



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 459 567 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91201225.9**

51 Int. Cl.⁵: **H01J 35/02, H01J 35/04**

22 Anmeldetag: **22.05.91**

30 Priorität: **26.05.90 DE 4017002**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.12.91 Patentblatt 91/49

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

71 Anmelder: **Philips Patentverwaltung GmbH**
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
W-2000 Hamburg 1(DE)
84 **DE**

Anmelder: **N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)
84 **CH FR GB LI**

72 Erfinder: **Harding, Geoffrey, Dr.**
Franzosenkoppel 110a
W-2000 Hamburg 53(DE)

74 Vertreter: **Hartmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al**
Philips Patentverwaltung GmbH
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
W-2000 Hamburg 1(DE)

54 **Strahlenquelle für quasimonochromatische Röntgenstrahlung.**

57 Die Erfindung betrifft eine Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung mit einer Anode zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, einem von der Anode umschlossenen Target zur Umsetzung von Röntgenstrahlung in Fluoreszenzstrahlung und mit einem zwischen dem Target und der Anode befindlichen Schirm zur Abschirmung des Targets gegen Elektronen. Dabei wird eine höhere Ausbeute an Fluoreszenzstrahlung dadurch erreicht, daß der Schirm ein Element mit hoher Ordnungszahl enthält.

EP 0 459 567 A2

Die Erfindung betrifft eine Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung, mit einer Anode zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, einem von der Anode umschlossenen Target zur Umsetzung von Röntgenstrahlung in Fluoreszenzstrahlung und mit einem zwischen dem Target und der Anode befindlichen Schirm zur Abschirmung des Targets gegen Elektronen.

Eine solche Strahlenquelle ist aus der DE-OS 37 16 618 bekannt. Der Metallschirm hat dabei die Aufgabe, (Streu-) Elektronen von dem Target fernzuhalten, die dazu führen würden, daß im Target außer der praktisch monochromatischen Fluoreszenzstrahlung polychromatische Bremsstrahlung entsteht. Dieser Schirm wird von der aus der Anode emittierten Röntgenstrahlung durchsetzt, die im Target in Fluoreszenzstrahlung umgesetzt wird. Um zu vermeiden, daß der Schirm zuviel Röntgenstrahlung absorbiert und andererseits durch Streu- oder Sekundärelektronen selbst (polychromatische) Röntgenstrahlung emittiert, ist der Schirm so dünnwandig wie möglich und besteht aus einem niederatomigen Material (z.B. Titan (bei einem Target aus Tantal)).

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Strahlenquelle der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß noch mehr Fluoreszenzstrahlung bzw. monochromatische Röntgenstrahlung erzeugt werden kann. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Schirm ein Element mit hoher Ordnungszahl enthält.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß ein Schirm, der ein Element mit hoher Ordnungszahl (als "hoch" im Sinne der Erfindung wird dabei eine Ordnungszahl bezeichnet, deren Abweichung von der Ordnungszahl des Targetmaterials klein im Vergleich zu der betreffenden Ordnungszahl ist) im Periodensystem der Elemente enthält, zwar mehr Röntgenstrahlung von der Anode absorbiert als ein gleich starker Schirm aus einem niederatomigen Element, daß aber durch den ein Element mit hoher Ordnungszahl umfassenden Schirm Bremsstrahlung erzeugt wird, die im Target überwiegend in Fluoreszenzstrahlung umgesetzt wird. Auf diese Weise kann die Ausbeute an Fluoreszenzstrahlung insgesamt erhöht werden.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß der Schirm und das Target jeweils das gleiche Element mit hoher Ordnungszahl enthalten. Dabei ist in noch weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der Schirm und das Target aus Tantal bestehen. Der Vorteil der Weiterbildung besteht einerseits darin, daß die thermische Ausdehnung von Target und Schirm in beiden Fällen gleich ist, so daß es bei einer Erwärmung nicht zu mechanischen Spannungen kommen kann und andererseits darin, daß die spektrale Reinheit

des erzeugten Spektrums möglichst wenig verschlechtert wird, weil die im Schirm erzeugte charakteristische Strahlung die gleiche Wellenlänge hat wie die im Target erzeugte Fluoreszenzstrahlung. Bei Tantal als Material für das Target und den Schirm kommt noch der hohe Schmelzpunkt dieses Materials hinzu, so daß die Strahlenquelle mit einer wesentlich größeren elektrischen Leistung beaufschlagbar ist, als dies bei der bekannten Strahlenquelle mit einem Titanschirm möglich ist.

