

(19)



(11)

EP 4 478 393 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.12.2024 Patentblatt 2024/51

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01J 35/06^(2006.01) H01J 35/14^(2006.01)
H01J 35/24^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23179690.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01J 35/065; H01J 35/147; H01J 35/153;
H01J 35/24; H01J 2235/062; H01J 2235/066;
H01J 2235/068; H01J 2235/162

(22) Anmeldetag: **16.06.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **FRITZLER, Anja**
91052 Erlangen (DE)
• **GEITHNER, Peter**
91058 Erlangen (DE)
• **JUD, Christoph**
90419 Nürnberg (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Healthineers AG**
91301 Forchheim (DE)

(74) Vertreter: **Siemens Healthineers**
Patent Attorneys
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

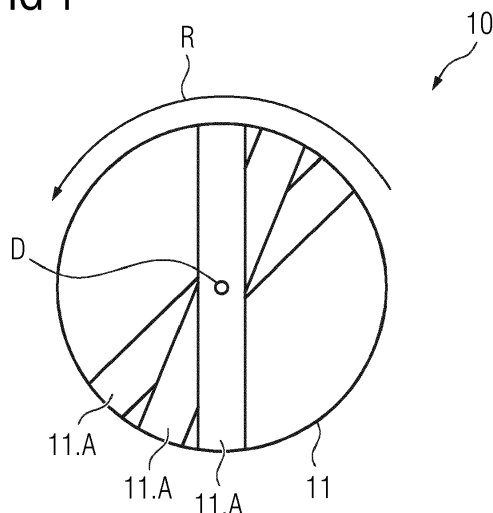
(54) ELEKTRONENEMITTER MIT EINER ROTIERBAREN EMISSIONSFLÄCHE

(57) Die Erfindung betrifft einen Elektronenemitter für eine Drehkolben-Röntgenröhre, eine Kathode für eine Drehkolben-Röntgenröhre, eine Drehkolben-Röntgenröhre, einen Drehkolben-Röntgenstrahler, ein Verfahren zur Emission von Elektronen mittels eines Elektronenemitters und ein zugehöriges Computerprogrammprodukt.

Der erfindungsgemäße Elektronenemitter für eine Drehkolben-Röntgenröhre weist

- eine segmentierte Emitterfläche auf, wobei die segmentierte Emitterfläche eine Vielzahl an Emittiernadeln aufweist und dazu eingerichtet ist, eine Teilmenge der Segmente der segmentierten Emitterfläche als aktivierte Emissionsfläche zur Feldeffekt-Emission von Elektronen aus der aktivierten Emissionsfläche derart zu aktivieren, dass aktivierte Emissionsflächen durch Veränderung der Teilmenge paarweise zueinander um einen Drehpunkt rotierbar sind.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Elektronenemitter für eine Drehkolben-Röntgenröhre, eine Kathode für eine Drehkolben-Röntgenröhre, eine Drehkolben-Röntgenröhre, einen Drehkolben-Röntgenstrahler, ein Verfahren zur Emission von Elektronen mittels eines Elektronenemitters und ein zugehöriges Computerprogrammprodukt.

[0002] Ein herkömmlicher Drehkolben-Röntgenstrahler umfasst typischerweise ein Gehäuse und eine Drehkolben-Röntgenröhre, welche innerhalb des Gehäuses relativ zum Gehäuse rotierbar gelagert ist. Beispielsweise ist aus der DE 19 741 750 A1 ein derartiger Röntgenstrahler mit zwangsgekühlter Drehanode, mit einer Drehkolbenröhre, deren Vakuumhülle innerhalb des mit einem flüssigen Kühlmittel gefüllten Strahlergehäuses rotiert, bekannt.

[0003] Bei einem herkömmlichen Drehkolben-Röntgenstrahler dreht sich also typischerweise die gesamte Drehkolben-Röntgenröhre, insbesondere der evakuierte Drehkolben gemeinsam mit der Anode. Bei manchen Drehkolben-Röntgenstrahlern ist eine Kathode mit einem Elektronenemitter ebenfalls drehfest mit dem Drehkolben verbunden, so dass die Kathode, Anode und der Drehkolben dieselbe Drehfrequenz aufweisen. Andere Drehkolben-Röntgenstrahler weisen eine Kathode mit einem Elektronenemitter auf, welche ortsfest sind und somit nicht gemeinsam mit der Anode und dem Drehkolben verdreht werden, wie es beispielsweise in der DE 4 108 591 A1 beschrieben ist. Im Gegensatz dazu dreht sich bei einer herkömmlichen Drehanoden-Röntgenröhre lediglich die Drehanode relativ zum evakuierten Röhrengehäuse.

[0004] Ein weiterer Unterschied zwischen einer herkömmlichen Drehanoden-Röntgenröhre und einer herkömmlichen Drehkolben-Röntgenröhre betrifft eine Platzierung des Elektronenemitters. Bei der herkömmlichen Drehanoden-Röntgenröhre wird der Elektronenemitter, welcher im Gegensatz zur Anode ortsfest ist, üblicherweise exzentrisch außerhalb der Rotationsachse direkt über einer kreisringförmigen Brennbahn der Anode platziert. Die Brennbahn entsteht insbesondere dadurch, dass die in einem Brennfleck eintreffenden Elektronen aufgrund der Drehung der Anode auf einer kreisringförmigen Bahn mit der Anode wechselwirken. Ein Elektronenemitter einer solchen Drehanoden-Röntgenröhre kann beispielsweise bis zu drei verschiedene Emitterelemente aufweisen, deren emittierte Elektronen geometrisch auf verschiedene Brennfleckgrößen fokussiert werden können. Diese Fokussierung erfolgt insbesondere mittels einer Ablenkungseinheit, welche dazu ein elektrisches oder elektromagnetisches Feld erzeugt.

[0005] Bei der herkömmlichen Drehkolben-Röntgenröhre liegt der Elektronenemitter typischerweise auf der Rotationsachse zentral über der Anode. Um den Brennfleck relativ zum Gehäuse ortsfest zu halten, werden die emittierten Elektronen aus der Rotationsachse heraus

auf einen Randbereich der Anode abgelenkt, in der Regel durch ein elektromagnetisches Feld. Dazu weist die Ablenkungseinheit insbesondere einen ersten Quadrupolmagneten auf, welcher zum Einstellen des Verhältnisses aus Länge und Breite des Brennflecks eingerichtet ist. Wenn die Ablenkungseinheit einen zweiten Quadrupolmagneten aufweist, kann mit diesem typischerweise die Größe des Brennflecks eingestellt werden. Eine Ausgestaltung eines Drehkolben-Röntgenstrahlers mit mindestens einem Quadrupolmagneten ist vergleichsweise komplex und kostenintensiv.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Elektronenemitter für eine Drehkolben-Röntgenröhre, eine Kathode für eine Drehkolben-Röntgenröhre, eine Drehkolben-Röntgenröhre, einen Drehkolben-Röntgenstrahler, ein Verfahren zur Emission von Elektronen mittels eines Elektronenemitters und ein zugehöriges Computerprogrammprodukt anzugeben, bei welchen die Elektronenemission mittels des Elektronenemitters selbst flexibler ist, um den Bedarf an zusätzlicher Ablenkung der Elektronen zu verringern.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0008] Unabhängig vom grammatikalischen Geschlecht eines bestimmten Begriffes sind Personen mit männlicher, weiblicher oder anderer Geschlechteridentität mit umfasst.

[0009] Der erfindungsgemäße Elektronenemitter für eine Drehkolben-Röntgenröhre weist

- eine segmentierte Emittierfläche auf, wobei die segmentierte Emittierfläche eine Vielzahl an Emittiernadeln aufweist und dazu eingerichtet ist, eine Teilmenge der Segmente der segmentierten Emittierfläche als aktivierte Emissionsfläche zur Feldeffekt-Emission von Elektronen aus der aktivierten Emissionsfläche derart zu aktivieren, dass aktivierte Emissionsflächen durch Veränderung der Teilmenge paarweise zueinander um einen Drehpunkt rotierbar sind.

[0010] Der Elektronenemitter ist besonders vorteilhaft, da die aktivierten Emissionsflächen rotierbar sind, wodurch die Elektronenemission insgesamt flexibler wird. Das Rotieren der aktivierten Emissionsflächen ermöglicht vorteilhafterweise ein Verringern und/oder ein Weglassen zusätzlicher Ablenkungsvorgänge mittels einer Ablenkungseinheit.

[0011] Der Elektronenemitter ist insbesondere für eine medizinische Bildgebung geeignet. Alternativ oder zusätzlich kann der Elektronenemitter für eine Werkstoffprüfung geeignet sein.

[0012] Die segmentierte Emittierfläche ist insbesondere eine Feldeffekt-Emittierfläche. Die Feldeffekt-Emission erfolgt insbesondere durch ein Anlegen einer Gatespannung in Bezug auf einen Träger der Emittierfläche, auf welchem die Vielzahl an Feldeffekt-Emittiernadeln angeordnet sind. Durch die angelegte Gatespannung treten insbesondere an der Spitze der Feldeffekt-Emittiernadeln Elektronen aus. Die Feldeffekt-Emittiernadeln

weisen üblicherweise Kohlenstoff, Silizium und/oder Molybdän auf.

[0013] Insbesondere bei einem Feldeffekt-Emitterfläche kann die Emitterfläche eine Vielzahl an Segmenten aufweisen. Die Aktivierung nur eines Teils, sprich nicht aller Segmente, eines solchen Emitterelements kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass nur ein Teil der Emitternadeln und somit nur ein Teil der Segmente zur Feldeffekt-Emission angeregt wird. Das Anregen der Emitternadeln zur Feldeffekt-Emission kann als Aktivieren oder Anschalten des jeweiligen Segments mit diesen Emitternadeln bezeichnet werden. Die Emitterfläche kann also in Segmente unterteilt sein, welche unabhängig voneinander aktiviert werden können. Die Feldeffekt-Emitterfläche ist insbesondere eine sogenannte pixelierte Emitterfläche. Die Segmentierung der Feldeffekt-Emitterfläche ist insbesondere eine kartesische oder rotationssymmetrische Segmentierung.

[0014] Die segmentierte Emitterfläche weist insbesondere mindestens vier Segmente auf, welche in einer 2x2 Matrix angeordnet sind. Vorzugsweise weist die Emitterfläche mindestens neun oder 100 Segmente auf. Eine Anzahl von Segmenten größer 256 oder 1024 ist ebenfalls denkbar.

[0015] Eine äußere Form der segmentierten Emitterfläche kann rechteckig, insbesondere quadratisch, oder rund sein. Im letzteren Fall ist die segmentierte Emitterfläche insbesondere rotationssymmetrisch. Eine äußere Form der aktivierten Emissionsfläche kann von der äußeren Form der segmentierten Emitterfläche abweichen. Beispielsweise ist es denkbar, dass die äußere Form der segmentierten Emitterfläche quadratisch ist und die äußere Form der aktivierten Emissionsfläche rund ist oder umgekehrt. Alternativ ist es denkbar, dass die äußere Form der aktivierten Emissionsfläche der äußeren Form der segmentierten Emitterfläche ähnelt oder entspricht.

[0016] Ein Segment der Emitterfläche ist insbesondere derart ausgestaltet, dass die Elektronenemission durch die aktivierte Emissionsfläche dieses Segments angeschaltet sein kann oder abgeschaltet sein kann. Im letzteren Fall bedeutet dies, dass dieses Segment keine aktivierte Emissionsfläche, sondern eine deaktivierte Emissionsfläche aufweist.

[0017] Das Aktivieren bzw. Deaktivieren der Emissionsfläche kann getaktet und/oder mehrmals in Abhängigkeit von einem Emitterschaltssignal erfolgen. Das Emitterschaltssignal kann insbesondere von einer Steuereinheit bereitgestellt sein. Das Emitterschaltssignal kann insbesondere ein Anschalten bzw. Abschalten einer Gatespannung in Bezug zu der aktivierten Teilmenge der Segmente umfassen.

[0018] Die Einrichtung der segmentierten Emitterfläche zur Aktivierung mindestens der Teilmenge der Segmente bedeutet insbesondere, dass die segmentierte Emitterfläche in Abhängigkeit z.B. von dem Emitterschaltssignal zumindest teilweise oder vollständig aktiviert werden oder sein kann. Beispielsweise kann das Emitterschaltssignal eine Angabe über die zu aktivieren-

den oder über die aktivierten Segmente, welche die Teilmenge bilden, enthalten und/oder diese Segmente aufgrund einer elektrischen und/oder physikalischen Verschaltung direkt aktivieren.

[0019] Die aktivierte Emissionsfläche kann ausschließlich aktivierte Segmente umfassen. Alternativ ist es denkbar, dass die aktivierte Emissionsfläche mindestens ein Segment umfasst, welches deaktiviert ist.

[0020] Dass die aktivierten Emissionsflächen durch Veränderung der Teilmenge paarweise um einen Drehpunkt rotierbar sind, bedeutet insbesondere, dass im Betrieb des Elektronenemitters die aktivierten Emissionsflächen rotieren können und/oder rotierbar erscheinen, da die Emissionsflächen nacheinander aktiviert werden und sich paarweise zueinander unterscheiden können. Der Begriff rotieren umfasst in diesem Zusammenhang insbesondere einen Winkel größer null einschließen oder verdreht oder verkippt.

