



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2003 Patentblatt 2003/01

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

(21) Anmeldenummer: **02100714.1**

(22) Anmeldetag: **17.06.2002**

(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

(30) Priorität: **19.06.2001 DE 10129463**

(71) Anmelder:
• **Philips Corporate Intellectual Property GmbH**
20099 Hamburg (DE)
• **Koninklijke Philips Electronics N.V.**
5621 BA Eindhoven (NL)

(72) Erfinder:
• **Harding, Geoffrey, c/o Philips Corp Intel Prop GmbH**
52066, Aachen (DE)
• **Schlomka, Jens-Peter, c/o Philips Cor Int Prop GmbH**
52066, Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al**
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Postfach 50 04 42
52088 Aachen (DE)

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

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung beim Auftreffen von Elektronen (4) mit einem Flüssigmetallbereich (7), in dem ein flüssiges Metall (9) als Röntgentarget derart angeordnet ist, dass es an einer Elektronenauffrefzone (8) vorbei fließen kann. Um bei einer solchen Anordnung zu erreichen, dass zur Bewegung des flüssigen Metalls eine Pumpe mit reduzierter Leistung eingesetzt werden kann, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen,

dass ein von dem Flüssigmetallbereich (7) getrennter Druckbereich (10) mit einem Druckmittel (11) vorgesehen ist derart, dass mittels des Druckmittels (11) ein Druck auf das in dem Flüssigmetallbereich (7) befindliche flüssige Metall (9) zum Antreiben und Vorbeiführen des flüssigen Metalls (9) an der Elektronenauffrefzone (8) ausübbar ist, wobei der Druckbereich (10) einen wiederaufladbaren Druckspeicher (R3) zum Aufbringen des Drucks aufweist.

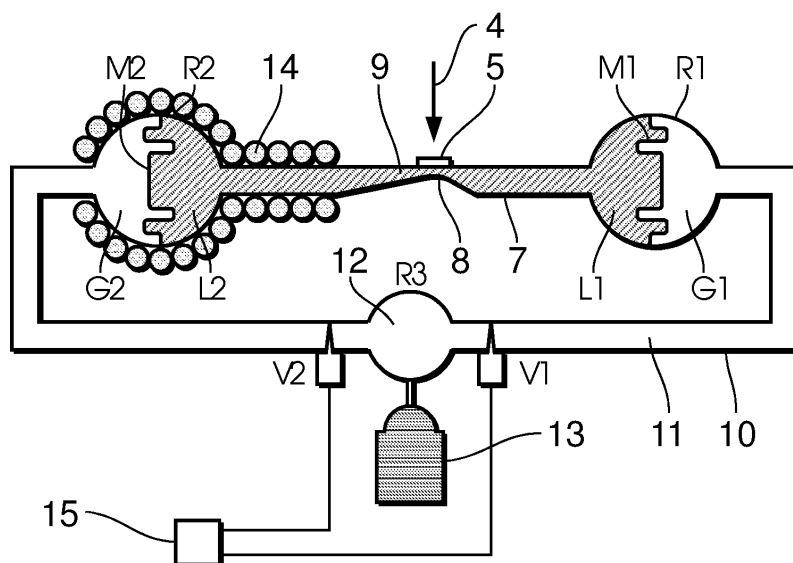


Fig. 2b

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung beim Auftreffen von Elektronen mit einem Flüssigmetallbereich, in dem ein flüssiges Metall als Röntgentarget derart angeordnet ist, dass es an einer Elektronenauffreffzone vorbei fließen kann. Außerdem betrifft die Erfindung einen Röntgenstrahler mit einer Elektronenquelle zur Emission von Elektronen und mit einer solchen Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung. Schließlich betrifft die Erfindung auch eine Röntgeneinrichtung mit einem Röntgendetektor und einem solchen Röntgenstrahler.

[0002] Eine solche Anordnung und ein solcher Röntgenstrahler sind aus der US 6,185,277 B1 bekannt. Dort treten die von einer Elektronenquelle emittierten Elektronen durch ein dünnes Fenster in das flüssige Metall ein und erzeugen dort Röntgenstrahlung. Das flüssige Metall, das eine hohe Ordnungszahl aufweist, zirkuliert dort unter der Wirkung einer Pumpe, so dass die durch die Wechselwirkung mit den Elektronen im Fenster und im flüssigen Metall erzeugte Wärme abgeführt werden kann. Die in diesem Bereich erzeugte Wärme wird durch eine turbulente Strömung abgeführt, was eine effektive Kühlung gewährleistet.

[0003] Es sind mehrere verschiedene Anwendungen denkbar, für die eine solche Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung eingesetzt werden kann. Bei Einsatz in einem Computertomographen wird ein Röntgenstrahler benötigt, der eine hohe impulsförmige Leistung von beispielsweise etwa 80 kW für nur kurze Zeit von beispielsweise etwa 20 s liefern kann. Für eine andere Art von Anwendung in einer Röntgenanlage zur Gepäckuntersuchung, insbesondere auf Sprengstoff oder Drogen, wird dagegen nur eine niedrigere Leistung von beispielsweise etwa 30 kW benötigt, die jedoch kontinuierlich, das heißt für mehrere Stunden, geliefert werden muss.