In noch weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Strahlenquelle einen Kolben umfaßt, der einen im Betriebszustand evakuierten Raum umschließt, in dem sich die Anode, der Schirm und das Target befinden. Während bei der bekannten Strahlenquelle der Schirm die Strahlenquelle nach außen hin hermetisch abdichtet, so daß das Target und die ihm zugewandte Oberfläche mit dem Luftsauerstoff in Berührung kommt, befindet sich das Target bzw. diese Schirmfläche bei dieser Weiterbildung innerhalb des Vakuumraums der Strahlenquelle. Der Schirm und das Target können daher hohe Temperaturen besser überstehen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist eine Kollimatoranordnung vorgesehen, die so ausgebildet ist, daß nur die vom Target ausgehende Strahlung die Kollimatoranordnung passieren kann. Dadurch wird die im Schirm erzeugte Bremsstrahlung weitestgehend unterdrückt.

Die Zeichnung zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, das nachstehend näher erläutert wird. Die rotationssymmetrisch bezüglich einer Achse 1 ausgebildete Strahlenquelle umfaßt einen Kathodenteil 2 und einen Anodenteil 3, die über einen Kolben 4 vakuumdicht miteinander verbunden sind. Der Kathodenteil 2 ist über einen nicht näher dargestellten Isolator mit dem aus Metall bestehenden Kolben 4 verbunden und führt diesem gegenüber eine Spannung von z.B. 160 kV oder mehr. Er umfaßt einen die Symmetrieachse 1 ringförmig umschließenden Heizfaden 21 und ein Kathodengesenk 22, das die Bahnen der aus dem Heizfaden 21 emittierten Elektronen in der gewünschten Weise formt.

Der Anodenteil 3 umfaßt einen aus zwei Teilen 32 und 33 bestehenden Hohlkörper, dessen Hohlraum im Betriebszustand von einem auf nicht näher dargestellte Weise von außen zugeführten flüssigen Kühlmittel durchströmt wird. Eine Trennwand 34 verhindert dabei, daß das Kühlmittel auf kürzestem Wege vom Kühlmittelzulauf zum Kühlmittelablauf (beides nicht dargestellt) fließt. Die Teile 32 und 33 des Anodenkörpers können beispielsweise aus Kupfer bestehen. Der Teil 32 des Anodenkörpers 32, 33 weist eine zum Kathodenteil 2 hin geöffnete Innenfläche in Form einer Kegelstumpf-Mantelfläche 31 auf. Diese Mantelfläche 31 ist mit einem Material beschichtet, das eine hohe Ord-

nungszahl aufweist, vorzugsweise mit Gold. Die aus dem Heizfaden im Betriebszustand emittierten Elektronen treffen auf diese Innenfläche auf. Diese Fläche wird daher im folgenden auch als "Anode" bezeichnet. Die auf die Anode 31 auftreffenden Elektronen erzeugen Röntgenstrahlung mit einem bis zu einer durch die Spannung zwischen Anodenteil und Kathodenteil bestimmten Quantenenergie kontinuierlichen Spektrum, dem das Linienspektrum von Gold mit einer K-Linie bei ca. 68,8 keV überlagert ist.

Die Röntgenstrahlung trifft durch einen dünnen zylindrischen Schirm 35 hindurch auf ein Target 36 aus Tantal, das die Form eines Kegels hat, dessen Spitze von dem Kathodenteil 2 wegweist. Das Target setzt Röntgenquanten mit einer Energie oberhalb der K-Absorptionskante des Targets (für Tantal ca. 67,4 keV) in dem Target im wesentlichen in monochromatische Fluoreszenzstrahlung um, deren Quantenenergie der charakteristischen Energie des Targetmaterials (für Tantal: 57,5 keV) entspricht.