[0021] Das Rotieren bezieht sich diesbezüglich nicht auf ein physisches Bewegen der Emitterfläche als solche in eine Drehrichtung. Dass aktivierte Emissionsflächen rotierbar sind, bedeutet insbesondere, dass in Bezug auf die segmentierte Emitterfläche diejenigen Emissionsflächen, aus welchen die Elektronen austreten, rotierbar sind. Dass die aktivierten Emissionsflächen rotierbar sind, umfasst insbesondere, ein Aktivieren zumindest eines weiteren Segments und/oder ein Deaktivieren zumindest eines anderen Segments. Das Aktivieren und Deaktivieren kann gleichzeitig erfolgen.

[0022] Erfindungsgemäß ist es also vorteilhafterweise möglich, die Elektronenemission aus der segmentierten Emitterfläche über die Zeit zu rotieren. Dies bedeutet insbesondere, dass die segmentierte Emitterfläche in einer Art Propeller- oder Schrauben- oder Zeigerbetrieb betrieben werden kann, bei welchem die aktivierten Emissionsflächen je Zeiteinheit paarweise zueinander rotieren können. Das durch Veränderung der Teilmenge paarweise zueinander um einen Drehpunkt rotierbar sein, bedeutet insbesondere, dass eine erste aktivierte Emissionsfläche zu einem ersten Zeitpunkt im Vergleich zu einer zweiten aktivierten Emissionsfläche zu einem zweiten Zeitpunkt, wobei der erste Zeitpunkt sich von dem zweiten Zeitpunkt unterscheidet und die erste aktivierte Emissionsfläche sich von der zweiten Emissionsfläche unterscheidet, rotiert sein kann. Eine aktivierte Teilmenge der Segmente bei der ersten aktivierten Emissionsfläche unterscheidet sich insbesondere von einer aktivierten Teilmenge der Segmente bei der zweiten aktivierten Emissionsfläche.

[0023] Die Emission der Elektronen kann erfindungsgemäß mit einem Verfahren umfassend die folgenden Schritte erfolgen:

- Empfangen eines Drehfrequenzsignals,
- Aktivieren von verschiedenen Teilmengen der Segmente der segmentierten Emitterfläche derart, dass die aktivierten Emissionsflächen um einen Drehpunkt in Abhängigkeit des empfangenen Drehfre-

quenzsignals rotieren.

[0024] Das Drehfrequenzsignal wird insbesondere mittels einer Schnittstelle beispielsweise von einer Steuereinheit empfangen. Das Drehfrequenzsignal wird beispielsweise an die Schnittstelle übertragen. Das Empfangen kann alternativ innerhalb einer Steuereinheit von einer Teilsteuereinheit empfangen werden, wobei eine andere Teilsteuereinheit innerhalb der Steuereinheit das Drehfrequenzsignal überträgt.

[0025] Das Drehfrequenzsignal beschreibt und/oder überträgt insbesondere einen Wert einer Drehfrequenz. Das Drehfrequenzsignal kann insbesondere von einem Elektronenstrom und/oder einer Beschleunigungsspannung und/oder einer Drehfrequenz einer Kathode abhängen. Das Drehfrequenzsignal kann insbesondere der Drehfrequenz der Kathode entsprechen.

[0026] Das Rotieren der aktivierten Emissionsflächen kann insbesondere in Abhängigkeit von dem Drehfrequenzsignal erfolgen, was insbesondere bedeutet, dass eine Wechselfrequenz, gemäß welcher die Teilmenge der Segmente gewechselt wird, zumindest von dem Drehfrequenzsignal beeinflusst wird oder dem Drehfrequenzsignal entspricht. In anderen Worten erfolgt vorteilhafterweise ein Wechseln der aktivierten Emissionsfläche mit einer Wechselfrequenz, welche dem insbesondere negativen Betrag des Drehfrequenzsignals entspricht. Das Wechseln der aktivierten Emissionsfläche erfolgt insbesondere entgegen der Drehfrequenz.

[0027] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Drehpunkt ein Mittelpunkt der segmentierten Emitterfläche ist. Diese Ausführungsform ist insbesondere vorteilhaft, weil dadurch der Anteil an nutzbarer Emitterfläche erhöht sein kann, insbesondere wenn die jeweiligen aktivierten Emissionsfläche sich lediglich in ihrem Drehwinkel zum Drehpunkt unterscheiden. Vorteilhafterweise kann jede aktivierte Emissionsfläche im Wesentlichen dieselbe Form und/oder dieselbe Anzahl an aktivierten Segmenten und/oder dieselbe Größe und/oder denselben Elektronenstrom aufweisen.

[0028] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die aktivierten Emissionsflächen sich maximal teilweise überlappen. Diese Ausführungsform gewährleistet vorteilhafterweise, dass nicht dieselbe Teilmenge an Segmenten unmittelbar aufeinanderfolgend erneut aktiviert wird. Üblicherweise überlappen sich die aktivierten Emissionsflächen am Drehpunkt und/oder um den Drehpunkt herum. In diesem Fall umfassen die aktivieren Emissionsflächen insbesondere den Drehpunkt. Grundsätzlich ist es alternativ denkbar, dass die aktivierten Emissionsflächen sich nicht überlappen, insbesondere wenn die jeweilige aktivierte Emissionsfläche außerhalb des Drehpunkts angeordnet ist. In anderen Worten umfasst die jeweilige aktivierte Emissionsfläche in diesem Fall nicht Drehpunkt.

[0029] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die aktivierten Emissionsflächen übereinandergelegt einen Kreis bilden. Bei dieser Ausführungsform werden typischerweise mehrere verschiedene Zeitpunkte betrach-

tet, an welchen mehrere verschiedene Teilmengen der Segmente aktiviert sind. Diese Ausführungsform kann typischerweise unabhängig von der äußeren Form der segmentierten Emitterfläche erreicht werden. Die äußere Form der segmentierten Emitterfläche kann ausdrücklich rund oder quadratisch sein, während die äußere Form der übereinandergelegten Emissionsflächen rund ist. Die äußere Form der übereinandergelegten Emissionsflächen ist insbesondere unabhängig von der jeweiligen Form der separat betrachteten aktivierten Emissionsflächen. Übereinandergelegt bedeutet insbesondere addiert und/oder wenigstens im Betrieb des Elektronenemitters wenigstens einmal aktiviert.

[0030] Eine erfindungsgemäße Kathode für eine Drehkolben-Röntgenröhre weist

- einen um eine Rotationsachse mit einer Drehfrequenz relativ zu einem feststehenden Lagerteil drehbar lagerbaren Kathodenkopf und
- einen Elektronenemitter auf, welcher in den Kathodenkopf drehfest eingesetzt ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die segmentierte Emitterfläche dazu eingerichtet ist, die Teilmenge der Segmente derart zu aktivieren, dass die gemäß einer verschiedenen Teilmenge der Segmente aktivierten Emissionsflächen entgegen der Drehfrequenz rotierbar sind.

[0031] Der Kathodenkopf weist typischerweise eine runde äußere Form auf und kann als Fokuskopf ausgebildet sein. Die äußere Form des Kathodenkopfs kann alternativ oval oder eckig sein.

[0032] Der Kathodenkopf kann insbesondere ein Lagermittel aufweisen, wobei der Kathodenkopf mittels des Lagermittels um die Rotationsachse lagerbar ist. Der Kathodenkopf kann insbesondere bzgl. dem feststehenden Lagerteil gelagert sein. Das feststehende Lagerteil und optional das Lagermittel können Teil einer Lagereinheit sein. Die Lagereinheit kann insbesondere ein Drehlager und/oder Teil der Kathode oder Teil der Drehkolben-Röntgenröhre oder Teil des Drehkolben-Röntgenstrahlers sein. Das Lagermittel kann beispielsweise ein Rotor und/oder rotierendes Lagerteil sein. Das feststehende Lagerteil kann insbesondere ein Stator sein. Das Drehlager kann insbesondere ein Kugellager oder ein, insbesondere Flüssigmetall-, Gleitlager sein.

[0033] Dass der Kathodenkopf lagerbar ist, gilt insbesondere analog für den Elektronenemitter. In anderen Worten kann das Lagermittel Teil des Elektronenemitters sein, mittels welchen der Elektronenemitter um die Rotationsachse mit der Drehfrequenz relativ zu dem feststehenden Lagerteil drehbar lagerbar ist. Insbesondere weil der Elektronenemitter drehfest in den Kathodenkopf eingesetzt ist, bedeutet eine Lagerung des Kathodenkopfs gleichermaßen eine Lagerung des Elektronenemitters und umgekehrt.

[0034] Die Lagereinheit ermöglicht insbesondere eine Drehung des Kathodenkopfs bzw. des Elektronenemitt-

ters mit der Drehfrequenz. Die Drehfrequenz beträgt beispielsweise mindestens 5 Hz, insbesondere 50 Hz, vorzugsweise 200 Hz.

[0035] Der Elektronenemitter ist typischerweise mit dem Kathodenkopf fest verbunden. Das drehfeste Einsetzen umfasst insbesondere ein drehfestes Befestigen. Der Elektronenemitter kann insbesondere mittels eines Befestigungsmittels in dem Kathodenkopf eingesetzt sein. Das Befestigungsmittel kann eine Schraube und/oder ein Lötunkt und/oder ein Schweißpunkt sein.

[0036] Vorteilhafterweise kann die Kathode derart betrieben werden, dass die gemäß der verschiedenen Teilmenge der Segmente aktivierten Emissionsflächen entgegen der Drehfrequenz rotieren. Vorteilhafterweise kann dadurch der Drehung der Kathode relativ zum feststehenden Lagerteil durch Veränderung der Teilmenge der Segmente entgegengewirkt werden, wodurch der Einfluss der Drehung reduziert werden kann.

[0037] Besonders vorteilhafterweise ist eine Ausführungsform, wobei die aktivierten Emissionsflächen entgegen der Drehfrequenz mit dem Betrag der Drehfrequenz rotierbar sind, so dass die aktivierten Emissionsflächen relativ zum feststehenden Lagerteil im Wesentlichen ortsfest sind. Vorteilhafterweise kann dadurch der Drehung der Kathode relativ zum feststehenden Lagerteil durch Veränderung der Teilmenge der Segmente derart entgegengewirkt werden, dass bei Drehung der Kathode die Elektronenemission im Wesentlichen ortsfest erscheint. Die aktive Emissionsfläche ist sozusagen entgegengesetzt zur Rotation des Kathodenkopfs derart drehbar, dass die Elektronenemission im Wesentlichen ortsfest erscheint. Dass die aktivierten Emissionsflächen relativ zum feststehenden Lagerteil im Wesentlichen ortsfest sind, bedeutet also insbesondere, dass in Bezug auf das Koordinatensystem des feststehenden Lagerteils die Ausdehnung und/oder Form des Elektronenstroms ab Ursprung in den jeweiligen aktivierten Emissionsflächen im Wesentlichen gleich ist. Ortsfest steht diesbezüglich für stationär.

[0038] Im Wesentlichen bedeutet in diesem Zusammenhang, dass aufgrund der Dynamik beim Wechseln der aktivierten Emissionsflächen und/oder physikalischer Wechselwirkungen beim Aktivieren und/oder Deaktivieren der Segmente und/oder zwischen den emittierten Elektronen marginale Abweichungen in Ausdehnung und/oder Form des Elektronenstroms entstehen können. Vorzugsweise ist die Kathode derart eingerichtet, dass diese Abweichungen minimal sind oder nicht existieren.

[0039] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Drehpunkt des Elektronenemitters auf der Rotationsachse liegt. Diese Ausführungsform ist insbesondere für den Einsatz des Elektronenemitters in der Drehkolben-Röntgenröhre vorteilhaft.

[0040] Die erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenröhre weist

- eine Kathode,

- einen um die Rotationsachse mit der Drehfrequenz relativ zu einem feststehenden Lagerteil lagerbaren evakuierten Drehkolben und
- eine Anode auf,

5

wobei die Kathode und die Anode mit dem Drehkolben drehfest verbunden sind, wobei die Kathode einen Kathodenkopf und einen Elektronenemitter, welcher in den Kathodenkopf drehfest eingesetzt ist, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehkolben in einem Abschnitt zwischen der Anode und der Kathode aus einem Glas besteht.

10

15

[0041] Der Drehkolben als Glasausführung bietet unter anderem solche Vorteile, welche sich unmittelbar aus einer äußeren Form des Drehkolbens und somit der Drehkolben-Röntgenröhre ergeben. Die erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenröhre ist insbesondere als vergleichsweise kostengünstige Ausführung geeignet.

20

[0042] Ein weiterer Vorteil des Drehkolbens ist, dass Glas isolierend ist und somit eine optionale Ablenkungseinheit näher am Glaskolben positioniert sein kann. Die isolierende Eigenschaft von Glas ist insbesondere auch vorteilhaft, weil für die elektrische Isolation kein weiterer Werkstoff, wie z.B. herkömmlicherweise eine Keramik, eingesetzt werden muss.