[0004] Bei dem bekannten Röntgenstrahler mit einem Flüssigmetall-Target, bei dem das flüssige Metall mittels einer Pumpe zirkuliert wird, wurde bislang stets davon ausgegangen, dass mittels einer einzigen Pumpe die beschriebenen Erfordernisse erfüllt werden können. Es wurde jedoch festgestellt, dass bei der ersten Art von Anwendung, in der Computertomographie, zwar die erforderliche impulsförmige Leistung sehr hoch ist, die durchschnittliche Leistung jedoch viel niedriger liegt. Wenn davon ausgegangen wird, dass typischerweise jeder Einsatzzeit von etwa 20 s eine Verweilzeit von etwa 80 s folgt, dann liegt die durchschnittliche elektrische Leistung bei $(80 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s}) / (80 \text{ s} + 20 \text{ s}) = 16 \text{ kW}$. Demnach müsste es auch möglich sein, die Leistung der Pumpe entsprechend zu verringern, die Pumpe also nicht für die maximale impulsförmige Leistung von 80 kW, sondern nur für die durchschnittlich benötigte Leistung von etwa 16 kW auszulegen, was eine starke Platz- und Kostenersparnis zur Folge hätte.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die

Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung mit einem Flüssigmetall-Target zu schaffen, die für verschiedene Anwendungen einsetzbar ist und mit einer verhältnismäßig geringen Pumpleistung für das Flüssigmetall auskommt. Diese Aufgabe wird ausgehend von der eingangs genannten Anordnung dadurch gelöst, dass ein von dem Flüssigmetallbereich getrennter Druckbereich mit einem Druckmittel vorgesehen ist derart, dass mittels des Druckmittels ein Druck auf das in dem Flüssigmetallbereich befindliche flüssige Metall zum Antreiben und Vorbeiführen des flüssigen Metalls an der Elektronenauffreffzone ausübbar ist, wobei der Druckbereich einen wiederaufladbaren Druckspeicher zum Aufbringen des Drucks aufweist.

[0006] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass die erforderliche Pumpleistung zum Vorbeiführen des flüssigen Metalls an der Elektronenauffreffzone nicht entsprechend der höchsten elektrischen (pulsförmigen) Leistung ausgelegt werden muss, sondern dass die erforderliche Pumpleistung auf die durchschnittliche geforderte elektrische Leistung abgestellt werden kann, wenn ergänzende Mittel zur Speicherung von Pumpleistung vorgesehen werden. Unter der Annahme, dass die Energie, die benötigt wird, um ein Flüssigkeitsvolumen V durch eine Druckdifferenz von ΔP zu bewegen, gleich $V \cdot \Delta P$ ist, dann erfordert die Pumpe eine Leistung von $1/\epsilon \cdot (V \cdot \Delta P) / T$. Durch ϵ wird dabei berücksichtigt, dass die Umwandlung von mechanischer Energie in hydrodynamische Energie einen Wirkungsgrad von weniger als 100% aufweist; T ist die Zeitdauer, über die die Energieübertragung auf das flüssige Metall verteilt werden kann. Die Pumpleistung kann also signifikant reduziert werden, indem die Energiezufuhr in Form von Pumpenergie über 100 s (im oben beschriebenen Beispiel der Computertomographie) verteilt wird, anstatt auf nur 20 s konzentriert zu werden. Erfindungsgemäß müssen also die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Die Energie, die das flüssige Metall antreiben wird, kann effektiv gespeichert werden, ist nachlieferbar und kann bei Bedarf in kurzer Zeit abgerufen werden;
- b) die Art der Energiespeicherung ist kompatibel mit dem Erfordernis, dass das flüssige Metall nach Art einer Pumpe angetrieben werden muss.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass das flüssige Metall nicht wie bei dem bekannten Röntgenstrahler mittels einer Pumpe zirkuliert wird, sondern sich nur in einem Flüssigmetallbereich befindet, in dem es hin- und herbewegt werden kann, jedoch nicht zirkuliert. Weiter ist ein davon getrennter Druckbereich vorgesehen, der auch einen Druckspeicher aufweist, in dem Energie gespeichert werden kann, die zum Bewegen des flüssigen Metalls in dem Flüssigmetallbereich, das heißt zum Vorbeiführen des flüssigen Metalls an der Elektronenauffreffzone, mit der ge-

wünschten Leistung abrufbar ist. Um den Druckspeicher wieder aufzuladen, also wieder Energie nachzuführen, kann hier eine Nachladevorrichtung, beispielsweise eine Pumpe, vorgesehen sein, die eine wesentlich geringere Leistung aufweist, als die Pumpe bei dem bekannten Röntgenstrahler, da hier die Energie in den Druckspeicher jederzeit, also auch in den Betriebspausen des Röntgenstrahlers, nachgeliefert werden kann, während bei dem bekannten Röntgenstrahler die Pumpleistung in voller Höhe beim Betrieb zur Verfügung gestellt werden muss. Eine solche Nachladevorrichtung kann also wesentlich platzsparender und kostengünstiger ausgestaltet werden und erlaubt einen universellen Einsatz eines solchen Röntgenstrahlers.

[0008] Vorzugsweise grenzen der Flüssigmetallbereich und der Druckbereich an zwei Stellen, zwei sogenannten Trennbereichen, aneinander, in denen jeweils mittels des Druckmittels ein Druck auf das flüssige Metall ausgeübt werden kann. Diese Trennbereiche können beispielsweise als Trennkammern mit jeweils einer Flüssigmetallkammer und einer Druckmittelkammer ausgestaltet sein, wobei das flüssige Metall und das Druckmittel durch eine flexible Membran getrennt sind, über die der Druck von dem Druckmittel auf das flüssige Metall übertragen werden kann. Je nach eingestelltem Druckverhältnis kann sich somit sowohl das flüssige Metall als auch das Druckmittel in die jeweilige Trennkammer hinein ausdehnen.

