



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**19.06.2002 Patentblatt 2002/25**

(51) Int Cl.7: **H01J 35/08**

(21) Anmeldenummer: **01000722.7**

(22) Anmeldetag: **06.12.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Harding, Geoffrey**  
**Weissstrasse 2 52066 Aachen (DE)**  
• **Ulmer, Bernd**  
**Weissstrasse 2 52066 Aachen (DE)**  
• **David, Bernd**  
**Weissstrasse 2 52066 Aachen (DE)**

(30) Priorität: **16.12.2000 DE 10062928**

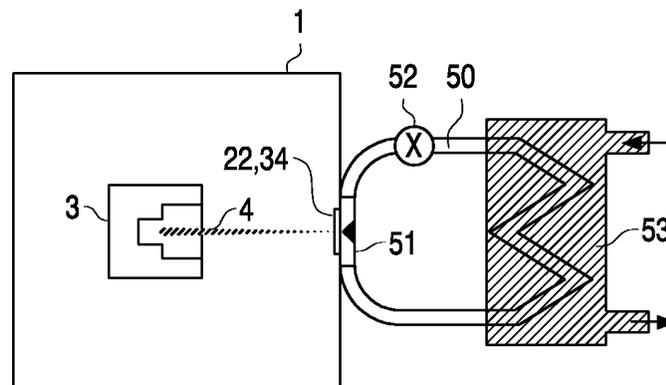
(71) Anmelder:  
• **Philips Corporate Intellectual Property GmbH**  
**52066 Aachen (DE)**  
Benannte Vertragsstaaten:  
**DE**  
• **Koninklijke Philips Electronics N.V.**  
**5621 BA Eindhoven (NL)**  
Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

(74) Vertreter: **Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al**  
**Philips Corporate**  
**Intellectual Property GmbH**  
**Weissstr. 2**  
**52066 Aachen (DE)**

(54) **Röntgenstrahler mit Flüssigmetall-Target**

(57) Es wird ein Röntgenstrahler mit einem Flüssigmetall-Target und einer Elektronenquelle (3) zur Emission eines Elektronenstrahls (4) in ein Fenster (23) eines Leitungsteils (51), durch das im Betriebszustand das Flüssigmetall-Target fließt, beschrieben, der sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass das Leitungsteil (51) durch einen ersten Leitungsabschnitt (10, 20),

der das Fenster (23) aufweist und durch den das Flüssigmetall-Target fließt, sowie einen zweiten Leitungsabschnitt (30, 40) gebildet ist, durch den ein Kühlmittel strömt und der so an dem ersten Leitungsabschnitt befestigt ist, dass der Bereich der Einwirkung des Elektronenstrahls auf den ersten Leitungsabschnitt gekühlt wird.



**FIG. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Röntgenstrahler mit Flüssigmetall-Target und einer Elektronenquelle zur Emission eines Elektronenstrahls in ein Fenster eines Leitungsteils, durch das im Betriebszustand das Flüssigmetall-Target fließt, sowie ein Röntgengerät mit einem solchen Röntgenstrahler.

**[0002]** Ein Röntgenstrahler dieser Art ist aus der DE 198 21 939.3 bekannt. Dabei wird das Fenster, durch das die von der Elektronenquelle emittierten Elektronen hindurchtreten und auf das Flüssigmetall-Target treffen, durch eine turbulente Strömung des Targets gekühlt. Durch diese Art der Kühlung wird die Dauerbelastbarkeit des Röntgenstrahlers erheblich verbessert. Einer weiteren Steigerung der Belastbarkeit steht jedoch die Tatsache entgegen, dass das Fenster sowie die das Fenster umgebenden Bereiche des Röntgenstrahlers, d. h. der Fensterrahmen, relativ hohen thermischen Spannungen ausgesetzt sind. Die Ursachen hierfür liegen in der Wärmeerzeugung insbesondere aufgrund des direkten Einfalls von Elektronen mit hoher Energie und aufgrund der Strömung des heißen Flüssigmetalls unter dem Fenster. Weiterhin tragen auch die gestreuten Elektronen, die einen nur geringen Energieverlust aufweisen, zur Wärmeerzeugung bei.