25

[0043] Der erfindungsgemäße Drehkolben als Glasausführung kann insbesondere als Glaskolben bezeichnet sein. Der Glaskolben ermöglicht vorteilhafterweise eine relativ kompakte Bauform, welche im Vergleich zu herkömmlichen Drehkolben-Röntgenstrahlern keine Taille benötigt. Eine minimale Länge des Drehkolbens ist deshalb insbesondere durch eine nötige Isolationslänge zwischen Anode und Kathode vorgegeben. Eine Ablenkung der emittierten Elektronen mittels einer Ablenkungseinheit kann vorzugsweise somit direkt ab der Kathode erfolgen, während in einem herkömmlichen Drehkolben-Röntgenstrahler die Ablenkung erst nach der

30

35

40

[0044] Eine Kühlung der Anode bei der Drehkolben-Röntgenröhre ist eine Direktkühlung, wobei Wärme von der Anode direkt in das den Drehkolben umströmende Kühlmedium, z.B. Öl, abgeführt werden kann. Somit kann vorteilhafterweise auf eine Zwischenspeicherung der Wärme in einem Zwischenwärmespeicher, welcher mit der Anode thermisch gekoppelt ist und regelmäßig aus Graphit besteht, verzichtet werden. Somit ist vorzugsweise eine maximale thermische Last der Anode relativ zur Größe der Anode und der mit der Größe gewissermaßen zusammenhängenden Wärmekapazität vergleichsweise sehr groß.

50

[0045] Die Drehkolben-Röntgenröhre, insbesondere der Drehkolben, sind typischerweise vakuumfähig. Der Drehkolben ist vorteilhafterweise hermetisch abgedichtet. Der evakuierte Drehkolben umfasst insbesondere ein Hochvakuum.

55

[0046] Der Drehkolben ist um die Rotationsachse ins-

besondere mittels eines Lagermittels lagerbar oder gelagert. Der Drehkolben kann insbesondere mit der Drehfrequenz um die Rotationsachse drehen. Das feststehende Lagerteil kann insbesondere Teil einer Lagereinheit sein. Das feststehende Lagerteil ist insbesondere Teil eines Drehkolben-Röntgenstrahlers und nicht Teil der Drehkolben-Röntgenröhre. Grundsätzlich ist es denkbar, dass die Lagereinheit gesamt und somit das feststehende Lagerteil Teil der Drehkolben-Röntgenröhre sind.

[0047] Der Kathodenkopf kann alternativ insbesondere das Lagermittel aufweisen, wobei der Kathodenkopf mittels des Lagermittels um die Rotationsachse lagerbar ist. Der Kathodenkopf kann insbesondere bzgl. dem feststehenden Lagerteil gelagert sein. Das feststehende Lagerteil und optional das Lagermittel können Teil der Lagereinheit sein. Die Lagereinheit kann insbesondere ein Drehlager und/oder Teil der Kathode oder Teil der Drehkolben-Röntgenröhre oder Teil des Drehkolben-Röntgenstrahlers sein. Das Lagermittel kann beispielsweise ein Rotor und/oder rotierendes Lagerteil sein. Das feststehende Lagerteil kann insbesondere ein Stator sein. Das Drehlager kann insbesondere ein Kugellager oder ein, insbesondere Flüssigmetall-, Gleitlager sein.

[0048] Die Lagereinheit ermöglicht insbesondere eine Drehung des Kathodenkopfs bzw. des Elektronenemitters bzw. des Drehkolbens mit der Drehfrequenz. Die Drehfrequenz beträgt beispielsweise mindestens 5 Hz, insbesondere 50 Hz, vorzugsweise 200 Hz.

[0049] Die Kathode und die Anode sind innerhalb des Drehkolbens üblicherweise auf gegenüberliegenden Seiten angeordnet. Zwischen der Kathode und der Anode ist insbesondere das Hochvakuum. Die drehfeste Verbindung der Kathode und der Anode mit dem Drehkolben erfolgt beispielsweise mittels eines Befestigungsmittels. Das Befestigungsmittel kann insbesondere ein Lötunkt und/oder Schweißunkt sein. Die drehfeste Verbindung der Kathode und der Anode mit dem Drehkolben kann alternativ oder zusätzlich mittels Teile der Lagereinheit erfolgen, so dass die Kathode und die Anode mit dem Drehkolben nicht unmittelbar gekoppelt sind. Die Anode und die Kathode und der Elektronenemitter und der Drehkolben rotieren insbesondere gemeinsam um die Rotationsachse mit derselben Drehfrequenz.

[0050] Der Abschnitt zwischen der Anode und der Kathode, welcher aus dem Glas besteht, ist insbesondere ringförmig und/oder rotationssymmetrisch zur Rotationsachse ausgebildet. Der Glasabschnitt erstreckt sich insbesondere in Längsrichtung des Drehkolbens mindestens über den halben Abstand zwischen der Kathode und der Anode. Der Glasabschnitt kann sich in Längsrichtung des Drehkolbens bis auf die Höhe der Kathode oder darüber hinaus erstrecken. Alternativ oder zusätzlich kann sich der Glasabschnitt in Längsrichtung des Drehkolbens bis auf die Höhe vor der Brennbahn auf der Anode oder hinter der Brennbahn auf der Anode erstrecken. Im letzteren Fall dient der Glasabschnitt insbesondere als Röntgenstrahlenausstrittsfenster. Die

Brennbahn umfasst insbesondere diejenigen Brennflecke, in welchen die emittierten Elektronen auf der Anode auftreffen und aufgrund der Rotation die ringförmige Brennbahn ausbilden.

[0051] Der Kathodenkopf weist typischerweise eine runde äußere Form auf und kann als Fokuskopf ausgebildet sein. Die äußere Form des Kathodenkopfs kann alternativ oval oder eckig sein.

[0052] Dass der Kathodenkopf lagerbar ist, gilt insbesondere analog für den Elektronenemitter. In anderen Worten kann das Lagermittel Teil des Elektronenemitters sein, mittels welchen der Elektronenemitter um die Rotationsachse mit der Drehfrequenz relativ zu dem feststehenden Lagerteil drehbar lagerbar ist. Insbesondere weil der Elektronenemitter drehfest in den Kathodenkopf eingesetzt ist, bedeutet eine Lagerung des Kathodenkopfs gleichermaßen eine Lagerung des Elektronenemitters und umgekehrt.

[0053] Der Elektronenemitter ist insbesondere für eine medizinische Bildgebung geeignet. Alternativ oder zusätzlich kann der Elektronenemitter für eine Werkstoffprüfung geeignet sein.

[0054] Der Elektronenemitter ist typischerweise mit dem Kathodenkopf und somit mit dem Drehkolben fest verbunden. Das drehfeste Einsetzen umfasst insbesondere ein drehfestes Befestigen. Der Elektronenemitter kann insbesondere mittels eines Befestigungsmittels in dem Kathodenkopf eingesetzt sein. Das Befestigungsmittel kann eine Schraube und/oder ein Lötunkt und/oder ein Schweißpunkt sein.

[0055] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Drehkolben zylinderförmig ausgebildet ist und eine erste Stirnseite des zylinderförmigen Drehkolbens zur Aufnahme eines kathodenseitigen Lagerteils und eine zweite Stirnseite des zylinderförmigen Drehkolbens zur Aufnahme eines anodenseitigen Lagerteils ausgebildet ist, wobei am kathodenseitigen Lagerteil die Kathode und am anodenseitigen Lagerteil die Anode befestigt sind und wobei das kathodenseitige Lagerteil sowie das anodenseitige Lagerteil zur Rotation des Drehkolbens relativ zum feststehenden Lagerteil um die Rotationsachse ausgebildet sind. Die Zylinderform ermöglicht vorteilhafterweise eine kompakte Drehkolben-Röntgenröhre. Die erste Stirnseite und die zweite Stirnseite schließen den zylinderförmigen Drehkolben auf den gegenüberliegenden Seiten entlang der Rotationsachse ab. Die Mittachse des Zylinders entspricht insbesondere der Rotationsachse. Das kathodenseitige Lagerteil kann insbesondere an der ersten Stirnseite vakuumdicht mit dem Drehkolben verbunden sein. Das anodenseitige Lagerteil kann insbesondere an der zweiten Stirnseite vakuumdicht mit dem Drehkolben verbunden sein. Das kathodenseitige Lagerteil und/oder das anodenseitige Lagerteil sind typischerweise Teil der Lagereinheit, insbesondere des rotierenden Lagerteils und/oder des Rotors. Das kathodenseitige Lagerteil und/oder das anodenseitige Lagerteil können zur Rotation des Drehkolbens insbesondere mit dem feststehenden Lagerteil zusammen-

wirken.

[0056] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Drehkolben zylinderförmig ausgebildet ist und die gesamte Mantelfläche des Drehkolbens aus dem Glas besteht. In diesem Fall kann der Drehkolben im Wesentlichen aus der Mantelfläche und/oder ausschließlich aus dem Glas bestehen. Diese Ausführungsform ist insbesondere mit der vorherigen Ausführungsform vorteilhaft.

[0057] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Drehkolben-Röntgenröhre eine bipolare Hochspannungsröhre ist, wobei an der Kathode ein negatives Hochspannungspotential und an der Anode ein positives Hochspannungspotential anliegt. Die Differenz des positiven Hochspannungspotentials und des negativen Hochspannungspotentials gibt insbesondere eine Beschleunigungsspannung an, gemäß welcher die Elektronen von der Kathode in Richtung der Anode beschleunigt werden können. Alternativ ist es denkbar, dass die Kathode oder die Anode auf Massepotential liegen und nur eine der beiden Elektroden auf Hochspannungspotential liegt.

[0058] Eine Ausführungsform sieht vor, dass ein Durchmesser des Drehkolbens senkrecht zur Rotationsachse kleiner als 100 mm ist, vorzugsweise 85 mm oder 65 mm beträgt. In diesem Ausführungsbeispiel entspricht die Mittenachse des Drehkolbens insbesondere der Rotationsachse. Der Drehkolben ist insbesondere zur Rotationsachse rotationssymmetrisch aufgebaut. Diese Bauform ist vorteilhaft aufgrund der Kompaktheit.

[0059] Eine Ausführungsform sieht vor, dass eine Länge des Drehkolbens entlang der Rotationsachse kleiner als 200 mm ist. In diesem Ausführungsbeispiel entspricht die Mittenachse des Drehkolbens insbesondere der Rotationsachse. Der Drehkolben ist insbesondere zur Rotationsachse rotationssymmetrisch aufgebaut. Dadurch kann vorteilhafterweise die Bauform der Drehkolben-Röntgenröhre kleiner ausfallen.

[0060] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Drehkolben mittels eines Kugellagers um die Rotationsachse rotierbar ist. In diesem Fall ist die Lagereinheit das Drehlager, welches als Kugellager ausgebildet ist. Die Lagereinheit kann in Öl oder in Vakuum gelagert sein. Das Lagermittel können insbesondere die Kugeln des Kugellagers sein.

[0061] Der erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenstrahler weist

- ein Gehäuse,
- eine Drehkolben-Röntgenröhre und
- eine Ablenkungseinheit auf,

wobei die Drehkolben-Röntgenröhre innerhalb des Gehäuses um eine Rotationsachse mit einer Drehfrequenz relativ zum Gehäuse rotierbar gelagert ist, wobei die Drehkolben-Röntgenröhre eine Kathode, einen Drehkolben und eine Anode aufweist, wobei die Anode innerhalb des Drehkolbens mit dem Drehkolben drehfest verbunden ist,

wobei die Kathode einen Kathodenkopf und einen in den Kathodenkopf eingesetzten Elektronenemitter zur Emission von Elektronen aufweist sowie innerhalb des Drehkolbens auf der Rotationsachse angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkungseinheit zur Erzeugung eines inhomogenen Feldes zwischen der Kathode und der Anode innerhalb des Drehkolbens eingerichtet ist, wobei das inhomogene Feld die emittierten Elektronen auf deren verschiedenen Bahnen in Richtung der Anode beeinflusst und derart ausgestaltet ist, dass Weglängenunterschiede der emittierten Elektronen entlang der verschiedenen Bahnen innerhalb des inhomogenen Feldes berücksichtigt sind.

[0062] Der Drehkolben-Röntgenstrahler ist besonders vorteilhaft, da durch die Verwendung der Ablenkungseinheit zur Erzeugung des inhomogenen Feldes der Aufbau des Drehkolben-Röntgenstrahlers wesentlich weniger komplex und somit kostengünstiger ist. Der Drehkolben-Röntgenstrahler umfasst vorzugsweise nicht einen getrennten Dipol-/Quadrupolmagneten oder einen anderen zusätzlichen höherpoligen Magneten. Erfindungsgemäß wird ein inhomogenes Feld erzeugt, um die Elektronen abzulenken und gleichzeitig in geeigneter Weise zu fokussieren, ohne Verwendung eines Dipol-/Quadrupolmagneten oder eines anderen zusätzlichen höherpoligen Magneten. Dadurch, dass das inhomogene Feld die Weglängenunterschiede der emittierten Elektronen berücksichtigt, fällt die Notwendigkeit einer komplexen Ablenkung vorzugsweise weg. Vorteilhafterweise ermöglicht die Ablenkungseinheit eine gleichmäßige Belegung im elektrischen Brennfleck, welche vorzugsweise mit einer homogenen Temperaturverteilung einhergeht.