[0009] Es sind noch weitere alternative Lösungen für die Ausgestaltung des Flüssigmetallbereichs und des Druckbereichs denkbar. Diese haben jedoch alle gemeinsam, dass über das Druckmittel indirekt ein Druck auf das flüssige Metall in dem Flüssigmetallbereich ausgeübt wird, so dass das flüssige Metall also nicht direkt angetrieben wird. Die Trennbereiche könnten somit auch als Zylinder mit jeweils einem verfahrbaren Kolben ausgestaltet sein, wobei der Kolben sowohl als Trennmittel zwischen flüssigem Metall und Druckmittel dient und grundsätzlich auf beliebige Weise antreibbar ausgestaltet sein kann.

[0010] Verschiedene Ausgestaltungen für das Druckmittel sind in den Ansprüchen 5 bis 7 angegeben, wobei vorzugsweise als Druckmittel ein Gas, insbesondere Luft, verwendet wird. Auch die Umsetzung des Druckspeichers, das heißt die Speicherung von Energie zur Ausübung eines Drucks in abrufbarer Form, kann auf verschiedene Weise gelöst werden. Unter Verwendung eines Gases als Druckmittel bietet sich insbesondere eine Gasdruckkammer an, die durch steuerbare Ventile abgeschlossen ist und deren Druck mittels einer konventionellen Pumpe kontinuierlich auf einem bestimmten Level gehalten werden kann.

[0011] Zur Steuerung der Druckbeaufschlagung des flüssigen Metalls und damit also zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des flüssigen Metalls in der Elektronenauffreffzone sind entsprechende Steuermittel vorgesehen, wie sie in Anspruch 8 angegeben sind. Diese Steuermittel können insbesondere die bereits ange-

sprochenen steuerbaren Ventile aufweisen, über die die Druckzufuhr von dem Druckspeicher zu dem Flüssigmetallbereich, insbesondere zu den Trennbereichen, gesteuert werden kann.

[0012] Um eine möglichst hohe Fließgeschwindigkeit in der Elektronenauffreffzone zu erreichen, kann der Flüssigmetallbereich dort eine Verengung aufweisen. Diese Verengung kann zu beiden Seiten der Elektronenauffreffzone asymmetrisch ausgestaltet sein, beispielsweise der äußeren Form eines Wassertropfens angenähert sein, damit das durch die Verengung hindurchfließende flüssige Metall einen möglichst geringen Druckverlust erfährt. Zu berücksichtigen ist dann jedoch, dass im Betrieb das flüssige Metall immer nur in einer Richtung durch die Verengung hindurchfließen sollte, um die größtmögliche gewünschte Wirkung zu erzielen.

[0013] Im Betrieb wird das flüssige Metall um bis zu einige 100 °C erhitzt. Zur Kühlung des aufgeheizten flüssigen Metalls sind deshalb an mindestens einem der beiden Trennbereiche, in dem sich bevorzugt nach einer Einsatzphase das flüssige Metall befindet, Kühlmittel, beispielsweise in Form von um den Trennbereich herumlaufenden Kühlkanälen, angeordnet.

[0014] Die Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 1 ist bevorzugt Teil eines Röntgenstrahlers mit einer Elektronenquelle zur Emission von Elektronen, wie in Anspruch 12 angegeben ist. Ein solcher Röntgenstrahler wird bevorzugt zusammen mit einem Röntgendetektor in einer Röntgeneinrichtung eingesetzt, wie sie in Anspruch 13 angegeben ist.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 35 | Figur 1 | eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Röntgenstrahlers, |
| 40 | Figur 2a bis 2c | schematische Darstellungen einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung in verschiedenen Betriebszuständen und |
| 45 | Figur 3 | ein Ablaufdiagramm zur Erläuterung der verschiedenen Betriebszustände einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung. |

[0016] Bei dem in Figur 1 schematisch gezeigten erfindungsgemäßen Röntgenstrahler bezeichnet 1 einen elektrisch, vorzugsweise geerdeten, Röhrenkolben, der durch ein Fenster 5 vakuumdicht abgeschlossen ist. In dem Vakuumraum des Röhrenkolbens befindet sich eine Elektronenquelle in Form einer Kathode 3, die im Betriebszustand einen Elektronenstrahl 4 emittiert, der durch das Fenster 5 hindurch auf ein flüssiges Metall 9

trifft, das sich in einer erfindungsgemäßen Anordnung 2 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung befindet. Diese Anordnung 2 umfasst im Wesentlichen einen Flüssigmetallbereich 7, in dem sich ein flüssiges Metall 9 befindet, auf das in eine Elektronenauffreffzone 8 der Elektronenstrahl 4 auftrifft. Weiter befindet sich in der Anordnung 2 ein Druckbereich 10, über den ein Druck auf das flüssige Metall 9 in dem Flüssigmetallbereich 7 ausgeübt werden kann, damit das flüssige Metall 9 an der Elektronenauffreffzone 8 während des Betriebes mit einer gewünschten Geschwindigkeit vorbeiströmt.

[0017] Durch die Wechselwirkung der durch das Fenster 5 hindurchtretenden Elektronen 4 mit dem flüssigen Metall 9 entsteht Röntgenstrahlung, die durch das Fenster 5 und ein Röntgenstrahlen-Austrittsfenster 6 im Röhrenkolben 1 hindurch austritt. Das flüssige Metall 9 dient somit als Röntgentarget. Hinsichtlich der weiteren Ausgestaltung des gezeigten Röntgenstrahlers, insbesondere des Elektronenstrahls 4, des Fensters 5 und des flüssigen Metalls 9, sei auf die bereits genannte Druckschrift US 6,185,277 B1 verwiesen, deren diesbezügliche Ausführungen für den vorliegenden Röntgenstrahler gleichermaßen Gültigkeit haben und hiermit als in die vorliegende Anmeldung mit aufgenommen gelten.

