



(12) **Berichtigung der Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2022 103 282.3**

(22) Anmeldetag: **10.06.2022**

(47) Eintragungstag: **10.10.2022**

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **17.11.2022**

(15) Korrekturinformation:

Berichtigung der Beschreibung

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **19.01.2023**

(51) Int Cl.: **H01J 35/14** (2006.01)

H01J 35/02 (2006.01)

G21K 1/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

63/211,641 **17.06.2021** **US**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

MOXTEK, Inc., Orem, UT, US

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**COHAUSZ & FLORACK Patent- und
Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB,
40211 Düsseldorf, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

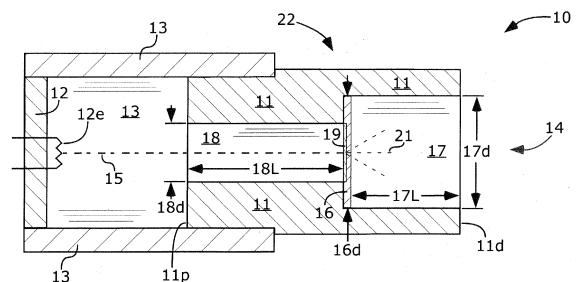
(54) Bezeichnung: **Röntgenröhrenanode mit integriertem Kollimator**

(57) Hauptanspruch: Röntgenröhre, die Folgendes umfasst: eine Katode und eine Anode, die elektrisch voneinander isoliert sind, wobei die Katode konfiguriert ist, Elektronen in Richtung eines Zielmaterials der Anode zu emittieren, und das Zielmaterial konfiguriert ist, Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre in Reaktion auf auftreffende Elektronen von der Katode zu emittieren;

einen Kollimator, (a) der eine monolithische, integrale Struktur ist, (b) der eine sich durch ihn hindurch erstreckende Öffnung aufweist und (c) der konfiguriert ist, die Röntgenstrahlen zu kollimieren;

ein Röntgenfenster, das über der Öffnung angebracht ist, wobei die Öffnung gerichtet ist, dass Röntgenstrahlen durch die Öffnung, durch das Röntgenfenster und aus der Röntgenröhre emittiert werden; und

der Kollimator enthält ein proximales Ende, das sich der Katode am nächsten befindet, und ein distales Ende, das sich am weitesten von der Katode entfernt befindet, wobei das proximale Ende an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre angrenzt und das distale Ende an die Luft angrenzt.



Die oben angegebenen bibliografischen Daten entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Berichtigung.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Anmeldung bezieht sich auf Röntgenquellen.

Hintergrund

[0002] Eine große Spannung zwischen einer Katode und einer Anode der Röntgenröhre und manchmal ein Heizfaden können die Emission von Elektronen von der Katode zur Anode verursachen. Die Anode kann ein Zielmaterial enthalten. Das Zielmaterial kann in Reaktion auf die von der Katode auftreffenden Elektronen Röntgenstrahlen erzeugen.

Kurzdarstellung

[0003] Eine Röntgenröhre kann eine Katode und eine Anode enthalten, die elektrisch voneinander isoliert sind. Die Katode kann konfiguriert sein, Elektronen in Richtung eines Zielmaterials der Anode zu emittieren. Das Zielmaterial kann konfiguriert sein, in Reaktion auf die auftreffenden Elektronen von der Katode Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre zu emittieren.

[0004] Die Anode kann einen Kollimator enthalten. Der Kollimator (a) kann eine monolithische, integrale Struktur sein, (b) kann eine sich hindurch erstreckende Öffnung aufweisen und (c) kann konfiguriert sein, die Röntgenstrahlen zu kollimieren.

[0005] Über der Öffnung kann ein Röntgenfenster angebracht sein. Die Öffnung kann so gerichtet sein, dass die Röntgenstrahlen durch die Öffnung des Kollimators, durch das Röntgenfenster und aus der Röntgenröhre emittiert werden.

[0006] Der Kollimator kann ein proximales Ende, das sich am nächsten bei der Katode befindet, und ein distales Ende, das sich am weitesten von der Katode entfernt befindet, enthalten. Das proximale Ende kann an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre angrenzen, während das distale Ende an die Luft angrenzen kann.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine seitliche Querschnittsansicht einer Transmissionsziel-Röntgenröhre 10 mit einem Kollimator 11. Ein proximales Ende 11p des Kollimators 11 kann an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre 10 angrenzen. Ein distales Ende 11d des Kollimators 11 kann der Luft ausgesetzt sein und an diese angrenzen. Eine Öffnung 14 des Kollimators 11 kann ein Zielmaterial 19 der Röntgenröhre 10 umschließen.

Fig. 2 ist eine Querschnitts-Seitenansicht einer Reflexionsziel-Röntgenröhre 20 mit einem Kollimator 11. Ein proximales Ende 11p des Kollimators 11 kann an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre 20 angrenzen. Ein distales Ende 11d des Kollimators 11 kann der Luft ausgesetzt sein und an diese angrenzen. Ein Zielmaterial 19 der Röntgenröhre 20 kann einen Abschnitt der Wand einer Öffnung 14 des Kollimators 11 bilden.

Fig. 3 ist eine Querschnitts-Seitenansicht einer Transmissionsziel-Röntgenröhre 30, die zu der Transmissionsziel-Röntgenröhre 10 ähnlich ist. Ein Durchmesser 17d des Kollimationsbereichs 17 der Transmissionsziel-Röntgenröhre 30 nimmt zu, wie der Abstand von einem Röntgenfenster 16 zunimmt.

Fig. 4 ist eine Querschnitts-Seitenansicht einer Reflexionsziel-Röntgenröhre 40, die zu der Reflexionsziel-Röntgenröhre 20 ähnlich ist. Ein Ring 31 umschließt den Kollimator 11 der Reflexionsziel-Röntgenröhre 40.

Fig. 5 ist eine Querschnitts-Seitenansicht einer Reflexionsziel-Röntgenröhre 50 mit einem Kollimator 11. Ein proximales Ende 11p des Kollimators 11 kann an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre 50 angrenzen. Ein distales Ende 11d des Kollimators 11 kann der Luft ausgesetzt sein und an diese angrenzen. Zwischen dem Kollimator 11 und dem Zielmaterial 19 der Röntgenröhre 50 gibt es einen Spalt 52.

Fig. 6 ist eine Querschnitts-Seitenansicht einer Transmissionsziel-Röntgenröhre 60 mit einem Kollimator 61. Zwischen dem Kollimator 61 und dem Zielmaterial 19 der Röntgenröhre 60 gibt es einen Spalt 52.

[0007] Definitionen Die folgenden Definitionen, einschließlich der Mehrzahlformen derselben gelten überall in dieser Anmeldung.