[0063] Das Gehäuse umschließt die Drehkolben-Röntgenröhre und die Ablenkungseinheit typischerweise vollständig und/oder ist geschlossen. Das Gehäuse kann ein Kühlmedium zur Kühlung der Drehkolben-Röntgenröhre und/oder der Ablenkungseinheit aufweisen. Das Kühlmedium kann flüssig und/oder gasförmig sein. Das Kühlmedium ist insbesondere Luft und/oder ein Öl. Das Gehäuse kann eine Kühlvorrichtung aufweisen, durch welche das Kühlmedium temperiert und/oder ausgetauscht und/oder zirkuliert wird. Die Kühlvorrichtung kann einen Wärmetauscher und/oder eine Kühlmediumzuführung und eine Kühlmediumabführung aufweisen. Auf einer Außenseite des Gehäuses kann beispielsweise durch Kühlrippen eine Oberfläche des Gehäuses vergrößert sein.

[0064] Die Ablenkungseinheit erzeugt das inhomogene Feld insbesondere in einer Art, wofür herkömmlicherweise ein Quadrupolmagnet benötigt wird. Erfindungsgemäß ist die Ablenkungseinheit im Vergleich zu einem herkömmlichen Drehkolben-Röntgenstrahler mit einem Quadrupolmagneten vereinfacht, wodurch die Ablenkungseinheit für vergleichsweise weniger Arbeitspunkte

optimal eingestellt sein kann. Hingegen ist die erfindungsgemäße Ablenkungseinheit dadurch technisch weniger komplex, erfordert keine komplexe Regelung und ist somit kostengünstiger.

[0065] Die Ablenkungseinheit erzeugt das inhomogene Feld vorzugsweise derart, dass die Elektronen in radialer Richtung aufgefächert und/oder abgelenkt werden können, insbesondere unter Berücksichtigung der Weglängenunterschiede. Die Auffächerung in radialer Richtung vergrößert vorteilhafterweise den elektrischen Brennfleck in seiner Länge. Die Ablenkung in radialer Richtung ermöglicht insbesondere, dass die Elektronen die vorgegebene Brennbahn erreichen. Ein weiterer Vorteil der radialen Ablenkung ist, dass die Breite des Brennflecks reduziert werden kann, insbesondere wenn die aktivierte Emissionsfläche des Elektronenemitters breiter als die gewünschte optische Breite ist.

[0066] Die Ablenkungseinheit erzeugt insbesondere ein Feld, dessen Feldstärke vom Ort abhängt. Die Ablenkungseinheit erzeugt ein solches inhomogenes Feld insbesondere in einem Volumenabschnitt des Drehkolbens, welcher zwischen dem Elektronenemitter und der Anode liegt. Der Volumenabschnitt liegt insbesondere zwischen der aktivierten Emissionsfläche und einer Brennbahn auf der Anode. Es ist denkbar, dass der Volumenabschnitt nicht auf einer direkten Sichtverbindung zwischen der aktivierten Emissionsfläche und der Brennbahn liegt, insbesondere aufgrund der auf die Elektronen wirkenden Kräfte, welche aus dem erzeugten inhomogenen Feld resultieren. Die Ablenkungseinheit ist insbesondere derart angeordnet und ausgerichtet, dass auf einen Großteil der emittierten Elektronen Kräfte einwirken, welche aus dem erzeugten inhomogenen Feld resultieren. Die Ablenkung und/oder Auffächerung der Elektronen in radialer Richtung erfolgt größtenteils insbesondere mittels ortsabhängiger Kräfte.

[0067] Dass die Ablenkungseinheit ein inhomogenes Feld erzeugt, kann umfassen, dass in einem anderen Volumenabschnitt durch die Ablenkungseinheit ein homogenes Feld erzeugt wird. Grundsätzlich ist denkbar, dass in dem Volumenabschnitt mit dem inhomogenen Feld zu einem geringen Teil die Feldstärke nicht vom Ort abhängt. Dieser Teil liegt vorteilhafterweise außerhalb der Flugbahn der Elektronen und/oder wirkt auf weniger als 50%, vorzugsweise weniger als 20%, der emittierten Elektronen. Die Ablenkungseinheit ist insbesondere derart auf die Bahnen der Elektronen ausgerichtet, dass ein Großteil, vorteilhafterweise mindestens 80%, der Elektronen durch das inhomogene Feld beeinflusst werden. Die Ablenkungseinheit ist insbesondere derart auf die Bahnen der Elektronen ausgerichtet, dass ein Großteil, vorteilhafterweise mindestens 80%, der Elektronen durch das inhomogene Feld beeinflusst werden.

[0068] Die Ablenkungseinheit erzeugt insbesondere ein inhomogenes Feld, welches für einen Emissionszeitraum statisch ist. Das inhomogene Feld ist insbesondere innerhalb des Emissionszeitraums unveränderlich. Der Emissionszeitraum umfasst insbesondere mindestens

eine Pulsdauer eines Röntgenstrahlenpulses.

[0069] Die Beeinflussung der emittierten Elektronen auf deren verschiedenen Bahnen bedeutet insbesondere, dass durch das inhomogene Feld Kräfte auf die emittierten Elektronen wirken, welche zu einer Ablenkung zumindest eines Elektrons führen können. Da der Elektronenemitter typischerweise keine punktförmige Elektronenquelle ist, sondern aus einer aktivierten Emissionsfläche innerhalb einer bestimmten, nicht punktförmigen Ausdehnung mit verschiedenen Startpositionen Elektronen emittiert, weisen die emittierten Elektronen regelmäßig eine räumliche Verteilung senkrecht zur Rotationsachse auf, welche darin resultiert, dass die emittierten Elektronen auf verschiedenen Bahnen propagieren. Die Weglängenunterschiede basieren insbesondere aufgrund verschiedener Startpositionen der jeweiligen Elektronen am Elektronenemitter bzw. der räumlichen Verteilung. Die Propagation in Richtung der Anode erfolgt insbesondere durch die Beschleunigungseinheit, welche insbesondere die Hochspannung zwischen der Kathode und der Anode bereitstellt. Ablenkung von mehreren Elektronen kann in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verschieben unter Beibehaltung der relativen Abstände zueinander und/oder ein Fokussieren und/oder Defokussieren bedeuten. Beim Fokussieren bzw. Defokussieren wird durch die Ablenkung mehrere Elektronen mindestens ein Abstand zwischen den Elektronen verändert, bei der Fokussierung insbesondere verkleinert und bei der Defokussierung insbesondere vergrößert.

[0070] Durch die Auffächerung und/oder Ablenkung in radialer Richtung erfolgt die Propagation der emittierten Elektronen typischerweise auf einer gekrümmten Trajektorie. Die verschiedenen Bahnen der emittierten Elektronen sind üblicherweise gemäß der gekrümmten Trajektorie gekrümmt. Aus der Krümmung der Trajektorie folgt, dass entlang der jeweiligen Bahnen die Elektronen unterschiedliche Weglängen zurücklegen können, bis die Elektronen im Brennfleck mit der Anode wechselwirken. Die aus der Krümmung der Trajektorie resultierenden Weglängenunterschiede entlang der verschiedenen Bahnen der Elektronen sind vorteilhafterweise durch die Ausgestaltung der ortsabhängigen Kräfte des inhomogenen Feldes berücksichtigt. Das inhomogene Feld kann insbesondere derart ausgestaltet sein, dass die Elektronen in Abhängigkeit von deren Bahnen verschiedenen ortsabhängigen Kräfte ausgesetzt sind.

[0071] Es ist denkbar, dass das inhomogene Feld in Abhängigkeit von einem Betrag der Hochspannung zwischen der Kathode und der Anode von der Ablenkungseinheit erzeugt wird. Das inhomogene Feld kann insbesondere derart erzeugt sein, dass eine räumliche kathodenseitige Verteilung der Elektronen sich von einer räumlichen anodenseitigen Verteilung der Elektronen unterscheidet. Kathodenseitig bzw. anodenseitig bedeutet insbesondere nach erfolgter Elektronenemission an der Kathode bzw. vor Auftreffen der Elektronen an der Anode. Der Unterschied in der räumlichen Verteilung

zwischen Kathode und Anode kann in einer unterschiedlichen Ausdehnung, insbesondere senkrecht zur Rotationsachse, vorzugsweise in einer unterschiedlichen Breite und/oder unterschiedlichen Länge, liegen.

[0072] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Ablenkungseinheit den Drehkolben in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse weniger als 360° , insbesondere weniger als 180° , umgibt. Die Ablenkungseinheit umgibt den Drehkolben in diesem Fall in Umfangsrichtung nicht vollständig, insbesondere nicht größtenteils. Diese Ausführungsform bietet also den Vorteil des geringeren Platzbedarfs für die Ablenkungseinheit.

[0073] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das inhomogene Feld ein Magnetfeld ist und dass die Ablenkungseinheit insbesondere eine Spule mit einem Magnetkern aufweist. Grundsätzlich ist es denkbar, dass die Ablenkungseinheit eine Spule ohne Magnetkern aufweist. Alternativ kann die Ablenkungseinheit insbesondere ausschließlich einen Permanentmagneten umfassen. Die Ablenkungseinheit erzeugt insbesondere ein inhomogenes Magnetfeld mittels der Spule mit dem Magnetkern. Die Spule ist insbesondere stromdurchflossen und/oder weist mehrere Wicklungen auf. Die mehreren Wicklungen können auf ein einziges Wicklungspaket oder mehrere Wicklungspakete verteilt sein. Das von der Spule mit dem Magnetkern erzeugte Magnetfeld ist insbesondere während des Emissionszeitraums statisch. Diese Ausführungsform ist insbesondere vorteilhaft, weil das inhomogene Magnetfeld besonders dazu geeignet ist, die Weglängenunterschiede der Elektronen zu berücksichtigen. Der Magnetkern weist typischerweise ein weichmagnetisches Material und/oder Ferrit auf oder ist ein Permanentmagnet. Bei einer Kombination der Spule mit dem Magnetkern wird das inhomogene Feld insbesondere von der Spule und dem Magnetkern gemeinsam erzeugt. Wenn der Magnetkern in diesem Fall ein Permanentmagnet ist, kann vorteilhafterweise ein Spulenstrom der Spule reduziert sein, da der Permanentmagnet das geringere Magnetfeld der Spule kompensieren kann. Der Magnetkern senkt vorteilhafterweise die erforderliche Spulenstromstärke zum Erreichen des Magnetfeldes. Alternativ oder zusätzlich kann der Magnetkern den Feldgradienten des inhomogenen Feldes beeinflussen. Dadurch kann insbesondere die Ablenkung in Länge und/oder Breite beeinflusst werden. Idealerweise können höhere Momente des Magnetfelds mittels des Magnetkerns minimiert werden. Rein physikalisch hat ein Magnetfeld in Richtung der (momentanen) Geschwindigkeit der Elektronen typischerweise keinen Effekt. Da die Elektronen im Wesentlichen entlang der Rotationsachse fliegen, ist insbesondere das Magnetfeld in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse inhomogen.

[0074] Es ist denkbar, dass die Spule mehrere Pakete mit Wicklungen umfasst, wobei die mehreren Wicklungspakete an zueinander verwinkelten Abschnitten des Magnetkerns angebracht sind. In anderen Worten steht in dieser Ausführungsform eine Mittenachse eines ersten Wicklungspaket zu einer Mittenachse eines zweiten

Wicklungspaket in einem Winkel ungleich 180° und beide liegen somit nicht auf derselben Linie. Die Anzahl der Wicklungspakete kann insbesondere zwei oder drei betragen. Die Wicklungspakete und die Abschnitte des Magnetkerns können zueinander symmetrisch angeordnet und ausgebildet sein.

[0075] Der Magnetkern kann insbesondere eine gebogene Form aufweisen. Der Magnetkern ist insbesondere nicht stabförmig. Die gebogene Form kann insbesondere eine C-Form sein. Die Enden des Magnetkerns können einen Winkel ungleich null einschließen. Der Winkel kann insbesondere gleich oder kleiner 180° sein. Der Winkel kann insbesondere zwischen 90° und 180° liegen.

[0076] Alternativ oder zusätzlich kann zumindest ein Ende des Magnetkerns oder beide Enden des Magnetkerns abgeschrägt sein. Die Abschrägung bezieht sich diesbezüglich auf eine Krümmungsrichtung des Magnetkerns. Der Magnetkern ist insbesondere nicht abgeschrägt, wenn die das Ende bildende Abschlussfläche des Magnetkerns senkrecht auf der Krümmungsrichtung des Magnetkerns steht. Eine Abschrägung liegt also insbesondere vor, wenn die das Ende bildende Abschlussfläche des Magnetkerns in einem Winkel ungleich 90° zur Krümmungsrichtung steht.

[0077] Die gebogene Form und/oder die abgeschrägten Enden bedeuten insbesondere, dass der Magnetkern vorteilhafterweise derart ausgestaltet ist, dass der Anteil parallel verlaufender magnetischer Feldlinien außerhalb des Magnetkerns reduziert ist. Dadurch wird also vorteilhafterweise das inhomogene Feld erzeugt wird.