[0018] In den Figuren 2a bis 2c ist die Anordnung 2 schematisch und in verschiedenen Betriebszuständen näher dargestellt. Figur 2a zeigt zunächst den Ausgangszustand der Anordnung 2 unmittelbar vor Betriebsbeginn, Figur 2b zeigt den Betriebszustand während des Betriebes und Figur 2c zeigt den Endzustand nach einem Einsatz

[0019] Wie aus den Figuren zu erkennen ist, ist der Flüssigmetallbereich 7, in dem sich das flüssige Metall 9 befindet, als längliche Röhre ausgestaltet. Diese Röhre weist in der Elektronenauffreffzone 8, also in dem Bereich hinter dem Fenster 5, eine Verengung auf. Außerdem weiten sich die beiden Enden des röhrenförmigen Flüssigmetallbereichs 7 zu Trennkammern R1 und R2 auf. Diese Trennkammern beinhalten jeweils eine flexible Membran M1, M2, die die Trennkammern R1, R2 in jeweils eine Flüssigmetallkammer L1, L2 und eine Druckkammer G1, G2 (siehe Figur 2b) unterteilen. Die Druckkammern G1, G2 sind dabei bereits Teil des Druckbereichs 10, in dem sich ein Druckmittel 11 befindet, bei der vorliegenden Ausgestaltung beispielsweise ein Gas wie insbesondere Luft. Dieser Druckbereich 10 ist ebenfalls im Wesentlichen röhrenförmig ausgebildet, wobei sich die beiden Enden zu den genannten Druckkammern G1, G2 aufweiten. Zusätzlich ist innerhalb des röhrenförmigen Druckbereichs 10 ein Druckspeicher R3, vorliegend in Form einer Druckkammer, vorgesehen, in dem ein hoher Druck vorrätig gehalten werden kann. Dazu wird mittels einer Pumpe 13 ein Gas 12, beispielsweise Luft, in die Druckkammer R3 gepumpt, bis dort ein gewünschter hoher Druck vorhanden ist. Zwischen der Druckkammer R3 und den beiden Trennkammern R1 und R2 ist weiter jeweils ein von einer Steuereinrichtung 15 gesteuertes Ventil V1, V2 ange-

ordnet, über die zu gewünschten Zeitpunkten ein Druck gewünschter Höhe auf die Membranen M1 und M2 ausgeübt werden kann. Insbesondere können die Ventile V1 und V2 als computergesteuerte Ventile ausgestaltet sein, die im Wesentlichen drei verschiedene Funktionen bzw. Stellungen aufweisen müssen:

- a) sie sind geschlossen, um einen Gasfluss zu verhindern;
- b) sie sind geöffnet, um einen Gasfluss zu ermöglichen;
- c) sie müssen einen Gasfluss in verschiedenen Richtungen ermöglichen, insbesondere von dem Druckspeicher R3 zu den Trennkammern R1 und R2 (mit gewünschter Druckhöhe) und von den Trennkammern R1 und R2 in die Umgebung, um den Druck in den Trennkammern R1 und R2 zu erniedrigen.

[0020] Eine beispielhafte Dimensionierung kann einen Druck in Höhe von 200 bar in dem Druckspeicher R3 vorsehen. Die Pumpe 13 kann dann als Gaskompressor ausgestaltet sein, der mit einem 50 Hz-Motor arbeitet, einen Kolben von 25 mm Radius und eine Hubhöhe von 60 mm aufweist. Das Pumpvolumen ist demnach 118 cm³ und das Volumen an komprimiertem Gas (bei 200 bar), das pro Sekunde geliefert wird, ist etwa 30 cm³. Die Trennkammern R1 und R2 können mit einem Volumen von jeweils 41 cm³ ausgestaltet sein und einen Druck von maximal 100 bar aushalten. Diese Parameter erfordern einen Radius der Trennkammern R1 und R2 von etwa 10 cm und ein Gewicht von etwa 3 kg.

[0021] Als flüssiges Metall wird vorzugsweise eine Legierung bestehend aus 35,6% Bi (eutektisch), 22,9% Pb, 19,6% In und 21,9% Sn verwendet (Angaben in Gewichtsprozent). Der Schmelzpunkt dieser Legierung liegt dann bei 56,5 °C. Bei dem in Figur 2a gezeigten Ausgangszustand, wenn der Röntgenstrahler also inaktiv ist, ist die Trennkammer R1 praktisch leer und die Trennkammer R2 praktisch voll. Das flüssige Metall kann dann in der Trennkammer R2 mittels nicht gezeigter Heizelemente auf einer Temperatur von etwa 65 °C, also in flüssigem Zustand, gehalten werden.

[0022] Nachfolgend sollen nun die verschiedenen Betriebszustände, wie sie in den Figuren 2a bis 2c gezeigt sind und wie sie auch in dem Ablaufdiagramm in Figur 3 aufgeführt sind, näher erläutert werden, wobei angenommen wird, dass der erfindungsgemäße Röntgenstrahler in einem Computertomographen zur Datenerfassung eingesetzt wird. Zunächst wird in einem ersten Schritt (S1 in Figur 3) sichergestellt, dass der in Figur 2a gezeigte Ausgangszustand erreicht wird, bevor die Datenerfassung beginnt. Dazu wird der Druck P2 in der Druckkammer G2 der Trennkammer R2 um einige bar, beispielsweise auf 3 bar, erhöht, so dass das flüssige Metall aus der Trennkammer R2 vollständig herausfließt und sich in der Trennkammer R1 vollständig sammelt. Dazu wird das Ventil V2 leicht geöffnet, um einen gerin-

gen Druck aus dem Druckspeicher R3 in die Trennkammer R2 einzubringen. Das Ventil V1 wird dagegen zur Umgebung geöffnet, so dass in der Gasdruckkammer G1 Atmosphärendruck herrscht.