**[0003]** Dies ist deshalb besonders kritisch, weil die Verbindung zwischen dem Fenster und dem Fensterrahmen in Abhängigkeit von der verwendeten Bond-Technologie (z B. Lötung, Klebung) einer nur begrenzten maximalen Temperatur standhalten kann.

**[0004]** Eine Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, besteht deshalb darin, einen Röntgenstrahler mit Flüssigmetall-Target und einer Elektronenquelle der eingangs genannten Art zu schaffen, dessen Dauerbelastbarkeit weiter gesteigert werden kann

**[0005]** Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Röntgenstrahler der eingangs genannten Art, der sich gemäß Anspruch 1 dadurch auszeichnet, dass das Leitungsteil durch einen ersten Leitungsabschnitt, der das Fenster aufweist und durch den das Flüssigmetall-Target fließt, sowie einen zweiten Leitungsabschnitt gebildet ist, durch den ein Kühlmittel strömt und der so an dem ersten Leitungsabschnitt befestigt ist, dass der Bereich der Einwirkung des Elektronenstrahls auf den ersten Leitungsabschnitt gekühlt wird.

**[0006]** Ein besonderer Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass durch die erhöhte Wärmeabführung die Belastbarkeit des Röntgenstrahlers insbesondere bei solchen Anwendungen weiter gesteigert werden kann, bei denen in einer kurzen Zeit eine hohe Röntgenstrahlendosis erzeugt werden muss, wie zum Beispiel bei CT-Geräten mit hoher Abtastrate.

**[0007]** Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

**[0008]** In den Ansprüchen 2 bis 5 werden jeweils Maßnahmen beschrieben, die auf verschiedene Arten die Wärmeabführung weiter verbessern. Mit den Aus-

führungsformen gemäß den Ansprüchen 6 und 7 wird in vorteilhafter Weise die Gestaltung des Leitungsteils so vorgenommen, dass einerseits ein sich mit einem bestimmten räumlichen Öffnungswinkel ausbreitender Röntgenstrahl nicht gestört wird, andererseits aber auch keine Beeinträchtigung der Kühlung in Kauf genommen werden muss.

**[0009]** Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Zeichnung Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Röntgenstrahlers;

Fig. 2 Darstellungen von verschiedenen Elementen eines erfindungsgemäßen Leitungsteils;

Fig. 3 das erfindungsgemäße Leitungsteil in zusammengesbautem Zustand; und

Fig. 4 eine Speisung des erfindungsgemäßen Leitungsteils.

**[0010]** Figur 1 zeigt schematisch einen Röntgenstrahler, bei dem das mit Elektronen bestrahlte Target durch ein im Betriebszustand des Röntgenstrahlers flüssiges Metall gebildet ist. Innerhalb eines Röhrenkolbens 1 befindet sich in einem Vakuumraum eine Elektronenquelle in Form einer Kathode 3, die im Betriebszustand einen Elektronenstrahl 4 emittiert. Dieser Elektronenstrahl 4 ist auf ein Leitungsteil 51 eines Rohrleitungssystems 50 gerichtet und trifft durch ein für die Elektronen im wesentlichen durchlässiges Fenster 22, 34 auf das in dem Rohrleitungssystem 50 strömende Flüssigmetall-Target, so dass Röntgenstrahlen angeregt werden. Mittels einer Pumpe 52 wird das flüssige Metall in einem Kreislauf durch das Rohrleitungssystem 50 gepumpt, das auch durch einen Wärmetauscher 53 führt, so dass die erzeugte Wärme aus dem flüssigen Metall über einen Kühlkreislauf abgeführt werden kann.

**[0011]** Das Leitungsteil 51 des Rohrleitungssystems 50 ist in den Figuren 2 und 3 im einzelnen in Draufsicht dargestellt.

