgangs-Röntgenröhre **20** einen Defekt hat. Dafür sind die Ausgangs-Röntgenröhre **20** und das Bauteil **12c** gemäß der Erfindung besonders ausgebildet.
- [0062]** Die Ausgangs-Röntgenröhre **20** ist nahe dem Röntgenfenster **9^{II}** mit einem ersten Funktionsbereich **21** und einem ersten Opferbereich **23** ausgebildet. Der erste Funktionsbereich **21** umfasst hier einen stirnseitigen Teil des Kathodengehäuses **3**. Der erste Opferbereich steht von dem angrenzenden ersten Funktionsbereich **23** kra-

genförmig nach außen ab, und hat hier die Form eines Zylinderrohrs.

[0063] Das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} weist einen Bauteil-Funktionsbereich 25 auf, in welchem eine Fensterplatte 14 aus Beryllium gehalten ist. Ein Bauteil-Opferbereich 26 steht von dem angrenzenden Bauteil-Funktionsbereich 25 nach außen hin ab.

[0064] Zum Halten des Röntgenfensters 9^{II} an der Ausgangs-Röntgenröhre 20 sind der erste Opferbereich 23 und der Bauteil-Opferbereich 26 an ihren äußeren Enden durch einen Materialschluss 10 miteinander verbunden. Der Materialschluss 10 wird hier durch eine Schweißnaht 11 ausgebildet. Alternativ können der erste Opferbereich 23 und der Bauteil-Opferbereich 26 beispielsweise auch durch Löten miteinander verbunden sein.

[0065] Fig. 2 zeigt schematisch einen vergrößerten Ausschnitt des Querschnitts durch die Ausgangs-Röntgenröhre 20 im Bereich des Röntgenfensters 9^{II}.

[0066] Das Röntgenfenster 9^{II} umfasst die Fensterplatte 14 aus Beryllium und einen Fensterrahmen 15, der die Fensterplatte 14 hält; der Fensterrahmen wird im Wesentlichen durch den Bauteil-Funktionsbereich 25 und den Bauteil-Opferbereich 26 ausgebildet, wobei die eigentliche Haltefunktion für die Fensterplatte im Bereich des Bauteil-Funktionsbereichs 25 liegt. Der Fensterrahmen 15 ist in einer Fensterzarge 16 der Ausgangs-Röntgenröhre 20 angeordnet und befestigt ist. Die Fensterzarge 16 wird im Wesentlichen durch den ersten Opferbereich 23 und einen inneren, dem Röntgenfenster 9^{II} zugewandten Teil des ersten Funktionsbereichs 21 ausgebildet. Zur Positionierung des Röntgenfensters 9^{II} ist der Fensterrahmen 15 auf einem Anschlag 19 angeordnet, der mit der Fensterzarge 16 fest verbunden ist, insbesondere materialschlüssig.

[0067] Die Ausgangs-Röntgenröhre 20 ist mit dem ersten Funktionsbereich 21 ausgebildet, an dem auch der Anschlag 19 befestigt ist. Der erste Funktionsbereich 21 grenzt mit einer (hier virtuellen) ersten Zwischenfläche 22 an den ersten Opferbereich 23 der Ausgangs-Röntgenröhre 20 an. Von einer Oberfläche 24 des ersten Funktionsbereichs 21 erstreckt sich der erste Opferbereich 23 hier in einer Richtung einer Normalen **NO1** der Oberfläche 24 des ersten Funktionsbereichs 21 weg. Der erste Opferbereich 23 bildet einen Teil der Fensterzarge 16, wobei von dem ersten Opferbereich 23 Material entfernt werden kann, ohne dass die Fensterzarge 16 in ihrer Funktionsfähigkeit eingeschränkt wird. Der erste Opferbereich 23 ist kragenförmig insbesondere mit der Form eines Zylinderrohrs ausgebildet.

[0068] Das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} weist entsprechend den Bauteil-Funktionsbereich 25 auf. Der Bauteil-Funktionsbereich 25 umfasst Teilbereiche des Bauteils 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II}, die für das Funktionieren des Röntgenfensters 9^{II} notwendig sind, hier den Fensterrahmen 15, der für das Halten des Röntgenfensters 9^{II} an der Fensterzarge 16 erforderlich ist. An den Bauteil-Funktionsbereich 25 grenzt der Bauteil-Opferbereich 26 mit einer (hier virtuellen)

Bauteil-Zwischenfläche 27 an. Der Bauteil-Opferbereich 26 erstreckt sich hier in einer Richtung einer Normalen **NOB** einer Oberfläche 28 des Bauteil-Funktionsbereichs 25 von der Oberfläche 28 weg. Der Bauteil-Opferbereich 26 kann ähnlich dem ersten Opferbereich 23 ganz oder teilweise entfernt werden, ohne die Funktionsfähigkeit des Bauteils 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} einzuschränken. In dem in Fig. 2 gezeigten Fall bildet eine radial außen liegende Seitenwand 29 des Bauteils 12c eine Bauteil-Kontaktfläche 30 des Bauteil-Opferbereichs 26 aus.

[0069] Um das Röntgenfenster 9^{II} fest mit der Fensterzarge 16 zu verbinden, hier vakuumdicht zu verbinden, sind in dem illustrierten Beispiel ein äußeres Ende 31 des ersten Opferbereichs 23 und ein äußeres Ende 32 des Bauteil-Opferbereichs 26 miteinander verschweißt. Dabei ist das äußere Ende 31 des ersten Opferbereichs 23 ein von dem ersten Funktionsbereich 21 abgewandtes Ende des ersten Opferbereichs 23. Entsprechend ist das äußere Ende 32 des Bauteil-Opferbereichs 26 ein von dem Bauteil-Funktionsbereich 25 abgewandtes Ende des Bauteil-Opferbereichs 26. Die Schweißnaht 11 ist in äußeren Teilen 33, 34 des jeweiligen Opferbereichs 23, 26 ausgebildet, wobei sich die äußeren Teile 33, 34 von den äußeren Enden 31, 32 in Richtung des jeweiligen Funktionsbereichs 21, 25 bis zu einer gestrichelt dargestellten Schneidlinie **SL** erstrecken (mehr dazu unten).

[0070] Unterhalb der Schweißnaht 11 in Richtung des jeweiligen Funktionsbereichs 21, 25 weist der erste Opferbereich 23 eine radial innen liegende erste Kontaktfläche 65 und der Bauteil-Opferbereich 26 die Bauteil-Kontaktfläche 30 auf. Die Kontaktflächen 30, 65 verlaufen parallel zueinander und liegen aneinander an.

[0071] Der Ausgangs-Röntgenröhre 20 soll nun das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} entnommen werden. Die Entnahme des Röntgenfensters 9^{II} kann zum Beispiel dadurch veranlasst sein, dass die Ausgangs-Röntgenröhre 20 defekt ist, das Röntgenfenster 9^{II} aber noch funktionsfähig, sodass das Röntgenfenster 9^{II} wiederverwendet werden kann.

[0072] Die Fig. 2 zeigt die Ausgangssituation vor Beginn des Schrittes a) des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0073] Fig. 3 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ausgangs-Röntgenröhre 20 im Bereich des Bauteils 12c, wobei nun im Rahmen von Schritt a) des Verfahrens an die Opferbereiche 23, 26 ein Fräskopf 69 herangeführt wird, mit dem die äußeren Teile 33, 34 einschließlich der Schweißnaht 11 abgefräst werden; die Fräsung erfolgt entlang bzw. bis zur der Schneidlinie **SL**. Dadurch können die Opferbereiche 23, 26 voneinander gelöst werden, um das Bauteil 12c von der Ausgangs-röntgenröhre 20 zu entfernen.

[0074] Fig. 4 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ausgangs-Röntgenröhre 20 im Bereich des Bauteils 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} nach Schritt a), also wobei die äußeren Teile 33, 34 (siehe Fig. 2) des

ersten Opferbereichs 23 und des Bauteil-Opferbereichs 26 abgetragen wurden, im gezeigten Beispiel durch Abfräsen (vgl. Fig. 3) oder alternativ auch Abdrehen (nicht näher dargestellt). Die Opferbereiche 23, 26 sind daher um eine den äußeren Teilen 33, 34 (siehe Fig. 2) entsprechende Strecke gekürzt. Durch das Abtragen der äußeren Teile 33, 34 wurde daher ein neues äußeres Ende **35a** des ersten Opferbereichs 23 und ein erstes neues äußeres Ende **36a** des Bauteil-Opferbereichs 26 erzeugt. Mit den äußeren Teilen 33, 34 der Opferbereiche 23, 26 wurde zugleich die Schweißnaht 11 abgetragen, sodass die Opferbereiche 23, 26 voneinander gelöst sind, und nunmehr gegeneinander bewegt werden können. Damit ist auch das Röntgenfenster 9^{II} von dem ersten Opferbereich 23 gelöst und kann der Fensterzarge 16 entnommen werden.

[0075] Fig. 5 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ausgangs-Röntgenröhre 20, wobei nun im Rahmen von Schritt b) des Verfahrens das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} der Ausgangs-Röntgenröhre 20 in einer Entnahmerichtung **ER** entnommen wird.

[0076] Nach der Entnahme steht das Bauteil 12c (unbeschadet einer etwaigen Reparatur oder Regeneration) dafür bereit, anderweitig wiederverwendet zu werden; ggf. kann auch die Ausgangs-Röntgenröhre 20 wiederverwertet werden. Im Rahmen seiner Wiederverwendung wird das Bauteil 12c dann in einer Ziel-Röntgenröhre 37^I verbaut, wie nachfolgend erläutert wird.

[0077] Fig. 6 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Ausführungsform einer Ziel-Röntgenröhre 37^I, wobei das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} im Rahmen eines Schrittes c) in einer Fügerrichtung **FR** in eine Fensterzarge 38 der Ziel-Röntgenröhre 37^I eingeschoben wird. Die Ziel-Röntgenröhre 37^I hat zumindest im Bereich der Fensterzarge 38 im Wesentlichen die gleiche Gestalt wie die Ausgangs-Röntgenröhre 20 im Bereich der dortigen Fensterzarge 16 (vgl. Fig. 1 oder 2). Man beachte, dass die Ziel-Röntgenröhre 37^I dieselbe Röntgenröhre wie die Ausgangs-Röntgenröhre 20 sein kann (wobei typischerweise nach Schritt b) und vor Schritt c) eine Reparatur oder Regeneration der Röntgenröhre erfolgte, die ein Herauslösen des Röntgenfensters 9^{II} erforderte, oder eine Reparatur oder Regeneration des Röntgenfensters 9^{II} erfolgte, die ein Herauslösen des Röntgenfensters 9^{II} erforderte), oder eine andere Röntgenröhre sein kann.

[0078] Die Ziel-Röntgenröhre 37^I ist mit einem zweiten Funktionsbereich 39 ausgebildet, der einen stirnseitigen Teil der Außenwand 40 der Ziel-Röntgenröhre 37, hier des Kathodengehäuses, ausbildet. Der zweite Funktionsbereich 39 grenzt mit einer (hier virtuellen) zweiten Zwischenfläche 41 an einen zweiten Opferbereich 42^I der Ziel-Röntgenröhre 37^I an. Der zweite Opferbereich 42^I erstreckt sich hier in einer Richtung einer Normalen **NO2** einer Oberfläche 43 des zweiten Funktionsbereichs 39 von der Oberfläche 43 weg. Der zweite Opferbereich 42^I bildet zusammen mit einem radial innen liegenden Teil des zweiten Funktionsbereichs die Fensterzarge 38

aus, wobei von dem zweiten Opferbereich 42^I Material entfernt werden kann, ohne dass die Fensterzarge 38 in ihrer Funktionsfähigkeit eingeschränkt wird. Der zweite Opferbereich 42^I ist kragenförmig insbesondere mit der Form eines Zylinderrohrs ausgebildet. Der zweite Opferbereich 42^I weist ein äußeres Ende **44** auf, wobei dieses äußere Ende 44 ein von dem zweiten Funktionsbereich 39 abgewandtes Ende des zweiten Opferbereichs 42^I ist.