Der Schirm 35, der das Target 36 trägt, ist in einer zentralen Bohrung in dem scheibenförmigen Teil 33 des Anodenkörpers 32, 33 befestigt, die durch ein Fenster 37 vakuumdicht abgeschlossen ist.

In der Praxis ist es unvermeidlich, daß ein Teil der aus der Kathode 21 emittierten Elektronen - vorzugsweise nach Streuung an der Anode 31 - auf das Target 36 zu beschleunigt wird. Würden diese Elektronen auf das Target auftreffen, dann würden sie dort zusätzlich ein unerwünschtes kontinuierliches Spektrum hervorrufen. Der Schirm 35 muß daher diese Elektronen vom Target 36 fernhalten.

Die Erfindung nutzt das Auftreffen der Elektronen auf den Schirm 35 zur Erzeugung zusätzlicher Röntgenstrahlung aus. Zu diesem Zweck muß der Schirm aus einem Element mit hoher Ordnungszahl bestehen bzw. ein solches Element in ausreichendem Umfang enthalten. Die Ordnungszahl dieses Elementes sollte allenfalls geringfügig niedriger sein als die des Targets, jedoch möglichst größer als 50. Der Elektronenbeschuß des Schirms erzeugt neben charakteristischer Strahlung polychromatische (Brems-)Strahlung. Von dieser trifft ein wesentlich größerer Anteil das Target als von der Strahlung der Anode, weil der Schirm das Target eng umschließt.

Ein - wegen seiner hohen Ordnungszahl (74) und seiner großen thermischen Belastbarkeit - geeignetes Element wäre z.B. Wolfram. Im Falle eines Tantaltargets ist aber ein Schirm ebenfalls aus Tantal noch günstiger als ein Schirm aus Wolfram. Die Quantenenergie der charakteristischen Strahlung von Wolfram liegt nämlich um ca. 2 keV höher als die von Tantal. Selbst wenn verhindert würde, daß die von dem Schirm emittierte Röntgenstrahlung direkt nach außen gelangt, ließe sich

nicht vermeiden, daß diese Strahlung am Target elastische oder Compton-Streuprozesse hervorruft und auf diese Weise nach außen gelangt und die spektrale Reinheit der Strahlung beeinträchtigt. Wenn hingegen das Target und der Schirm aus dem gleichen Material (Tantal) bestehen, ergeben sich diese Probleme nicht, so daß bei einem Tantaltarget ein Tantalschirm eine bessere spektrale Reinheit der von dem Target emittierten Strahlung ergibt als ein Wolframschirm. Als weiterer Vorteil kommt hinzu, daß in diesem Fall Schirm und Target auch den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten haben, was bei den hohen Temperaturen, denen diese Teile im Betrieb ausgesetzt sind, wichtig ist.

Der Schirm muß einerseits dick genug sein, um die Streuelektronen vom Target 36 fernzuhalten, muß aber andererseits genügend dünn sein, um die von der Anode 31 emittierte Strahlung nicht zu stark zu schwächen. Ein geeigneter Wert für die Wandstärke des Schirms ist 0,1 mm. Obwohl dieser Schirm mehr Röntgenstrahlung absorbiert als ein gleich starker Schirm aus Titan, ergibt sich wegen der zusätzlich erzeugten Röntgenstrahlung eine höhere Emission quasi monochromatischer Strahlung von dem Target 36 als bei einem Titanschirm mit gleicher Wandstärke.