[0023] Wenn der in Figur 2a gezeigte Ausgangszustand erreicht ist, wird wenig Sekunden vor Beginn der Datenerfassung das Ventil V1 zum Druckspeicher R3 hin geöffnet, so dass der Druck P1 in der Gasdruckkammer G1 sehr schnell den Arbeitsdruck erreicht. Dadurch wird das flüssige Metall 9, das sich vollständig in der Flüssigmetallkammer L1 der Trennkammer R1 befindet, durch den Einfluss des Druckes, der auf die Membran M1 einwirkt, aus der Trennkammer R1 herausgepresst und fließt mit hoher Geschwindigkeit durch die Verengung 8 in der Elektronenauffreffzone. Um dabei möglicherweise aufgrund des Bernoulli-Effekts auftretende Kavitationen in der Verengung 8 zu verhindern, wird bevorzugt gleichzeitig ein Gegendruck P2 in der Gasdruckkammer G2 der Trennkammer R2 erzeugt. Dazu wird gleichzeitig mit Öffnen des Ventils V1 auch das Ventil V2 zum Druckspeicher R3 hin geöffnet (Schritt S2 in Figur 3). Somit kann beispielsweise für den Druck P1 in der Trennkammer R1 von 40 bis 70 bar, vorzugsweise 50 bar, und ein Druck P2 in der Trennkammer R2 von beispielsweise 20 bar (oder auch geringer bis zu 1 bar) eingestellt werden, so dass sich eine Druckdifferenz P1-P2 von vorzugsweise 20 bis 50 bar einstellt.

[0024] In diesem Betriebszustand (Schritt S3 in Figur 3) wird der erfindungsgemäße Röntgenstrahler betrieben, der Elektronenstrahl ist somit eingeschaltet und es wird Röntgenstrahlung erzeugt. Das flüssige Metall 9 fließt dabei mit der gewünschten Geschwindigkeit von beispielsweise 100 cm³/s für die Dauer der Datenerfassung, beispielsweise 20 s bei CT, von der Trennkammer R1 in die Trennkammer R2. Die Ventile V1 und V2 sind dabei kontinuierlich geöffnet (oder voll oder teilweise geschlossen) um den erforderlichen Arbeitsdruck aufzubringen. Der Druckspeicher R3 muss dabei natürlich ausreichend Kapazität aufweisen, um den hohen Druck P1 von beispielsweise 40 bis 70 bar für einen ausreichenden Zeitraum aufrechterhalten zu können, damit das flüssige Metall 9 ausreichend lange und ausreichend schnell aus der

Trennkammer R1 in die Trennkammer R2 fließt. In einer Ausgestaltung kann beispielsweise vorgesehen sein, dass der Druckspeicher R3 ein Volumen von etwa 31 bei einem maximalen Druck von 200 bar aufweist.

[0025] Wenn die Datenerfassung beendet ist, wird der Elektronenstrahl 4 abgeschaltet und die Ventile V1 und V2 werden gegenüber der Atmosphäre geöffnet, so dass der Druck P1 und P2 wieder auf Atmosphärendruck abfällt (Schritt S4). Das flüssige Metall 9 befindet sich nun größtenteils oder vollständig in der Trennkammer R2, wie in Figur 2c gezeigt ist. Da sich das flüssige Metall 9 aufgrund der auftreffenden Elektronen 4 in der Elektronenauffreffzone 8 erhitzt hat, sind Kühlkanäle 14 vorgesehen, mit denen das flüssige Metall 9 in der Trennkammer R2 gekühlt werden kann, vorzugsweise

auf eine Temperatur von 60 bis 65 °C, so dass das flüssige Metall 9 in flüssigem Zustand bleibt.

[0026] In einem letzten Schritt (S5) wird schließlich auch mittels der Pumpe 13 dafür gesorgt, dass der Druck in dem Druckspeicher R3 wieder "nachgeladen" wird, so dass wieder ausreichend Druck für den nächsten Durchlauf zur Verfügung steht. Die Leistung der Pumpe 13 braucht also nicht auf die höchste erforderliche Leistung, die beim Betrieb des Röntgenstrahlers zur Verfügung gestellt werden muss, abgestellt werden, sondern muss nur so ausgelegt werden, dass der Druck in dem Druckspeicher R3 während der Betriebspause wieder auf einen ausreichend hohen Druck eingestellt werden kann. Im Gegensatz dazu muss die Pumpe bei dem bekannten Röntgenstrahler für die volle Betriebsleistung ausgelegt sein.