[0078] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Magnetkern derart ausgerichtet ist, dass die Enden des Magnetkerns in derselben Ebene senkrecht zur Rotationsachse liegen und zur Rotationsachse äquidistant ausgerichtet sind. Die Enden des Magnetkerns liegen insbesondere auf der gleichen Höhe relativ zur Rotationsachse. Die äquidistante Ausrichtung ermöglicht insbesondere eine symmetrische Ausrichtung des Magnetkerns um die Rotationsachse herum.

[0079] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Magnetkern derart ausgerichtet ist, dass eine zur Rotationsachse senkrechte Ebene, in welcher die Enden des Magnetkerns liegen, zwischen der Kathode und der Anode die Rotationsachse schneidet. Diese Ausführungsform ist insbesondere vorteilhaft, weil die Ablenkungseinheit vergleichsweise nah an den Elektronen angeordnet ist.

[0080] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Magnetkern derart ausgerichtet ist, dass eine Mittenachse der Wicklungen der Spule in der zur Rotationsachse senkrechten Ebene liegt, in welcher die Enden des Magnetkerns liegen. In diesem Fall liegen insbesondere die Enden des Magnetkerns und die Mittenachse der Wicklungen vorzugsweise auf der gleichen Höhe relativ zur Rotationsachse.

[0081] Das Computerprogrammprodukt kann ein Computerprogramm sein oder ein Computerprogramm

umfassen. Das Computerprogrammprodukt weist insbesondere die Programmcodemittel auf, welche die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte abbilden. Dadurch kann das erfindungsgemäße Verfahren definiert und wiederholbar ausgeführt sowie eine Kontrolle über eine Weitergabe des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeübt werden. Das Computerprogrammprodukt ist vorzugsweise derart konfiguriert, dass die Recheneinheit mittels des Computerprogrammprodukts die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte ausführen kann. Die Programmcodemittel können insbesondere in einen Speicher der Recheneinheit geladen und typischerweise mittels eines Prozessors der Recheneinheit mit Zugriff auf den Speicher ausgeführt werden. Wenn das Computerprogrammprodukt, insbesondere die Programmcodemittel, in der Recheneinheit ausgeführt wird, können typischerweise alle erfindungsgemäßen Ausführungsformen des beschriebenen Verfahrens durchgeführt werden. Das Computerprogrammprodukt ist beispielsweise auf einem physischen, computerlesbaren Medium gespeichert und/oder digital als Datenpaket in einem Computernetzwerk hinterlegt. Das Computerprogrammprodukt kann das physische, computerlesbare Medium und/oder das Datenpaket in dem Computernetzwerk darstellen. So kann die Erfindung auch von dem physischen, computerlesbaren Medium und/oder dem Datenpaket in dem Computernetzwerk ausgehen. Das physische, computerlesbare Medium ist üblicherweise unmittelbar mit der Recheneinheit verbindbar, beispielsweise indem das physische, computerlesbare Medium in ein DVD-Laufwerk eingelegt oder in einen USB-Port gesteckt wird, wodurch die Recheneinheit auf das physische, computerlesbare Medium insbesondere lesend zugreifen kann. Das Datenpaket kann vorzugsweise aus dem Computernetzwerk abgerufen werden. Das Computernetzwerk kann die Recheneinheit aufweisen oder mittels einer Wide-Area-Network- (WAN) bzw. einer (Wireless-)Local-Area-Network-Verbindung (WLAN oder LAN) mit der Recheneinheit mittelbar verbunden sein. Beispielsweise kann das Computerprogrammprodukt digital auf einem Cloud-Server an einem Speicherort des Computernetzwerks hinterlegt sein, mittels des WAN über das Internet und/oder mittels des WLAN bzw. LAN auf die Recheneinheit insbesondere durch das Aufrufen eines Downloadlinks, welcher zu dem Speicherort des Computerprogrammprodukts verweist, übertragen werden.

[0082] Bei der Beschreibung der Vorrichtung erwähnte Merkmale, Vorteile oder alternative Ausführungsformen sind ebenso auf das Verfahren zu übertragen und umgekehrt. Mit anderen Worten können Ansprüche auf das Verfahren mit Merkmalen der Vorrichtung weitergebildet sein und umgekehrt. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in dem Verfahren verwendet werden.

[0083] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Grundsätzlich werden in der folgenden Figurenbeschreibung im Wesentlichen gleich

bleibende Strukturen und Einheiten mit demselben Bezugszeichen wie beim erstmaligen Auftreten der jeweiligen Struktur oder Einheit benannt.

[0084] Es zeigen:

5

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Elektronenemitter für eine Drehkolben-Röntgenröhre,

10

Fig. 2 den Elektronenemitter in einem alternativen Ausführungsbeispiel,

15

Fig. 3 eine Kathode für eine Drehkolben-Röntgenröhre,

20

Fig. 4 die Kathode in einer weiteren Ansicht,

Fig. 5 ein Verfahren zur Emission von Elektronen mittels eines erfindungsgemäßen Elektronenemitters,

25

Fig. 6 eine erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenröhre,

Fig. 7 eine Variante der erfindungsgemäßen Drehkolben-Röntgenröhre,

30

Fig. 8 einen erfindungsgemäßen Drehkolben-Röntgenstrahler,

Fig. 9 eine Variante der Ablenkungseinheit,

Fig. 10 eine weitere Variante der Ablenkungseinheit,

35

Fig. 11 eine andere Variante der Ablenkungseinheit,

Fig. 12 ein inhomogenes Feld

40

[0085] Fig. 1 zeigt einen Elektronenemitter 10 für eine Drehkolben-Röntgenröhre 30 in einer Draufsicht.

[0086] Der Elektronenemitter 10 weist eine segmentierte Emitterfläche 11 auf. Die segmentierte Emitterfläche 11 weist eine Vielzahl an Emittiernadeln in mehreren Segmenten auf. Jedes Segment umfasst typischerweise mindestens eine Emittiernadel.

45

[0087] Die Segmentierung der Emitterfläche 11 ist in Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt. Näherungsweise lässt sich die Segmentierung der Emitterfläche 11 aus den dargestellten aktivierten Emissionsflächen 11.A ableiten, deren Abgrenzung entlang Grenzen der Segmente erfolgt. Die Darstellung in Fig. 1 ist diesbezüglich schematisch, da üblicherweise ein Segment nicht infinitesimal klein, sprich nur eine punktförmige Emittiernadel umfassend, ausgebildet ist. Daraus folgt, dass die stabförmigen Emissionsflächen 11.A in der Praxis beispielsweise gezackte oder geriffelte Kanten aufweisen. Die Anzahl der Segmente kann wie zuvor ausgeführt in einem Extremfall vier betragen, in Anlehnung an das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel be-

50

55

trägt die Anzahl beispielsweise 100 oder mehr.

[0088] Die segmentierte Emitterfläche 11 ist dazu eingerichtet, eine Teilmenge der Segmente der segmentierten Emitterfläche 11 als aktivierte Emissionsfläche 11.A zur Feldeffekt-Emission von Elektronen aus der aktivierten Emissionsfläche 11.A derart zu aktivieren, dass aktivierte Emissionsflächen 11.A durch Veränderung der Teilmenge paarweise zueinander um einen Drehpunkt D rotierbar sind. Die Rotationsrichtung der aktivierten Emissionsflächen 11.A ist anhand des Pfeils angedeutet.

[0089] Ferner ist in Fig. 1 gezeigt, dass der Drehpunkt D ein Mittelpunkt der segmentierten Emitterfläche ist. Die aktivierten Emissionsflächen 11.A überlappen sich maximal teilweise und bilden übereinandergelegt einen Kreis. Jede aktivierte Emissionsfläche 11.A in Fig. 1 weist im Wesentlichen dieselbe stabförmige Form, vorzugsweise dieselbe Anzahl an aktivierten Segmenten, dieselbe Größe und vorteilhafterweise denselben Elektronenstrom auf.

[0090] Fig. 2 zeigt den Elektronenemitter 10 in einer alternativen Ausführungsform. Anstatt der runden äußeren Form wie in Fig. 1 gezeigt weist die segmentierte Emitterfläche 11 eine eckige äußere Form auf. In diesem Fall weist die segmentierte Emitterfläche 11 insbesondere in einem Bereich in Richtung der Ecken Segmente auf, welche typischerweise nicht Elektronen emittieren.

[0091] Fig. 3 zeigt eine Kathode 20 für eine Drehkolben-Röntgenröhre 30 in einer Draufsicht.

[0092] Die Kathode 20 für eine Drehkolben-Röntgenröhre 30 weist einen Kathodenkopf 21 und einen Elektronenemitter 10, welcher in den Kathodenkopf 21 drehfest eingesetzt ist, auf.

[0093] Der Kathodenkopf 21 und der Elektronenemitter 10 weisen in diesem Ausführungsbeispiel eine runde äußere Form auf. Denkbar wäre, dass insbesondere Kathodenkopf 21 eine nicht-runde, sondern ovale äußere Form aufweist. Der Kathodenkopf 21 ist um eine Rotationsachse A mit einer Drehfrequenz relativ zu einem feststehenden Lagerteil drehbar lagerbar. Der Drehpunkt D des Elektronenemitters 10 liegt auf der Rotationsachse A.

[0094] Die segmentierte Emitterfläche 11 ist dazu eingerichtet, die Teilmenge der Segmente derart zu aktivieren, dass die gemäß einer verschiedenen Teilmenge der Segmente aktivierten Emissionsflächen 11.A entgegen der Drehfrequenz rotierbar sind.

[0095] Fig. 4 zeigt die Kathode 20 der Fig. 3 in einer weiteren Ansicht.

[0096] Dabei ist die Kathode 20 relativ zu einem feststehenden Lagerteil, welches nicht in Fig. 4 gezeigt ist, gelagert und rotiert mit einer Drehfrequenz. Die Richtung der Drehung des Kathodenkopfs 21 gemeinsam mit dem Elektronenemitter 10 ist mit dem gestrichelten Pfeil angedeutet. Die aktivierten Emissionsflächen 11.A sind entgegen der Drehfrequenz mit dem Betrag der Drehfrequenz rotierbar, so dass die aktivierten Emissionsflächen 11.A relativ zum feststehenden Lagerteil im Wesentlichen ortsfest sind.

[0097] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel in Fig. 4 erscheinen die aktivierten Emissionsflächen 11.A übereinandergelegt und ortsfest. In anderen Worten heben sich die Drehung des Kathodenkopfs 21 gemeinsam mit dem eingesetzten Elektronenemitter 21 und die Rotation der aktivierten Emissionsflächen 11.A gegenseitig auf.

[0098] Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Emission von Elektronen mittels eines erfindungsgemäßen Elektronenemitters 10 mit den Schritten: Verfahrensschritt S100 kennzeichnet ein Empfangen eines Drehfrequenzsignals.

[0099] Verfahrensschritt S101 kennzeichnet ein Aktivieren von verschiedenen Teilmengen der Segmente der segmentierten Emitterfläche 11 derart, dass die aktivierten Emissionsflächen 11.A um einen Drehpunkt D in Abhängigkeit des empfangenen Drehfrequenzsignals rotieren.

[0100] Fig. 6 zeigt eine Drehkolben-Röntgenröhre 30 in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse A.

[0101] Die Drehkolben-Röntgenröhre 30 weist eine Kathode 20, einen um eine Rotationsachse A mit einer Drehfrequenz relativ zu einem nicht in Fig. 6 gezeigten feststehenden Lagerteil lagerbaren evakuierten Drehkolben 31 und eine Anode 32 auf. Die Kathode 30 und die Anode 32 sind mit dem Drehkolben 31 drehfest verbunden. Die Kathode 20 weist einen Kathodenkopf 21 und einen Elektronenemitter 10, welcher in den Kathodenkopf 21 drehfest eingesetzt ist, auf. Der Drehkolben 31 besteht in einem Abschnitt 33 zwischen der Anode 32 und der Kathode 20 aus einem Glas.

[0102] Ferner ist in Fig. 6 gezeigt, dass der Drehkolben 31 zylinderförmig ausgebildet ist. Eine erste Stirnseite des zylinderförmigen Drehkolbens 31 ist zur Aufnahme eines kathodenseitigen Lagerteils 34 ausgebildet. Am kathodenseitigen Lagerteil 34 ist die Kathode 20 befestigt. Eine zweite Stirnseite des zylinderförmigen Drehkolbens 31 ist zur Aufnahme eines anodenseitigen Lagerteils 35 ausgebildet. Am anodenseitigen Lagerteil 35 ist die Anode 32 befestigt. Das kathodenseitige Lagerteil 34 sowie das anodenseitige Lagerteil 35 sind zur Rotation des Drehkolbens 31 relativ zu dem nicht in Fig. 1 gezeigten feststehenden Lagerteil um die Rotationsachse A in Rotationsrichtung R oder gegen die Rotationsrichtung R ausgebildet. Das kathodenseitige Lagerteil 34 und das anodenseitige Lagerteil 35 weisen jeweils eine Welle ausgerichtet an der Rotationsachse A auf. Die Welle dreht sich beispielsweise in Rotationsrichtung R oder entgegen die Rotationsrichtung R und mit der Welle rotiert die übrige Drehkolben-Röntgenröhre 30. Der Drehkolben 31 könnte mittels eines nicht gezeigten Kugellagers um die Rotationsachse A rotierbar sein.