**[0012]** Das Leitungsteil 51 setzt sich gemäß Figur 2 aus vier Elementen 10, 20, 30, 40 zusammen, die in der Reihenfolge (a) bis (d) dargestellt sind und in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet werden, das heißt auf das erste Element 10 gemäß Figur 2(a) wird das zweite Element 20 gemäß Figur 2(b), darauf das dritte Element 30 gemäß Figur 2(c) und darauf schließlich das vierte Element 40 gemäß Figur 2(d) gesetzt. Die Elemente werden in der in Figur 2 gezeigten Ausrichtung aufeinander montiert. Der Elektronenstrahl tritt in zur Ebene der Zeichnung senkrechter Richtung von oben zunächst in das vierte Element 40 ein und gelangt dann durch das dritte und zweite Element 30, 20 schließlich in das erste Element 10.

**[0013]** Weiterhin ist davon auszugehen, dass der Elektronenstrahl einen linienförmigen Brennpunkt ("Strichfocus") bildet, der sich in den Darstellungen gemäß Figur 2 von links nach rechts erstreckt. Ein solcher Stichfocus hat zum Beispiel Abmessungen von 1 mm × 7 mm und wird häufig bei Röntgenstrahlern verwendet, um bei konstanter Leistungsdichte die bestrahlte Fläche zu vergrößern.

**[0014]** Das erste Element 10 gemäß Figur 2(a) ist aus einem massiven Metallkörper zum Beispiel aus Stahl oder Molybdän gebildet, der zum Beispiel etwa 100 mm lang, 25 mm breit und 10 mm tief ist. In diesen Metallkörper ist ein erster Kanal 11 eingebracht, durch den im Betriebszustand des zusammengebauten Leitungsteils das Flüssigmetall-Target, in dem die Röntgenstrahlen erzeugt werden, gemäß der Andeutung durch den Pfeil P1 fließt. Die Tiefe dieses ersten Kanals 11 ist nicht konstant, sondern nimmt in einem zentralen Bereich 12 ab.

**[0015]** An der Stelle des zentralen Bereiches 12, an der der Elektronenstrahl eintritt, hat der Kanal seine geringste Tiefe, die dort zum Beispiel etwa 200 µm beträgt.

**[0016]** Das in Figur 2(b) gezeigte zweite Element 20 ist etwa 1 mm stark und hat ansonsten im wesentlichen die gleichen äußeren Abmessungen wie das erste Element 10. In einem zentralen Bereich 21 befindet sich ein im wesentlichen kreisförmiger Einsatz 22, in den ein erster, im wesentlichen rechteckiger Schlitz 23 für den Elektronenstrahl eingebracht ist. Dieser Schlitz erstreckt sich mit seiner Längsrichtung senkrecht zu der Strömungsrichtung des Flüssigmetall-Targets, so dass sich eine optimale Wärmeabführung ergibt.

**[0017]** Der erste Schlitz 23 ist an seiner in der Darstellung unteren Seite mit einer Diamantschicht mit einer Dicke von etwa 1 µm verschlossen, die durch Kleben oder auf andere Weise an dem Einsatz 22 befestigt wird. Der erste Schlitz bildet somit ein Diamantfenster 23, das für Elektronen durchlässig ist.

**[0018]** Das zweite Element 20 wird mit Schrauben oder anderen Befestigungsmitteln (nicht gezeigt) auf dem ersten Element 10 so befestigt, dass ein erster flüssigkeitsdichter Leitungsabschnitt 10, 20 entsteht, durch den das Flüssigmetall-Target fließen kann. Aufgrund der reduzierten Tiefe des Kanals 11 in dem zentralen Bereich 12 und insbesondere an dem Diamantfenster wird das Target dort beschleunigt, so dass eine turbulente Strömung entsteht. Diese turbulente Strömung sorgt für eine besonders wirksame Abführung von thermischer Energie von dem Fenster, da durch die entstehenden Wirbel die Flüssigkeit besonders gut und schnell durchmischt wird. Dies ist insbesondere in dem temperaturkritischen Bereich des Diamantfensters und seiner Befestigung an dem Einsatz 22 vorteilhaft.