[0027] Wie in den Figuren 2a bis 2c leicht zu erkennen ist, ist die Verengung 8 hinter dem Fenster 5 zu den Trennkammern R1 und R2 hin verlaufend asymmetrisch ausgestaltet. Dadurch soll erreicht werden, dass der Druckverlust, den das von der Trennkammer R1 zur Trennkammer R2 fließende flüssige Metall 9 im Betrieb einen möglichst geringen Druckverlust erfährt und somit eine möglichst hohe Flussgeschwindigkeit in der Elektronenauffreffzone erreicht. Die gezeigte Anordnung ist somit nur so zu betreiben, dass das flüssige Metall 9 im Betrieb immer von der Trennkammer R1 in die Trennkammer R2 gepresst wird. Alternativ kann die Verengung 8 jedoch auch symmetrisch ausgelegt sein, und es können auch Kühlkanäle 14 um die Trennkammer R1 vorgesehen werden, so dass das flüssige Metall 9 in beide Richtungen im Betrieb gepresst werden kann. Alternativ zu der gezeigten Ausgestaltung sind auch weitere Möglichkeiten zur Ausübung des Drucks auf das flüssige Metall denkbar. So ist es beispielsweise möglich, anstatt des Gases 11 eine Flüssigkeit zu verwenden, die einen sehr niedrigen Siedepunkt aufweist und die mit einer Heizeinrichtung zum Sieden gebracht wird (also verdampft wird) um einen hohen Druck zu erzielen. Die verdampfte Flüssigkeit kann dann in einem Dampfspeicher vorgehalten werden, um im Betrieb dann den geforderten Druck auf das flüssige Metall ausüben zu können. Bei dieser Ausgestaltung würde eine Pumpe völlig überflüssig. Stattdessen wären nur Heizeinrichtungen erforderlich. Eine mechanische Bewegung, wie sie beispielsweise in einer Pumpe erfolgt, könnte somit vollständig entfallen, was insbesondere bei Einsatz eines solchen Röntgenstrahlers in einer CT-Gantry vorteilhaft ist.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung beim Auftreffen von Elektronen (4) mit einem Flüssigmetallbereich (7), in dem ein flüssiges Metall (9) als Röntgentarget derart angeordnet ist, dass es an einer Elektronenauffreffzone (8) vorbei fließen

kann,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein von dem Flüssigmetallbereich (7) getrennter Druckbereich (10) mit einem Druckmittel (11) vorgesehen ist derart, dass mittels des Druckmittels (11) ein Druck auf das in dem Flüssigmetallbereich (7) befindliche flüssige Metall (9) zum Antreiben und Vorbeiführen des flüssigen Metalls (9) an der Elektronenauffreffzone (8) ausübbar ist, wobei der Druckbereich (10) einen wiederaufladbaren Druckspeicher (R3) zum Aufbringen des Drucks aufweist.

2. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Flüssigmetallbereich (7) und der Druckbereich (10) durch jeweils ein Trennmittel (M1, M2) voneinander getrennt in zwei Trennbereichen (R1, R2) aneinander grenzen, wobei die Trennmittel (M1, M2) beweglich ausgestaltet sind derart, dass über die Trennmittel (M1, M2) in beiden Trennbereichen (R1, R2) Druck auf das flüssige Metall (9) ausübbar ist.

3. Anordnung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Trennbereiche als zweigeteilte Trennkammern (R1, R2) mit jeweils einer Flüssigmetallkammer (L1, L2) und einer Druckmittelkammer (G1, G2) ausgestaltet sind, die durch eine flexible Membran (M1, M2) getrennt sind

4. Anordnung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Trennbereiche (R1, R2) als Zylinder mit einem verfahrbaren Kolben ausgestaltet sind

5. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Druckmittel (11) ein Gas, insbesondere Luft, verwendet wird und dass als Druckspeicher (R3) eine Gasdruckkammer vorgesehen ist, wobei zum Aufladen des Druckspeichers (R3) eine Pumpe (13) vorgesehen ist.

6. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Druckmittel (11) eine Hydraulikflüssigkeit, insbesondere ein Hydrauliköl, verwendet wird und dass als Druckspeicher (R3) eine Hydraulikdruckkammer vorgesehen ist.

7. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Druckmittel (11) eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser, verwendet wird und dass als Druckspeicher (R3) eine Dampfkammer vorgesehen ist, wobei zum Aufladen des Druckspeichers die Flüssigkeit in dem Druckspeicher verdampft

wird

8. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass Steuermittel (15; V1, V2) vorgesehen zur Steuerung der Druckbeaufschlagung des flüssigen Metalls (9) mit einem gewünschten Druck derart, dass das flüssige Metall (9) mit einer gewünschten Fließgeschwindigkeit an der Elektronenauffreffzone (8) vorbeifließt.

9. Anordnung nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuermittel steuerbare Ventile (V1, V2) in dem Druckbereich (10) aufweisen zur Steuerung des Drucks, der ausgehend von dem Druckspeicher (R3) auf das flüssige Metall (9) in dem Flüssigmetallbereich (7) ausgeübt wird

10. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Flüssigmetallbereich (7) in der Elektronenauffreffzone eine Verengung (8) aufweist und dass die Verengung (8) auf beiden Seiten der Elektronenauffreffzone asymmetrisch ausgestaltet ist.

11. Anordnung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass mindestens einer der beiden Trennbereiche (R1, R2) Kühlmittel (14) zur Kühlung des im Betrieb aufgeheizten flüssigen Metalls (9) aufweist.

12. Röntgenstrahler mit einer Elektronenquelle (3) zur Emission von Elektronen und mit einer Anordnung (2) zur Erzeugung von Röntgenstrahlung nach Anspruch 1.