[0079] Eine Innenwand 45 des zweiten Opferbereichs 42^I umgrenzt eine Einführ-Ausnehmung 46, in welche das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} in der Fügerrichtung **FR** eingeschoben wird. Die Innenwand 45 des zweiten Opferbereichs 42^I bildet eine zweite Kontaktfläche 47 aus, wobei die Seitenwand 29 des Bauteils 12c parallel zu der Innenwand 45 des zweiten Opferbereichs 42 verläuft und beim Einschieben an dieser Innenwand 45 angelegt wird. Die zweite Kontaktfläche 47 verläuft auch parallel zu der Fügerrichtung **FR**. In der Einführ-Ausnehmung 46 ist ein Anschlag 48 ausgebildet, der die richtige Positionierung des Bauteils 12c unterstützt.

[0080] Fig. 7 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ziel-Röntgenröhre 37^I, wobei das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} in den zweiten Opferbereich 42^I und den zweiten Funktionsbereich 39 der Ziel-Röntgenröhre 37^I nunmehr eingeschoben ist und an dem Anschlag 48 aufliegt, entsprechend der Situation nach Schritt c) des Verfahrens.

[0081] Man beachte, dass im illustrierten Beispiel eine Höhe H2 des zweiten Opferbereichs 42^I und eine Höhe HB des Bauteil-Opferbereichs 26 gleich groß sind; die Höhen werden hier jeweils gemessen über einer Geraden HG, die im Querschnitt entlang der Oberfläche 43 des zweiten Funktionsbereichs 39 liegt. Mit anderen Worten, ein zugehöriger Höhenunterschied dH beträgt hier Null. Diese Situation ist für eine nachfolgende Verbindung des zweiten Opferbereichs 42^I und der Bauteil-Opferbereichs 26 besonders günstig. Man beachte, dass im Falle von größeren Höhenunterschieden, die beispielsweise bei einer zunächst testweisen Anordnung des Bauteils an der Ziel-Röntgenröhre 37^I erkannt werden können, auch Ausgleichsmaßnahmen getroffen werden können. Die Ausgleichsmaßnahmen werden meist vor oder zusammen mit dem (endgültigen, der material-schlüssigen Verbindung vorausgehenden) Schritt c) getroffen, seltener nach dem (endgültigen, der material-schlüssigen Verbindung vorausgehenden) Schritt c) (siehe weiter unten).

[0082] Fig. 8 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ziel-Röntgenröhre 37^I, mit dem Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II}, wobei im Rahmen von Schritt d) der zweite Opferbereich 42^I der Ziel-Röntgenröhre 37^I und der Bauteil-Opferbereich 26 in dem gezeigten Beispiel miteinander durch einen Laserstrahl 70 aus einem Laserkopf 71 durch Verschweißen verbunden werden. Der Laserstrahl 70 wird hier näherungsweise senkrecht von oben auf die äußeren Enden 32, 44 der Opferbereiche 26, 42^I gerichtet. Typische Materialien der Opferbereiche 26, 42^I, die auch für eine Verschweißung

gut geeignet sind, sind Edelstahl, Kupfer oder Aluminium, wobei bevorzugt beide Opferbereiche 26, 42^I aus dem gleichen Material gefertigt sind.

[0083] Fig. 9 zeigt schematisch einen Querschnitt durch die Ziel-Röntgenröhre 37^I und das Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II} nach Ende des Schrittes d) des Verfahrens. Die äußeren Enden 32, 44 des zweiten Opferbereichs 42^I und des Bauteil-Opferbereichs 26 sind materialschlüssig verbunden, hier durch eine Schweißnaht 11, wodurch das Bauteil 12c an dem zweiten Opferbereich 42^I befestigt ist. Dabei weisen die äußeren Enden 32, 44 des zweiten Opferbereichs 42^I und des Bauteil-Opferbereichs 26 die gleichen Höhen H₂, H_B auf. Die Höhen H₂, H_B können dabei jeweils als Abstand des jeweiligen äußeren Endes 32, 44 zu einer Geraden H_G, die im Querschnitt des zweiten Funktionsbereichs 39, des zweiten Opferbereichs 42^I und des Bauteils 12c tangential an der an den zweiten Opferbereich 42^I angrenzenden Oberfläche 43 des zweiten Funktionsbereichs 39 verläuft, gemessen werden.

[0084] Damit ist der illustrierte Recyclingzyklus für das Bauteil 12c abgeschlossen. Man beachte, dass sich weitere Recyclingzyklen für das Bauteil 12c anschließen können, wobei die bisherige Ziel-Röntgenröhre 37^I zur Ausgangs-Röntgenröhre eines nächsten Recyclingzyklus wird. Eine Ziel-Röntgenröhre zusammen mit einem recycelten Bauteil wird hier auch als Röntgenröhren-Anordnung 49^{II} bezeichnet.

[0085] In dem oben erläuterten Recyclingzyklus wurde nach dem Einsetzen des Bauteils in die Ziel-Röntgenröhre, also unmittelbar vor Beginn von Schritt d), ein Höhenunterschied dH von Null erhalten, was ohne weitere Maßnahmen in der Regel nur dann gelingt, wenn die Ausgangs-Röntgenröhre und die Ziel-Röntgenröhre eine identische Zahl von Recyclingzyklen absolviert haben, die zudem mit einer identischen Strecke von abgetragenen Längen der Opferbereiche vorgenommen wurden. Letzteres wird vor allem dann erreicht, wenn die Ausgangs-Röntgenröhre jeweils dieselbe Röntgenröhre ist wie die Ziel-Röntgenröhre. Im allgemeinen Fall liegen jedoch meist merkliche Höhenunterschiede dH vor.

[0086] Fig. 10 zeigt einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre 37^{II} und ein Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II}, ähnlich wie in Fig. 7 dargestellt. Dabei weist das äußere Ende 32 des Bauteil-Opferbereichs 26 eine Höhe H_B auf, die geringer ist als die Höhe H₂ des äußeren Ende 44 eines zweiten Opferbereichs 42^{II}. Der Höhenunterschied dH des Bauteil-Opferbereichs 26 und des zweiten Opferbereichs 42^{II} sind hier jedoch vergleichsweise gering, und beträgt beispielsweise weniger als 300 µm, bevorzugt dH ≤ 100 µm. In diesem Fall wird typischerweise von weiteren Höhenausgleichsmaßnahmen abgesehen, und die materialschlüssige Verbindung von Bauteil 12c und Ziel-Röntgenröhre 37^{II} wird mit diesem Höhenunterschied dH ohne Nachteile vorgenommen.

[0087] Fig. 11 zeigt einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre 37^{III} und dem Bauteil 12c in Form des

Röntgenfensters 9^{II}. Dabei weist das äußere Ende 32 des Bauteil-Opferbereichs 26 wiederum eine Höhe H_B auf, die geringer ist als eine Höhe H₂ des äußeren Endes 44 eines zweiten Opferbereichs 42^{III}. Der Höhenunterschied dH ist hier jedoch vergleichsweise groß, und beträgt beispielsweise wenigstens 300 µm, bevorzugt 300 µm ≤ dH ≤ 600 µm.

[0088] Falls gewünscht, kann auch mit dem vergleichsweise großen Höhenunterschied dH der Schritt d) erfolgen, wofür in der Regel besonders geeignete Werkzeuge und Geräte eingesetzt werden, beispielsweise ein Laser mit weit verschwenkbarer Strahlrichtung.

[0089] Fig. 12 zeigt entsprechend einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform einer Röntgenröhren-Anordnung 49^I mit einer Ziel-Röntgenröhre 37^{III} und dem Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II}. Der Höhenunterschied dH des Bauteil-Opferbereichs 26 und des zweiten Opferbereichs 42^{III} beträgt wenigstens 300 µm, bevorzugt 300 µm ≤ dH ≤ 600 µm. Die Schweißnaht 11 verbindet die äußeren Enden 32, 44 der Opferbereiche 26, 42^{III} trotz des vergleichsweise großen Höhenunterschieds dH.

[0090] Alternativ ist es möglich, gemäß der Erfindung zur Vorbereitung des materialschlüssigen Verbindens von Schritt d) vorbereitende Ausgleichsmaßnahmen zu treffen, die nachfolgend erläutert werden.

[0091] Fig. 13 zeigt einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer Röntgenröhren-Anordnung 49^{IV} mit einer Ziel-Röntgenröhre 37^{IV} und dem Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II}. In der Einführ-Ausnehmung 46 der Ziel-Röntgenröhre 37^{IV} wurde auf dem Anschlag 48 in der Einführ-Ausnehmung 46 ein unteres Ausgleichselement 52 angeordnet. Das Bauteil 12c liegt auf dem unteren Ausgleichselement 52 auf. Dadurch weist das äußere Ende 32 des Bauteil-Opferbereichs 26 eine Höhe H_B auf, die gleich ist einer Höhe H₂ des äußeren Ende 44 eines zweiten Opferbereichs 42^{IV}. Dies hat das materialschlüssige Verbinden der beiden äußeren Enden 32, 44, hier durch eine Schweißnaht 11, erleichtert.

[0092] Fig. 14 zeigt einen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform der Röntgenröhren-Anordnung 49^V mit einer Ziel-Röntgenröhre 37^V und dem Bauteil 12c in Form des Röntgenfensters 9^{II}. Mit dem vormaligen äußeren Ende 44 an einer Oberseite 66 eines zweiten Opferbereichs 42^V ist ein oberes Ausgleichselement 53 materialschlüssig, insbesondere vakuumdicht, verbunden. Der Materialschluss 10a erfolgt insbesondere durch ein Verschweißen, sodass zwischen dem oberen Ausgleichselement 53 und dem zweiten Opferbereich 42^V eine Schweißnaht 11a ausgebildet ist. Durch das obere Ausgleichselement 53 bildet der zweite Opferbereich 42^V ein neues äußeres Ende 51b aus, das höher liegt als das bisherige äußere Ende 44 des zweiten Opferbereichs 42^V. Dadurch können die Höhen H_B, H₂ der äußeren Enden 32, 51b der Opferbereiche 26, 42^V angeglichen werden, um das materialschlüssige Verbinden dieser äußeren Enden 32, 51b zu erleichtern.

[0093] Zudem ist es möglich, im Falle eines merklichen Höhenunterschieds des Bauteil-Opferbereichs und des zweiten Opferbereichs den längeren Opferbereich auf die Höhe des kürzeren Opferbereichs einzukürzen. Ein entsprechendes Beispiel illustriert **Fig. 15**. Ein überstehender Endabschnitt **50** des zweiten Opferbereichs **42^{III}** wird durch den Fräskopf **69** abgetragen, sodass der zweite Opferbereich **42^{III}** ein neues äußeres Ende **51a** ausbildet, dessen Höhe **H2** mit der Höhe **HB** des Bauteil-Opferbereichs **26** näherungsweise übereinstimmt. Dadurch wird ein Verschweißen der äußeren Enden **51a**, **32** vereinfacht.

[0094] **Fig. 16** zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Ziel-Röntgenröhre **37^{VI}** und ein Bauteil **12d** in Form eines Röntgenfensters **9^{III}**. Eine zweite Kontaktfläche **54** eines zweiten Opferbereichs **42^{VI}** und eine Bauteil-Kontaktfläche **55** eines Bauteil-Opferbereichs **56** sind in einem Neigungswinkel **NW** zur Fügeichtung **FR** ausgerichtet; der Neigungswinkel beträgt hier ca. 20°. Dadurch haben die zweite Kontaktfläche **54** und die Bauteil-Kontaktfläche **55** jeweils die Form einer Mantelfläche eines Kegelstumpfs. Die zweite Kontaktfläche **54** bildet durch die relativ zur Fügeichtung **FR** geneigte Orientierung einen inhärenten Anschlag **58** für das Bauteil **12d** in Form des Röntgenfensters **9^{III}** aus, an den die Bauteil-Kontaktfläche **55** angelegt wird. Der inhärente Anschlag **58** hat zudem eine selbstzentrierende Wirkung auf das Bauteil **12d**.