**[0019]** Der erste Leitungsabschnitt 10, 20 ist Teil eines primären Flüssigmetall-Kreislaufs, der durch den Wärmetauscher 53 (Figur 1) führt.

**[0020]** Weiterhin ist ein zweiter Leitungsabschnitt 30, 40 vorgesehen, der ein Kühlmittel führt und gemäß der in Figur 2(c), (d) gezeigten Stellung mit einem Winkel

von etwa 90 Grad auf dem ersten Leitungsabschnitt 10, 20 montiert wird, so dass er sich in Längsrichtung des ersten Schlitzes 23 über diesem erstreckt.

**[0021]** Der zweite Leitungsabschnitt umfasst ein drittes Element 30, das gemäß Figur 2(c) aus einem Metallkörper zum Beispiel aus Stahl oder Molybdän mit einem zentralen Bereich 33 gebildet ist. In dem zentralen Bereich 33 befindet sich ein zweiter, im wesentlichen rechteckiger Schlitz 34a, der so angeordnet und ausgebildet ist, dass er den ersten Schlitz 23 in dem zweiten Element 20 fortsetzt. In den Metallkörper sind weiterhin zwei Kanäle 31, 32 eingefräst, die sich in Längsrichtung des zweiten Schlitzes 34a erstrecken und außerhalb des zentralen Bereiches 33 parallel zueinander verlaufen. In dem zentralen Bereich 33 beginnen die Kanäle 31, 32 auf der Höhe des einen Endes des zweiten Schlitzes 34a auseinander zulaufen, bis sie sich jenseits der Höhe des anderen Endes des Schlitzes 34a wieder in Richtung auf ihre parallelen Abschnitte außerhalb des zentralen Bereiches zurückerstrecken. Die Kanäle 31, 32 schließen auf diese Weise in dem zentralen Bereich 33 eine im wesentlichen kreissegmentähnliche Fläche 35 ein, in der sich der erste Schlitz 34a befindet.

**[0022]** Das vierte Element 40 hat im wesentlichen die gleiche äußere Form wie das dritte Element 30 und wird mit Befestigungsmitteln (nicht dargestellt) auf diesem montiert, so dass sich der zweite flüssigkeitsdichte Leitungsabschnitt 30, 40 ergibt. In einem zentralen Bereich 41 des vierten Elementes 40 befindet sich eine im wesentlichen rechteckige Öffnung 34b des zweiten Schlitzes 34a. Außerdem ist in die äußere Fläche des zentralen Bereiches 41 eine kreissegmentähnliche Einsenkung 43 eingebracht, deren Form mit der Form der Fläche 35 korrespondiert, die die Kanäle 31, 32 in dem zentralen Bereich 33 des dritten Elementes 30 umschließen. Diese Einsenkung wird durch Abtragen von Material durch Fräsen oder auf andere Weise eingebracht.

**[0023]** Der zweite Leitungsabschnitt 30, 40 hat im Bereich der Einsenkung 43, in dem der Strichfokus des Elektronenstrahls liegt, in zusammengebautem Zustand eine Stärke von etwa 3 mm. Außerhalb dieses Bereiches, d.h. sowohl in einer Richtung stromaufwärts und stromabwärts, als auch in einer Richtung senkrecht dazu, kann die Stärke größer sein, so dass die Kanäle 31, 32 breiter bzw. tiefer ausgebildet werden können und damit Strömungsverluste aufgrund der Viskosität des Kühlmittels (sekundäre Flüssigkeit) vermindert werden. Die einzige Beschränkung in dieser Hinsicht ist durch die Forderung gegeben, dass die Abmessungen und die Form des zweiten Leitungsabschnitts den nutzbaren Röntgenstrahl nicht behindern sollen.