[0103] In dieser Ausführung besteht die gesamte Mantelfläche des Drehkolbens 31 aus dem Glas. Die Drehkolben-Röntgenröhre 30 ist eine bipolare Hochspannungsröhre ist, wobei an der Kathode 20 ein negatives Hochspannungspotential und an der Anode 32 ein positives Hochspannungspotential anliegt.

[0104] Der Durchmesser des Drehkolbens 31 senk-

recht zur Rotationsachse A ist in diesem Ausführungsbeispiel kleiner als 100 mm und beträgt 85 mm. Eine Länge des Drehkolbens 31 entlang der Rotationsachse A ist kleiner als 200 mm und beträgt 156 mm. Eine solche Länge ist geeignet, dass der Glaskolben 30 eine Beschleunigungsspannung von bis zu 125 kV zwischen der Kathode 20 und der Anode 32 isoliert. Beispielsweise kann also das negative Hochspannungspotential -62,5 kV und das positive Hochspannungspotential 62,5 kV betragen. Der Abstand zwischen der Kathode 20 und der Anode 32 beträgt beispielsweise 90 mm, wobei die Anode 32 einen Anodenwinkel von insbesondere 14° aufweist.

[0105] Fig. 7 zeigt eine Variante der Drehkolben-Röntgenröhre 30 in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse A. Bei dieser Variante betragen der Anodenwinkel der Anode 32 16° und der Durchmesser des Drehkolbens 31 senkrecht zur Rotationsachse A 65 mm.

[0106] Fig. 8 zeigt einen Längsschnitt durch einen Drehkolben-Röntgenstrahler 40.

[0107] Der Drehkolben-Röntgenstrahler 40 weist ein Gehäuse 41, eine Drehkolben-Röntgenröhre 30 und eine Ablenkungseinheit 42 auf. Die Drehkolben-Röntgenröhre 30 ist innerhalb des Gehäuses 41 um eine Rotationsachse A mit einer Drehfrequenz relativ zum Gehäuse 41 rotierbar gelagert. Die Drehkolben-Röntgenröhre 30 weist eine Kathode 20, einen Drehkolben 31 und eine Anode 32 auf. Die Anode 32 mit dem Drehkolben 31 drehfest verbunden ist. Die Kathode 20 weist einen Kathodenkopf 21 und einen in den Kathodenkopf 21 eingesetzten Elektronenemitter 10 zur Emission von Elektronen auf sowie ist innerhalb des Drehkolbens 31 auf der Rotationsachse A angeordnet.

[0108] Die Ablenkungseinheit 42 ist zur Erzeugung eines inhomogenen Feldes zwischen der Kathode 20 und der Anode 32 innerhalb des Drehkolbens 31 eingerichtet. Das inhomogene Feld beeinflusst die emittierten Elektronen auf deren verschiedenen Bahnen in Richtung der Anode 32 beeinflusst und ist derart ausgestaltet, dass Weglängenunterschiede der emittierten Elektronen entlang der verschiedenen Bahnen innerhalb des inhomogenen Feldes berücksichtigt sind. Wenn die Ablenkungseinheit 42 eine Spule mit einem Magnetkern aufweist, ist die Ablenkungseinheit 42 in der Fig. 8 beispielhaft derart ausgestaltet, dass eine zur Rotationsachse A senkrechte Ebene, in welcher die Enden des Magnetkerns liegen, zwischen der Kathode 20 und der Anode 31 die Rotationsachse A schneidet.

[0109] Der Drehkolben-Röntgenstrahler 40 weist ferner ein feststehendes Lagerteil 43 auf, welches mit dem Gehäuse 41 drehfest verbunden ist. Das feststehende Lagerteil 43 wirkt insbesondere mit dem kathodenseitigen Lagerteil 34 und dem anodenseitigen Lagerteil 35 zusammen, um die Rotation der Drehkolben-Röntgenröhre 30 relativ zum Gehäuse 41 zu ermöglichen.

[0110] Fig. 9 zeigt drei Ansichten einer Variante der Ablenkungseinheit 42. Die Ablenkungseinheit 42 umgibt den Drehkolben 31 in einer Ebene senkrecht zur Rota-

tionsachse A weniger als 360°, insbesondere weniger als 180°.

[0111] Die Ablenkungseinheit 42 weist eine Spule mit einem Magnetkern auf. Der Magnetkern ist derart ausgerichtet, dass die Enden des Magnetkerns in derselben Ebene senkrecht zur Rotationsachse A liegen und zur Rotationsachse A äquidistant ausgerichtet sind. Der Magnetkern ist ferner derart ausgerichtet, dass eine Mittenachse der Wicklungen der Spule in der zur Rotationsachse A senkrechten Ebene liegt, in welcher die Enden des Magnetkerns liegen. Der Magnetkern ist weiterhin derart ausgestaltet, dass der Anteil parallel verlaufender magnetischer Feldlinien außerhalb des Magnetkerns reduziert ist.

In der oberen Zeile zeigen die beiden Ansichten die Ablenkungseinheit 42 gemeinsam mit dem Drehkolben 31 links in einer Frontalansicht und rechts in einer Seitenansicht. In der unteren Zeile ist eine perspektivische Ansicht der Ablenkungseinheit 42 gezeigt.

[0113] Fig. 10 zeigt eine weitere Variante der Ablenkungseinheit 42 in einer Detailansicht. Das inhomogene Feld ist ein Magnetfeld. Die Ablenkungseinheit 42 weist eine Spule mit einem Magnetkern auf. Der Magnetkern ist gebogen und zumindest ein Ende, in diesem Ausführungsbeispiel beide Enden, des Magnetkerns sind abgescragt.

[0114] Fig. 11 zeigt drei Ansichten (frontal, seitlich, perspektivisch von links nach rechts) einer anderen Variante der Ablenkungseinheit 42. Die Ablenkungseinheit 42 weist eine Spule mit einem Magnetkern auf. Die Spule umfasst mehrere Pakete mit Wicklungen. Die mehreren Wicklungspakete sind an zueinander verwinkelten Abschnitten des Magnetkerns angebracht.

[0115] Fig. 12 zeigt ein inhomogenes Magnetfeld. Die Ablenkungseinheit 42 weist eine Spule mit einem Magnetkern auf. Die Magnetfeldkomponenten sind schematisch eingezeichnet, woraus sich der eingezeichnete Verlauf der Feldlinien gezeigt entlang der durchgezogenen Linien ergibt. Ein derart konfiguriertes inhomogenes Magnetfeld ist insbesondere vorteilhaft, da B_x einen Gradienten in negative y-Richtung hat sowie B_y das Vorzeichen der x-Achse und einen Gradienten in y-Richtung.

Im Übrigen ist in Fig. 12 die Position der Rotationsachse A rein beispielhaft auf Höhe der x-Achse eingezeichnet. Eine Verschiebung der Rotationsachse A nach oben oder unten entlang der y-Achse ist ohne weiteres denkbar.

Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung dennoch nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Elektronenemitter (10) für eine Drehkolben-Röntgenröhre (30), aufweisend

- eine segmentierte Emitterfläche (11), wobei die segmentierte Emitterfläche (11) eine Vielzahl an Emittiernadeln aufweist und dazu eingerichtet ist, eine Teilmenge der Segmente der segmentierten Emitterfläche (11) als aktivierte Emissionsfläche (11.A) zur Feldeffekt-Emission von Elektronen aus der aktivierten Emissionsfläche (11.A) derart zu aktivieren, dass aktivierte Emissionsflächen (11.A) durch Veränderung der Teilmenge paarweise zueinander um einen Drehpunkt (D) rotierbar sind.

2. Elektronenemitter (10) nach Anspruch 1, wobei der Drehpunkt (D) ein Mittelpunkt der segmentierten Emitterfläche (11) ist.

3. Elektronenemitter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die aktivierten Emissionsflächen (11.A) sich maximal teilweise überlappen.

4. Elektronenemitter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die aktivierten Emissionsflächen (11.A) übereinandergelegt einen Kreis bilden.

5. Elektronenemitter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede aktivierte Emissionsfläche (11.A) im Wesentlichen dieselbe Form und/oder dieselbe Anzahl an aktivierten Segmenten und/oder dieselbe Größe und/oder dieselbe Elektronenstrommenge aufweist.

6. Kathode (20) für eine Drehkolben-Röntgenröhre (30), aufweisend

- einen um eine Rotationsachse (A) mit einer Drehfrequenz relativ zu einem feststehenden Lagerteil drehbar lagerbaren Kathodenkopf (21) und
- einen Elektronenemitter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher in den Kathodenkopf (21) drehfest eingesetzt ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass die segmentierte Emitterfläche (11.A) dazu eingerichtet ist, die Teilmenge der Segmente derart zu aktivieren, dass die gemäß einer verschiedenen Teilmenge der Segmente aktivierten Emissionsflächen (11.A) entgegen der Drehfrequenz rotierbar sind.

7. Kathode (20) nach Anspruch 6,

wobei die aktivierten Emissionsflächen entgegen der Drehfrequenz mit dem Betrag der Drehfrequenz rotierbar sind, so dass die aktivierten Emissionsflächen relativ zum feststehenden Lagerteil im Wesentlichen ortsfest sind.

8. Kathode (20) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei der Drehpunkt (D) des Elektronenemitters (1) auf der Rotationsachse (A) liegt.

9. Drehkolben-Röntgenröhre, aufweisend

- eine Kathode nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
- einen um die Rotationsachse mit der Drehfrequenz relativ zu dem feststehenden Lagerteil lagerbaren evakuierten Drehkolben und
- eine Anode,

wobei die Kathode und die Anode innerhalb des Drehkolbens mit dem Drehkolben drehfest verbunden sind.

10. Drehkolben-Röntgenröhre nach Anspruch 9, wobei der Drehkolben in einem Abschnitt zwischen der Kathode und der Anode aus einem Glas besteht.

11. Drehkolben-Röntgenstrahler, aufweisend

- ein Gehäuse,
- ein feststehendes Lagerteil und
- eine Drehkolben-Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 9 oder 10,

wobei das feststehende Lagerteil mit dem Gehäuse drehfest verbunden ist und die Drehkolben-Röntgenröhre innerhalb des Gehäuses mittels des feststehenden Lagerteils relativ zum Gehäuse rotierbar gelagert ist.

12. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 11, wobei der Drehkolben-Röntgenstrahler eine Ablenkungseinheit aufweist, wobei die Ablenkungseinheit zur Erzeugung eines inhomogenen Feldes zwischen der Kathode und der Anode innerhalb des Drehkolbens eingerichtet ist, wobei das inhomogene Feld die emittierten Elektronen auf deren verschiedenen Bahnen in Richtung der Anode beeinflusst und derart ausgestaltet ist, wobei das inhomogene Feld ein Magnetfeld ist und wobei die Ablenkungseinheit eine Spule mit einem gebogenen Magnetkern aufweist, dass Weglängenunterschiede der emittierten Elektronen entlang der verschiedenen Bahnen innerhalb des inhomogenen Feldes berücksichtigt sind.

13. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 12, wobei die Ablenkungseinheit den Drehkolben in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse weniger

als 360°, insbesondere weniger als 180°, umgibt.

14. Verfahren zur Emission von Elektronen mittels eines Elektronenemitters nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

5

- Empfangen eines Drehfrequenzsignals,
- Aktivieren von verschiedenen Teilmengen der Segmente der segmentierten Emitterfläche derart, dass die aktivierten Emissionsflächen um einen Drehpunkt in Abhängigkeit des empfangenen Drehfrequenzsignals rotieren.