[0095] **Fig. 17** zeigt einen Querschnitt durch ein weiteres Bauteil **12e** und eine Ausgangs-Röntgenröhre **20**, bei denen das erfindungsgemäße Verfahren angewendet werden kann. Das Bauteil **12e** ist in Form einer Anode **4a** ausgebildet. Die Anode **4a** hat eine hier blockartige Anodenbasis **4b** (hier gefertigt aus Kupfer), auf deren Oberseite als Target **8a** eine Beschichtung (hier aus Wolfram) ausgebildet ist (In anderen Bauformen kann eine Anodenbasis aus Kupfer auch gleichzeitig mittels einer Oberfläche ein Kupfer-Target zur Verfügung stellen, ohne dass es einer gesonderten Beschichtung bedarf, nicht näher dargestellt). Die Anodenbasis **4b** ist an einer Anodenhalterung **59** der Anode **4a** befestigt. Die Anodenhalterung **59** ist mit einem Anodenrahmen **60** der Ausgangs-Röntgenröhre **20** materialschlüssig, insbesondere vakuumdicht, verbunden. Um ein Loslösen des Bauteils **12e** in Form der Anode **4a** von dem Anodenrahmen **60** unter Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Anode **4a** zu ermöglichen, weist die Anodenhalterung **59** einen Bauteil-Funktionsbereich **61** und in einen Bauteil-Opferbereich **62**, der vom Bauteil-Funktionsbereich **61** absteht, auf. Der Bauteil-Funktionsbereich **61** ist hier ein Teilbereich der Anodenhalterung **59**, der für die bestimmungsgemäße Funktionsfähigkeit der Anodenhalterung **59** wesentlich ist, und hier den Anodenblock **4b** untergreift. Zudem ist der Bauteil-Opferbereich **62** ein Teilbereich der Anodenhalterung **59**, der entfernt werden kann, ohne die bestimmungsgemäße Funktionsfähigkeit der Anodenhalterung **59** einzuschränken oder zu zerstören.

[0096] Entsprechend weist auch der Anodenrahmen

60 einen ersten Funktionsbereich **63** und einen ersten Opferbereich **64**, der vom ersten Funktionsbereich absteht, auf. Die Opferbereiche **62**, **64** sind dabei durch eine Schweißnaht **11** verbunden, um die Anodenhalterung **59** an dem Anodenrahmen **60** zu befestigen. Um die Anode **4a** von dem Anodenrahmen **60** zu lösen, können die Opferbereiche **62**, **64** nach dem erfindungsgemäßen Verfahren (vgl. **Fign. 2 - 9**) im Bereich von äußeren Teilen, einschließlich der Schweißnaht **11**, abgetragen werden. Die Opferbereiche **62**, **64** sind dann voneinander gelöst, sodass die Anode **4a** einschließlich der Anodenhalterung **59** aus dem Anodenrahmen **60** entnommen werden kann. Die Funktionsbereiche **61**, **63** bleiben dabei unverändert, sodass die Anode **4a** und der Anodenrahmen **60** wiederverwendbar sind. Falls notwendig und/oder gewünscht, kann im ausgebauten Zustand des Bauteils **12e**/der Anode **4a** die Anode **4a** regeneriert werden, beispielsweise indem die Beschichtung des Targets **8a** neu aufgebracht wird oder das Target **8a** aufbereitet/aufpoliert wird. In manchen Fällen kann eine Regeneration des Targets **8a** auch dadurch erfolgen, dass die Anode **4a** zwischen Ausbau und erneutem Einbau verdreht oder versetzt wird, und dadurch eine neue Stelle der Beschichtung zum Aufpunkt des Elektronenstrahls wird, und so anschließend effektiv ein neues Target **8a** genutzt wird. Man beachte weiterhin, dass im Falle einer Anode **4a** als Bauteil **12e** bei der Verbindung der Opferbereiche von Bauteil und (übriger) Röntgenröhre eine vakuumdichte Verbindung in der Regel nicht benötigt wird, und auch die Opferbereiche nicht umlaufend geschlossen zu sein brauchen.

[0097] In **Fig. 18** ist für die Erfindung eine Seitenansicht einer Ziel-Röntgenröhre **37^{VII}** gezeigt, wobei die Ziel-Röntgenröhre **37^{VII}** ein Bauteil **12b** in Form eines Röhrenkopfes **2^{II}** und einen Röhregrundkörper **5^{II}** aufweist. Ein weiteres Bauteil **12a** in Form des Röntgenfensters **9^{II}** der Ziel-Röntgenröhre **37^{VII}** ist in einer umlaufenden Röhrenkopfwand **13** des Röhrenkopfes **2^{II}** angeordnet. Beide Bauteile **12b**, **12a** können im Rahmen der Erfindung entnommen und wiederverwendet werden.

[0098] Das Röntgenfenster **9^{II}** weist eine zum Austritt von Röntgenstrahlung ausgebildete Fensterplatte **14** und einen nach außen hervorspringenden Bauteil-Opferbereich **26** auf. Der Bauteil-Opferbereich **26** ist in einem aus der Röhrenkopfwand **13** herausragenden ersten Opferbereich **23** durch eine nicht näher dargestellte Schweißnaht an den ringförmigen, äußeren Enden der Opferbereiche **23**, **26** vakuumdicht miteinander verbunden. Der erste Opferbereich **23** und der Bauteil-Opferbereich **26** sind kragenförmig umlaufend geschlossen und mit der Form eines Zylinderrohrs ausgebildet.

[0099] Der Röhrenkopf **2^{II}** bzw. das Bauteil **12b** weist einen Flansch **17** auf, und der Röhregrundkörper **5^{II}** als (übrige) Ausgangs-Röntgenröhre **20** weist einen Flansch **18** auf, die mit ringscheibenförmigen Flanschflächen aneinander anliegen. Diese Flanschflächen stellen gleichzeitig die erste Kontaktfläche **65** und die Bauteil-Kontakt-

fläche 30 dar (in Fig. 18 ist von den Kontaktflächen 65, 30 nur die umlaufende radial äußere Begrenzung zu sehen). Die sich nach radial außen erstreckenden Flansche bilden einen Bauteil-Opferbereich 26 und einen ersten Opferbereich 23 aus, die jeweils nach radial außen gerichtet sind und von zugehörigen, angrenzenden Funktionsbereichen (nicht näher dargestellt) abstehen. Die Verbindung von Bauteil-Opferbereich 26 mit dem ersten Opferbereich 23 der Flansche 17, 18 aneinander erfolgt typischerweise durch eine radial außen liegende, umlaufende Schweißnaht (nicht näher dargestellt). Die Kontaktflächen 65, 30 der Flansche 17, 18 verlaufen senkrecht zu der Fügerrichtung FR, in der die Flansche 17, 18 bzw. die Kontaktflächen 65, 30 aneinander geführt werden.

[0100] Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Überführen eines Bauteils (12a - 12e) von einer Ausgangs-Röntgenröhre (20) in eine Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}), wobei die Ausgangs-Röntgenröhre einen ersten Opferbereich (23, 64), die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) einen zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) und das Bauteil einen Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) aufweist, wobei jeder Opferbereich von einer Oberfläche (24, 28, 43) eines jeweils zugehörigen Funktionsbereichs (21, 25, 39, 61, 63) hervorsticht, wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) eine Bauteil-Kontaktfläche (30, 55), der erste Opferbereich (23, 64) eine erste Kontaktfläche (65), und der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) eine zweite Kontaktfläche (47) aufweisen, wobei, solange das Bauteil noch in die Ausgangs-Röntgenröhre verbaut ist, äußere Enden (31, 32) der zugehörigen Opferbereiche materialschlüssig verbunden sind und die zugehörigen Kontaktflächen parallel aneinander anliegen, mit folgenden Schritten:

- a) Abtragen eines das bisherige äußere Ende (31, 32) des jeweiligen Opferbereichs umfassenden jeweiligen äußeren Teils (33, 34) des ersten Opferbereichs (23, 64) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62);
- b) Entfernen des Bauteils von der Ausgangs-Röntgenröhre (20);
- c) Anordnen des Bauteils an der Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}), wobei die Bauteil-Kontaktfläche (30) unter paralleler Ausrichtung zu der zweiten Kontaktfläche (47, 54) an die zweite Kontaktfläche (47, 54) angelegt wird;
- d) Materialschlüssiges Verbinden des äußeren Endes (36a) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) und des äußeren Endes (44) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}).

[0101] Durch das erfindungsgemäße Verfahren können Bauteile von Röntgenröhren auf einfache Weise wiederverwendet werden.

Bezugszeichenliste

[0102]

2 ^{I-II}	Röhrenkopf
3	Kathodengehäuse
4, 4a	Anode
4b	Anodenbasis
5 5 ^{I-II}	Grundkörper
6	Glühkathode
7	Schirmung
8, 8a	Target
9 ^{II-III}	Röntgenfenster
10 10	Materialschluss
11	Schweißnaht
12a-12e	Bauteile
13	Röhrenkopfwand des Röhrenkopfes
14	Fensterplatte
15 15	Fensterrahmen
16	Fensterzarge
17	Flansch des Röhrenkopfes
18	Flansch des Grundkörpers
19	Anschlag
20 20	Ausgangs-Röntgenröhre
21	erster Funktionsbereich
22	Zwischenfläche von erstem Funktionsbereich
23	erster Opferbereich
25 24	Oberfläche des ersten Funktionsbereichs
25	Bauteil-Funktionsbereich
26	Bauteil-Opferbereich
27	Bauteil-Zwischenfläche
30 28	Oberfläche des Bauteil-Funktionsbereichs
29	Seitenwand des Bauteils
30	Bauteil-Kontaktfläche
31	äußeres Ende des ersten Opferbereichs
35 32	äußeres Ende des Bauteil-Opferbereichs
33	äußerer Teil des ersten Opferbereichs
34	äußerer Teil des Bauteil-Opferbereichs
40 35a	neues äußeres Ende des ersten Opferbereichs
36a	erstes neues äußeres Ende des Bauteil-Opferbereichs
37 ^{I-VII}	Ziel-Röntgenröhre
45 38	Fensterzarge der Ziel-Röntgenröhre
39	zweiter Funktionsbereich
40	Außenwand der Ziel-Röntgenröhre
41	zweite Zwischenfläche
42 ^{I-VI}	zweiter Opferbereich
50 43	Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs
44	äußeres Ende des zweiten Opferbereichs
45	Innenwand des zweiten Opferbereichs
55 46	Einführ-Ausnehmung
47	zweite Kontaktfläche
48	Anschlag in der Einführ-Ausnehmung
49 ^I , 49 ^{IV} , 49 ^V	Röntgenröhren-Anordnung

49II	Röntgenröhren-Anordnung (mit geringem Höhenunterschied und ohne Ausgleichsmaßnahmen)	
50	Endabschnitt des zweiten Opferbereichs	5
51a, 51b	neues äußeres Ende des zweiten Opferbereichs	
52	unteres Ausgleichselement	
53	oberes Ausgleichselement	
54	geneigte zweite Kontaktfläche	10
55	geneigte Bauteil-Kontaktfläche	
56	Bauteil-Opferbereich mit geneigter Kontaktfläche	
58	Anschlag bei geneigten Kontaktflächen	
59	Anodenhalterung	15
60	Anodenrahmen	
61	Bauteil-Funktionsbereich (Anodenhalterung)	
62	Bauteil-Opferbereich (Anodenhalterung)	20
63	erster Funktionsbereich (Anodenrahmen)	
64	erster Opferbereich (Anodenrahmen)	
65	erste Kontaktfläche	
66	Oberseite des zweiten Opferbereichs	25
67	Zulaufleitung	
68	Ablaufleitung	
69	Fräskopf	
70	Laserstrahl	
71	Laserkopf	30
ER	Entnahmerichtung	
FR	Fügerichtung	
HG	Höhenmessgerade	
NO1	Normale der der Oberfläche des ersten Funktionsbereichs	35
NO2	Normale der der Oberfläche des zweiten Funktionsbereichs	
NOB	Normale der der Oberfläche des Bauteil-Funktionsbereichs	
NW	Neigungswinkel der Kontaktflächen	40
SL	Schneidlinie	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überführen eines Bauteils (12a - 12e) von einer Ausgangs-Röntgenröhre (20) in eine Ziel-Röntgenröhre (37I-VII),
- wobei die Ausgangs-Röntgenröhre (20) einen ersten Funktionsbereich (21, 63) aufweist, der an einen kragenförmigen ersten Opferbereich (23, 64) angrenzt,
- wobei der kragenförmige erste Opferbereich (23, 64) von einer Oberfläche (24) des ersten Funktionsbereichs (21, 63) hervorsticht und ein äußeres Ende (31) aufweist,
- wobei die Ziel-Röntgenröhre (37I-VII) einen

zweiten Funktionsbereich (39) aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich (42I-VI) angrenzt,

wobei der kragenförmige zweite Opferbereich (42I-VI) von einer Oberfläche (43) des zweiten Funktionsbereichs (39) hervorsticht und ein äußeres Ende (44) aufweist,

wobei das Bauteil (12a - 12e) einen Bauteil-Funktionsbereich (25, 61) aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) angrenzt,

wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) von einer Oberfläche (28) des Bauteil-Funktionsbereichs (25, 61) hervorsticht und ein äußeres Ende (32) aufweist,

wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) eine Bauteil-Kontaktfläche (30, 55), der erste Opferbereich (23, 64) eine erste Kontaktfläche (65), und der zweite Opferbereich (42I-VI) eine zweite Kontaktfläche (47) aufweisen,

wobei, solange das Bauteil (12a - 12e) noch in die Ausgangs-Röntgenröhre (20) verbaut ist, die Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) parallel zur ersten Kontaktfläche (65) des kragenförmigen ersten Opferbereichs (23) verläuft und an der ersten Kontaktfläche (65) anliegt,

und die äußeren Enden (31, 32) des ersten Opferbereichs (23, 64) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) miteinander materialschlüssig verbunden sind, mit folgenden Schritten:

