

(19)



(11)

EP 1 760 760 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2007 Patentblatt 2007/10

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

(21) Anmeldenummer: **06016388.8**

(22) Anmeldetag: **05.08.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **COMET GmbH**
30827 Garbsen (DE)

(72) Erfinder: **Reinhold, Alfred**
31515 Wunstorf (DE)

(74) Vertreter: **Wagner, Carsten**
Burckhardtstrasse 1
30163 Hannover (DE)

(30) Priorität: **03.09.2005 DE 102005041923**

(54) Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgen- oder XUV-Strahlung

(57) Eine erfindungsgemäße Vorrichtung 2 zur Erzeugung von Röntgen- oder XUV-Strahlung weist Mittel zum Richten eines Teilchenstrahles 12 elektrisch geladener Teilchen auf ein Target 16 auf. Erfindungsgemäß sind Ablenkmittel zum Ablenken des Teilchenstrahles 12 derart, daß die Zentralachse 18 des Teilchenstrahles 12 durch einen ersten Ablenkpunkt 20 und einen zu dem ersten Ablenkpunkt 20 in Strahlrichtung beabstandeten zweiten Ablenkpunkt 22 verläuft, wobei der erste und der zweite Ablenkpunkt 20, 22 in Achse mit einem vorgegebenen oder vorgebbaren Auftreffpunkt 24 des Teilchenstrahles 12 auf dem Target 16 liegen und wobei der Teilchenstrahl durch die Ablenkmittel in Strahlrichtung im Bereich eines Ablenkpunktes 20, 22 unabhängig von einer Ablenkung des Teilchenstrahles 12 im Bereich des anderen Ablenkpunktes 22, 20 ablenkbar ist.

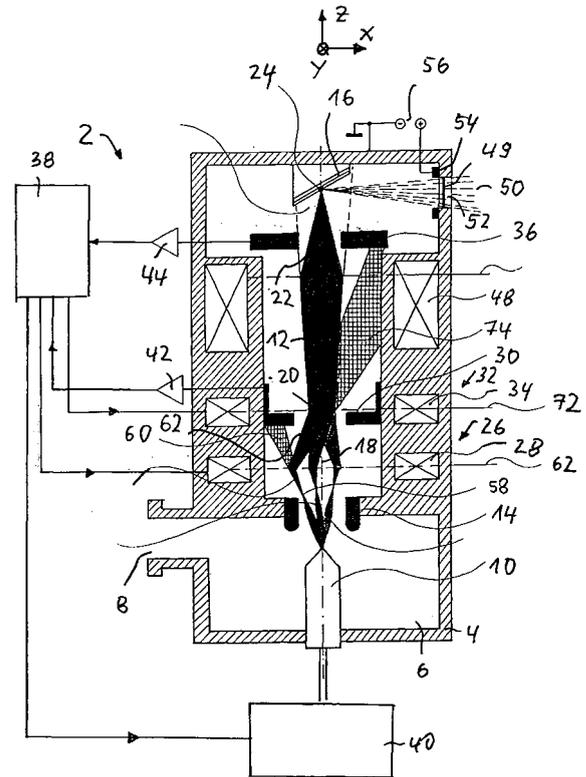


FIG.2

EP 1 760 760 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zur Erzeugung von Röntgen- oder XUV-Strahlung.

[0002] Derartige Vorrichtungen sind zur Erzeugung von Röntgenstrahlung beispielsweise in Form von Röntgenröhren durch US 3 793 549 und GB 1 057 284 und zur Erzeugung von XUV-Strahlung beispielsweise durch WO 2004/023512 A1, US 3 138 729, EP 0 887 639 A1 und US 4 523 327 bekannt. Unter XUV (Extreme Ultraviolett)-Strahlung wird hierbei Strahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen etwa 0,25 und etwa 20 nm verstanden. Die bekannten Vorrichtungen werden insbesondere in bildgebenden Verfahren, beispielsweise bei der Untersuchung von elektronischen Bauteilen, insbesondere Leiterplatten, sowie zur Kontrolle und Justage optischer Komponenten eingesetzt.

[0003] Die bekannten Vorrichtungen weisen Mittel zum Richten eines Teilchenstrahles elektrisch geladener Teilchen auf ein Target auf, wobei das Material des Targets entsprechend der gewünschten Wellenlänge der emittierten Strahlung gewählt wird.

[0004] Ein Nachteil der bekannten Vorrichtungen besteht darin, daß eine Abweichung des Auftreffpunktes des Teilchenstrahles auf dem Target von einem vorgegebenen Auftreffpunkt zu einer Beeinträchtigung der Bildqualität der mittels Durchstrahlung von Bauteilen erzeugten Bilder und bei Meß- und Justagefunktionen sowie Justage-Aufgaben zu Meßfehlern führt.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art anzugeben, bei der Abweichungen des Auftreffpunktes des Teilchenstrahles auf dem Target von einem vorgegebenen Auftreffpunkt verringert sind, die Ortsstabilität des Teilchenstrahls hinsichtlich seines Auftreffpunktes auf dem Target also verbessert ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Lehre gelöst.

[0007] Der Grundgedanke der erfindungsgemäßen Lehre besteht darin, Ablenkmittel zum Ablenken des Teilchenstrahles vorzusehen, durch die der Teilchenstrahl derart abgelenkt wird, daß seine Zentralachse durch einen ersten und einen zweiten Ablenkpunkt verläuft, wobei der erste und der zweite Ablenkpunkt in Achse mit einem vorgegebenen oder vorgebbaren Auftreffpunkt des Teilchenstrahles auf dem Target liegen und wobei der Teilchenstrahl durch die Ablenkmittel in Bezug auf einen Ablenkpunkt unabhängig von einer Ablenkung in Bezug auf den anderen Ablenkpunkt ablenkbar ist.

[0008] Dadurch, daß erfindungsgemäß der Teilchenstrahl stets durch den ersten und den zweiten Ablenkpunkt verläuft und diese Ablenkpunkte in Achse mit dem gewünschten Auftreffpunkt des Teilchenstrahls auf dem Target liegen, ist hinsichtlich des Auftreffpunktes des Teilchenstrahles auf dem Target eine hohe Ortsstabilität erzielt. Erfindungswesentlich ist hierbei, daß der Teilchenstrahl unter der Wirkung der Ablenkmittel durch we-

nigstens zwei Ablenkpunkte verläuft, die in Achse mit dem gewünschten Auftreffpunkt des Teilchenstrahles auf dem Target liegen. Mit anderen Worten ist durch die voneinander unabhängige Ablenkung oder Ablenkbarkeit des Teilchenstrahles in Bezug auf zwei in Strahlrichtung zueinander beabstandete Ablenkpunkte, die in Achse mit dem gewünschten Auftreffpunkt des Teilchenstrahls auf dem Target liegen, sichergestellt, daß die Zentralachse des Teilchenstrahles koinzident mit einer gedachten Geraden ist, auf der der erste und der zweite Ablenkpunkt sowie der gewünschte Auftreffpunkt auf dem Target liegen.