[0008] Der Begriff „Klebstoff“, wie er hier verwendet wird, enthält irgendein Material, das verwendet werden kann, um das Röntgenfenster mit dem Kollimator 11 zu verbinden und um eine hermetische Dichtung zwischen dem Röntgenfenster 16 und dem Kollimator 11 zu bilden. Die beispielhaften Klebstoffe enthalten z. B. Leim, Epoxid, Polymer, Lot und Hartlot.

[0009] Der Begriff „überall gleichmäßig verteilt“, wie er hier verwendet wird, bedeutet genau gleichmäßig verteilt; innerhalb normaler Fertigungstoleranzen gleichmäßig verteilt; oder fast genau gleichmäßig verteilt, so dass irgendeine Abweichung von exakt gleichmäßig verteilt für die gewöhnliche Verwendung der Vorrichtung eine vernachlässigbare Wirkung aufweisen würde.

[0010] Die Begriffe „auf“, „befindet sich auf“, „befindet sich bei“ und „befindet sich über“, wie sie hier verwendet werden, bedeuten befindet sich direkt auf oder befindet sich über mit irgendeinem anderen festen Material dazwischen. Die Begriffe „befindet sich direkt auf“, „angrenzen“, „grenzt an“ und „angrenzend“ bedeuten einen direkten und unmittelbaren Kontakt.

[0011] Der Begriff „monolithisch“, wie er hier verwendet wird, bedeutet nahtlos und kontinuierlich. Eine monolithische Struktur weist hier überall die gleiche Materialzusammensetzung auf. Eine Betonwand, die zu einem einzigen Zeitpunkt in einem einzigen Gießschritt, gefolgt von einem einzigen Aushärtungsschritt gebildet wird, ist z. B. monolithisch. Als ein weiteres Beispiel ist ein Kollimator, der zu einem einzigen Zeitpunkt aus einem einzigen Materialstück gebildet wird, monolithisch.

[0012] Die Begriffe „integral verbunden“ und „integral“, wie sie hier verwendet werden, bedeuten, dass die integral verbundenen Vorrichtungen zur gleichen Zeit gemeinsam gebildet werden und ohne Nähte oder Verbindungen zwischen ihnen zusammenhängend sind.

[0013] Der Begriff „die gleiche Materialzusammensetzung“, wie er hier verwendet wird, bedeutet genau die gleiche, innerhalb der normalen Fertigungstoleranzen die gleiche oder fast die gleiche, so dass irgendeine Abweichung von genau der gleichen für die gewöhnliche Verwendung der Vorrichtung eine vernachlässigbare Wirkung aufweisen würde.

[0014] Der Begriff „Röntgenröhre“, wie er hier verwendet wird, ist nicht auf röhren/zylinderförmige Vorrichtungen eingeschränkt. Der Begriff „Röhre“ wird hier verwendet, weil dies der Standardbegriff ist, der für Röntgenstrahlen emittierende Vorrichtungen verwendet wird.

Ausführliche Beschreibung

[0015] Röntgenröhren können für die Materialanalyse (XRD und XRF), die elektrostatische Ableitung, die zerstörungsfreie Prüfung der Materialstärke, die Bildgebung und die Rückstreuung verwendet werden. Wünschenswerte Eigenschaften der Röntgenröhren enthalten klein, leicht, kostengünstig, Ausrichtung der Komponenten während der Herstellung, weniger Komponenten für eine einfachere Herstellung und die Fähigkeit, in unerwünschte Richtungen emittierte Röntgenstrahlen zu blockieren. Die Erfindung enthält Röntgenröhren mit einem Kollimator 11, um diese Anforderungen zu erfüllen. Jedes Beispiel kann eine, einige oder alle dieser Anforderungen erfüllen.

[0016] Wie in den **Fig. 1-6** veranschaulicht ist, ist gezeigt, dass die Röntgenröhren 10, 20, 30, 40, 50 und 60 eine Katode 12 und eine Anode 22, die elektrisch voneinander isoliert sind, umfassen. Die Katode 12 und die Anode 22 können z. B. durch eine elektrisch isolierende Vorrichtung 13 voneinander elektrisch isoliert sein. Die elektrisch isolierende Vorrichtung 13 kann ein Zylinder oder eine Scheibe sein. Die elektrisch isolierende Vorrichtung 13 kann aus Glas oder Keramik bestehen. Die Anode 22 kann stationär sein.

[0017] Die Katode 12 kann konfiguriert sein, Elektronen 15 in Richtung eines Zielmaterials 19 der Anode 22 zu emittieren. Die Katode 12 kann z. B. einen Elektronenemitter 12e, wie z. B. einen Heizfaden, enthalten, der aufgrund einer hohen Temperatur und eines großen Spannungsunterschieds Elektronen 15 emittiert. Das Zielmaterial 19 kann (z. B. durch die Auswahl des Materials) konfiguriert sein, in Reaktion auf die von der Katode 12 auftreffenden Elektronen 15 Röntgenstrahlen 21 aus der Röntgenröhre 10, 20 und 30 zu emittieren.

[0018] Wie in den **Fig. 1-5** veranschaulicht ist, enthalten die Röntgenröhren 10, 20, 30, 40 und 50 einen Kollimator 11 zur Kollimation der Röntgenstrahlen 21. Der Kollimator 11 kann ein einzelner Kollimator sein (nur ein Kollimator in der Röntgenröhre) sein. Die Verwendung eines einzelnen Kollimators kann die Anzahl der Komponenten verringern und folglich die Herstellung vereinfachen.

[0019] Der Kollimator 11 kann ein proximales Ende 11p, das sich am nächsten bei der Katode 12 befindet, und ein distales Ende 11d, das sich am weitesten von der Katode 12 entfernt befindet, aufweisen. Das proximale Ende 11p kann an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 und 50 angrenzen. Das distale Ende 11d kann der Luft an einer Außenseite der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 und 50 ausgesetzt sein und an diese angrenzen. Das Vakuum kann sich innerhalb der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 befinden. Das distale Ende 11d kann sich von der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 und 50 als eine am weitesten vorstehende Vorrichtung an einem Röntgenemissionsende der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 und 50 nach außen erstrecken. Der Kollimator 11 kann an einem Ende an die elektrisch isolierende Vorrichtung 13 angrenzen und kann sich an einem gegenüberliegenden Ende an einer Außenseite der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 und 50 befinden.

[0020] Der Kollimator 11 kann eine monolithische, integrale Struktur sein. Die monolithische, integrale Struktur des Kollimators 11 kann einen kontinuierlichen und ununterbrochenen Wärmestromweg für verbesserte Wärmeübertragungseigenschaften aufweisen. Zusätzlich kann die monolithische, integrale Struktur des Kollimators 11 einen kontinuierlichen

und ununterbrochenen elektrischen Weg aufweisen, um einen Kontaktwiderstand zu vermeiden und um eine gleichmäßige Stromdichte durch den Kollimator 11 zu ermöglichen. Eine Öffnung 14 kann sich durch einen Kern des Kollimators 11 erstrecken. Die Öffnung 14 kann so gerichtet sein, dass Röntgenstrahlen 21 aus der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 und 50 emittiert werden.