10

15. Computerprogrammprodukt, welches direkt in einen Speicher einer Recheneinheit ladbar ist, mit Programmcodemitteln, um ein Verfahren nach Anspruch 14 auszuführen, wenn das Computerprogrammprodukt in der Recheneinheit ausgeführt wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

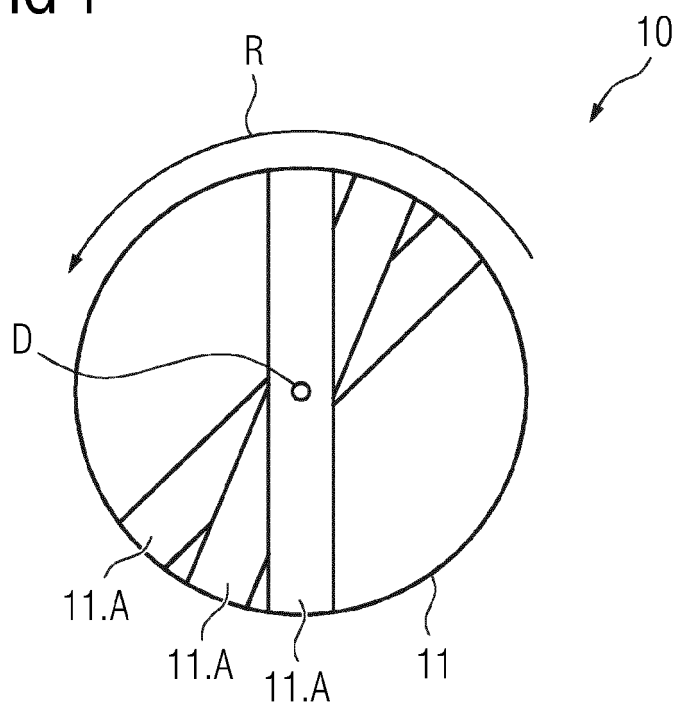


FIG 2

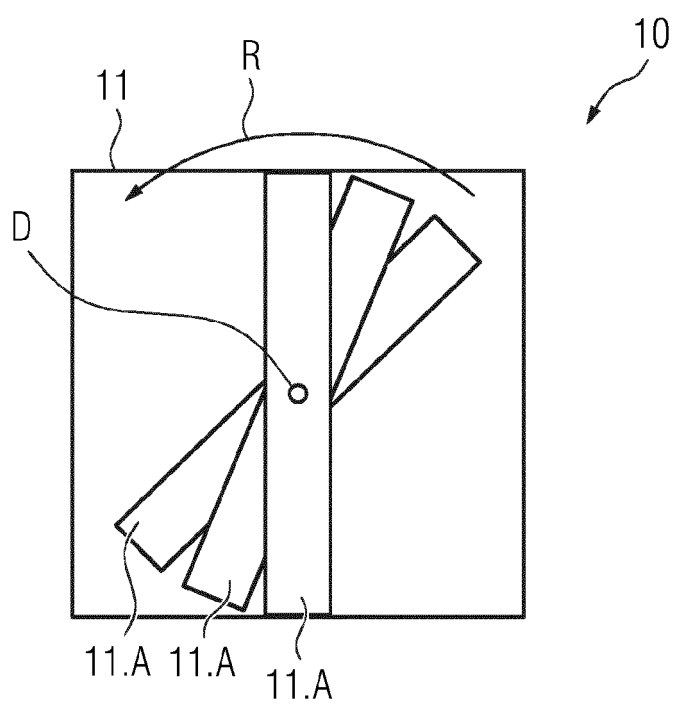


FIG 3

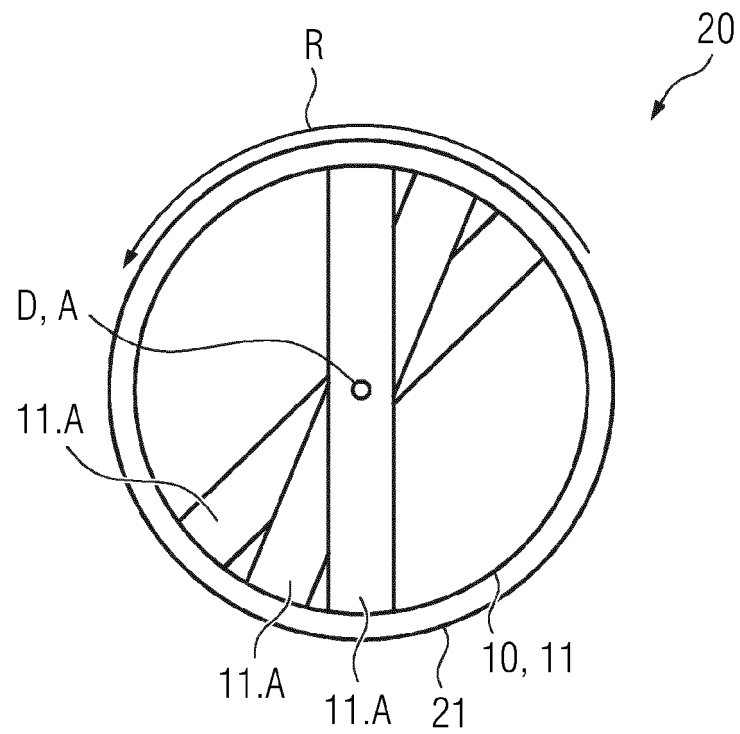


FIG 4

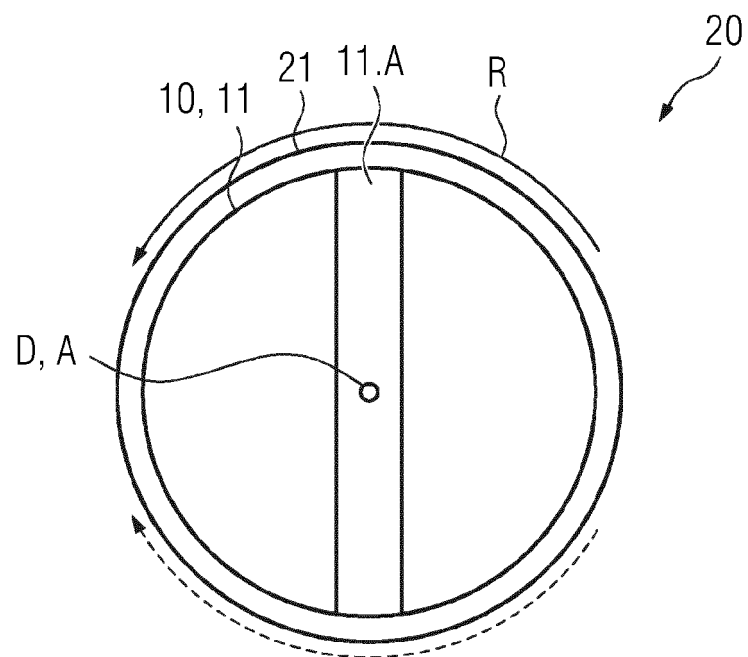
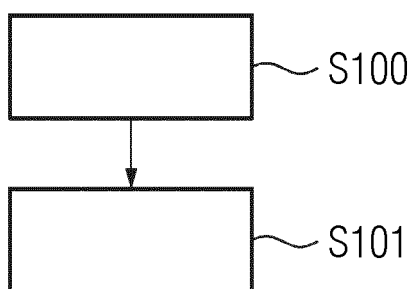