[0009] Die Zentralachse des Teilchenstrahles kann hierbei beispielsweise und insbesondere koinzident mit einer Zentralachse der erfindungsgemäßen Vorrichtung, beispielweise einer Röntgenröhre, sein.

[0010] Erfindungsgemäß ist es grundsätzlich ausreichend, wenn die Ablenkmittel für eine voneinander unabhängige Ablenkung des Teilchenstrahles in Bezug auf den ersten Ablenkpunkt und den in Strahlrichtung zu dem ersten Ablenkpunkt beabstandeten zweiten Ablenkpunkt ausgelegt sind. Um eine unerwünschte Ablenkung des Teilchenstrahles nach dem Durchlaufen des zweiten Ablenkpunktes zu vermeiden, ist es erfindungsgemäß jedoch auch möglich, den Teilchenstrahl durch die Ablenkmittel so abzulenken, daß dieser nicht nur durch den ersten und zweiten Ablenkpunkt, sondern in Strahlrichtung hinter dem zweiten Ablenkpunkt angeordnete weitere Ablenkpunkte verläuft, wobei sämtliche Ablenkpunkte dann in Achse mit dem gewünschten Auftreffpunkt des Teilchenstrahles auf dem Target liegen.

[0011] Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn zwischen dem zweiten Ablenkpunkt und dem Target ein größerer Abstand besteht. Erfolgt beispielsweise und insbesondere die Ablenkung des Teilchenstrahles in Bezug auf den ersten und den zweiten Ablenkpunkt durch eine erste und eine zweite Ablenkeinheit, so ist es erfindungsgemäß möglich, zusätzlich zu diesen Ablenkeinheiten weitere Ablenkeinheiten vorzusehen, die dann in Strahlrichtung der zweiten Ablenkeinheit nachgeordnet sind.

[0012] Unter der Zentralachse des Teilchenstrahles wird hierbei eine durch den geometrischen Mittelpunkt des Strahlquerschnitts des Teilchenstrahles verlaufende Achse verstanden.

[0013] Grundsätzlich ist es erfindungsgemäß ausreichend, wenn die Ablenkmittel eine einzige Ablenkeinheit aufweisen, sofern eine voneinander unabhängige Ablenkung des Teilchenstrahles in Bezug auf den ersten Ablenkpunkt und den in Strahlrichtung zu dem ersten Ablenkpunkt beabstandeten zweiten Ablenkpunkt ermöglicht ist. Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß die Ablenkmittel eine erste Ablenkeinheit zum Ablenken des Teilchenstrahles derart, daß seine Zentralachse durch den ersten Ablenkpunkt verläuft, und eine zu der ersten Ablenkeinheit in Strahlrichtung des Teilchenstrahles beabstandete zweite Ablenkeinheit zum Ablenken des Teilchenstrahles der-

art, daß seine Zentralachse durch den zweiten Ablenkpunkt verläuft, aufweist. Da die Ablenkeinheiten im wesentlichen identisch aufgebaut sein können, ist auf diese Weise der bauliche Aufwand einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gering gehalten.

[0014] Zur Ansteuerung der Ablenkmittel bzw. der Ablenkeinheiten sind zweckmäßigerweise Steuerungsmittel vorgesehen.

[0015] Eine andere Weiterbildung der Ausführungsform mit den Ablenkeinheiten sieht vor, daß die erste Ablenkeinheit und die zweite Ablenkeinheit durch die Steuerungsmittel unabhängig voneinander ansteuerbar sind zur voneinander unabhängigen Ablenkung des Teilchenstrahles in Bezug auf den ersten Ablenkpunkt und den zweiten Ablenkpunkt. Auf diese Weise ist der Teilchenstrahl mit besonders hoher Präzision ablenkbar.

[0016] Bei den Ausführungsformen mit den Ablenkeinheiten weist jede der Ablenkeinheiten zweckmäßigerweise wenigstens ein Ablenkelement auf. Entsprechend den jeweiligen Anforderungen kann pro Ablenkeinheit auch mehr als ein Ablenkelement vorgesehen sein.

[0017] Form, Größe, Anzahl und Ausgestaltung der Ablenkelemente sind in weiten Grenzen wählbar. Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht insoweit vor, daß das Ablenkelement wenigstens eine Spule oder Spulenordnung, insbesondere einen Quadrupol aufweist. Derartige Spulen stehen als einfache und kostengünstige Standardbauteile zur Verfügung und ermöglichen durch Wahl eines entsprechenden Ablenkstromes eine präzise Ablenkung des Teilchenstrahles.

[0018] Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß das Ablenkelement wenigstens eine elektrostatische Ablenkplatte aufweist.

[0019] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß die Ablenkmittel zum Ablenken des Teilchenstrahles in Richtung zweier zueinander senkrechter Achsen ausgebildet sind. Verläuft die Zentralachse des Teilchenstrahles beispielsweise in Z-Richtung, so sind bei dieser Ausführungsform die Ablenkmittel beispielsweise zum Ablenken des Teilchenstrahles entlang der X- und der Y-Richtung ausgebildet.

[0020] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß wenigstens einer der Ablenkeinheiten eine Blende zugeordnet ist, die in Strahlrichtung hinter dem Ablenkelement der Ablenkeinheit angeordnet ist. Die Blende kann hierbei beispielsweise und insbesondere dazu verwendet werden, einen vom Auftreffen des Teilchenstrahles auf die Blende herrührenden elektrischen Strom zu messen und die Ablenkung des Teilchenstrahles in Abhängigkeit von dem gemessenen Strom zu steuern, wie dies weiter unten näher erläutert wird.

[0021] Eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sieht vor, daß der ersten Ablenkeinheit eine erste Blende zugeordnet ist und daß die erste Blende in Strahlrichtung im Bereich einer Wirkungsebene eines Ablenkelementes der zweiten Ablenkeinheit zugeordnet ist. Auf diese Weise ergeben sich hinsichtlich der Ablen-

kung des Teilchenstrahles in Strahlrichtung im Bereich des zweiten Ablenkpunktes besonders günstige Verhältnisse.