[0021] Über der Öffnung 14 kann ein Röntgenfenster 16 angebracht sein. Das Röntgenfenster 16 kann innerhalb der Öffnung 14 angebracht sein. Das Röntgenfenster 16 kann eine hermetische Dichtung mit dem Kollimator 11 bilden. Das Röntgenfenster 16 kann das Vakuum von der Luft trennen. Das Röntgenfenster 16 kann einige oder alle der Eigenschaften (z. B. geringe Ablenkung, hohe Röntgendurchlässigkeit, geringe Durchlässigkeit für sichtbares und infrarotes Licht) der Röntgenfenster enthalten, die im US-Patent Nummer US 9.502.206 beschrieben sind, das hier durch Bezugnahme insgesamt mit aufgenommen ist.

[0022] In einem Aspekt kann die Anode 22 im Wesentlichen aus dem Kollimator 11, dem Röntgenfenster 16, einem Klebstoff und dem Zielmaterial 19 bestehen. Der Klebstoff kann zum Anbringen des Röntgenfensters 16 am Kollimator 11 und zum Anbringen des Kollimators 11 an der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 verwendet werden. In einem weiteren Aspekt kann die Anode 22 im Wesentlichen aus dem Kollimator 11, dem Röntgenfenster 16, einem Klebstoff, dem Zielmaterial 19 und dem (im Folgenden beschriebenen) Ring 31 bestehen. Der Klebstoff kann zum Anbringen des Röntgenfensters 16 am Kollimator 11, zum Anbringen des Kollimators 11 am Ring 31 und zum Anbringen des Rings 31 an der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 verwendet werden. Wenigstens 70 %, wenigstens 80 %, wenigstens 85 %, wenigstens 90 % oder wenigstens 95 % eines Gewichts der Anode 22 können der Kollimator 11 sein.

[0023] Die Öffnung 14 kann (a) einen Kollimationsbereich 17 zwischen dem Röntgenfenster 16 und dem distalen Ende 11d und (b) einen Driftbereich 18 zwischen dem Röntgenfenster 16 und dem proximalen Ende 11p enthalten.

[0024] Etwas oder alles des Kollimators 11, der den Kollimationsbereich 17 umschließt, kann als ein am weitesten vorstehender fester Gegenstand an einem Röntgenemissionsende der Röntgenröhre 10, 20, 30, 40 oder 50 nach außen vorstehen. Es können z.B. $\geq 20\%$, $\geq 50\%$, $\geq 75\%$, $\geq 95\%$ oder alles des Kollimators 11, der den Kollimationsbereich 17 umschließt, von irgendeinen anderen festen Abschnitt der Röntgenröhre nach außen vorstehen.

[0025] Jeder Entwurf einer Röntgenröhre kann eine Beziehung zwischen einer Länge 17L des Kollimationsbereichs 17 und einer Länge 18L des Driftbereichs 18 aufweisen. Die Länge 17L des Kollimationsbereichs 17 wird als eine kürzeste Länge zwischen dem Röntgenfenster 16 und dem distalen Ende 11d gemessen. Die Länge 18L des Driftbereichs 18 wird als eine kürzeste Länge zwischen dem Röntgenfenster 16 und dem proximalen Ende 11p gemessen.

[0026] Eine kürzere Länge 17L des Kollimationsbereichs 17 ist für einen erhöhten Röntgenfluss und weniger Material im Kollimator bevorzugt; wobei aber eine größere Länge 17L des Kollimationsbereichs 17 für einen schmaleren Röntgenstrahl bevorzugt ist.

[0027] Eine kürzere Länge 18L des Driftbereichs 18 ist für eine kleinere Chance der Lichtbogenbildung und weniger Material im Kollimator 17 bevorzugt. Eine größere Länge 18L des Driftbereichs 18 ist für eine erhöhte Röntgenabschirmung und eine verringerte Elektronenrückstreuung zu der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 bevorzugt.

[0028] Beispielhafte Beziehungen zwischen der Länge 17L des Kollimationsbereichs 17 und der Länge 18L des Driftbereichs 18 enthalten die Folgenden: $0,2 \leq 18L/17L$, $0,5 \leq 18L/17L$ oder $1 \leq 18L/17L$. Andere Beispiele enthalten die Folgenden: $18L/17L \leq 1$, $18L/17L \leq 1,3$ oder $18L/17L \leq 1,6$.

[0029] Es kann eine Beziehung zwischen einer Länge 17L des Kollimationsbereichs 17 und einem Durchmesser 17d des Kollimationsbereichs 17 für einen Ausgleich zwischen einer besseren Kollimation des Röntgenstrahls und einem verringerten Materialgewicht und gesenkten Materialkosten gewählt werden. Zum Beispiel $0,5 \leq 17L/17d$, $1 \leq 17L/17d$ oder $1,4 \leq 17L/17d$. Andere Beispiele enthalten $17L/17d \leq 1,4$, $17L/17d \leq 3$ oder $17L/17d \leq 5$. Der Durchmesser 17d wird senkrecht zu einer Längsachse der Röntgenröhre gemessen.

[0030] Es kann eine Beziehung zwischen einem Durchmesser 17d des Kollimationsbereichs 17, einem Durchmesser 16d des Röntgenfensters 16 und einem Durchmesser 18d des Driftbereichs 18 für eine verbesserte Herstellbarkeit und eine verbesserte Kollimation der Röntgenstrahlen 21 gewählt werden. Zum Beispiel $17d > 16d > 18d$. Jeder Durchmesser wird senkrecht zu einer Längsachse der Röntgenröhre gemessen. Wenn die Vorrichtung verschiedene Durchmesser in verschiedenen Richtungen aufweist, dann wird ein größter Durchmesser für diese Beziehung ausgewählt.

[0031] Bei einem Kollimator 11, wie er hier beschrieben ist, kann sich das Röntgenfenster 16 über die

elektrisch isolierende Vorrichtung 13 hinaus näher zu der Probe erstrecken. Das Röntgenfenster 16 kann sich z. B. $\geq 0,5$ mm, ≥ 2 mm oder ≥ 4 mm, gemessen parallel zu einer Längsachse der Röntgenröhre, über ein am weitesten entferntes Ende der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 hinaus befinden. Die Längsachse der Röntgenröhre kann sich vom Elektronenemitter 12e bis zum Zielmaterial 19 an der Anode 22 (d. h., parallel zum Elektronenstrahl 15) erstrecken.