Obwohl die Zahl der auf die Anode 31 auftreffenden Elektronen um einen Faktor von ca. 10 größer ist als die Zahl der auf den Schirm auftreffenden Streuelektronen und obwohl die Energie der erstgenannten Elektronen im Mittel größer ist als die der Streuelektronen, wird der Schirm im Betrieb wegen seiner geringeren Fläche und Wandstärke sowie wegen der fehlenden Kühlung wesentlich heißer als der Anodenkörper. Die der Strahlenquelle zuführbare elektrische Leistung wird daher durch die Temperaturbeständigkeit des Schirms 35 begrenzt. In dieser Hinsicht ist ein Tantalschirm wegen seines wesentlich höheren Schmelzpunktes einem Titanschirm ebenfalls überlegen. In Verbindung mit der wesentlich verbesserten Umsetzung der elektrischen Leistung in Fluoreszenzstrahlung führt dies dazu, daß die Intensität der quasimonochromatischen Strahlung um ein Mehrfaches größer sein kann als bei einer Strahlenquelle mit einem Titanschirm.

Um die hohe thermische Belastbarkeit der Tantal Komponenten ausnutzen zu können, muß vermieden werden, daß die Tantalteile mit dem Luftsauerstoff in Berührung kommen. Deshalb darf der Schirm die Strahlenquelle nach außen hin nicht hermetisch abschließen - wie bei der DE-OS 37 16 618, sondern muß mit einer oder mehreren, nicht näher dargestellten kleinen Öffnungen versehen sein, so daß das im Kolbeninnere herrschende Vakuum auch den Innenraum des Schirms erfüllt.

Die zentrale Bohrung, in die der Schirm 35

eingesetzt ist, wird nach außen hin durch das Strahlenaustrittsfenster 37 abgeschlossen. Das Strahlenaustrittsfenster wird durch ein Plättchen gebildet, das ebenfalls aus Tantal bestehen kann. Wegen dieser Materialgleichheit zwischen Target- und Strahlenaustrittsfenster ist der Absorptionskoeffizient des Strahlenaustrittsfensters für die im Target erzeugte Fluoreszenzstrahlung relativ gering.

Vor dem Strahlenaustrittsfenster ist eine z.B. aus zwei Lochblenden 5, 6 bestehende Blendenanordnung vorgesehen, die mit der Strahlenquelle auf nicht näher dargestellte Weise verbunden ist. Die Öffnungen in dieser Blendenanordnung sind so bemessen, daß die im Schirm erzeugte, direkt austretende Röntgenstrahlung durch die Blendenanordnung weitgehend unterdrückt wird. Dadurch wird verhindert, daß das kontinuierliche Spektrum der im Schirm erzeugten Strahlung die spektrale Reinheit der Fluoreszenzstrahlung beeinträchtigt, die durch die Blendenanordnung hindurchtritt. Vorzugsweise besteht diese Blendenanordnung aus dem gleichen Material wie das Target 36 und das Fenster 37 - im Beispiel also aus Tantal.

Patentansprüche

1. Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung mit einer Anode zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, einem von der Anode umschlossenen Target zur Umsetzung von Röntgenstrahlung in Fluoreszenzstrahlung und mit einem zwischen dem Target und der Anode befindlichen Schirm zur Abschirmung des Targets gegen Elektronen,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schirm (35) ein Element mit hoher Ordnungszahl enthält.
2. Strahlenquelle nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schirm (35) und das Target (36) jeweils das gleiche Element mit hoher Ordnungszahl enthalten.
3. Strahlenquelle nach Anspruch 2.
dadurch gekennzeichnet, daß der Schirm (35) und das Target (36) aus Tantal bestehen.
4. Strahlenquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlenquelle einen Kolben (4) umfaßt, der einen im Betriebszustand evakuierten Raum umschließt, in dem sich die Anode (31), der Schirm (35) und das Target (36) befinden.
5. Strahlenquelle nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben durch ein die Fluoreszenzstrahlung des Targets (36) durchlassendes Fenster (37) abgeschlossen ist.
6. Strahlenquelle nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß das Fenster (37) aus dem gleichen Material besteht wie das Target (36).
7. Strahlenquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine vorzugsweise aus dem gleichen Material wie das Target (36) bestehende Kollimatoranordnung (5,6), die so ausgebildet ist, daß nur die vom Target ausgehende Strahlung die Kollimatoranordnung passieren kann.