FIG 5



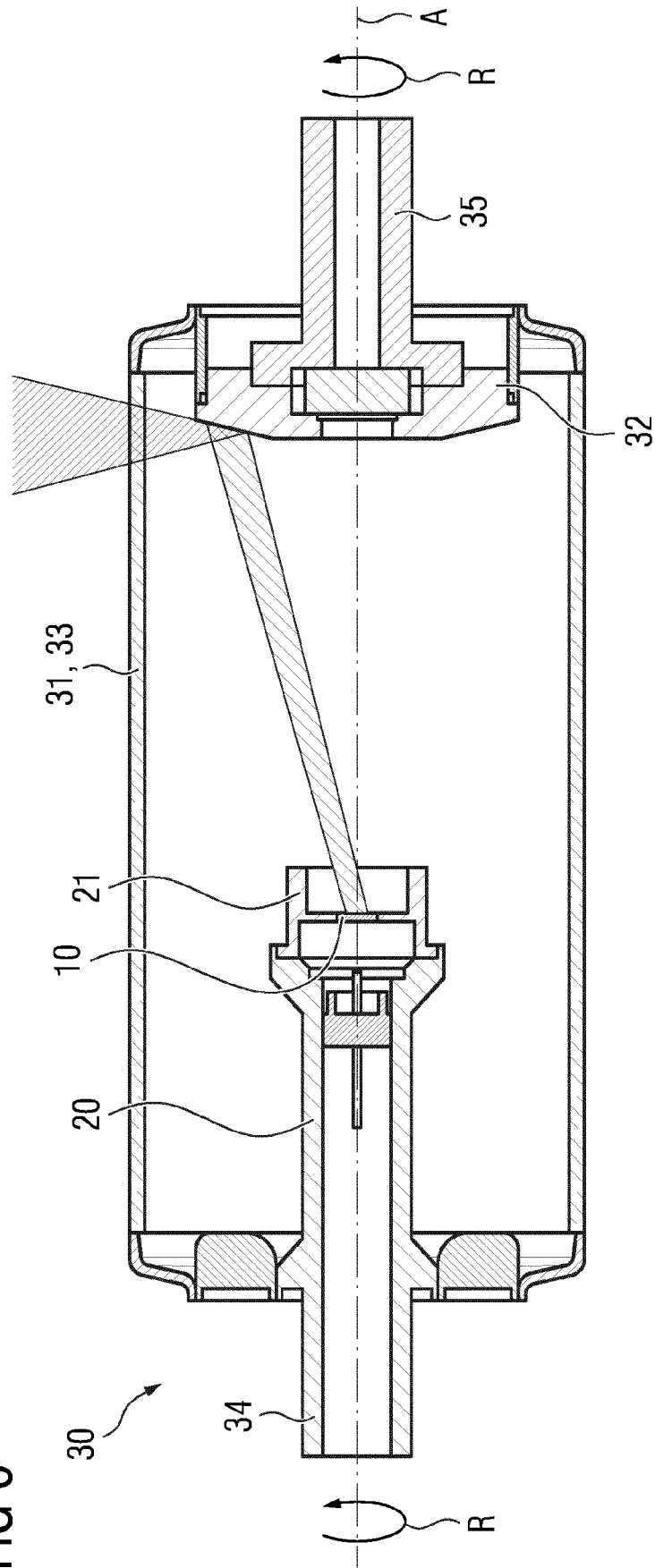


FIG 6

FIG 7

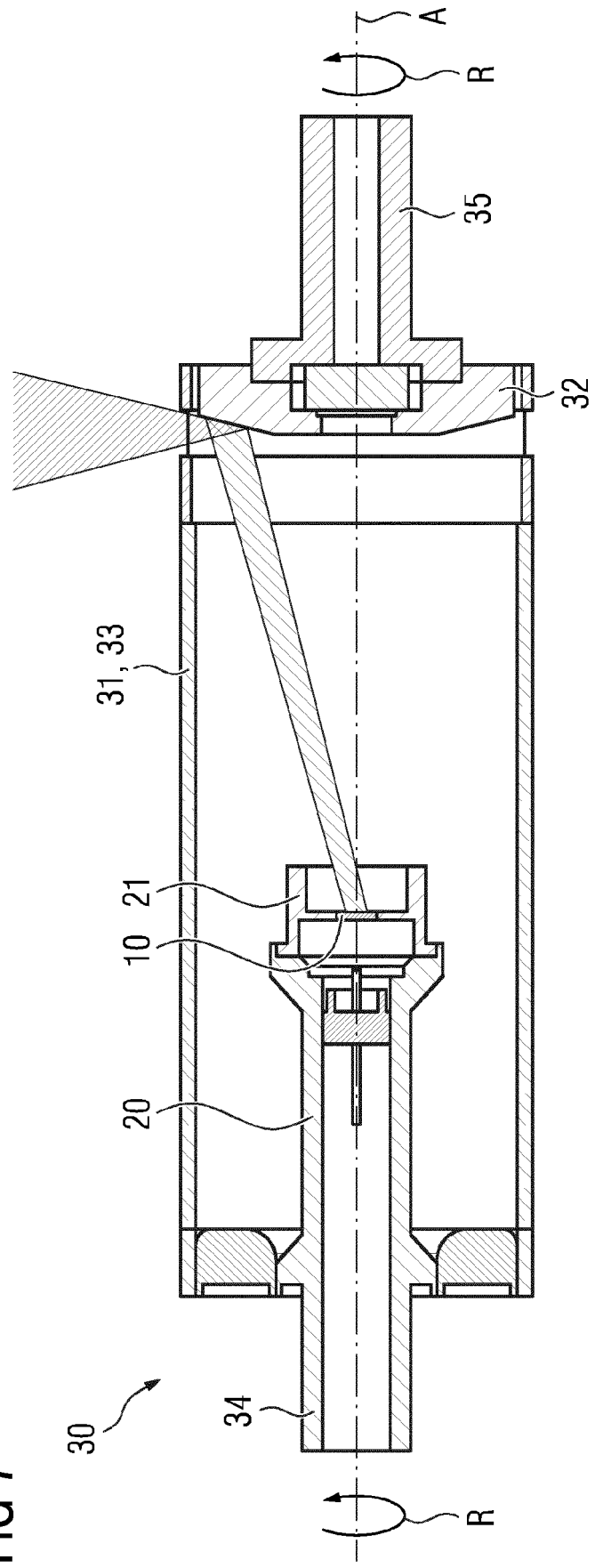


FIG 8

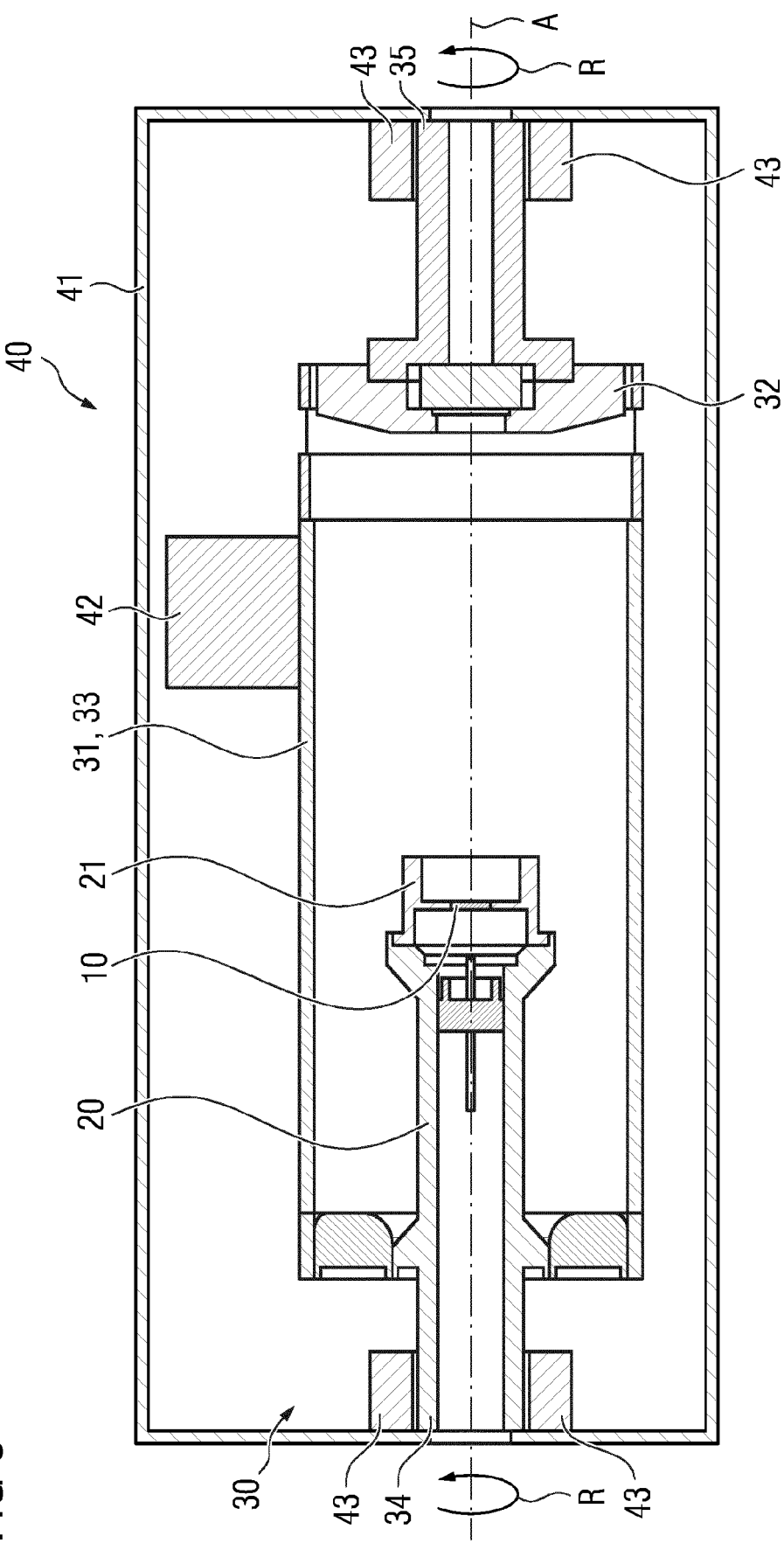


FIG 9

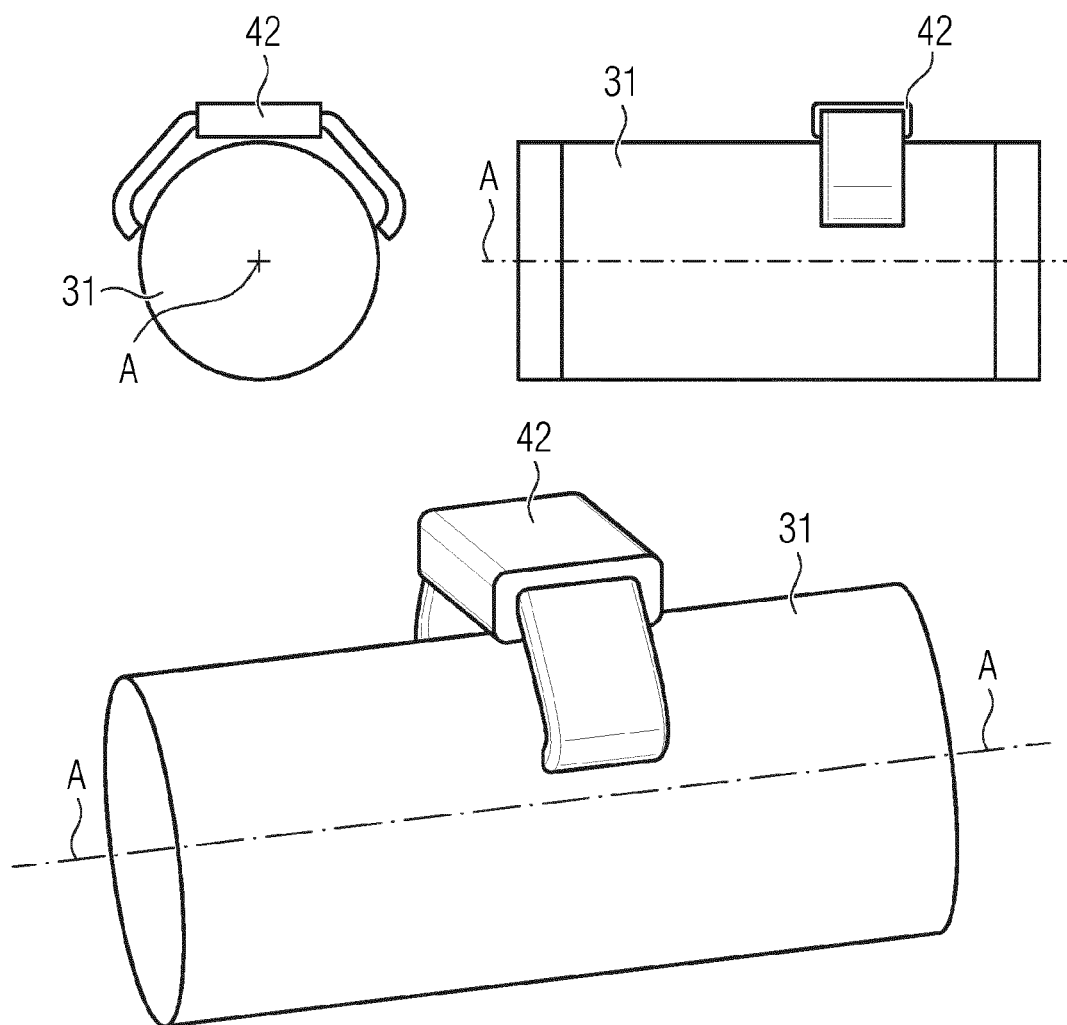
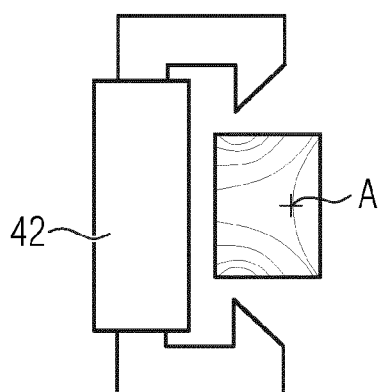


FIG 10



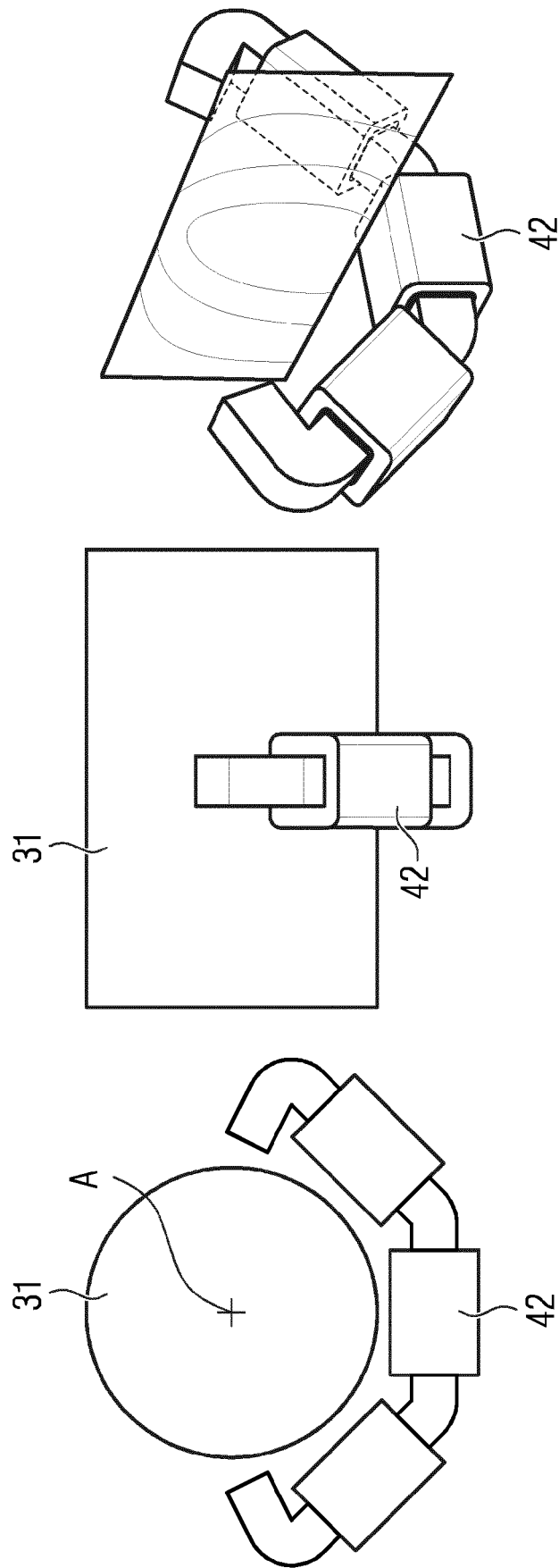
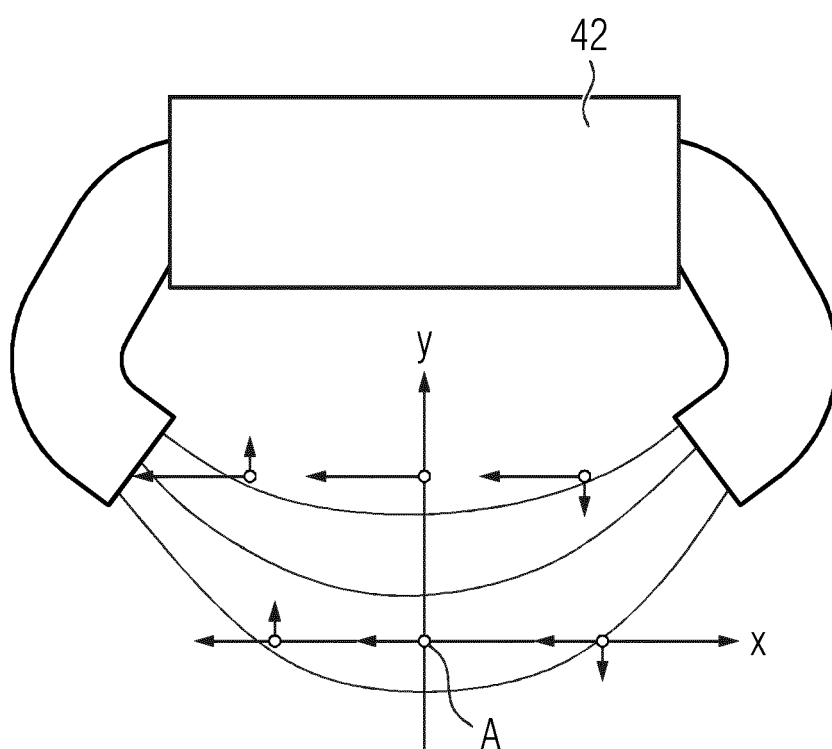


FIG 12





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 9690

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	KR 2011 0019470 A (KOREA ELECTROTECH RES INST [KR]) 28. Februar 2011 (2011-02-28) * Zusammenfassung * * Figuren 2 bis 9 und zugehöriger Text; Absätze [0072], [0074] * -----	1-3, 5-8	INV. H01J35/06 H01J35/14 H01J35/24
X	US 2013/294580 A1 (TSUJII OSAMU [JP] ET AL) 7. November 2013 (2013-11-07) * Figuren 1, 3, 7, 8, 9 und zugehöriger Text; Absätze [0004], [0034], [0061] * -----	1-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. November 2023	Prüfer Krauss, Jan
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 Patentdokument, 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 03.82 (P04C03)



GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

1–8

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 9690

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-8

**Elektronenemitter, worin, wie in Anspruch 4 definiert, die
aktivierten Emissionsflächen übereinandergelegt einen Kreis
bilden**

2. Ansprüche: 9-13

Drehkolben-Röntgenröhre wie in Anspruch 9 definiert

3. Ansprüche: 14, 15

**Verfahren zur Emission von Elektronen und zugehöriges
Computerprogrammprodukt wie in Anspruch 14 bzw. 15 definiert**

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

EP 23 17 9690

5 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.

30-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 20110019470 A	28-02-2011	KEINE	
US 2013294580 A1	07-11-2013	CN 101940066 A	05-01-2011
		EP 2197251 A1	16-06-2010
		JP 4886713 B2	29-02-2012
		JP 2009189507 A	27-08-2009
		KR 20100077048 A	06-07-2010
		US 2010310051 A1	09-12-2010
		US 2013294580 A1	07-11-2013
		WO 2009101882 A1	20-08-2009

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

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

- DE 19741750 A1 [0002]
- DE 4108591 A1 [0003]