[0032] Ein proximales Ende 11p des Kollimators 11 grenzt an ein Vakuum innerhalb der Röntgenröhren 10, 20, 30, 40 und 50 an. Im Gegensatz grenzt in der Röntgenröhre 60 das proximale Ende 61p des Kollimators 61 nicht an ein Vakuum an. Stattdessen grenzt dieses proximale Ende 61p an ein Material 63 an, das fest oder flüssig sein könnte. Das Material 63 kann einen Spalt 52 zwischen dem Kollimator 61 und der Anode 22 überspannen. Das Material 63 kann den Kollimator 61 umschließen und ein proximales Ende 61p des Kollimators 61 verschließen.

[0033] Wie an der Transmissionsziel-Röntgenröhre 10 und 30 in den **Fig. 1** und **Fig. 3** veranschaulicht ist, kann sich das Zielmaterial 19 in dem Röntgenfenster 16 befinden. Das Zielmaterial 19 kann an das Röntgenfenster 16 angrenzen. Eine Öffnung 14 des Kollimators 11 kann das Zielmaterial 19 umschließen. Die Öffnung 14 kann so gerichtet sein, (a) dass die Elektronen 15 von dem Elektronenemitter 12e durch den Driftbereich 18 hindurchgehen, um das Zielmaterial 19 zu treffen, und (b) dass die erzeugten Röntgenstrahlen 21 durch den Kollimationsbereich 17 hindurchgehen und aus der Röntgenröhre 10 oder 30 ausgestrahlt werden.

[0034] Wie bei den Reflexionsziel-Röntgenröhren 20 und 40 in den **Fig. 2** und **Fig. 4** veranschaulicht ist, kann das Zielmaterial 19 (i) vom Röntgenfenster 16 getrennt sein, (ii) sich innerhalb des Kollimators 11 befinden und (iii) einen Abschnitt einer Wand der Öffnung 14 bilden. Die Öffnung 14 kann so gerichtet sein, (a) dass die Elektronen 15 von dem Elektronenemitter 12e durch den Driftbereich 18 zu dem Zielmaterial 19 hindurchgehen und (b) dass die erzeugten Röntgenstrahlen 21 durch den Kollimationsbereich 17 hindurchgehen und aus der Röntgenröhre 20 oder 40 ausgestrahlt werden.

[0035] In **Fig. 3** ist eine Transmissionsziel-Röntgenröhre 30 veranschaulicht. Diese Röntgenröhre 30 kann die oben für die Röntgenröhre 10 beschriebenen Eigenschaften aufweisen. Die Form des Kollimationsbereichs 17 unterscheidet sich jedoch zwischen den Röntgenröhren 10 und 30.

[0036] In der Transmissionsziel-Röntgenröhre 30 nimmt der Durchmesser 17d des Kollimationsbereichs 17 zu, wie der Abstand vom Röntgenfenster

16 zunimmt. Der Kollimationsbereich 17 kann eine Form eines Kegelstumpfes aufweisen. Die Form eines Kegelstumpfes kann näher bei dem Röntgenfenster 16 einen schmaleren Durchmesser 17d und näher bei dem distalen Ende 11d einen größeren Durchmesser 17d aufweisen.

[0037] Ein Winkel 17a der Wände des Kollimationsbereichs 17 kann auf einen Brennfleck der Elektronen am Ziel 19 zeigen. Beispielhafte Winkel 17a der Wände des Kollimationsbereichs 17 enthalten wenigstens 20° , 30° oder 40° ; und nicht größer als 50° , 60° , 70° oder 80° . Der Winkel kann zwischen einer Linie 35, die auf eine Fläche der Wände des Kollimationsbereichs 17 ausgerichtet ist, und einer Fläche des Röntgenfensters 16 gemessen werden.

[0038] Diese Form des Kollimationsbereichs 17 kann die Form des Röntgenstrahls verbessern. Ohne die Form eines Kegelstumpfes können Röntgenstrahlen durch eine Ecke des distalen Endes 11d des Kollimators 11 hindurchgehen. Diese Röntgenstrahlen werden teilweise gedämpft und führen zu einem insgesamt unerwünschten Gesamtprofil des Röntgenstrahls.

[0039] In **Fig. 4** ist eine Reflexionsziel-Röntgenröhre 40 veranschaulicht. Diese Röntgenröhre 40 kann die oben für die Röntgenröhre 20 beschriebenen Eigenschaften aufweisen.

[0040] Die Röntgenröhren 30 und 40 können ferner einen Ring 31 umfassen, der den Kollimator 11 umschließt. Aufgrund eines Unterschiedes der Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Kollimator 11 und der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 kann die elektrisch isolierende Vorrichtung 13 reißen, wenn die beiden Komponenten aneinander abgedichtet (z. B. hartgelötet) werden. Das Hinzufügen des Rings 31 kann dieses Problem der Rissbildung lösen.

[0041] Der Ring 31 kann sich zwischen dem Kollimator 11 und der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 befinden. Der Ring 31 kann am Kollimator 11 und an der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 befestigt sein.

[0042] Wie in **Fig. 3** veranschaulicht ist, kann sich zwischen dem Ring 31 und dem Kollimator 11 eine hermetische Dichtung 33 (eine erste hermetische Dichtung) befinden. Zwischen dem Ring 31 und der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 kann sich eine hermetische Dichtung 33 (eine zweite hermetische Dichtung) befinden.

[0043] Diese hermetische Dichtung 33 kann ein Klebstoff, wie z. B. eine hartgelötete Verbindung, sein.

[0044] Es wird angegeben, dass es in **Fig. 3** keine derartige hermetische Dichtung 33 zwischen dem Kollimator 11 und der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 gibt. Sie sind nicht direkt hermetisch gegeneinander abgedichtet. Aufgrund des Fehlens einer direkten hermetischen Dichtung 33 an dieser Stelle können der Kollimator 11 und die elektrisch isolierende Vorrichtung 13 aneinander vorbeigleiten, wie sie sich während der Erwärmungs- und Abkühlprozesse mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ausdehnen und zusammenziehen.

[0045] Wie in **Fig. 3** veranschaulicht ist, kann der Ring 31 ferner einen Kanal 32 umfassen, der den Ring 31 an seiner Außenfläche umschließt. Dieser Kanal 32 kann eine Flexibilität des Rings 31 ermöglichen und folglich die Spannung in der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 weiter verringern.

[0046] Der Ring 31 kann einen zur elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Der Ring 31 kann während des Erwärmens und des Abkühlens Spannungen speichern. Ohne den Ring 31 würde diese Spannung in der elektrisch isolierenden Vorrichtung 13 gespeichert werden. Der Ring 31 kann aus einem Material bestehen, das dehnbarer als die elektrisch isolierende Vorrichtung 13 ist und das derartige Spannungen besser speichern kann, ohne zu brechen. Der Ring 31 kann metallisch sein.

[0047] Der Kollimator 11 und der Ring 31 in den Röntgenröhren 30 und 40 können die folgenden Materialzusammensetzungen aufweisen. Der Kollimator 11 kann Wolfram umfassen. Der Kollimator 11 kann wenigstens 50, 75, 90 oder 95 Gewichtsprozent Wolfram umfassen.