- Abtragen eines äußeren Teils (33) des ersten Opferbereichs (23, 64), der das bisherige äußere Ende (31) des ersten Opferbereichs (23, 64) umfasst, und eines äußeren Teils (34) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62), der das bisherige äußere Ende (32) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) umfasst, um das Bauteil (12a - 12e) von dem ersten Opferbereich (23, 64) zu lösen, wobei ein neues äußeres Ende (35a) des ersten Opferbereichs (23, 64) und ein erstes neues äußeres Ende (36a) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) erzeugt werden;
- Entfernen des Bauteils (12a - 12e) von der Ausgangs-Röntgenröhre (20);
- Anordnen des Bauteils (12a - 12e) an der Ziel-Röntgenröhre (37I-VII), wobei die Bauteil-Kontaktfläche (30) an die zweite Kontaktfläche (47, 54) angelegt wird, und wobei die Bauteil-Kontaktfläche (30) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) parallel zur zweiten Kontaktfläche (47, 54) des zweiten Opferbereichs (42I-VI) verläuft;
- Materialschlüssiges Verbinden des äußeren Endes (36a) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) und des äußeren Endes (44) des zweiten Opferbereichs (42I-VI),

- wobei zu Beginn von Schritt d) der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) und der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) näherungsweise gleiche Höhen aufweisen,
wobei die näherungsweise gleichen Höhen zu Beginn von Schritt d) durch eine vorausgehende Ausgleichsmaßnahme erreicht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Ausgleichsmaßnahme zur Verringerung eines zu Beginn von Schritt d) vorliegenden Höhenunterschieds von zweitem Opferbereich (42^{I-VI}) und Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) in einem Schritt c'), der vor oder zusammen mit Schritt c) und vor Schritt d) erfolgt, ein unteres Ausgleichselement (52) an der Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) im Bereich des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) angeordnet wird, und das im Rahmen von Schritt c) an der Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VI}) angeordnete Bauteil (12a - 12e) nach Schritt c) auf dem unteren Ausgleichselement (52) aufsitzt, insbesondere wobei das untere Ausgleichselement (52) an einen Anschlag (19, 48, 58) angelegt wird, den die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) ausbildet, bevorzugt im Bereich des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}).
 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Ausgleichsmaßnahme zur Verringerung eines zu Beginn von Schritt d) vorliegenden Höhenunterschieds von zweitem Opferbereich (42^{I-VI}) und Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) in einem Schritt c''), der vor oder nach Schritt c) und vor Schritt d) erfolgt, ein oberes Ausgleichselement (53) mit dem Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) oder dem zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) an dessen Oberseite (66) materialschlüssig verbunden wird, insbesondere vakuumdicht verbunden wird, sodass der betroffene Opferbereich (26, 56, 62, 42^{I-VI}) danach ein neues äußeres Ende ausbildet (51a, 51b), das gegenüber dem bisherigen äußeren Ende (32, 44) eine größere Höhe aufweist.
 4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Ausgleichsmaßnahme zur Verringerung eines zu Beginn von Schritt d) vorliegenden Höhenunterschieds von zweitem Opferbereich (42^{I-VI}) und Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) in einem Schritt c'''), der vor oder nach dem Schritt c) und vor Schritt d) erfolgt, ein Endabschnitt (50) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) und/oder des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) abgetragen wird, sodass der betroffene Opferbereich (26, 56, 62, 42^{I-VI}) danach ein neues äußeres Ende (51a, 51b) ausbildet, das gegenüber dem bisherigen äußeren Ende (32, 44) eine geringere Höhe aufweist.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich (42^{I-VI}) und Bauteilopferbereich (26, 56) weniger als 300 µm beträgt, bevorzugt mit dH ≤ 100 µm.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Opferbereich (23, 64), der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) und der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) zumindest im Bereich der ersten Kontaktfläche (65), der zweiten Kontaktfläche (47, 54) und der Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) zylindrisch oder kegelstumpfförmig ausgebildet sind.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Innenwand (45) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) eine Einführ-Ausnehmung (46) umgrenzt, in welche in Schritt c) das Bauteil (12a - 12e) eingeschoben wird, wobei eine Seitenwand (29) des Bauteils (12a - 12e) die Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) ausbildet, die Innenwand (45) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) die zweite Kontaktfläche (47) ausbildet, und wobei die Seitenwand (29) parallel zu der Innenwand (45) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) verläuft und an dieser Innenwand (45) anliegt.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Kontaktfläche (47) parallel zu einer Fügerichtung (FR) verläuft, wobei in Schritt c) die Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) durch ein Bewegen des Bauteils (12a - 12e) in der Fügerichtung (FR) an die zweite Kontaktfläche (47, 54) angelegt wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Kontaktfläche (47, 54) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) nicht-parallel zu einer Fügerichtung (FR) verläuft, wobei in Schritt c) die Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) durch ein Bewegen des Bauteils (12a - 12e) in der Fügerichtung (FR) an die zweite Kontaktfläche (47, 54) angelegt wird, insbesondere wobei die zweite Kontaktfläche (47, 54) senkrecht oder in einem Winkel (NW) zwischen 60° und 120° zur Fügerichtung (FR) verläuft.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}), insbesondere im Bereich des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}), einen Anschlag (19, 48, 58) ausbildet, an den das Bauteil (12a - 12e) in Schritt c) angelegt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abtragen in Schritt a) durch Abfräsen oder Abdrehen der äußeren Teile (33, 34) der kragenförmigen Opferbereiche (26, 42^{I-VI}) erfolgt, insbesondere um eine Länge von 100 µm bis 300 µm.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** solange das Bauteil (12a - 12e) noch in der Ausgangs-Röntgenröhre (20) verbaut ist, die äußeren Enden (31, 32) des ersten Opferbereichs (23) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) miteinander vakuumdicht verbunden sind, und dass in Schritt d) ein vakuumdichtes Verbinden des äußeren Endes (32) des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) und des äußeren Endes (31) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) erfolgt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das materialschlüssige Verbinden in Schritt d) durch Verschweißen der äußeren Enden (31, 32) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) erfolgt, insbesondere durch Verschweißen mit einem Laserstrahl, bevorzugt wobei eine dabei entstehende Schweißnaht (11) eine Tiefe von 100 µm bis 300 µm aufweist.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil einen Röhrenkopf (2^{I-II}), einen Röhregrundkörper (5^{I-II}), einen Pumpstutzen, ein Röntgenfenster (9^{I-III}) mit einem Fensterrahmen (15), eine Festkörperanode (4, 4a) und/oder ein Target (8, 8a) ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangs-Röntgenröhre (20) dieselbe Röntgenröhre ist wie die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}), und insbesondere wobei der erste Opferbereich (23, 64) derselbe Opferbereich ist wie der zweite Opferbereich (42^{I-VI}).
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangs-Röntgenröhre (20) und die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) verschieden sind.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Höhe des ersten Opferbereichs (23, 64) und/oder eine Höhe des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) vor Schritt a) wenigstens 1 mm beträgt, insbesondere 1 mm bis 5 mm beträgt, und dass eine Höhe des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) und/oder eine Höhe des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) zu Beginn von Schritt d) wenigstens 0,7 mm beträgt, insbesondere 0,7 mm bis 4,7 mm beträgt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das Verfahren mit demselben Bauteil (12a - 12e) wiederholt durchgeführt wird, wobei jeweils die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) einer vorhergehenden Verfahrensdurchgangs dieselbe Röntgenröhre ist wie die Ausgangs-Röntgenröhre (20) eines nachfolgenden Verfahrensdurchgangs.
19. Röntgenröhren-Anordnung (49^{IV}), umfassend eine Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) mit einem Bauteil (12a - 12e),
wobei die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) einen zweiten Funktionsbereich (39) aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) angrenzt,
wobei der kragenförmige zweite Opferbereich (42^{I-VI}) von einer Oberfläche (43) des zweiten Funktionsbereichs (39) hervorstet und ein äußeres Ende (44) aufweist,
wobei das Bauteil (12a - 12e) einen Bauteil-Funktionsbereich (25, 61) aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) angrenzt,
wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) von einer Oberfläche (28) des Bauteil-Funktionsbereichs (25, 61) hervorstet und ein äußeres Ende (32) aufweist,
wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) eine Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) und der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) eine zweite Kontaktfläche (47, 54) aufweisen,
wobei die Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) parallel zur zweiten Kontaktfläche (47, 54) des kragenförmigen zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) an dem zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) verläuft und an der zweiten Kontaktfläche (42^{I-VI}) anliegt, und die äußeren Enden (32, 44) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) miteinander materialschlüssig verbunden sind,
wobei der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) und der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) näherungsweise gleiche Höhen aufweisen, insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich (42^{I-VI}) und Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) weniger als 300 µm beträgt,
bevorzugt mit dH ≤ 100 µm,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (12a - 12e) auf einem unteren Ausgleichselement (52) aufgesetzt ist, welches im Bereich des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) an der Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) angeordnet ist, insbesondere wobei die Röntgenröhren-Anordnung (49^{IV}) hergestellt wurde durch ein Verfahren nach Anspruch 2.

