

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑲ Anmeldenummer: 80103661.7

⑤① Int. Cl.³: **G 21 K 1/10**

⑳ Anmeldetag: 27.06.80

③① Priorität: 03.07.79 DE 2926883

⑦① Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin und München, Postfach 22 02 61, D-8000 München 22 (DE)

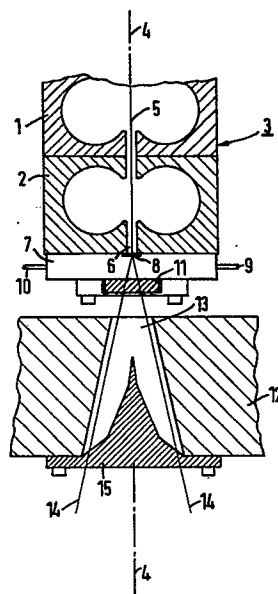
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 07.01.81
Patentblatt 81/1

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: DE FR GB SE

⑦② Erfinder: **Taumann, Leonhard, Dipl.-Phys., 344 Shire Oaks Court, Lafayette Calif. 94549 (US)**

⑤④ **Elektronenbeschleuniger.**

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf einen Elektronenbeschleuniger mit einer evakuierten Beschleunigungsröhre (3), mit einem dem Elektronenstrahl ausgesetzten Target (8), mit einem dem Target in Strahlenrichtung nachgeschalteten Elektronenabsorber (7) mit einem Kollimator (12) und mit einem zentriert zur Symmetrieachse (4) angeordneten Ausgleichskörper (15). Bei solchen in der Strahlentherapie zur Anwendung kommenden Elektronenbeschleunigern soll die weiche Strahlenkomponente möglichst stark unterdrückt werden. Die Erfindung sieht hierzu vor, daß dem Elektronenabsorber eine aus Schwermetall gefertigte Filterplatte (11) nachgeschaltet ist und der Ausgleichskörper dafür aus einem Material vergleichsweise niedrigerer Ordnungszahl gefertigt ist. Die Filterplatte (11) kann zwischen dem Elektronenabsorber (7) und dem Ausgleichskörper (15) eingesetzt sein. Das Target (8) kann auf der der Beschleunigungsröhre zugewandten Seite des Elektronenabsorbers angebracht sein. Zusätzlich kann der Elektronenabsorber (7) gekühlt sein.



0021441

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 79 P 5905 EUR

5 Elektronenbeschleuniger

Die Erfindung bezieht sich auf einen Elektronenbeschleuniger mit einer evakuierten Beschleunigungsröhre, mit einem dem Elektronenstrahl ausgesetzten Target, mit einem dem Target in Strahlenrichtung nachgeschalteten Elektronenabsorber, mit einem Kollimator und mit einem zentriert zur Symmetrieachse der Ausblendöffnung des Kollimators angeordneten Ausgleichskörpers.

15 Durch die DE-OS 27 27 275 ist ein vorzugsweise für den Einsatz in der medizinischen Strahlentherapie bestimmter Elektronenbeschleuniger bekannt. Bei diesem Elektronenbeschleuniger ist ein Target dem aus dem Strahlenaustrittsfenster der Beschleunigungsröhre austretenden Elektronenstrahl ausgesetzt. In Strahlenrichtung hinter dem Target ist ein Elektronenabsorber, durch den die in der Röntgenstrahlung übriggebliebenen Elektronen herausgefiltert werden, angeordnet. In Strahlenrichtung hinter dem Elektronenabsorber befindet sich ein Kollimator für die Ausblendung des



maximalen zur Anwendung kommenden Röntgenstrahlenfeldes. Zur Ausblendöffnung des Kollimators zentriert, in denselben hineinragend, ist ein aus Eisen gefertigter Ausgleichskörper am Kollimator befestigt. Durch
5 ihn wird die Intensität der Strahlung über die gesamte Breite des Röntgenstrahlenfeldes hinweg ausgeglichen. Bei einem solchen Elektronenbeschleuniger wird es als nachteilig empfunden, daß der niederenergetische Röntgenstrahlenanteil relativ hoch ist.

10

Zwar ist es zur Reduzierung des niederenergetischen Röntgenstrahlenanteils bei dem der obengenannten DE-PS 27 27 275 zugrundeliegenden Gerät bekannt, in dem Elektronenstrahl einen diesen um 270° umlenken-
15 den und die Elektronen vorgegebener Energie fokussierenden Umlenkmagneten einzusetzen. Auf diese Weise wird das Target nur noch von Elektronen der jeweils eingestellten Beschleunigungsenergie getroffen. Ein solcher Umlenkmagnet ist in seiner Konstruktion jedoch
20 außerordentlich aufwendig und benötigt auch einen entsprechend großen Platz zwischen dem Strahlenaustrittsfenster der Beschleunigungsröhre und dem Target. Dieses wiederum beeinflußt die Baugröße des Beschleunigers in unerwünschter Weise.

25

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei einem Elektronenbeschleuniger, bei dem kein Umlenkmagnet verwendet wird, eine Aufhärtung der Röntgenstrahlung mit möglichst einfachen Mitteln zu erreichen.