13. Röntgeneinrichtung mit einem Röntgendetektor und mit einem Röntgenstrahler nach Anspruch 12.

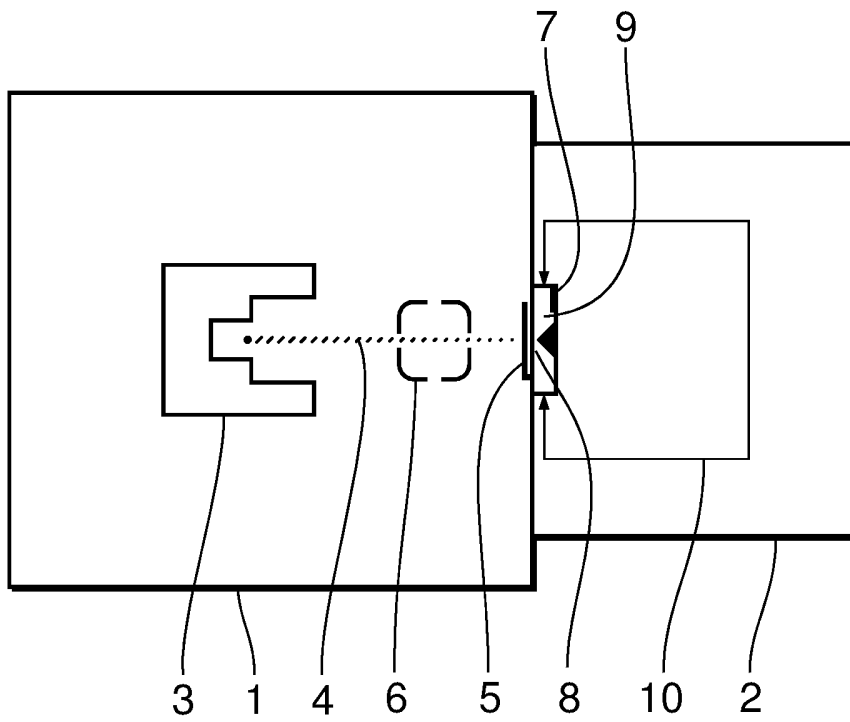


Fig. 1

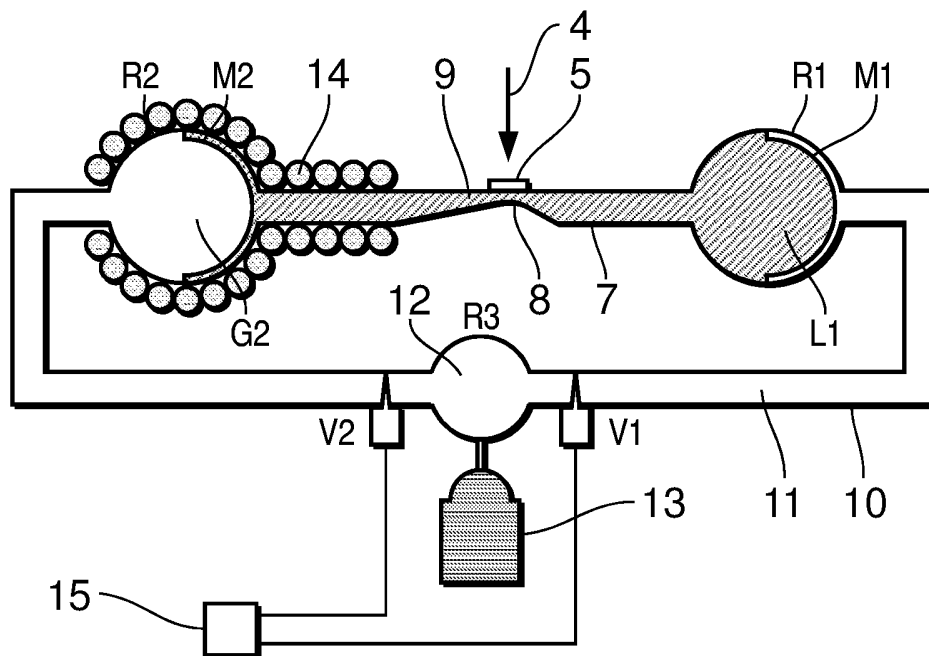


Fig. 2a

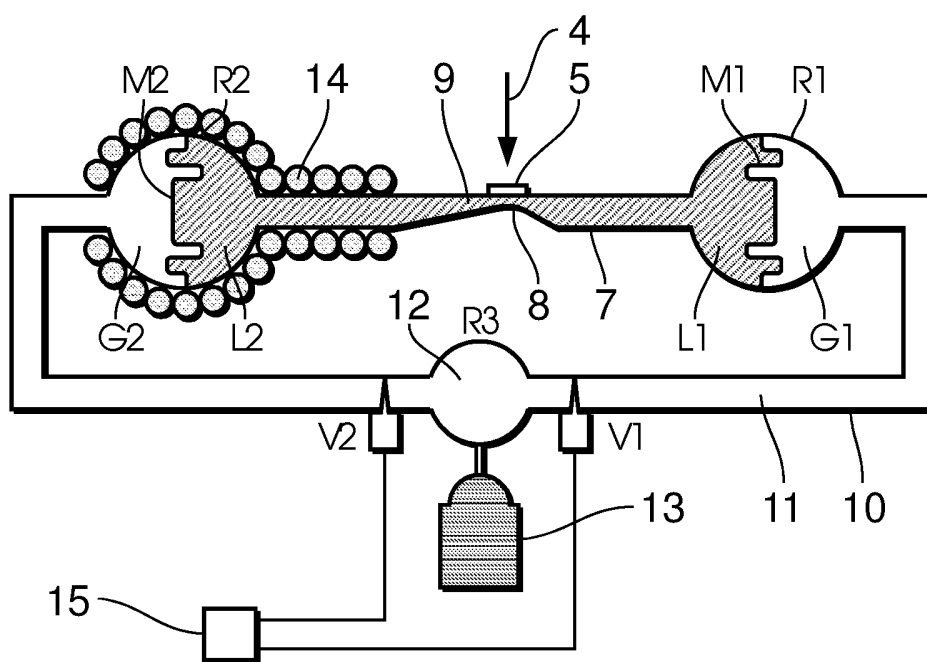


Fig. 2b

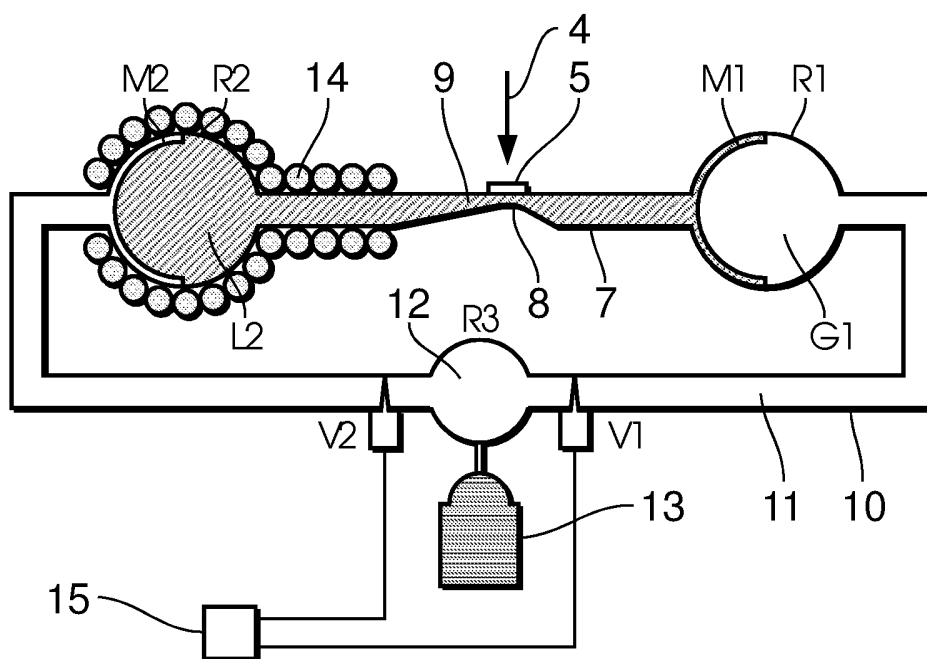


Fig. 2c

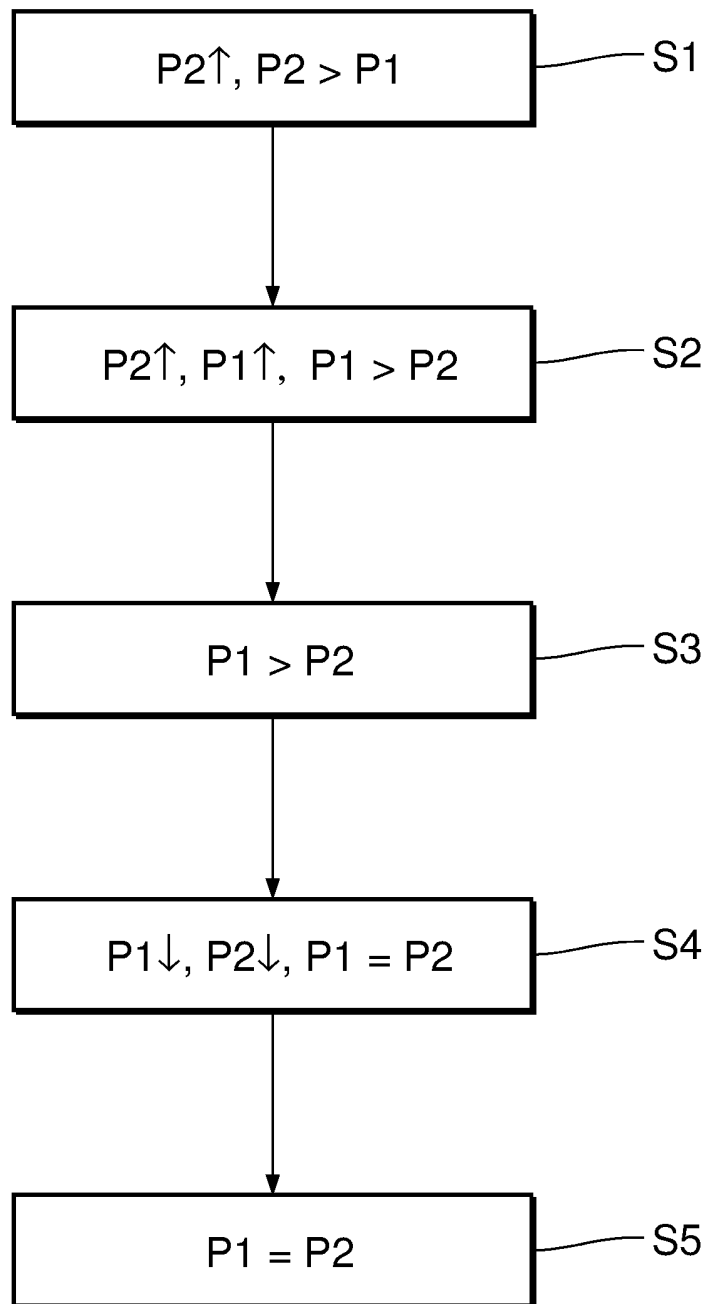


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 10 0714

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A,D	US 6 185 277 B1 (HARDING GEOFFREY) 6. Februar 2001 (2001-02-06) * Ansprüche 1-10 *	1	H01J35/08
A	US 4 953 191 A (SMITHER ROBERT K ET AL) 28. August 1990 (1990-08-28)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			H01J H05G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. September 2002	Prüfer Van den Bulcke, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03 02 (P04C03)

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

EP 02 10 0714

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

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

23-09-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6185277	B1	06-02-2001	DE	19821939 A1	18-11-1999
			EP	0957506 A1	17-11-1999
			JP	11339702 A	10-12-1999

US 4953191	A	28-08-1990	KEINE		

EPO FORM P0461

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