20. Röntgenröhren-Anordnung (49^V), umfassend eine Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) mit einem Bauteil (12a - 12e),

wobei die Ziel-Röntgenröhre (37^{I-VII}) einen zweiten Funktionsbereich (39) aufweist, der an einen kragenförmigen zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) angrenzt, 5
wobei der kragenförmige zweite Opferbereich (42^{I-VI}) von einer Oberfläche (43) des zweiten Funktionsbereichs (39) hervorsticht und ein äußeres Ende (44) aufweist, 10
wobei das Bauteil (12a - 12e) einen Bauteil-Funktionsbereich (25, 61) aufweist, der an einen kragenförmigen Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) angrenzt, 15
wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) von einer Oberfläche (28) des Bauteil-Funktionsbereichs (25, 61) hervorsticht und ein äußeres Ende (32) aufweist, 20
wobei der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) eine Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) und der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) eine zweite Kontaktfläche (47, 54) aufweisen, 25
wobei die Bauteil-Kontaktfläche (30, 55) parallel zur zweiten Kontaktfläche (47, 54) des kragenförmigen zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) an dem zweiten Opferbereich (42^{I-VI}) verläuft und an der zweiten Kontaktfläche (47, 54) anliegt, und die äußeren Enden (32, 44) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) miteinander materialschlüssig verbunden sind, 30
wobei der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) und der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) näherungsweise gleiche Höhen aufweisen, insbesondere wobei ein Höhenunterschied dH der Höhen von zweitem Opferbereich (42^{I-VI}) und Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) weniger als 300 µm beträgt, 40
bevorzugt mit $dH \leq 100 \mu\text{m}$,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Bauteil-Opferbereich (26, 56, 62) oder der zweite Opferbereich (42^{I-VI}) ein aufgeschweißtes oberes Ausgleichselement (53) aufweist, durch welches das äußere Ende (32, 44) des betroffenen Opferbereichs (26, 42^{I-VI}) ausgebildet ist, insbesondere wobei die Röntgenröhren-Anordnung (49^V) hergestellt wurde durch ein Verfahren nach Anspruch 3. 50

21. Röntgenröhren-Anordnung (49^I; 49^{IV}; 49^V) nach einem der Ansprüche 19 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußeren Enden (32, 44) des zweiten Opferbereichs (42^{I-VI}) und des Bauteil-Opferbereichs (26, 56, 62) miteinander vakuumdicht verbunden sind. 55