[0022] Eine andere Weiterbildung der Ausführungsformen mit der Blende sieht vor, daß der zweiten Ablenkeinheit eine zweite Blende zugeordnet ist. Die der zweiten Ablenkeinheit zugeordnete zweite Blende kann ihrer Funktion nach der der ersten Ablenkeinheit zugeordneten ersten Blende entsprechen.

[0023] Eine außerordentlich vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß wenigstens eine Blende wenigstens teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und daß der Blende eine Meßeinheit zur Messung eines elektrischen Stromes zugeordnet ist, der von einem Auftreffen des Teilchenstrahles auf die Blende herrührt. Bei dieser Ausführungsform wird mittels der Meßeinheit ein elektrischer Strom gemessen, der beim Auftreffen des Teilchenstrahles auf die Blende bzw. einen elektrisch leitfähigen Teil der Blende fließt. Durchquert der Teilchenstrahl die Blendenöffnung der Blende, ohne daß elektrisch geladene Teilchen auf die Blende auftreffen, so fließt idealerweise kein Strom, während beim vollständigen Auftreffen des Teilchenstrahles auf die Blende ein relativ hoher Strom fließt. Der gemessene Strom ist also ein Maß für die Abweichung der Zentralachse des Teilchenstrahles von der gewünschten Position. Wird anhand des von der Meßeinheit gemessenen Stromes beispielsweise festgestellt, daß der Teilchenstrahl vollständig auf die Blende auftrifft, so kann die der Blende zugeordnete Ablenkeinheit so angesteuert werden, daß der Teilchenstrahl nicht mehr auf die Blende auftrifft, sondern vielmehr durch die Blendenöffnung der Blende verläuft. Bei kleinen Ablenkwinkeln des Teilchenstrahles besteht hierbei eine Proportionalität zwischen dem Ablenkstrom und dem Auslenkungsweg des Teilchenstrahles.

[0024] In diesem Sinne sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre vor, daß die Meßeinheit mit den Steuerungsmitteln zur Steuerung der Ablenkmittel in Verbindung steht, derart, daß die Ablenkung des Teilchenstrahles in Abhängigkeit von einem durch die Meßmittel gemessenen Strom erfolgt.

[0025] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß einer dem Target gegenüberliegenden Blende eine Meßeinheit zugeordnet ist, die in einem ersten Betriebsmodus einen elektrischen Strom mißt, der von dem Auftreffen des Teilchenstrahles auf die dem Target abgewandte Fläche der Blende herrührt, und die in einem zweiten Betriebsmodus einen elektrischen Strom mißt, der von von dem Target rückgestreuten elektrisch geladenen Teilchen herrührt. Bei dieser Ausführungsform kann das Ausgangssignal der Meßeinheit in deren erstem Betriebsmodus beispielsweise dazu verwendet werden, einen Ablenkstrom zur Ansteuerung der zugeordneten Ablenkeinheit zu ermitteln, um den Teilchenstrahl so abzulenken, daß er durch den gewünschten Ablenkpunkt verläuft. In dem zweiten Betriebsmodus kann demgegenüber der von der

Meßeinheit gemessene Strom herangezogen werden, um durch Ansteuerung einer den Teilchenstrahl erzeugenden Teilchenquelle den Targetstrom des Targets der Vorrichtung zu steuern oder zu regeln.

[0026] Hierzu sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform vor, daß die Meßeinheit mit Steuerungs- und/oder Regelungsmitteln verbunden ist, die in Abhängigkeit von einem von der Meßeinheit in dem zweiten Betriebsmodus gemessenen Strom den Targetstrom durch die Ansteuerung einer Teilchenquelle zur Erzeugung des Teilchenstrahles steuern oder regeln.

[0027] Um einen gewünschten Fokussdurchmesser des Fokus des Teilchenstrahles auf dem Target zu erzielen, sieht eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre Fokussiermittel zur Fokussierung des Teilchenstrahles auf das Target vor.

[0028] Bei der vorgenannten Ausführungsform sind die Fokussiermittel zweckmäßigerweise den Ablenkmitteln in Strahlrichtung nachgeordnet. Bei dieser Ausführungsform wird der Teilchenstrahl zunächst in die gewünschte Position abgelenkt, in der seine Zentralachse durch den ersten und den zweiten Ablenkpunkt verläuft und an dem gewünschten Auftreffpunkt auf das Target auftrifft. Daran anschließend wird der Elektronenstrahl mittels der Fokussiermittel fokussiert, um auf dem Target einen gewünschten Fokussdurchmesser zu erzielen.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten stark schematisierten Zeichnung näher erläutert, in der ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt ist. Dabei bilden alle beschriebenen oder in der Zeichnung dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

[0030] Es zeigt:

- Fig. 1 eine stark schematisierte Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispieles einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,
 Fig. 2 in gleicher Darstellung wie Fig. 1 eine ähnliche Ansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 1 zur Verdeutlichung der Funktionsweise und
 Fig. 3 eine schematisierte Ansicht einer in der Vorrichtung gemäß Fig. 1 verwendeten Blende.

[0031] In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 2 dargestellt, die bei diesem Ausführungsbeispiel zur Erzeugung von XUV-Strahlung dient. Die Vorrichtung 2 ist nach Art einer Röntgenröhre aufgebaut und weist ein Gehäuse 4 auf, dessen Inneres 6 als Vakuumkammer ausgebildet und mittels einer nicht dargestellten Vakuumpumpe über eine Öffnung 8 evakuierbar ist.

[0032] Im Inneren der Vakuumkammer 6 ist eine Teilchenquelle 10 zur Erzeugung eines Teilchenstrahles elektrisch geladener Teilchen angeordnet, wobei die

elektrisch geladenen Teilchen bei diesem Ausführungsbeispiel durch Elektronen gebildet sind, die aus einer Kathode austreten. Die Elektronen werden zum Bilden eines Teilchenstrahles 12 mittels einer Ringanode 14 in Richtung auf ein bei diesem Ausführungsbeispiel als Schichttarget ausgebildetes Target 16 beschleunigt. Beim Auftreffen auf das Target 16 werden die den Teilchenstrahl 12 bildenden Elektronen abgebremst, wobei Bremsstrahlung entsteht, deren Spektrum von der Energie der Teilchen und der chemischen Beschaffenheit (Ordnungszahl) des Materiales des Targets 16 abhängt. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Material des Targets 16 so gewählt, daß Strahlung erzeugt wird, die einen nutzbaren Anteil im XUV-Spektralbereich enthält.