**[0024]** Der zweite Leitungsabschnitt 30, 40 bildet einen Teil eines sekundären Flüssigkeitskreislaufs und dient dazu, Wärme von dem ersten Leitungsabschnitt, insbesondere dessen zentralem Bereich, in dem sich der erste Schlitz 23 und damit das Diamantfenster befindet, abzuführen. Zu diesem Zweck verläuft der zweite Leitungsabschnitt 30, 40 mit einem Winkel von 90 Grad

zu dem ersten Leitungsabschnitt 10, 20. Die bevorzugte Richtung der Strömung des primären Flüssigmetall-Targets durch den ersten Leitungsabschnitt 10, 20 ist durch den Pfeil P1 in Figur 2(a) und die bevorzugte Richtung der Strömung der sekundären Flüssigkeit durch den zweiten Leitungsabschnitt 30, 40 ist durch die Pfeile P2 in Figur 2(c) angedeutet.

**[0025]** Mit dieser Anordnung werden drei vorteilhafte Wirkungen erzielt. Einerseits wird die Arbeitstemperatur des primären Flüssigmetall-Targets vermindert. Dadurch wird andererseits auch die Temperatur der Verbindung zwischen dem Diamantfenster und dem Einsatz 22 abgesenkt, und schließlich wird die Wärmewirkung der sekundären Elektronen, die aus dem primären Elektronenstrahl herausgestreut werden und die unter dem Einfluss des gegenüber der Kathode positiven Potentials der Anode in der Nähe des Brennpunktes aufschlagen, vermindert.

**[0026]** Diese Wirkungen werden dadurch unterstützt, dass die beiden Kanäle 31, 32 des zweiten Leitungsabschnitts 30, 40 parallel zu der Richtung des Strichfocuss des Elektronenstrahls und zu beiden Seiten der Schlitze verlaufen. Dadurch wird die Strömung in dem sekundären Flüssigkeitskreislauf sehr nahe an die Stelle des Elektroneneinschlags geführt.

**[0027]** Durch das Divergieren der Kanäle 31,32 innerhalb des zentralen Bereiches 33 des zweiten Leitungsabschnitts sowie die kreissegmentähnliche Einsenkung 43 des zentralen Bereiches 41 des vierten Elementes 40 wird der Tatsache Rechnung getragen, dass ein Röntgenstrahl mit einem bestimmten räumlichen Öffnungswinkel aus der Öffnung 34b des zweiten Schlitzes 34a austreten muss. Bei allgemein gebräuchlichen diagnostischen Röntgenröhren beträgt der Winkel zwischen der Ebene der Anode und dem Röntgenstrahl, der am nächsten an der Anodenebene liegt, etwa 12 Grad. Figur 3 zeigt diese Zusammenhänge für ein aus dem ersten und dem zweiten Leitungsabschnitt zusammengesetztes Leitungsteil 51, wobei die bevorzugte Strömungsrichtung des primären Flüssigmetall-Targets wiederum durch den Pfeil P1 und der sekundären Flüssigkeit wiederum durch den Pfeil P2 angedeutet ist.

**[0028]** Die Kanäle 31, 32 divergieren innerhalb des zentralen Bereiches 33 des dritten Elementes 30 in der Weise, dass der gemäß Figur 3 austretende Röntgenstrahl 50 durch die Kanäle nicht gestört bzw. gedämpft wird. Entsprechendes gilt für die Bemessung der Einsenkung 43 in dem vierten Element, so dass sich mit diesen beiden Maßnahmen der erzeugte Röntgenstrahl im wesentlichen ungestört kegelförmig ausbreiten kann.

**[0029]** Der primäre und der sekundäre Flüssigkeitskreislauf können gemäß der Darstellung in Figur 4 mit dem gleichen Flüssigmetall gemeinsam über die Leitung 50 (Figur 1) mit der Pumpe 52 gespeist werden, wobei die Leitung vorzugsweise durch den Wärmetauscher 53 geführt wird.