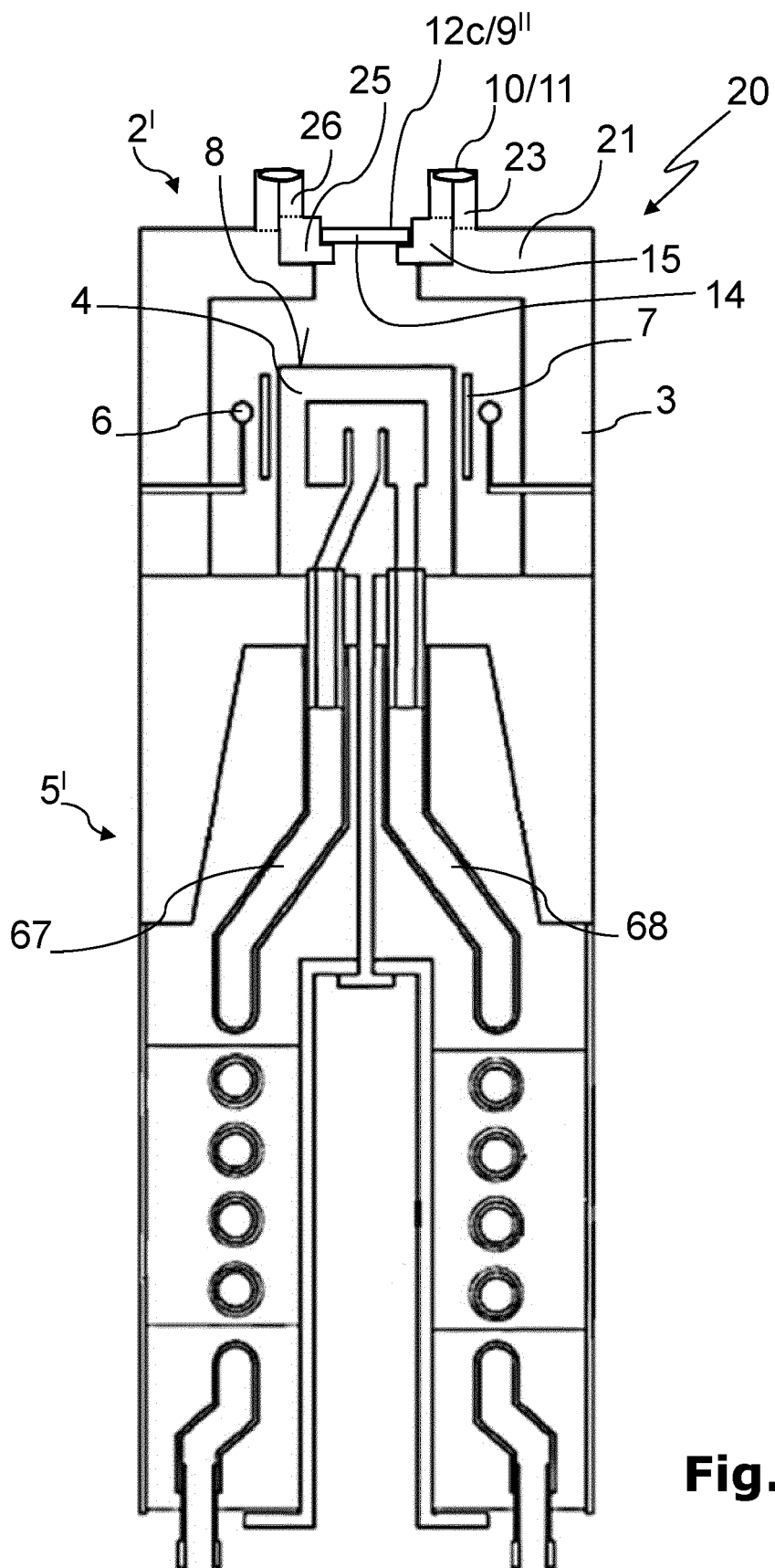


Fig. 1

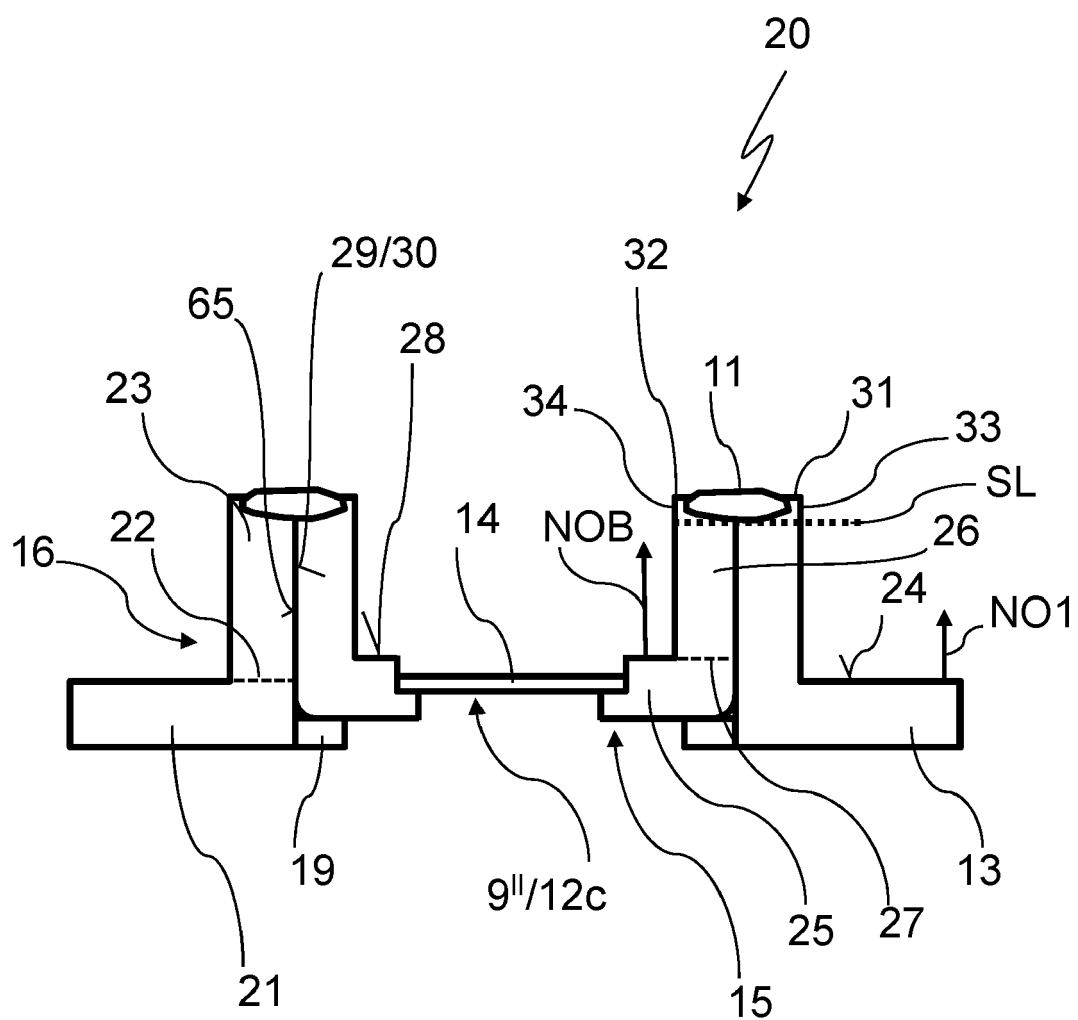


Fig. 2

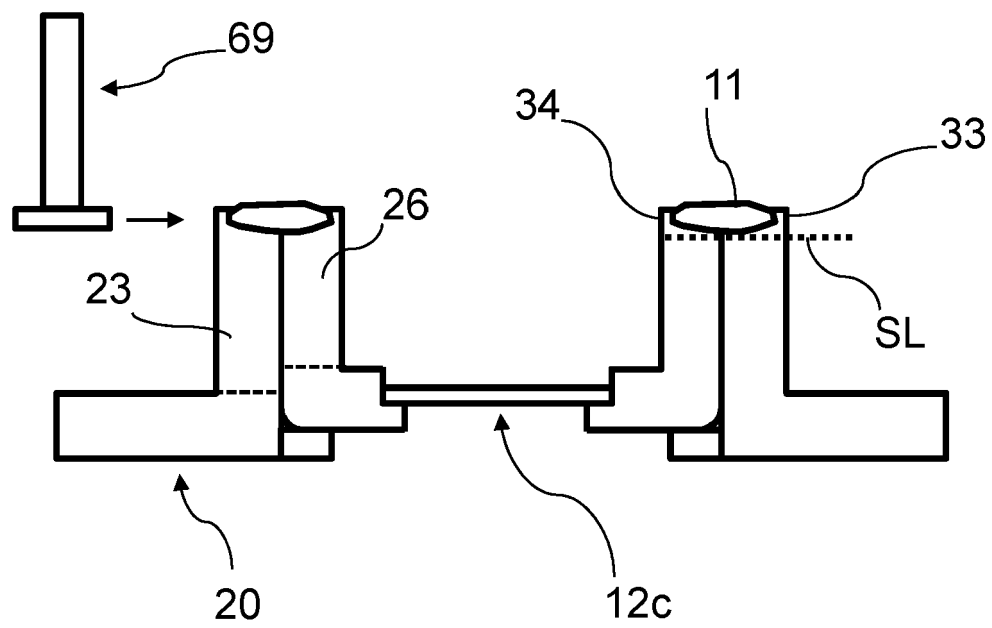


Fig. 3

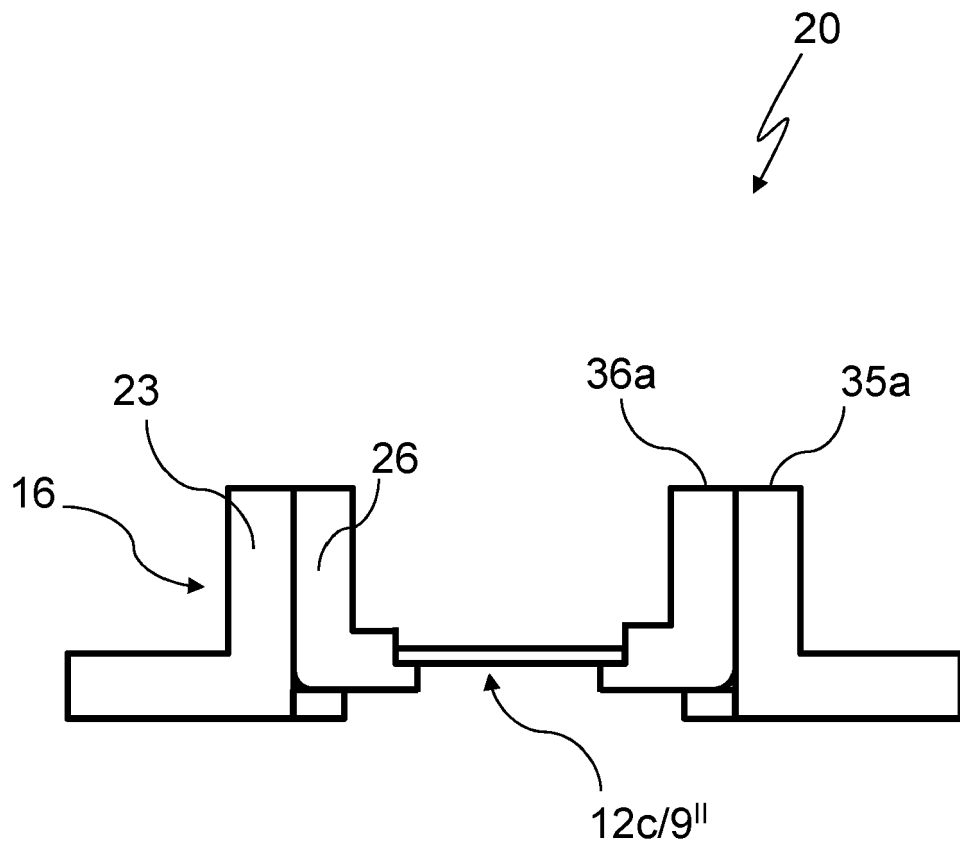


Fig. 4

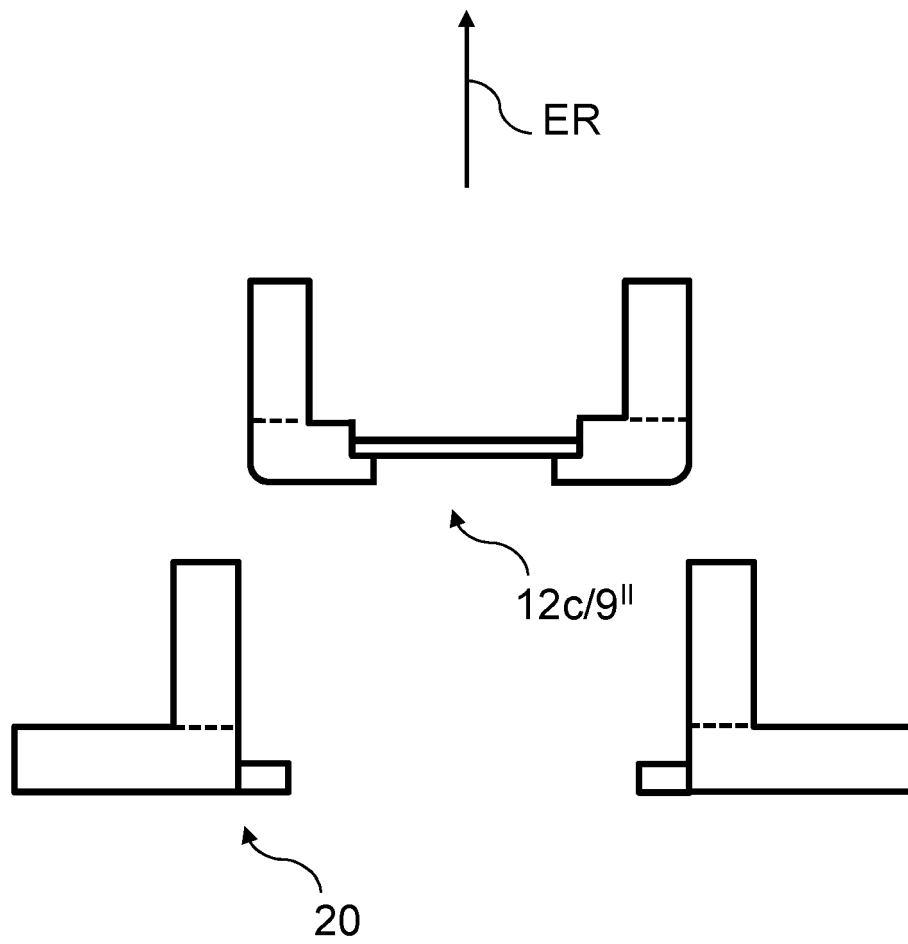


Fig. 5

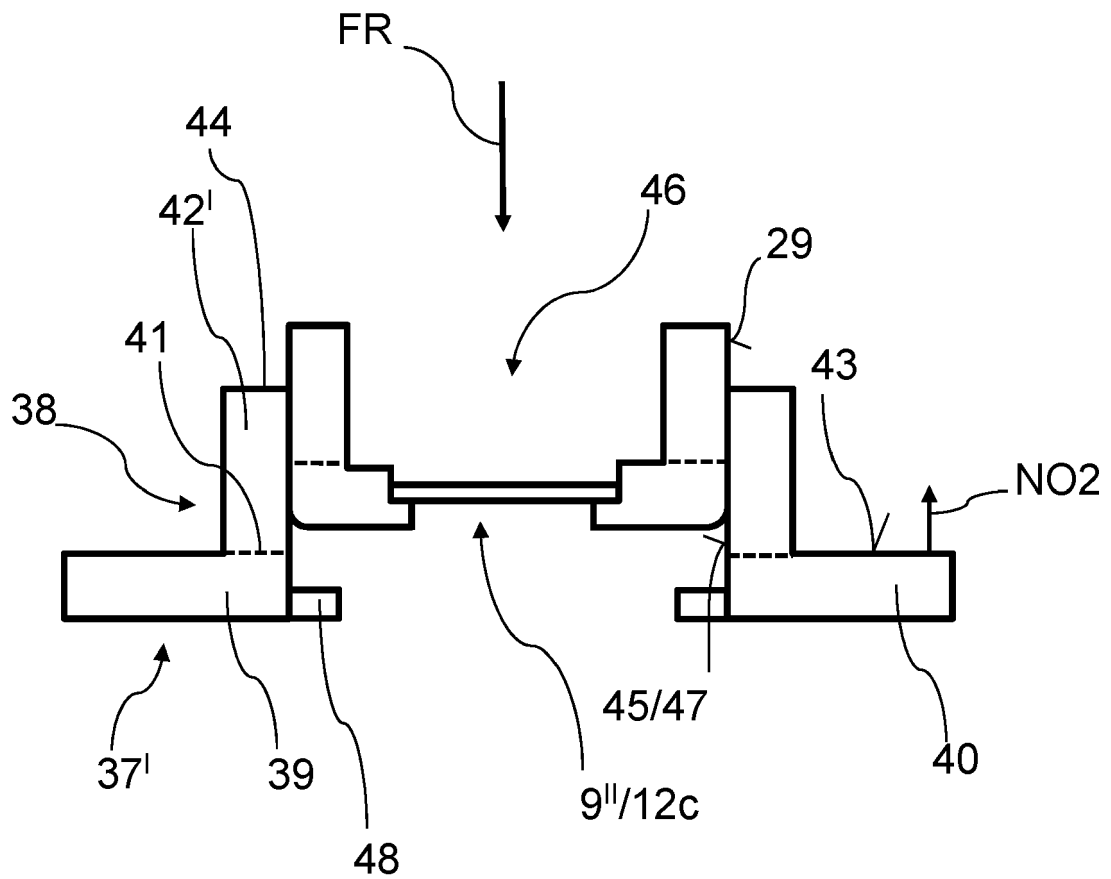


Fig. 6

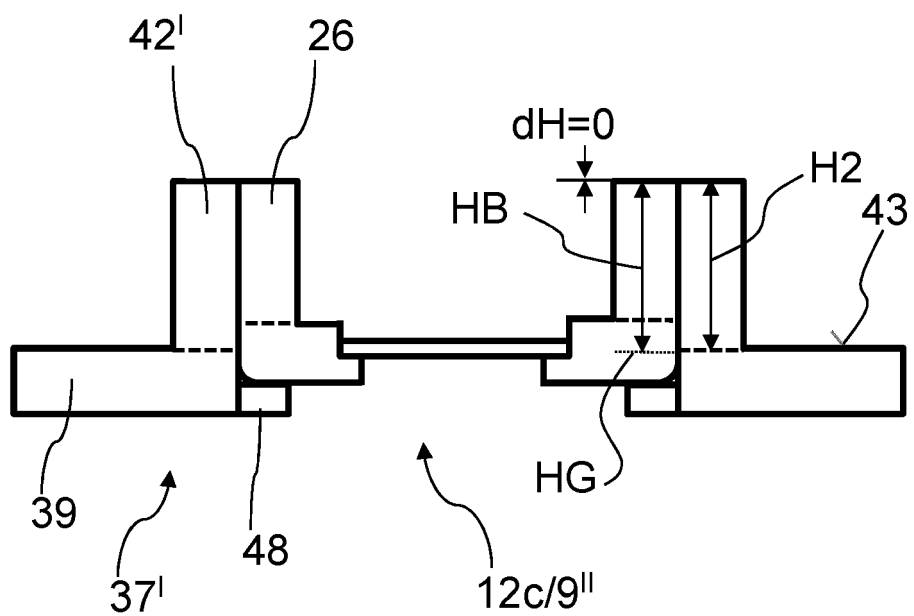


Fig. 7

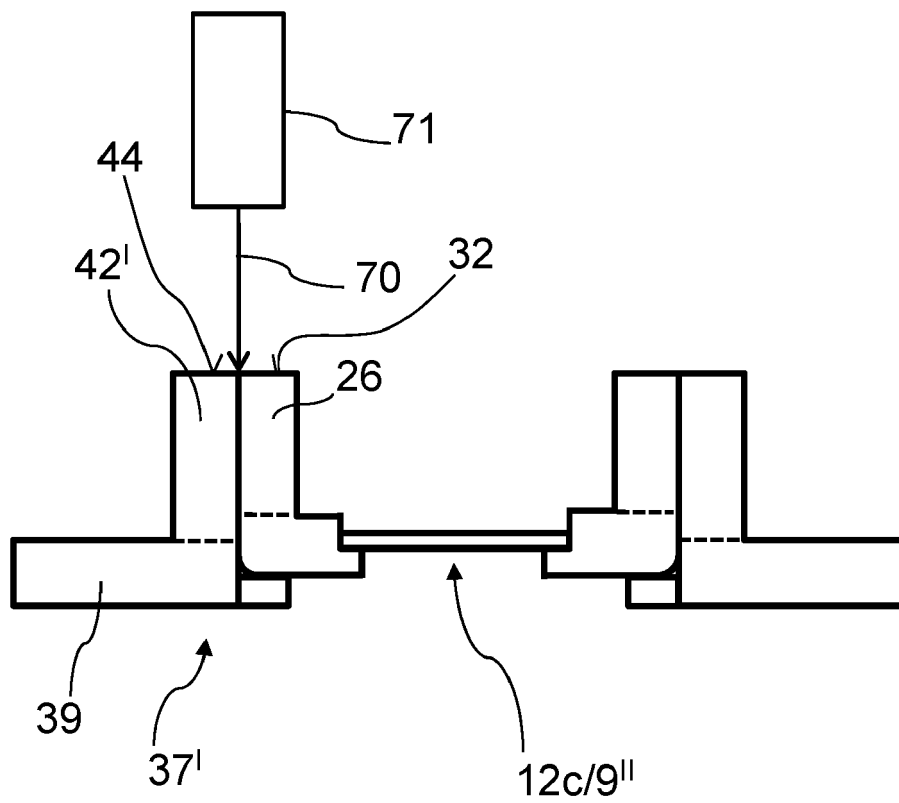


Fig. 8