[0033] Die Vorrichtung 2 weist erfindungsgemäß Mittel zum Ablenken des Teilchenstrahles 12 derart auf, daß die in Fig. 1 durch eine strichpunktierte Linie 18 symbolisierte Zentralachse des Teilchenstrahles 12 durch einen ersten Ablenkpunkt 20 und einen in Strahlrichtung hinter dem ersten Ablenkpunkt 20 und zu diesem beabstandet angeordneten zweiten Ablenkpunkt 22 verläuft, wobei der erste Ablenkpunkt 20 und der zweite Ablenkpunkt 22 in Achse mit einem vorgegebenen Auftreffpunkt 24 des Teilchenstrahles 12 auf dem Target 16 liegen und wobei der Teilchenstrahl 12 durch die Ablenkmittel in Strahlrichtung in Bezug auf den ersten Ablenkpunkt 20 unabhängig von einer Ablenkung des Teilchenstrahles 12 in Bezug auf den zweiten Ablenkpunkt 22 ablenkbar ist.

[0034] Die Ablenkmittel weisen bei diesem Ausführungsbeispiel eine erste Ablenkeinheit 26 auf, die ein Ablenkelement 28 aufweist, das bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine Spulenanordnung in Form eines Quadrupoles gebildet ist. Der ersten Ablenkeinheit 26 ist bei diesem Ausführungsbeispiel eine erste Blende 30 zugeordnet, die in Strahlrichtung zu dem Ablenkelement 28 beabstandet und hinter diesem angeordnet ist. Die erste Blende 30 weist eine Blendenöffnung mit kreisrundem Querschnitt auf, wobei der erste Ablenkpunkt 20 im Zentrum der Blendenöffnung liegt.

[0035] Die Ablenkmittel weisen ferner eine zweite Ablenkeinheit 32 auf, die ein Ablenkelement 34 aufweist, das bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine Spulenanordnung in Form eines Quadrupoles gebildet ist. Der zweiten Ablenkeinheit 32 ist bei diesem Ausführungsbeispiel eine zweite Blende 36 zugeordnet, die in Strahlrichtung hinter dem Ablenkelement 34 der zweiten Ablenkeinheit 32 angeordnet ist. Die zweite Blende 36 weist bei diesem Ausführungsbeispiel eine kreisrunde Blendenöffnung auf, wobei der zweite. Ablenkpunkt 22 im Zentrum der Blendenöffnung liegt.

[0036] Die Vorrichtung 2 weist ferner Steuerungsmittel 38 auf, die in weiter unten näher erläuteter Weise zur Ansteuerung der Ablenkelemente 28, 34 mit einem Ablenkstrom sowie zur Ansteuerung eines Hochspannungserzeugers 40 und der Teilchenquelle 10 dient. Die erste Ablenkeinheit 26 und die zweite Ablenkeinheit 32

sind durch die Steuerungsmittel 38 unabhängig voneinander ansteuerbar zur voneinander unabhängigen Ablenkung des Teilchenstrahles 12 in Bezug auf den ersten Ablenkpunkt 20 und den zweiten Ablenkpunkt 22.

[0037] Die Ablenkeinheiten 26, 32 sind bei diesem Ausführungsbeispiel zum Ablenken des Teilchenstrahles 12 quer zu seiner Zentralachse 18 entlang zueinander senkrechter Achsen ausgebildet, nämlich zum Ablenken des sich in Z-Richtung ausbreitenden Teilchenstrahles 12 in X- sowie in Y-Richtung.

[0038] Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, ist bei diesem Ausführungsbeispiel die erste Blende 30 in Strahlrichtung etwa auf der Höhe des Ablenkelementes 34 der zweiten Ablenkeinheit 32 angeordnet. Der ersten Blende 30, die bei diesem Ausführungsbeispiel aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht, ist eine erste Meßeinheit 42 zur Messung eines elektrischen Stromes zugeordnet, der von einem Auftreffen des Teilchenstrahles 12 auf die erste Blende 30 herrührt. Der Ausgang der ersten Meßeinheit 42 ist mit den Steuerungsmitteln 38 verbunden.

[0039] In hierzu entsprechender Weise besteht die zweite Blende 36, die dem Target 16 gegenüberliegt, ebenfalls aus einem elektrisch leitfähigen Material, wobei ihr eine zweite Meßeinheit 44 zugeordnet ist. Die zweite Meßeinheit 44 mißt in einem ersten Betriebsmodus einen elektrischen Strom, der von dem Auftreffen des Teilchenstrahles 12 auf die dem Target 16 abgewandte Fläche der Blende 36 herrührt. In einem zweiten Betriebsmodus mißt die zweite Meßeinheit 44 einen elektrischen Strom, der von dem Target 16 rückgestreuten elektrisch geladenen Teilchen herrührt. Die Rückstreuung elektrisch geladener Teilchen von dem Target 16 ist in Fig. 1 durch Pfeile 46 angedeutet.

[0040] Zum Fokussieren des Teilchenstrahles 12 weist die Vorrichtung 2 Fokussiermittel auf, die bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine elektromagnetische Linse 48 gebildet sind, die bei diesem Ausführungsbeispiel in Strahlrichtung der zweiten Ablenkeinheit 32 nachgeordnet ist.

[0041] Durch das Auftreffen der elektrisch geladenen Teilchen auf das Target 16 erzeugte XUV-Strahlung tritt durch ein seitlich in dem Gehäuse 4 gebildetes Austrittsfenster 49 aus dem Gehäuse 4 aus, wie bei dem Bezugszeichen 50 angedeutet. Zur spektralen Filterung der XUV-Strahlung kann in dem Austrittsfenster 4 ein Filter 52 angeordnet sein.

[0042] Um zu verhindern, daß von dem Target 16 rückgestreute Elektronen auf das Austrittsfenster 48 auftreffen und dieses statisch aufladen, ist das Austrittsfenster 49 von einem Einfangring 54 umgeben, der auf einem positiven Potential liegt und die in Richtung auf das Austrittsfenster 40 fliegenden rückgestreuten Elektronen einfängt. Der Einfangring 54 ist aus diesem Grund mit dem Pluspol einer Spannungsquelle 56 verbunden, deren Minuspol mit dem Gehäuse 4 und mit Masse verbunden ist.

[0043] Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist wie folgt.