**[0030]** Im einzelnen ist zu diesem Zweck ein erster Leitungsverzweiger 501 (Y-Stück) vorgesehen, an den

die Leitung 50 angeschlossen ist und von dem eine primäre Leitung 502 und eine sekundäre Leitung 503 ausgeht. Diese Leitungen speisen das Leitungsteil 51 und setzen sich an dessen Ausgängen weiter fort, bis sie mit einem zweiten Leitungsverzweiger 504 (Y-Stück) wieder vereint und als gemeinsame Leitung 50 fortgesetzt werden. Die primäre und die sekundäre Leitung 502,503 sind so geführt, dass sie an die jeweils einen rechten Winkel zueinander aufweisenden Eingänge bzw. Ausgänge des Leitungsteils 51 sowie den ersten bzw. zweiten Leitungsteiler 501, 504 angeschlossen werden können.

**[0031]** Alternativ dazu kann der sekundäre Flüssigkeitskreislauf auch getrennt und unabhängig von dem primären Kreislauf des Flüssigmetall-Targets geführt werden. Dies kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn eine Kühlflüssigkeit verwendet werden soll, die zum Beispiel eine besonders niedrige Viskosität und /oder eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist.

**[0032]** In jedem Fall ist die mit dem erfindungsgemäßen Leitungsteil 51 erzielte Wärmeabführung von dem Fenster, in das der Elektronenstrahl zur Erzeugung von Röntgenstrahlen eintritt, wesentlich wirksamer als bei bekannten Anordnungen dieser Art, so dass bei einem entsprechenden Röntgenstrahler die Arbeitstemperatur vermindert oder die Strahlungsintensität erhöht werden kann.

## 30 Patentansprüche

1. Röntgenstrahler mit Flüssigmetall-Target und einer Elektronenquelle zur Emission eines Elektronenstrahls in ein Fenster eines Leitungsteils, durch das im Betriebszustand das Flüssigmetall-Target fließt, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Leitungsteil (51) durch einen ersten Leitungsabschnitt (10,20), der das Fenster (23) aufweist und durch den das Flüssigmetall-Target fließt, sowie einen zweiten Leitungsabschnitt (30,40) gebildet ist, durch den ein Kühlmittel strömt und der so an dem ersten Leitungsabschnitt befestigt ist, dass der Bereich der Einwirkung des Elektronenstrahls auf den ersten Leitungsabschnitt gekühlt wird.
2. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der erste und der zweite Leitungsabschnitt (10, 20; 30, 40) in einer zur Einfallsrichtung des Elektronenstrahls im wesentlichen senkrechten Ebene liegen und einen Winkel von etwa 90 Grad zueinander aufweisen.
3. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Fenster in dem ersten Leitungsabschnitt (10,20) durch einen ersten, im wesentlichen recht-

eckigen Schlitz (23) mit einer Diamantschicht gebildet ist, wobei der Schlitz mit seiner Längsrichtung im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des Flüssigmetall-Targets verläuft.