[0048] Der Ring 31 kann Kobalt, Nickel und Eisen umfassen. Der Ring 31 kann aus Kovar hergestellt sein. Der Ring 31 kann wenigstens 50, 75, 90 oder 95 Gewichtsprozent Eisen, Nickel und Kobalt kombiniert umfassen. Der Ring 31 kann wenigstens 50 Gewichtsprozent Eisen, wenigstens 20 Gewichtsprozent Nickel und wenigstens 10 Gewichtsprozent Kobalt umfassen.

[0049] Obwohl die hermetische Dichtung 33 und der Kanal 32 in **Fig. 4** nicht veranschaulicht sind, sind diese Merkmale auf die Röntgenröhre 40 anwendbar. Der Ring 31 und die hermetischen Dichtungen 33 der Röntgenröhren 30 und 40 sind auf jede andere hier beschriebene Röntgenröhre anwendbar.

[0050] Wie an der Reflexionsziel-Röntgenröhre 50 in **Fig. 5** veranschaulicht ist, kann das Zielmaterial 19 vom Röntgenfenster 16 getrennt sein und sich außerhalb des Kollimators 11 befinden. Die Öffnung 14 kann so gerichtet sein, dass die Röntgenstrahlen 21 von dem Zielmaterial 19 durch den Driftbereich 18

hindurchgehen, durch den Kollimationsbereich 17 hindurchgehen und aus der Röntgenröhre 10 ausgestrahlt werden.

[0051] Die Röntgenröhren 10, 20, 30 und 40 können relativ klein und leicht sein, weil durch das Integrieren des Kollimators 11 mit dem Rest der Anode 22 weniger Abschirmung erforderlich ist. Die Röntgenstrahlen werden im Inneren des Kollimators 11 erzeugt. Das Zielmaterial 19 befindet sich innerhalb der Öffnung 14 zwischen dem proximalen Ende 11p und dem distalen Ende 11d des Kollimators 11. Weil sich das Zielmaterial 19 innerhalb des Kollimators 11 befindet, ist die Abschirmung von Röntgenstrahlen verbessert.

[0052] Im Gegensatz gibt es bei den Röntgenröhren 50 und 60 einen Spalt 52 zwischen dem Kollimator 11 und dem Ziel 19. In diesen Röntgenröhren 50 und 60 kann es schwieriger sein, Röntgenstrahlen 21 abzuschirmen. Folglich könnten die Röntgenröhren 50 und 60 größer und schwerer als die Röntgenröhren 10, 20, 30 und 40 sein. Außerdem gibt bei den Röntgenröhren 50 und 60 ein höheres Risiko des Austretens von Röntgenstrahlen.

[0053] Die Röntgenröhren 10, 20, 30 und 40 sind den Röntgenröhren 50 und 60 vorzuziehen. Die Röntgenröhre 50 ist der Röntgenröhre 60 vorzuziehen.

[0054] Der hier beschriebene monolithische, integrale Kollimator 11 kann die Herstellbarkeit der Röntgenröhren 10, 20, 30, 40 und 50 verbessern, weil (a) weniger Komponenten den Herstellungsprozess vereinfachen und (b) weniger Komponenten die Stapeltoleranz minimieren, was folglich zu einem präziseren Endprodukt führt.

[0055] In einem beispielhaften Kollimator 11 sind $18L = 7,2$ mm, $17L = 6,8$ mm, $17d = 4,8$ mm und $18d = 2,8$ mm. $18L$, $17L$ und $17d$ sind oben definiert. $18d$ ist ein Durchmesser des Driftbereichs 18. In diesem Beispiel beträgt der Außendurchmesser des Kollimators über das meiste des Driftbereichs 18 und über den Kollimationsbereich 17 8,5 mm.

[0056] Die Kollimatoren 11 und 61 können aus einem Material mit einem hohen Schmelzpunkt und mit der Fähigkeit, Röntgenstrahlen zu blockieren, hergestellt sein. Die folgenden Materialien/chemischen Elemente können überall im Kollimator 11 oder 61 gleichmäßig verteilt sein: Wenigstens eines der Elemente im Kollimator 11 oder 61 kann eine Ordnungszahl ≥ 42 oder ≥ 74 aufweisen. Wenigstens 80 Gewichtsprozent der Elemente im Kollimator 11 bzw. 61 weisen eine Ordnungszahl ≥ 42 oder ≥ 74 auf. Der Kollimator 11 oder 61 kann ≥ 60 , ≥ 70 oder ≥ 85 Gewichtsprozent Wolfram, Molybdän oder Silber enthalten. Zusätzlich zu Wolfram, Molybdän

oder Silber kann der Kollimator 11 oder 61 Kupfer, Nickel und Kupfer, Nickel und Eisen, Lanthan und Sauerstoff, Rhenium oder Kombinationen daraus enthalten. Der Kollimator 11 oder 61 kann ein Gewichtsprozent Kupferanteil enthalten, das $\geq 10\%$ und $\leq 35\%$ ist.

[0057] Die hier beschriebenen Kollimatoren 11 und 61 können durch maschinelle Bearbeitung hergestellt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 9502206 [0021]

Schutzansprüche

1. Röntgenröhre, die Folgendes umfasst:
eine Katode und eine Anode, die elektrisch voneinander isoliert sind, wobei die Katode konfiguriert ist, Elektronen in Richtung eines Zielmaterials der Anode zu emittieren, und das Zielmaterial konfiguriert ist, Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre in Reaktion auf auftreffende Elektronen von der Katode zu emittieren;
einen Kollimator, (a) der eine monolithische, integrale Struktur ist, (b) der eine sich durch ihn hindurch erstreckende Öffnung aufweist und (c) der konfiguriert ist, die Röntgenstrahlen zu kollimieren;
ein Röntgenfenster, das über der Öffnung angebracht ist, wobei die Öffnung gerichtet ist, dass Röntgenstrahlen durch die Öffnung, durch das Röntgenfenster und aus der Röntgenröhre emittiert werden; und
der Kollimator enthält ein proximales Ende, das sich der Katode am nächsten befindet, und ein distales Ende, das sich am weitesten von der Katode entfernt befindet, wobei das proximale Ende an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre angrenzt und das distale Ende an die Luft angrenzt.

2. Röntgenröhre, die Folgendes umfasst:
eine Katode und eine Anode, die durch eine elektrisch isolierende Vorrichtung elektrisch voneinander isoliert sind, wobei die Katode konfiguriert ist, Elektronen in Richtung der Anode zu emittieren, und die Anode konfiguriert ist, in Reaktion auf auftreffende Elektronen von der Katode Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre zu emittieren;
einen einzelnen Kollimator, der an einem Ende an die elektrisch isolierende Vorrichtung angrenzt und sich an einem gegenüberliegenden Ende an einer Außenseite der Röntgenröhre befindet; und
der einzelne Kollimator ist eine monolithische, integrale Struktur mit einer sich durch sie hindurch erstreckenden Öffnung, wobei die Öffnung gerichtet ist, um Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre zu emittieren.

3. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Anode im Wesentlichen aus dem Kollimator, dem Röntgenfenster, einem Klebstoff zum Anbringen des Röntgenfensters und dem Zielmaterial besteht.

4. Röntgenröhre nach Anspruch 2, wobei:
sich eine Längsachse der Röntgenröhre von einem Elektronenemitter an der Katode zu einem Zielmaterial an der Anode erstreckt; und
das Röntgenfenster befindet sich wenigstens 2 mm hinter einem am weitesten entfernten Ende der elektrisch isolierenden Vorrichtung, gemessen parallel zur Längsachse.

5. Röntgenröhre nach Anspruch 2, die ferner Folgendes umfasst:
einen Ring, der den Kollimator umschließt; und
der Ring befindet sich zwischen dem Kollimator und der elektrisch isolierenden Vorrichtung und ist an ihnen befestigt.

6. Röntgenröhre nach Anspruch 5, die ferner Folgendes umfasst:
der Ring ist hermetisch an dem Kollimator und der elektrisch isolierenden Vorrichtung abgedichtet; und
der Kollimator und die elektrisch isolierende Vorrichtung sind nicht direkt aneinander hermetisch abgedichtet.

7. Röntgenröhre nach Anspruch 6, die ferner Folgendes umfasst:
eine erste hermetische Dichtung zwischen dem Kollimator und dem Ring;
eine zweite hermetische Dichtung zwischen dem Ring und der elektrisch isolierenden Vorrichtung; und
keine hermetische Dichtung direkt zwischen dem Kollimator und der elektrisch isolierenden Vorrichtung.

8. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 5-7, wobei der Ring ferner einen Kanal umfasst, der den Ring an einer Außenfläche des Rings umschließt.

9. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 5-8, wobei wenigstens 75 Gewichtsprozent des Kollimators Wolfram sind und wenigstens 75 Gewichtsprozent des Rings Kobalt, Nickel und Eisen sind.

10. Röntgenröhre, die Folgendes umfasst:
eine Katode und eine Anode, die elektrisch voneinander isoliert sind, wobei die Katode konfiguriert ist, Elektronen in Richtung der Anode zu emittieren, und die Anode konfiguriert ist, in Reaktion auf auftreffende Elektronen von der Katode Röntgenstrahlen aus der Röntgenröhre zu emittieren;
einen Kollimator, (a) der eine monolithische, integrale Struktur ist, (b) der eine Öffnung aufweist, die sich durch ihn hindurch erstreckt, und (c) der konfiguriert ist, die Röntgenstrahlen zu kollimieren; und
der Kollimator enthält ein proximales Ende, das sich am nächsten bei der Katode befindet, und ein distales Ende, das sich am weitesten von der Katode entfernt befindet, wobei das proximale Ende an ein Vakuum im Inneren der Röntgenröhre angrenzt und sich das distale Ende von der Röntgenröhre nach außen als eine am weitesten vorstehende Vorrichtung an einem Röntgenemissionsende der Röntgenröhre erstreckt.

11. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei:
die Öffnung einen Kollimationsbereich zwischen dem Röntgenfenster und dem distalen Ende enthält;

und
 ≥ 50 % des Kollimationsbereichs nach außen von irgendeinem anderen festen Abschnitt der Röntgenröhre als ein am weitesten vorstehendes festes Objekt an einem Röntgenemissionsende der Röntgenröhre vorstehen.

12. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 1-10, wobei die Öffnung einen Kollimationsbereich zwischen dem Röntgenfenster und dem distalen Ende enthält und ein Durchmesser des Kollimationsbereichs zunimmt, wenn der Abstand vom Röntgenfenster zunimmt.

13. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 11-12, wobei der Kollimationsbereich eine Form eines Kegelstumpfs aufweist.

14. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 1-10, wobei die Öffnung einen Kollimationsbereich zwischen dem Röntgenfenster und dem distalen Ende und einen Driftbereich zwischen dem Röntgenfenster und dem proximalen Ende enthält.

15. Röntgenröhre nach Anspruch 14, wobei ein Durchmesser des Kollimationsbereichs größer als ein Durchmesser des Röntgenfensters ist und der Durchmesser des Röntgenfensters größer als ein Durchmesser des Driftbereichs ist, wobei jeder Durchmesser senkrecht zu einer Längsachse der Röntgenröhre gemessen wird.

16. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 14-15, wobei $0,2 \leq 18L/17L \leq 1,6$ ist, wobei 17L eine kürzeste Länge des Kollimationsbereichs zwischen dem Röntgenfenster und dem distalen Ende ist und 18L eine kürzeste Länge des Driftbereichs zwischen dem Röntgenfenster und dem proximalen Ende ist.

17. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 11-16, wobei ein Winkel der Wände des Kollimationsbereichs auf einen Brennfleck der Elektronen am Ziel zeigt.

18. Röntgenröhre nach Anspruch 17, wobei der Winkel der Wände des Kollimationsbereichs wenigstens 30° und nicht größer als 60° ist, wobei der Winkel zwischen einer Linie, die auf eine Fläche der Wände des Kollimationsbereichs und einer Fläche des Röntgenfensters ausgerichtet ist, gemessen wird.

19. Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 11-18, wobei $0,5 \leq 17L/17d$ ist, wobei 17L eine kürzeste Länge des Kollimationsbereichs zwischen dem Röntgenfenster und dem distalen Ende ist und 17d ein Durchmesser des Kollimationsbereichs, gemessen senkrecht zur Längsachse der Röntgenröhre, ist.

20. Röntgenröhre nach Anspruch 19, wobei $17L/17d \leq 5$ ist.

21. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Röntgenstrahlen innerhalb des Kollimators erzeugt werden.

22. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kollimator ein Abschnitt der Anode ist und wenigstens 80 % eines Gewichts der Anode der Kollimator ist.

23. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei das Röntgenfenster innerhalb der Öffnung angebracht ist.

24. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kollimator die folgenden chemischen Elemente überall gleichmäßig verteilt enthält:

≥ 60 Gewichtsprozent Wolfram; und
 ≥ 10 Gewichtsprozent und ≤ 35 Gewichtsprozent Kupfer.

25. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kollimator ≥ 60 Gewichtsprozent Wolfram plus Nickel und Kupfer enthält, die überall gleichmäßig verteilt sind.

26. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kollimator ≥ 85 Gewichtsprozent Wolfram plus Nickel und Eisen enthält, die überall gleichmäßig verteilt sind.

27. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kollimator ≥ 85 Gewichtsprozent Wolfram plus Lanthan und Sauerstoff enthält, die überall gleichmäßig verteilt sind.

28. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kollimator ≥ 70 Gewichtsprozent Wolfram plus Rhenium enthält, die überall gleichmäßig verteilt sind.

29. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei sich das Zielmaterial innerhalb der Öffnung zwischen dem proximalen Ende und dem distalen Ende des Kollimators befindet.

30. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Öffnung das Zielmaterial umschließt.

31. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei das Zielmaterial einen Abschnitt einer Wand der Öffnung bildet.

32. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei das Röntgenfenster eine hermeti-

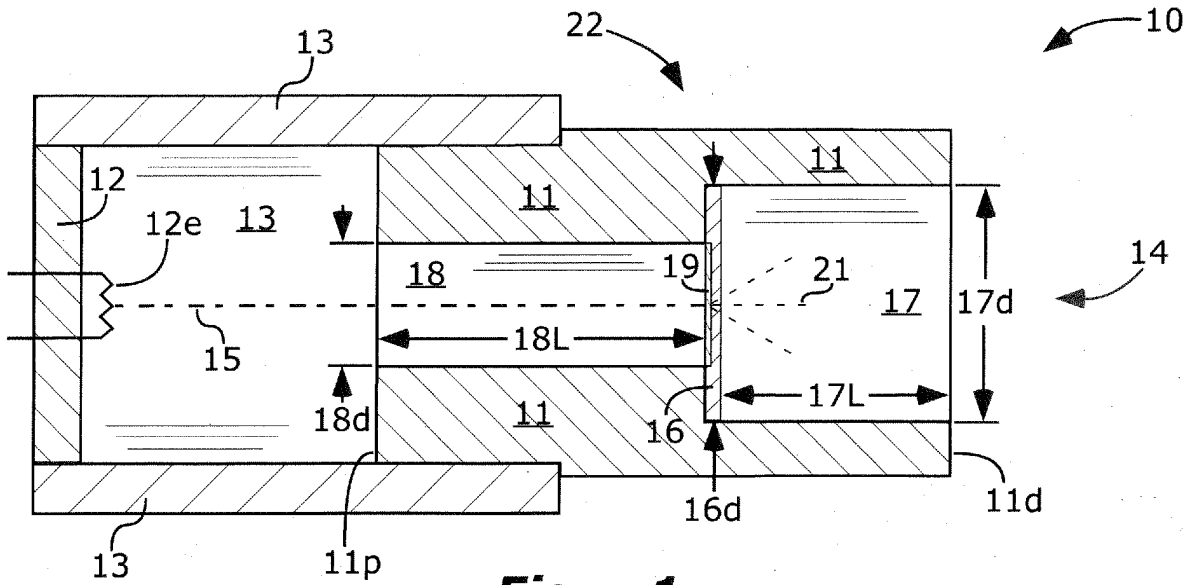
sche Dichtung bildet und das Vakuum von der Luft trennt.

33. Röntgenröhre nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei wenigstens eines der Elemente im Kollimator eine Ordnungszahl ≥ 74 aufweist.

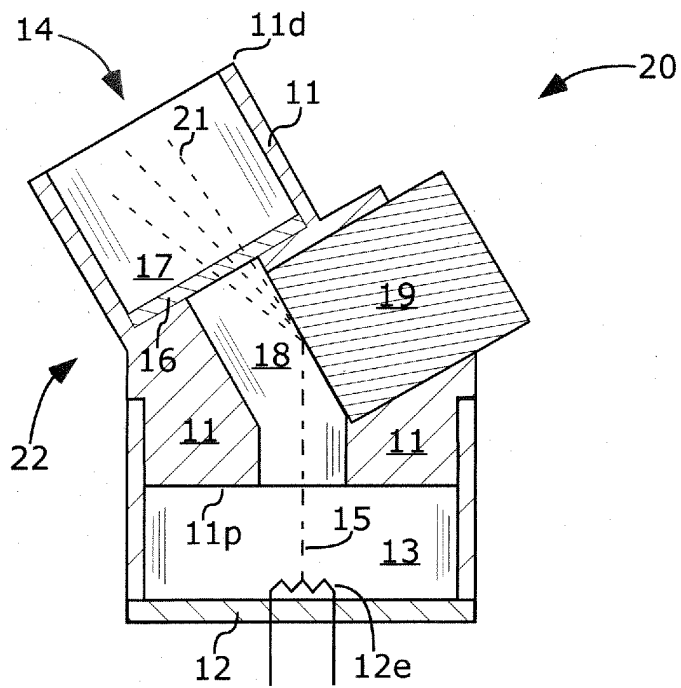
34. Röntgenröhre nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ≥ 80 Gewichtsprozent der Elemente im Kollimator eine Ordnungszahl ≥ 74 aufweisen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