[0044] Bei Betrieb der Vorrichtung 2 treten Elektronen aus der Teilchenquelle 10 aus und werden über die Ringanode 14 in Richtung auf das Target 16 beschleunigt, wobei die Zentralachse 18 des Teilchenstrahles 12 durch den ersten Ablenkpunkt 20 und den zweiten Ablenkpunkt 22 verläuft. Da die Ablenkpunkte 20, 22 in Achse mit dem vorgegebenen Auftreffpunkt 24 des Teilchenstrahles 12 auf dem Target 16 liegen, treffen die Elektronen an diesem Auftreffpunkt 24 auf das Target 16 auf, wobei XUV-Strahlung erzeugt wird, die durch das Austrittsfenster 49 aus der Vorrichtung 2 austritt.

[0045] Fig. 2 stellt einen Betriebszustand der Vorrichtung 2 dar, in dem hinsichtlich der Richtung des Teilchenstrahles 12 eine Störung aufgetreten ist. Eine solche Störung kann beispielsweise darin bestehen, daß sich eine Heizfadenspitze der Teilchenquelle 10 neigt, ein äußeres Magnetfeld wirkt oder eine Wärmedehnung wirksam wird. In diesem Fall tritt der Teilchenstrahl 12 schräg durch das Anodenloch der Ringanode 14 hindurch. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß beispielsweise bei Verwendung eines der Heizfadenspitze umgebenden Wehnelt-Zylinders die Elektronen in Strahlrichtung etwa in der Ebene der Ringanode 14 eine erste Bündelung (erster Crossover) erfahren, wie in Fig. 2 bei dem Bezugszeichen 58 angedeutet. Nach dem ersten Crossover divergieren die Elektronen aufgrund verschiedener Wirkmechanismen, beispielsweise aufgrund des Boersch-Effektes, der die Abstoßungskräfte der gleichnamig geladenen Elektronen beschreibt, auseinander. Da die an die Ringanode 14 angelegte Hochspannung nicht mehr wirksam ist, nachdem die Elektronen die Ebene der Ringanode 14 verlassen haben, fliegen die Elektronen dann in der Richtung weiter, die sie nach dem Verlassen des Crossover innehatten.

[0046] Die Elektronen würden daher, wie in Fig. 2 bei dem Bezugszeichen 60 schraffiert dargestellt, auf die erste Blende 30 auftreffen und das Target 16 somit nicht erreichen.

[0047] Aufgrund des Auftreffens der Elektronen auf die erste Blende 30 mißt die erste Meßeinheit 42 einen Strom und führt den Steuerungsmitteln 38 ein entsprechendes Signal zu.

[0048] Die Steuerungsmittel 38 steuern daraufhin das Ablenkelement 28 der ersten Ablenkeinheit 20 mit einem Ablenkstrom an. Die Wirkungsebene der ersten Ablenkeinheit 26 ist in Fig. 2 durch eine gestrichelte Linie 62 symbolisiert. Die Steuerungsmittel 38 wählen hierbei den Ablenkstrom so, daß der Teilchenstrahl 12 so abgelenkt wird, daß seine Zentralachse 18 durch den ersten Ablenkpunkt 20 verläuft. Die sich hierbei ergebende Richtung des Teilchenstrahles 12 ist in Fig. 2 bei dem Bezugszeichen 62 angedeutet.

[0049] Die Ermittlung des Ablenkstromes für das Ablenkelement 26, der erforderlich ist, um den Teilchenstrahl 12 durch den ersten Ablenkpunkt 20 abzulenken, wird nachfolgend anhand von Fig. 3 näher erläutert.

[0050] Das Ablenkelement 26 ist bei diesem Ausführungsbeispiel durch einen Quadrupol gebildet, der aus

vier im Karree angeordneten elektromagnetischen Spulen besteht und durch den der Elektronenstrahl in X- sowie in Y-Richtung ablenkbar ist. Tritt der Elektronenstrahl durch das Blendenloch der ersten Blende 30 hindurch und verläuft durch den ersten Ablenkpunkt 20, so ist der von der ersten Meßeinheit 42 gemessene Strom Null. Ein Strom wird von der Meßeinheit 42 nur dann gemessen, wenn der Teilchenstrahl 12 auf die Blende auftrifft. In diesem Fall steuern die Steuerungsmittel 38 das Ablenkelement 28 derart an, daß der Teilchenstrahl 12 nacheinander in die in Fig. 3 mit den Bezugszeichen 64, 66, 68, 70 bezeichneten Positionen bewegt wird. Lediglich beispielshalber sind diese Positionen 64, 66, 68, 70 so gewählt, daß etwa die halbe Querschnittsfläche des Teilchenstrahles 12 auf die erste Blende 30 auftrifft, so daß der von der ersten Meßeinheit 42 gemessene Strom etwa der Hälfte des maximalen Stromes entspricht, der dann gemessen wird, wenn der Teilchenstrahl 12 vollständig auf die erste Blende 30 auftrifft.

[0051] Bei den sich hierbei ergebenden kleinen Ablenkwinkeln der Zentralachse 18 des Teilchenstrahles 12 besteht eine Proportionalität zwischen den Ablenkströmen und dem Auslenkungsweg des Teilchenstrahles 12. Aufgrund dieser Proportionalität können die Ablenkströme in X- und Y-Richtung, die erforderlich sind, um den Teilchenstrahl 12 so abzulenken, daß seine Zentralachse 18 durch das Zentrum der ersten Blende 30 und damit durch den ersten Ablenkpunkt 20 verläuft, wie folgt ermittelt werden:

$$I_{Ym} = (I_1 + I_3) / 2$$

$$I_{Xm} = (I_2 + I_4) / 2$$

[0052] Dabei sind:

I_1 : Ablenkstrom in Position 64 des Teilchenstrahles 12

I_2 : Ablenkstrom in Position 66 des Teilchenstrahles 12

I_3 : Ablenkstrom in Position 68 des Teilchenstrahles 12

I_4 : Ablenkstrom in Position 70 des Teilchenstrahles 12

I_{Ym} : Ablenkstrom für die Positionierung des Teilchenstrahles 12 im Zentrum des Blendenloches in Y-Richtung

I_{Xm} : Ablenkstrom für die Positionierung des Teilchenstrahles 12 im Zentrum des Blendenloches in X-Richtung

[0053] Sind auf diese Weise die erforderlichen Ablenkströme ermittelt, so steuern die Steuerungsmittel 38 die Spulen des Ablenkelementes 28 mit diesen Ablenkströ-

men an, so daß die Zentralachse 18 des Elektronenstrahles 12 dann durch das Zentrum des Blendenloches der ersten Blende 30 und damit durch den ersten Ablenkpunkt 20 verläuft. Hierbei bleibt der Teilchenstrahl 12 divergent, da die erste Ablenkeinheit 26 keinerlei Fokussierungswirkung hat, sondern ausschließlich eine seitliche Auslenkung des Teilchenstrahles 12 bewirkt.