5

4. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der erste Leitungsabschnitt (10,20) einen Kanal (11) aufweist, in dem das Flüssigmetall-Target fließt und der im Bereich des ersten Schlitzes (23) mit einer Querschnittsverengung versehen ist. 10
5. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der zweite Leitungsabschnitt (30, 40) zwischen der Elektronenquelle (3) und dem ersten Leitungsabschnitt (10,20) angeordnet ist und einen zweiten, im wesentlichen rechteckigen Schlitz (34a, 34b) aufweist, durch den der Elektronenstrahl in den ersten Schlitz (23) des ersten Leitungsabschnitts fällt. 15  
20
6. Röntgenstrahler nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der zweite Leitungsabschnitt (30,40) zwei Kanäle (31,32) für das Kühlmittel aufweist, die im wesentlichen parallel verlaufen, im Bereich des zweiten Schlitzes (34a) jedoch so divergieren, dass sie eine im wesentlichen kreissegmentähnliche Fläche (35) einschließen, in der der zweite Schlitz liegt. 25  
30
7. Röntgenstrahler nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** eine Öffnung (34b) des zweiten Schlitz (34a) in einer in den zweiten Leitungsabschnitt (30,40) eingebrachten, im wesentlichen kreissegmentähnlichen Einsenkung (43) der äußeren Fläche liegt. 35
8. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der erste und der zweite Leitungsabschnitt (10, 20; 30,40) an einen gemeinsamen Kreislauf für das Flüssigmetall-Target angeschlossen sind, wobei das Flüssigmetall in dem zweiten Leitungsabschnitt als Kühlmittel dient. 40  
45
9. Röntgengerät mit einem Röntgenstrahler nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 50