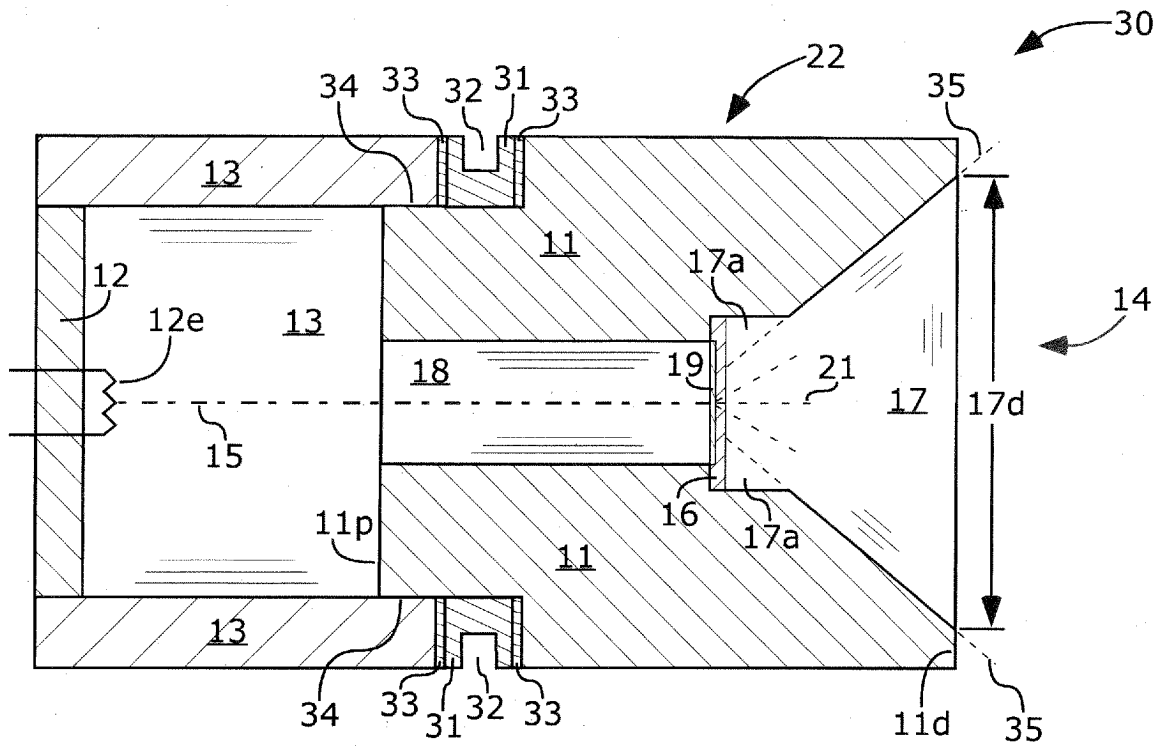
Anhängende Zeichnungen



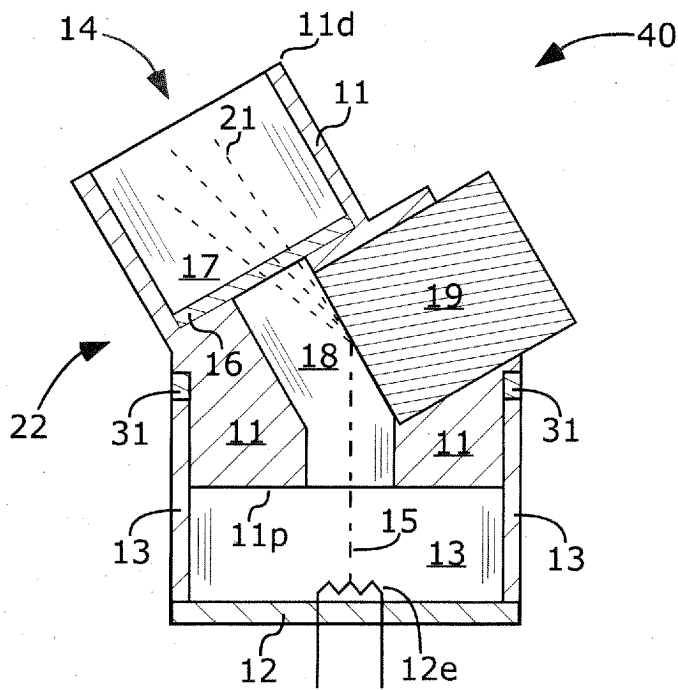
Figur 1



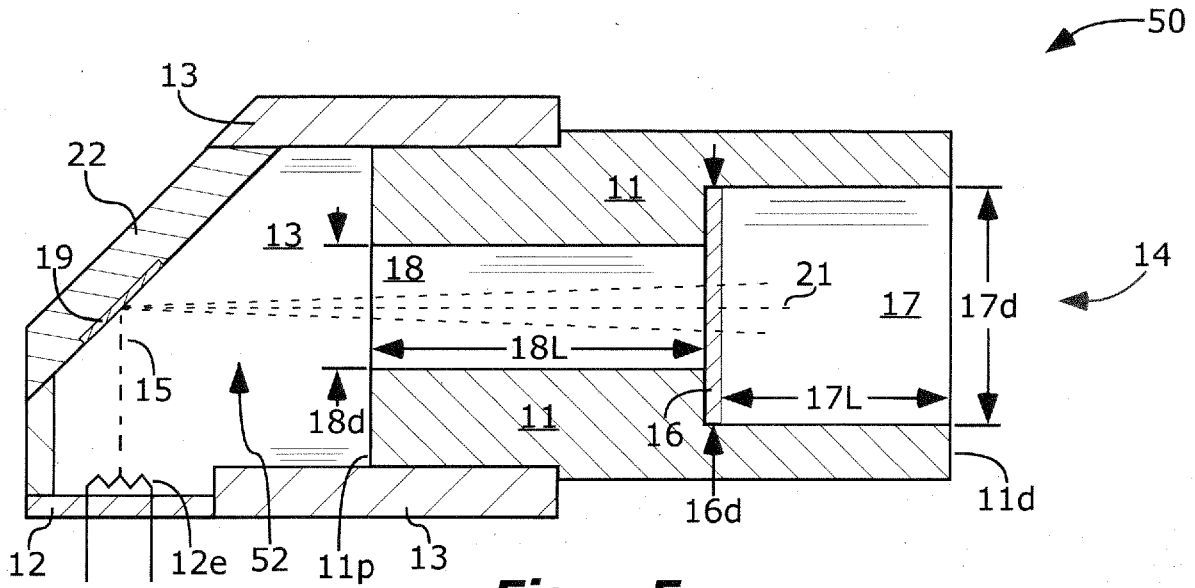
Figur 2



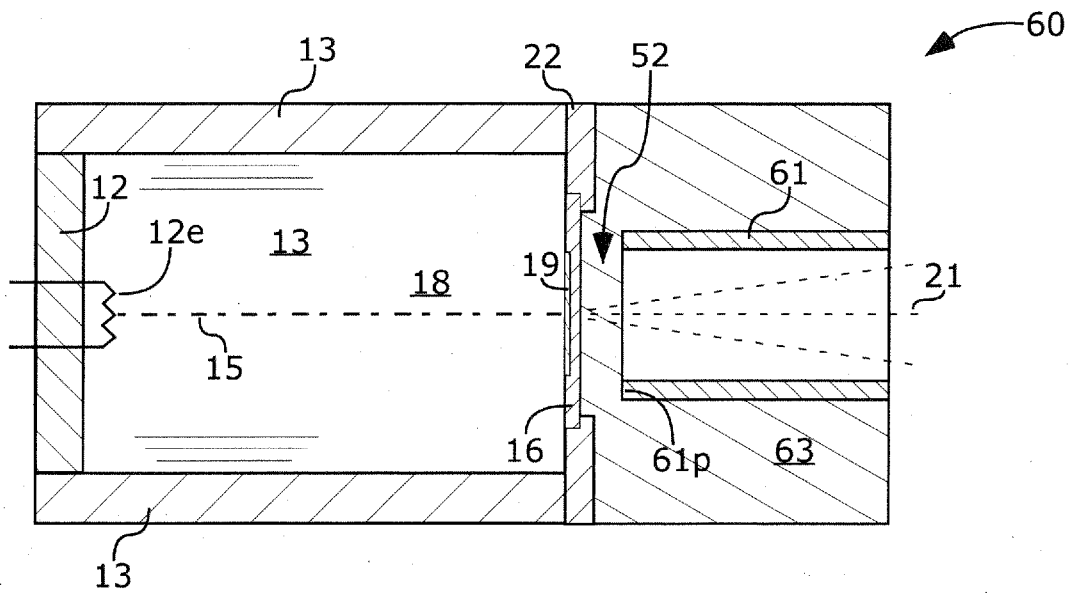
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6