[0054] Nach der so erfolgten Ablenkung würde der Teilchenstrahl sich gemäß dem in Fig. 2 schraffiert dargestellten Verlauf 74 ausbreiten und beispielsweise auf die zweite Blende 36 und eine seitliche Wandung der Vakuumkammer 6 auftreffen, so daß er das Target 16 nicht erreichen würde.

[0055] Um den Teilchenstrahl 12 so abzulenken, daß seine Zentralachse durch das Zentrum der zweiten Blende 36 und damit durch den zweiten Ablenkpunkt 22 verläuft, wird zunächst durch die zweite Meßeinheit 44 der Strom gemessen, der beim Auftreffen des Teilchenstrahles 12 auf die zweite Blende 36 entsteht. Daran anschließend ermitteln die Steuerungsmittel 38 in der oben in Bezug auf eine Ablenkung durch die erste Ablenkeinheit 26 beschriebenen Weise die zur Ablenkung des Teilchenstrahles 12 in x- und y-Richtung erforderlichen Ströme und steuern das Ablenkelement 34 der zweiten Ablenkeinheit 32 mit diesen Strömen an. Aufgrund dessen wird der Teilchenstrahl 12 so abgelenkt, daß er durch den zweiten Ablenkpunkt 22 verläuft. Die Wirkungsebene der zweiten Ablenkeinheit 32 ist in Fig. 2 mit dem Bezugszeichen 72 bezeichnet.

[0056] Da nach den so erfolgten Ablenkungen die Zentralachse 18 des Teilchenstrahles 12 sowohl durch den ersten Ablenkpunkt 20 als auch durch den zweiten Ablenkpunkt 22 verläuft und die Ablenkpunkte 20, 22 in Achse mit dem vorgegebenen Auftreffpunkt 24 auf dem Target 16 liegen, trifft der Teilchenstrahl 12 in der gewünschten Weise an dem Auftreffpunkt 24 auf das Target 16 auf. Vor dem Auftreffen auf das Target 16 wird der Teilchenstrahl 12 durch die Fokussiermittel 48, die bei diesem Ausführungsbeispiel eine elektromagnetische Linse aufweisen, fokussiert.

[0057] Während der Ermittlung der Ablenkströme befindet sich die zweite Meßeinheit 44 in einem ersten Betriebsmodus, in dem sie einen elektrischen Strom mißt, der von dem Auftreffen des Teilchenstrahles 12 auf die dem Target 16 abgewandte Fläche der zweiten Blende 36 herrührt. Nach Abschluß der oben beschriebenen Vorgänge trifft der Teilchenstrahl 12 nicht mehr auf die zweite Blende 36 auf, so daß kein entsprechender Strom mehr gemessen wird.

[0058] In einem zweiten Betriebsmodus mißt die zweite Meßeinheit 44 dann einen elektrischen Strom, der von dem Target 16 rückgestreuten Elektronen herrührt. Da dieser Strom ein Maß für den Targetstrom des Targets 16 ist, kann er zur Steuerung oder Regelung des Targetstromes herangezogen werden. Hierzu steuern die Steuerungsmittel 38 die Teilchenquelle 10 derart an, daß diese einen Teilchenstrahl 12 erzeugt, der zu dem jeweils gewünschten Targetstrom führt. Auf diese Weise

ist eine präzise Regelung des Targetstromes möglich, der bei konstanter Hochspannung zwischen Teilchenquelle 10 und Ringanode 14 ein direktes Maß für den Photonenfluß darstellt.

[0059] Die erfindungsgemäße Vorrichtung 2 ermöglicht mit einfachen Mitteln eine hochpräzise Ablenkung des Teilchenstrahles 12 und gleichermaßen eine hochpräzise Regelung des Targetstromes. Sie ist daher beispielsweise und insbesondere zur Verwendung in bildgebenden Verfahren und in Inspektions- und Meßverfahren im XUV-Bereich ausgezeichnet geeignet.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgen- oder XUV-Strahlung, mit Mitteln zum Richten eines Teilchenstrahles elektrisch geladener Teilchen auf ein Target und mit Ablenkmitteln zum Ablenken des Teilchenstrahles derart, daß die Zentralachse des Teilchenstrahles durch einen ersten Ablenkpunkt und einen zu dem ersten Ablenkpunkt in Strahlrichtung beabstandeten zweiten Ablenkpunkt verläuft, wobei die Ablenkmittel eine erste Ablenkeinheit zum Ablenken des Teilchenstrahles derart, daß seine Zentralachse durch den ersten Ablenkpunkt verläuft, und eine zu der ersten Ablenkeinheit in Strahlrichtung des Teilchenstrahles beabstandete zweite Ablenkeinheit zum Ablenken des Teilchenstrahles derart, daß seine Zentralachse durch den zweiten Ablenkpunkt verläuft, aufweisen, wobei der Teilchenstrahl durch die Ablenkeinheiten in Bezug auf einen Ablenkpunkt unabhängig von einer Ablenkung in Bezug auf den anderen Ablenkpunkt ablenkbar ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede der Ablenkeinheiten (26, 32) für eine Ablenkung des Teilchenstrahles entlang zweier zueinander senkrechter Achsen (X-Achse und Y-Achse) ausgebildet sind, derart, daß der erste und der zweite Ablenkpunkt (20, 22) in Achse mit einem vorgegebenen oder vorgebbaren Auftreffpunkt (24) des Teilchenstrahles (12) auf dem Target liegen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** Steuerungsmittel (38) zur Ansteuerung der Ablenkmittel.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Ablenkeinheit (26) und die zweite Ablenkeinheit (32) durch die Steuerungsmittel (38) unabhängig voneinander ansteuerbar sind, derart, daß der Teilchenstrahl (12) in Bezug auf einen Ablenkpunkt (20, 22) unabhängig von einer Ablenkung in Bezug auf den anderen Ablenkpunkt (22, 20) ablenkbar ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede der Ablenkeinheiten (26, 32) wenigstens ein Ablenkelement (28, 34) aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ablenkelement (28, 34) wenigstens eine Spule oder Spulenordnung, insbesondere einen Quadrupol, aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ablenkelement wenigstens eine elektrostatische Ablenkplatte aufweist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ablenkmittel zum Ablenken des Teilchenstrahles (12) entlang zweier zueinander senkrechter Achsen ausgebildet sind.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens einer der Ablenkeinheiten (26, 32) eine Blende (30, 36) zugeordnet ist, die in Strahlrichtung hinter dem Ablenkelement (28, 34) der Ablenkeinheit (26, 32) angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der ersten Ablenkeinheit (26) eine erste Blende (30) zugeordnet ist und die erste Blende (30) in Strahlrichtung im Bereich einer Wirkungsebene eines Ablenkelementes (34) der zweiten Ablenkeinheit (32) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der zweiten Ablenkeinheit (32) eine zweite Blende (36) zugeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens eine Blende (30, 36) wenigstens teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht und daß der Blende (30, 36) eine Meßeinheit (42, 44) zur Messung eines elektrischen Stromes zugeordnet ist, der von einem Auftreffen des Teilchenstrahles (12) auf die Blende (30, 36) herrührt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßeinheit (42, 44) mit den Steuerungsmitteln (38) zur Ansteuerung der Ablenkmittel in Verbindung steht, derart, daß die Ablenkung des Teilchenstrahles (12) in Abhängigkeit von einem durch die Meßeinheit (42, 44) gemessenen Strom erfolgt.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** einer dem Target (16) gegenüberliegenden Blende (36) eine Meßeinheit (44) zugeordnet ist, die in einem ersten Betriebsmo-