50

55

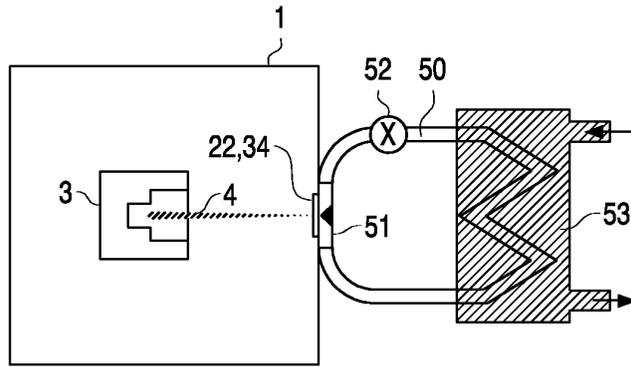


FIG. 1

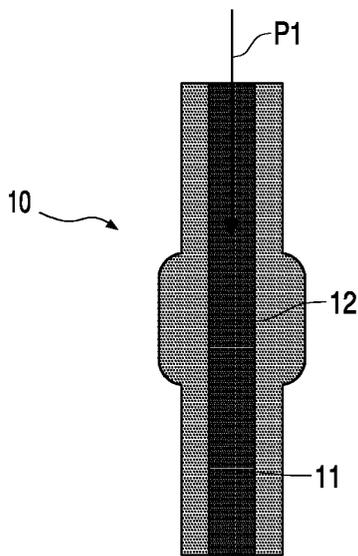


FIG. 2a

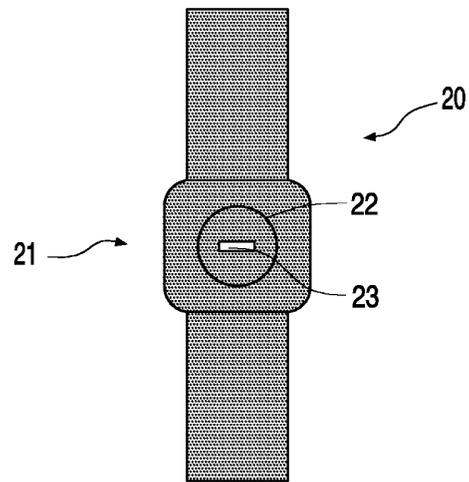


FIG. 2b

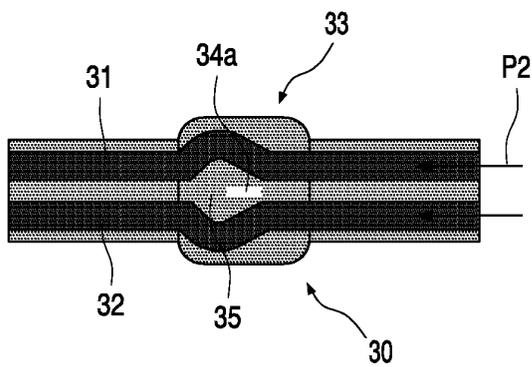


FIG. 2c

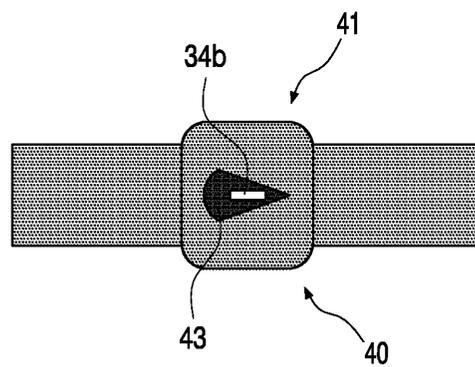


FIG. 2d

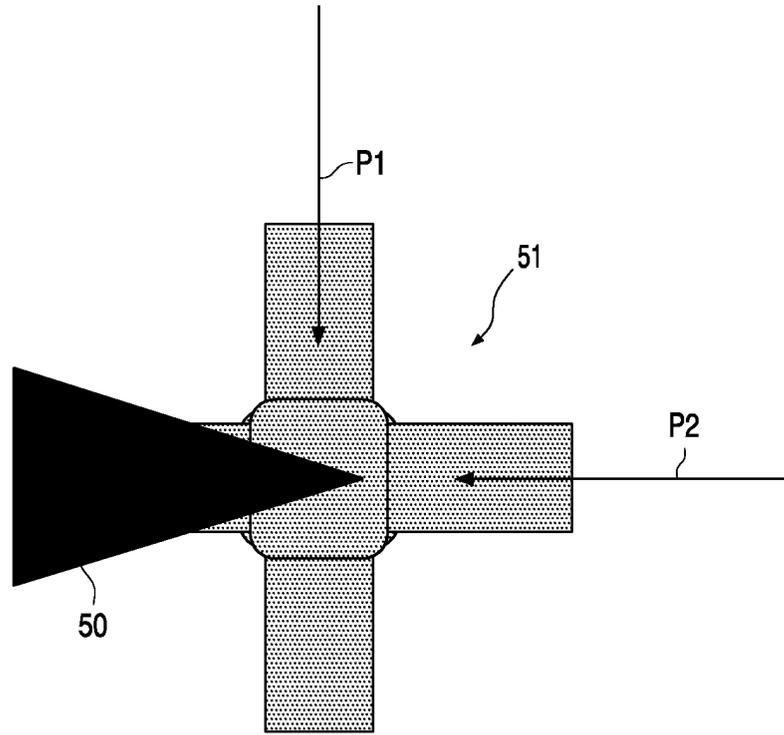


FIG. 3

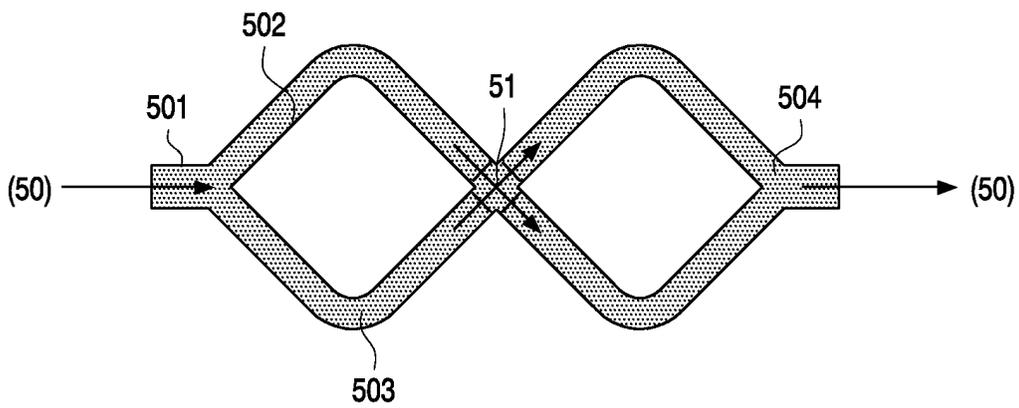


FIG. 4