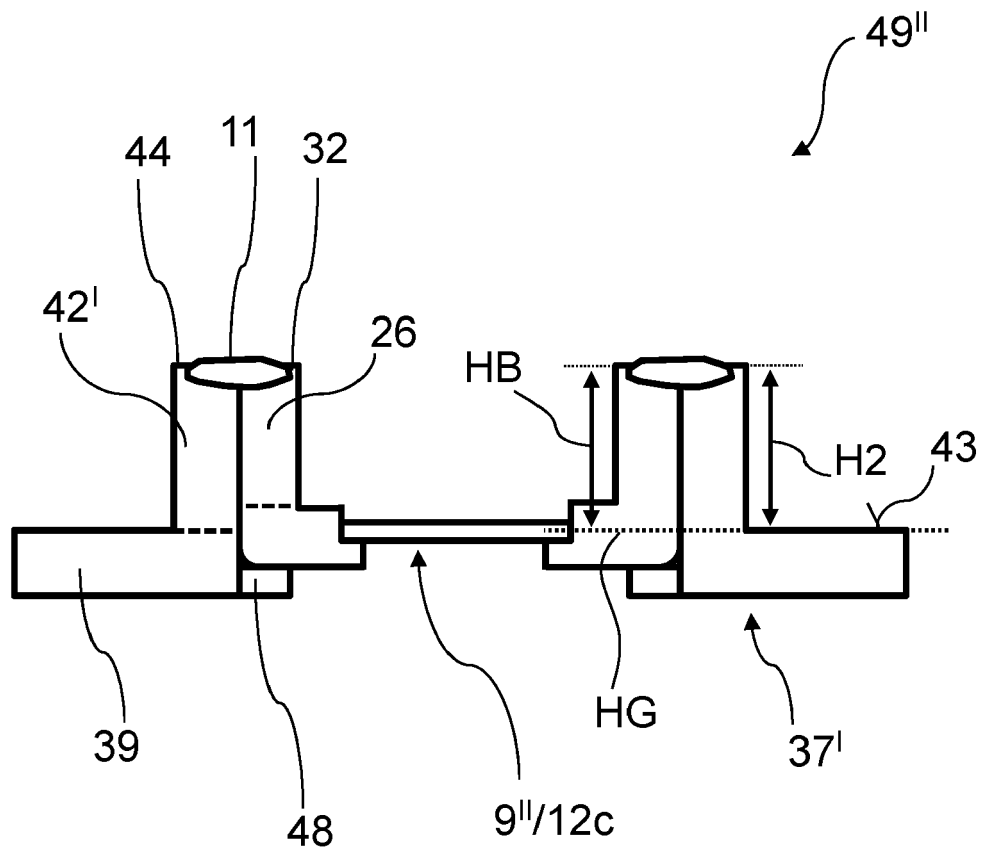


Fig. 9

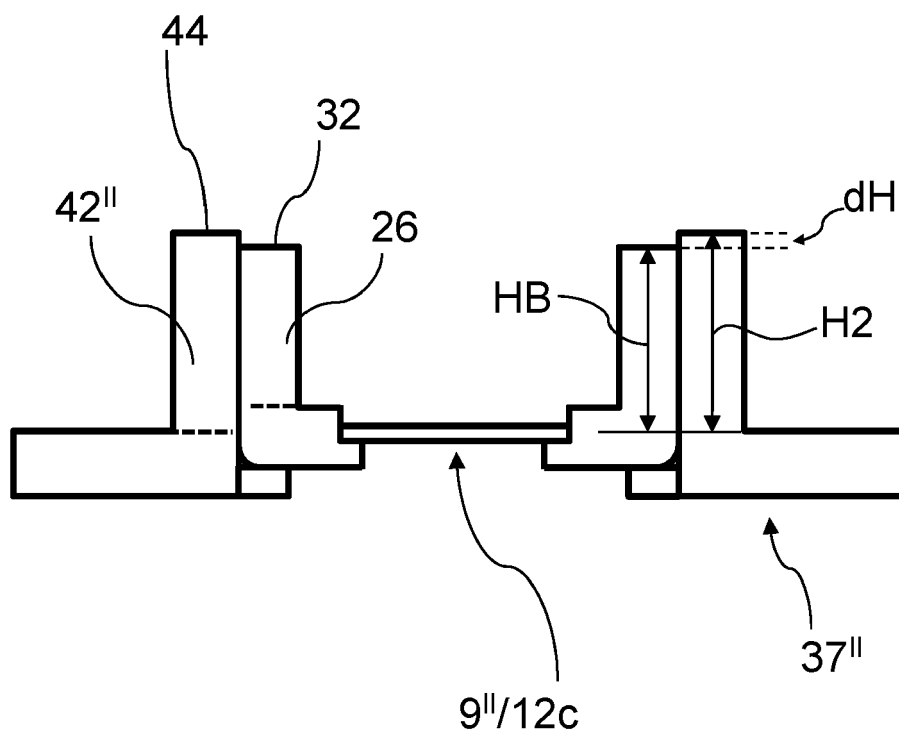


Fig. 10

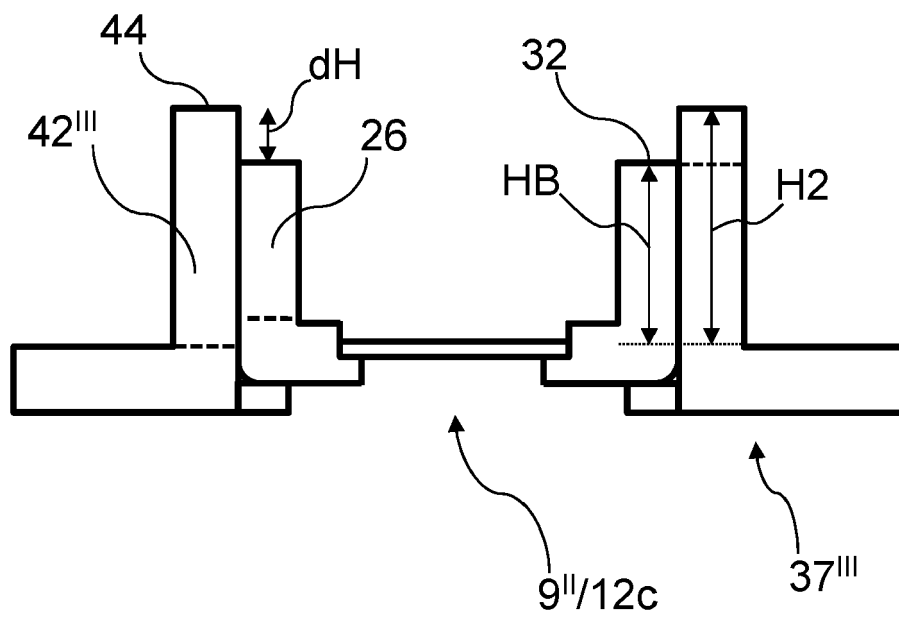


Fig. 11

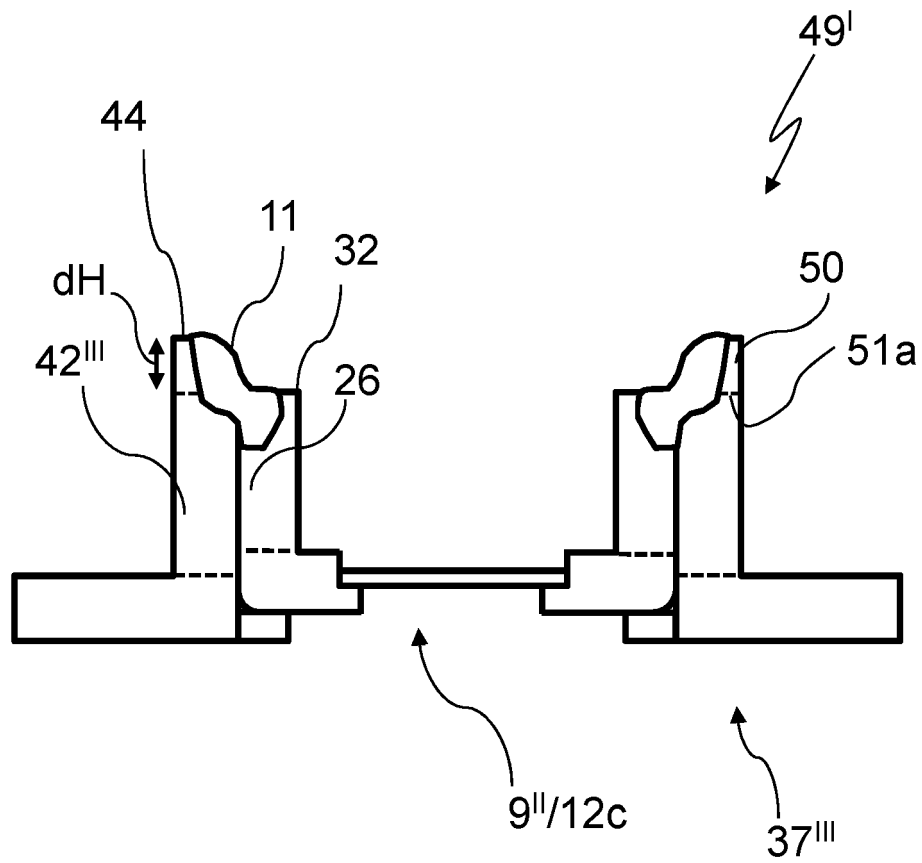


Fig. 12

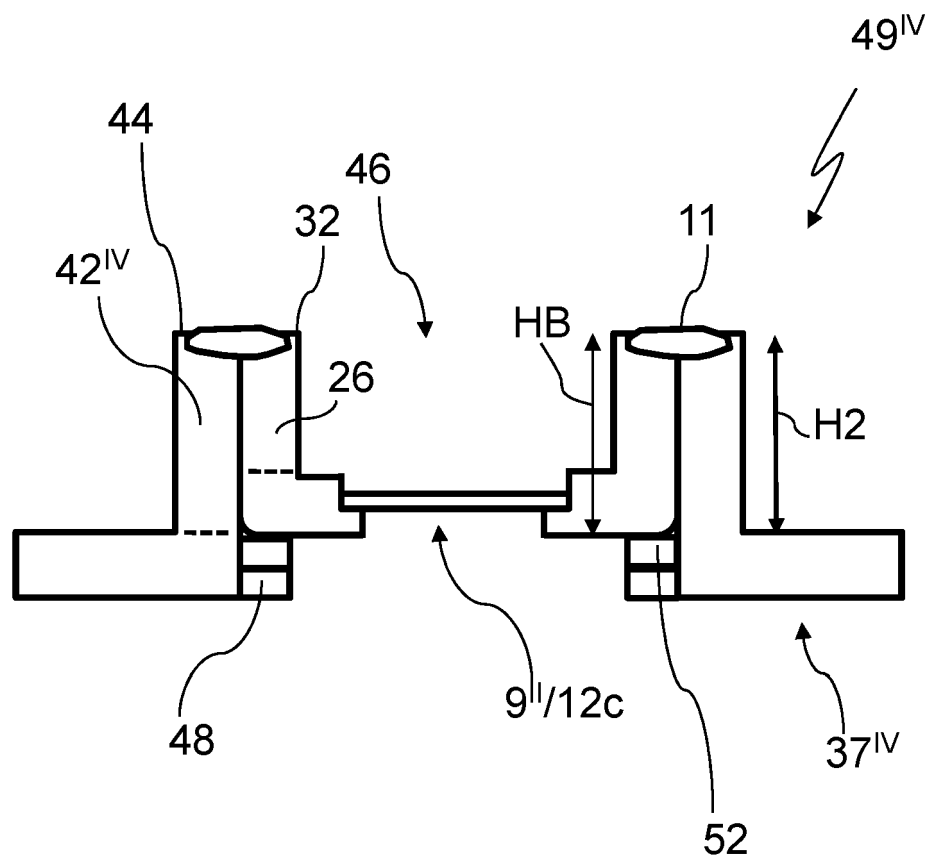


Fig. 13

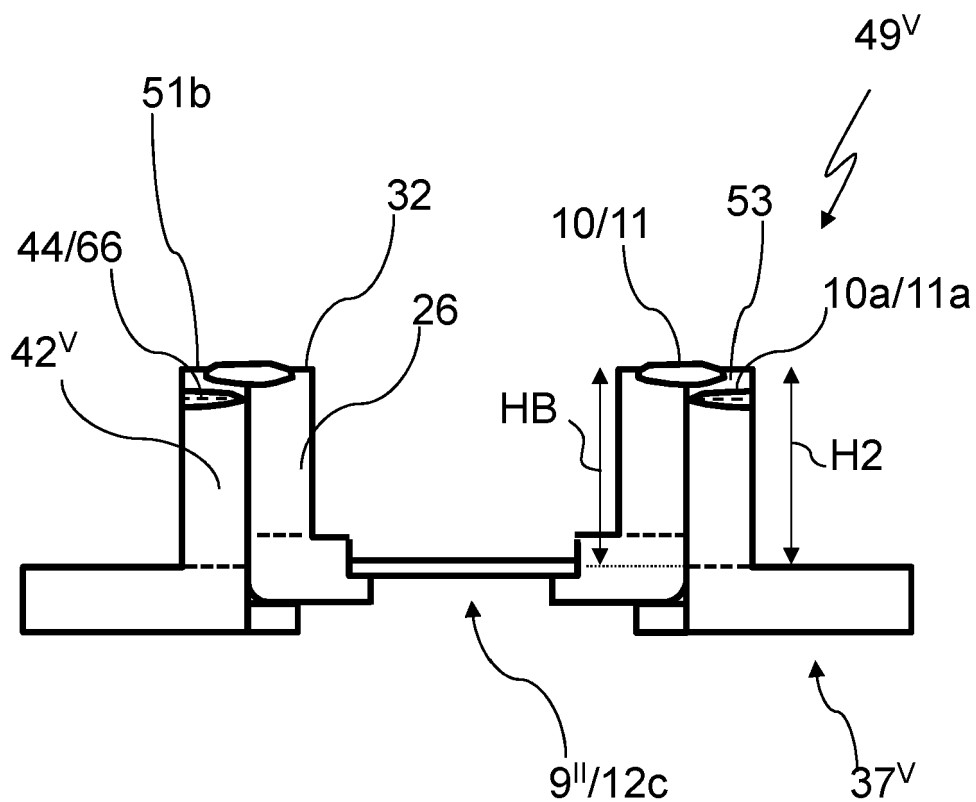


Fig. 14

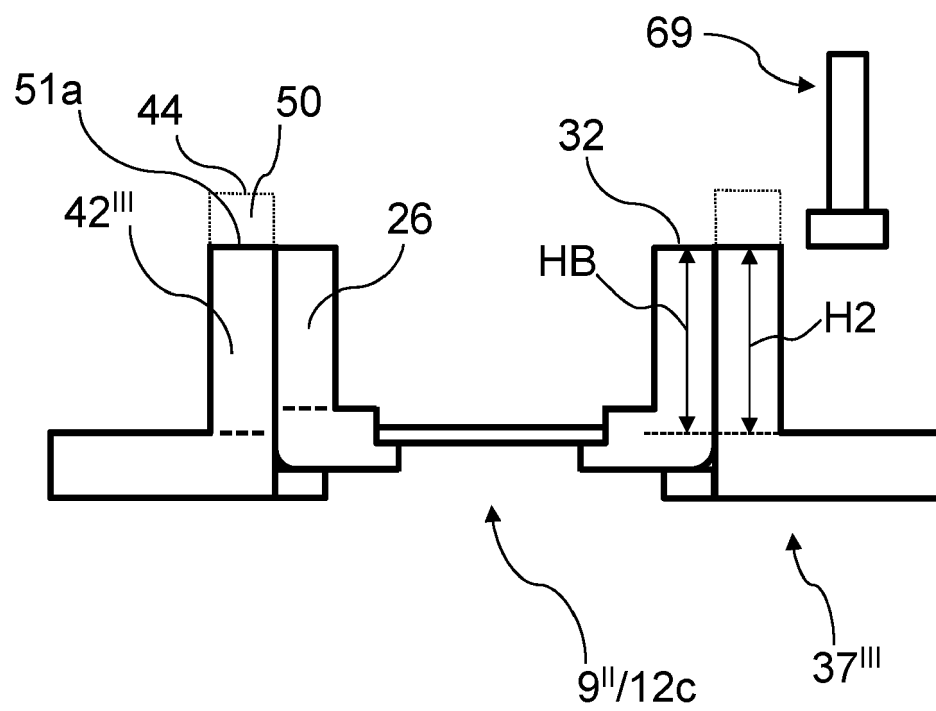


Fig. 15

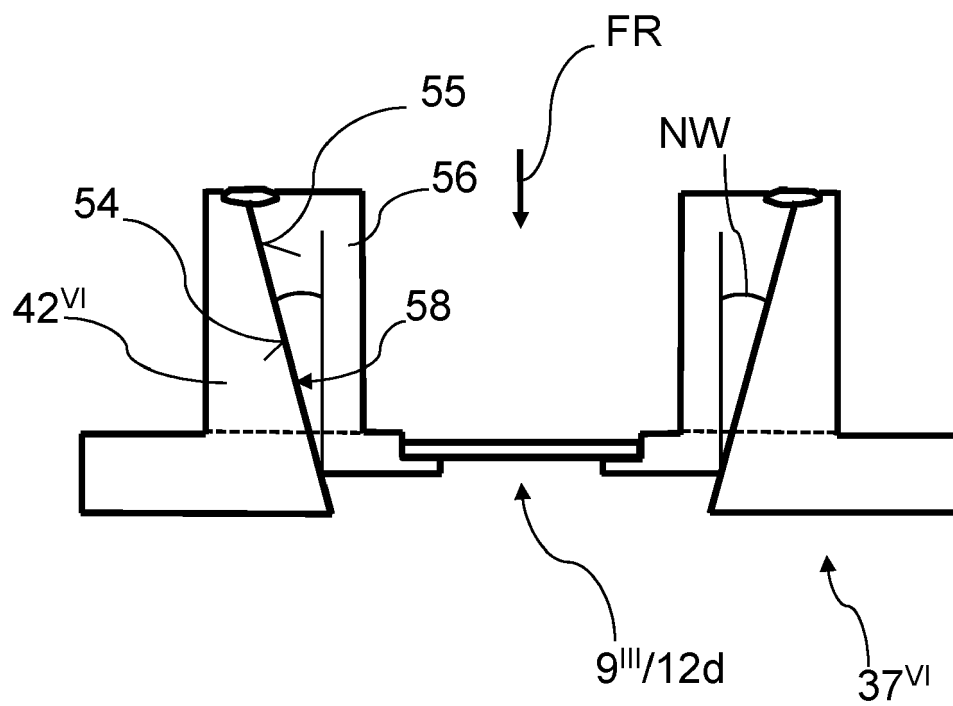


Fig. 16