aus einem elektrischen Strom mißt, der von dem Auftreffen des Teilchenstrahles (12) auf die dem Target (16) abgewandte Fläche der Blende herrührt, und die in einem zweiten Betriebsmodus einen elektrischen Strom mißt, der von von dem Target (16) rückgestreuten elektrisch geladenen Teilchen herrührt.

5

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßeinheit (44) mit Steuerungs- und/oder Regelungsmitteln (38) verbunden ist, die in Abhängigkeit von einem von der Meßeinheit (44) in dem zweiten Betriebsmodus gemessenen Strom den Targetstrom durch Ansteuerung einer Teilchenquelle (10) zur Erzeugung des Teilchenstrahles (12) steuern oder regeln.
15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Fokussiermittel (48) zur Fokussierung des Teilchenstrahles (12) auf das Target (16).
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Fokussiermittel (48) den Ablenkmitteln in Strahlrichtung nachgeordnet sind.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

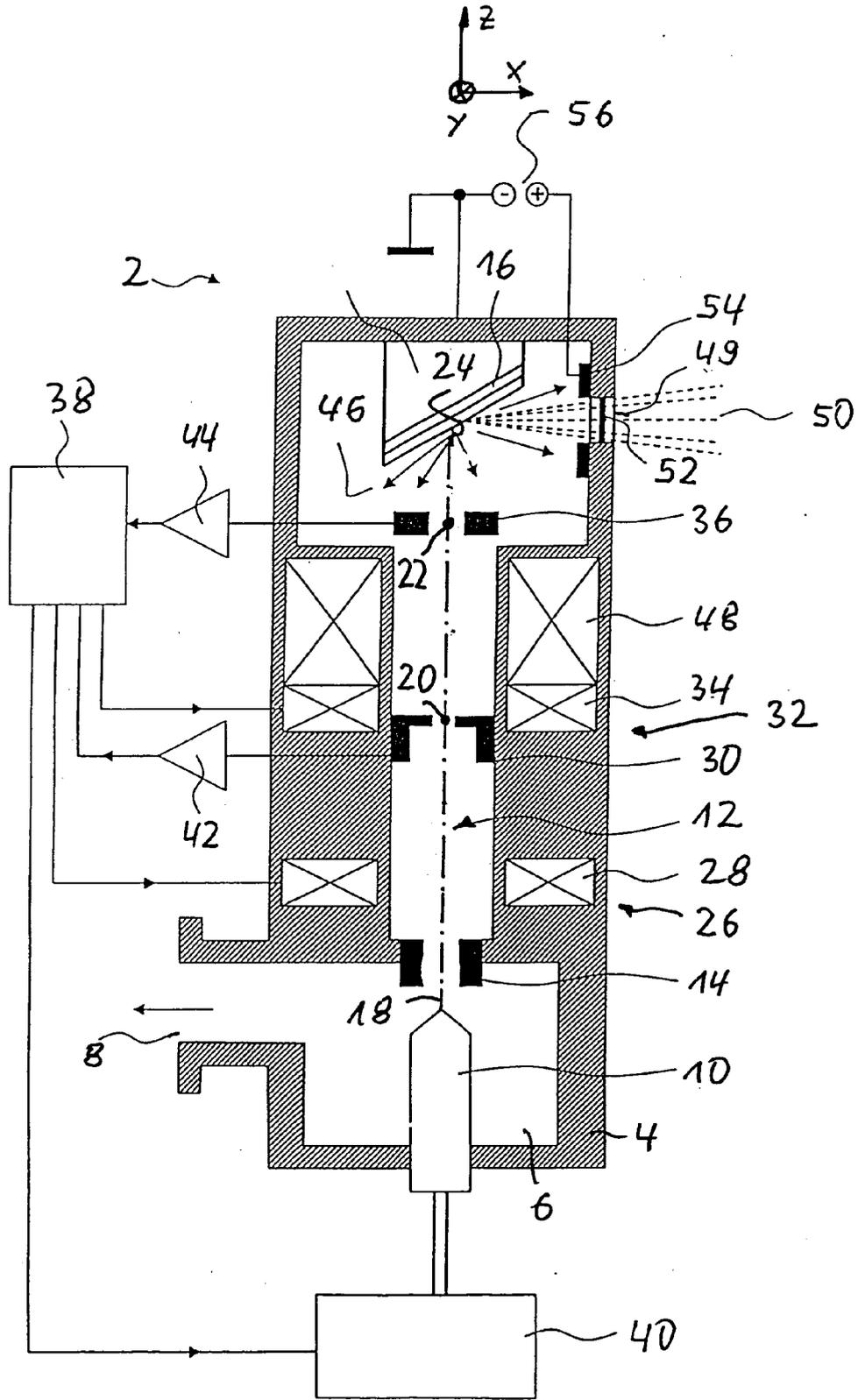


FIG. 1

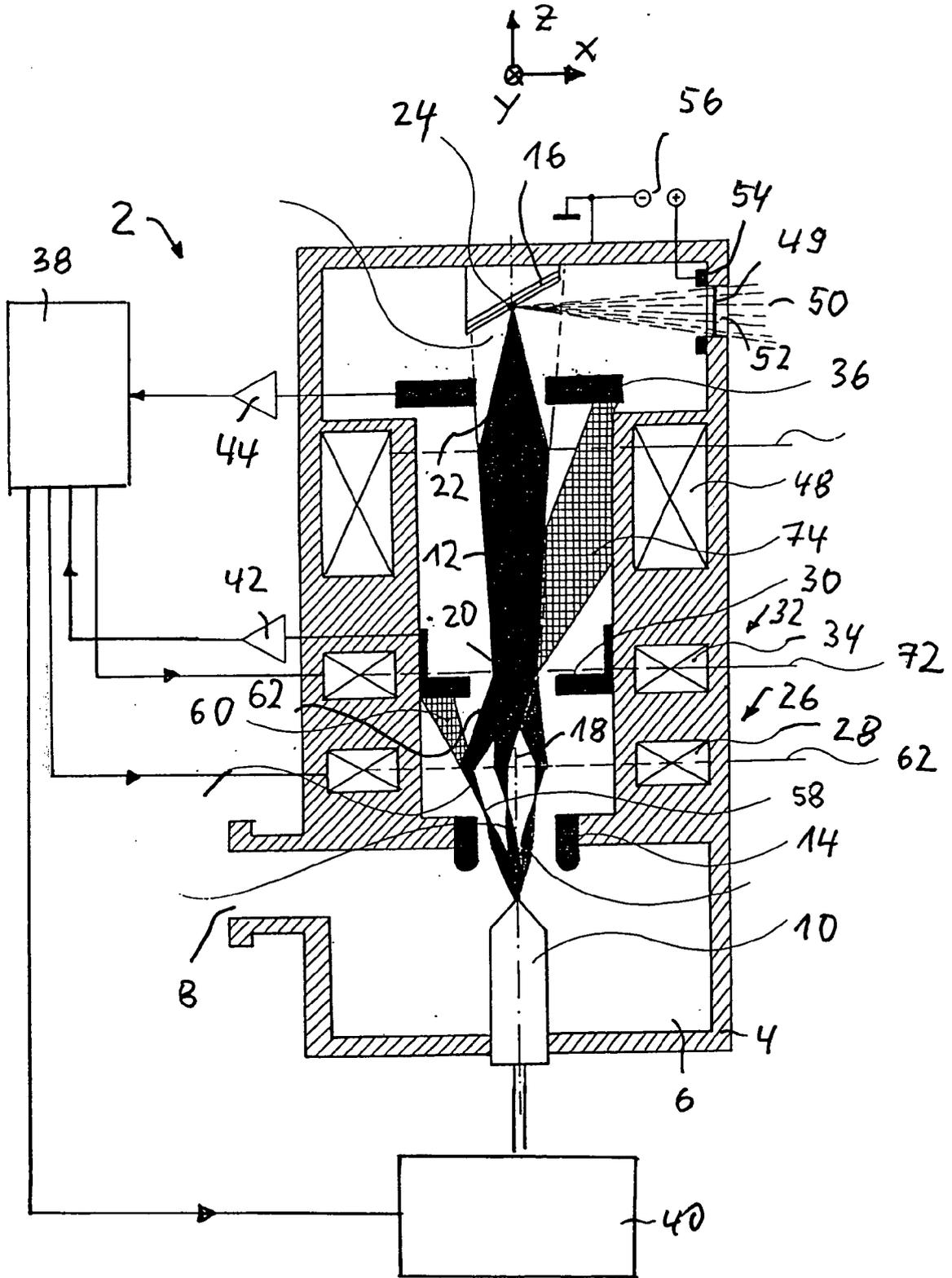


FIG. 2

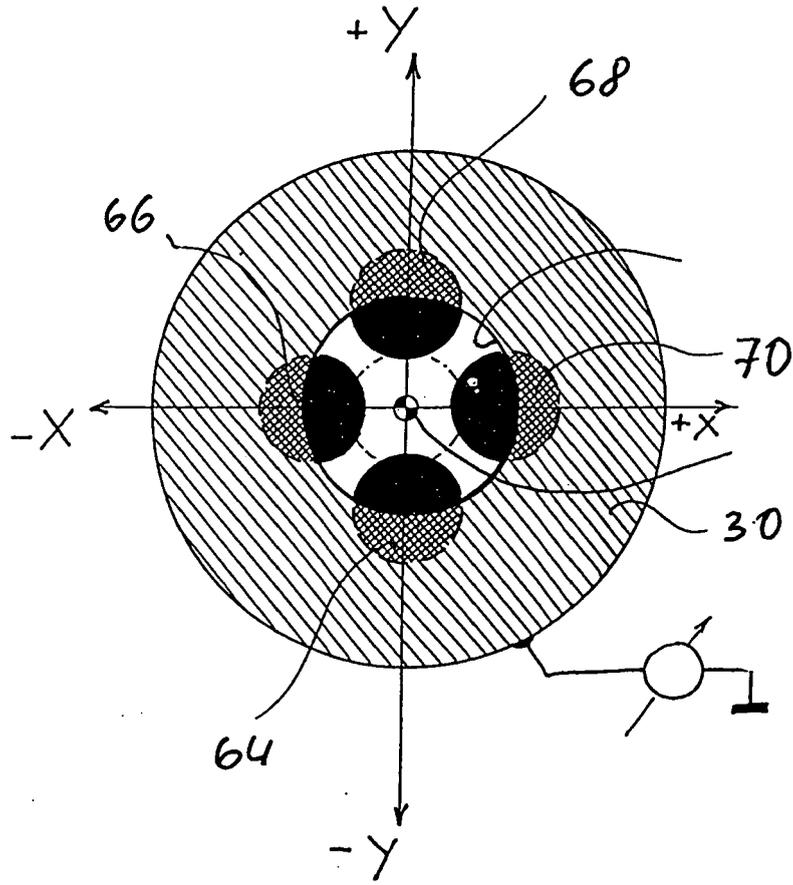


FIG. 3

EP 1 760 760 A2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3793549 A [0002]
- GB 1057284 A [0002]
- WO 2004023512 A1 [0002]
- US 3138729 A [0002]
- EP 0887639 A1 [0002]
- US 4523327 A [0002]