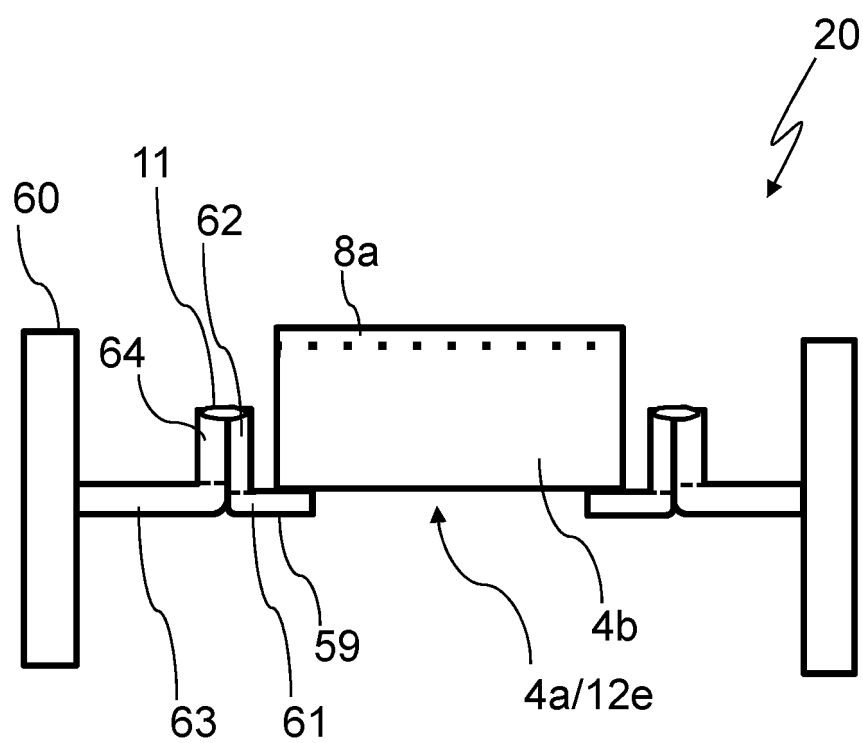


Fig. 17

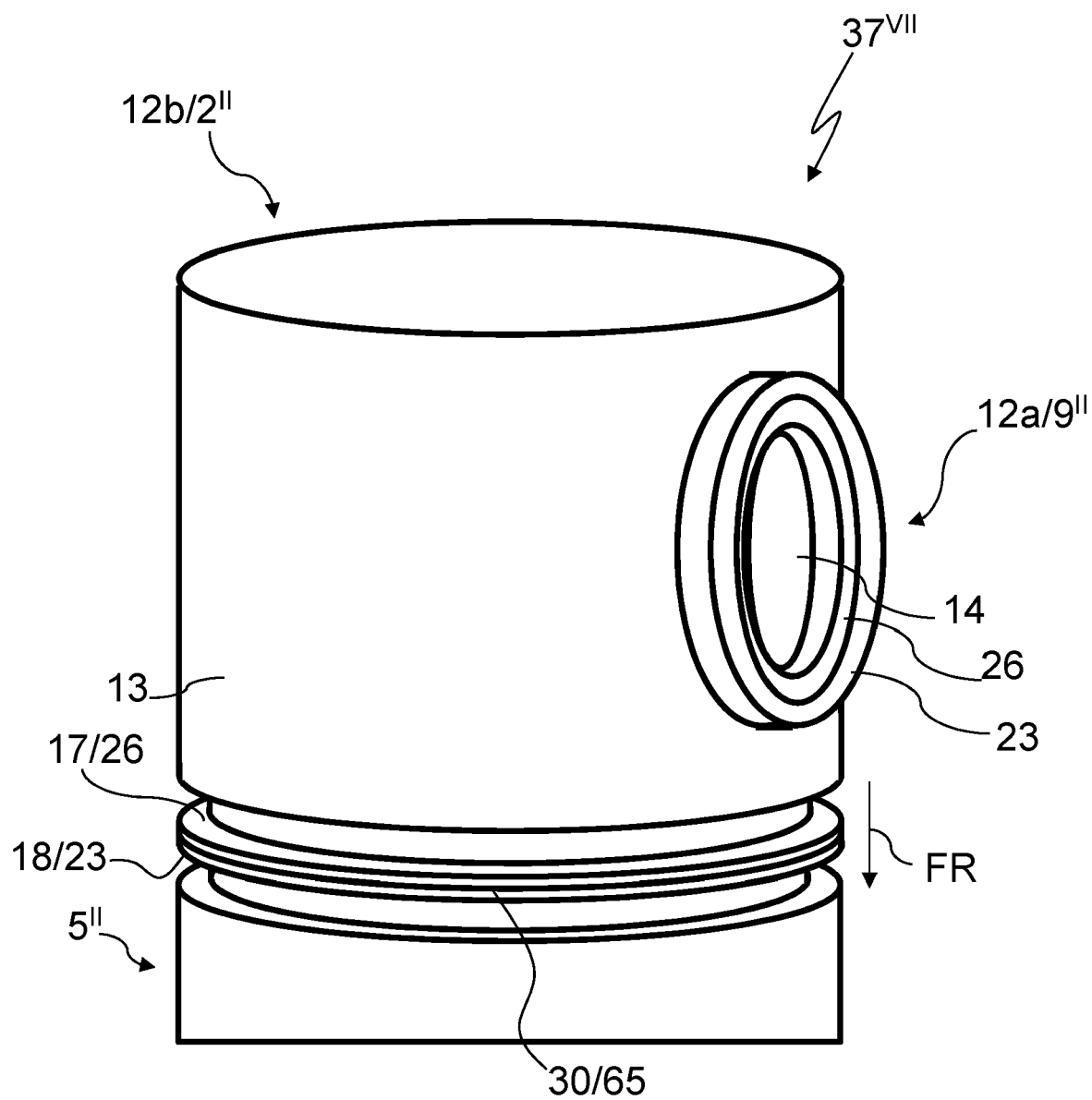


Fig. 18

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

- JP 2002367550 A [0002] [0003]
- DE 1916497 C3 [0004]
- US 3549931 A [0004]
- US 5515412 A [0005] [0006] [0010]
- JP 2003142000 A [0007]
- JP H05159729 A [0009]
- JP H10255702 A [0011]
- DE 69509478 T2 [0011]
- US 3500097 A [0011]
- EP 0239214 B1 [0011]