30

Bei einem Elektronenbeschleuniger der eingangs genannten Art ist daher erfindungsgemäß dem Elektronenabsorber eine aus Schwermetall, z.B. aus Blei, gefertigte Filterplatte nachgeschaltet und ist der Ausgleichs-
35 körper dafür aus einem Material vergleichsweise nie-

driger Ordnungszahl, vorzugsweise aus Aluminium, gefertigt. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, daß die Elemente höherer Ordnungszahl Röntgenquanten niedriger Energie verhältnismäßig stärker schwächen als Röntgenquanten höherer Energie, d.h., daß über den gesamten Strahlenquerschnitt hinweg verstärkt jene Röntgenquanten absorbiert werden, deren Energie im Absorptionsmaximum des Materials der Filterplatte liegt. Bei den für die Filterplatte in Frage kommenden Schwermetallen, wie z.B. Uran, Wolfram, Tantal, Gold und Blei, werden auf diese Weise insbesondere jene Röntgenquanten mit Energien zwischen 1 und 3 MeV verstärkt absorbiert. Diese Lösung bringt den besonderen Vorteil mit sich, daß durch den aus Aluminium gefertigten Ausgleichskörper selbst keinerlei Aufhärtung der Strahlung, wie das der Fall gewesen wäre, wenn dieser aus einem Material höherer Ordnungszahl, wie z.B. Kupfer oder gar Blei, gefertigt worden wäre, erfolgt. Eine Aufhärtung der Röntgenstrahlung durch den Ausgleichskörper hätte wegen der unterschiedlichen Dicke des Ausgleichskörpers zu einer unerwünschten, im Strahlenkegel radial abnehmenden Aufhärtung geführt.

Eine besonders zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung wird erreicht, wenn die Filterplatte zwischen dem Elektronenabsorber und dem Ausgleichskörper eingesetzt ist. Dies hat den Vorteil, daß die Filterplatte wegen des in Strahlenrichtung vorgeschalteten Elektronenabsorbers nicht mehr von Elektronen getroffen werden kann und daher selbst nicht als konkurrierendes Target in Erscheinung tritt. Unter dieser Voraussetzung kann die Wahl des Filtermaterials ausschließlich auf seine Eignung zur Aufhärtung der Röntgenstrahlung abgestellt werden. Darüber hinaus wird der Filterplatte in Strahlenrichtung nachgeschaltete Ausgleichs-

körper von Röntgenstrahlung getroffen, die durch die vorgeschaltete Filterplatte weitgehend homogenisiert ist.

- 5 Eine besonders einfache Konstruktion ergibt sich, wenn das Target in vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung auf der der Beschleunigungsröhre zugewandten Seite des Elektronenabsorbers angebracht ist. In diesem Fall stützt der Elektronenabsorber, der in seinen Ab-
- 10 messungen deutlich stärker gehalten werden muß als das im allgemeinen nur aus einer ca. 3 mm starken Bleifolie bestehende Target, dieses ab. Außer der verbesserten mechanischen Schutzfunktion legt diese Lösung zugleich die Basis für eine weitere Verbesserung der
- 15 Konstruktion.

Die Strahlenbelastung des Targets läßt sich nämlich bedeutend erhöhen, wenn der Elektronenabsorber in besonders zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung gekühlt ist. In diesem Fall dient der Elektronenabsorber nicht nur als schützende Unterlage für das Target, sondern zugleich auch als Kühlkörper, an dessen massiver Wand leicht Kühlmittel angeschlossen werden können.

- 25 Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand eines in der Figur gezeichneten Ausführungsbeispiels erläutert.

Die Figur zeigt eine Schnittdarstellung durch die beiden letzten Hohlraumresonatoren einer Beschleunigungsröhre, durch das Target und durch den Kollimator.

- In der Figur sind die beiden letzten, scheibenförmig aufeinander gesetzten Hohlraumresonatoren 1, 2 einer
- 35 Beschleunigungsröhre 3 eines Linearbeschleunigers

längs ihrer Symmetrieachse 4 aufgeschnitten dargestellt. Die Symmetrieachse der Hohlraumresonatoren fällt mit dem Elektronenstrahl 5 zusammen. Die Austrittsöffnung 6 des letzten Hohlraumresonators 2 ist durch eine Metallplatte hoher Wärmeleitfähigkeit, dem Elektronenabsorber 7, im Ausführungsbeispiel eine 20 mm starke Kupferplatte, abgeschlossen. Dieser Elektronenabsorber 7 ist auf den letzten Hohlraumresonator 2 gasdicht aufgelötet. An der Stelle des Elektronenabsorbers 7, auf der der Elektronenstrahl 5 auftreffen würde, ist dieser mit einer scheibenförmigen Einsenkung versehen, in die ein nur wenige Zehntel mm dickes Target 8 aufgelötet ist. Zugleich ist der Elektronenabsorber 7 mit Kühlkanälen (nicht dargestellt) versehen, die zum Anschluß an ein der Übersichtlichkeit halber hier nicht dargestelltes Kühlsystem in Schlauchanschlüssen 9, 10 enden. Der Elektronenabsorber 7 trägt auf der dem Target 8 abgewandten Seite eine Filterplatte 11. In Strahlenrichtung hinter dem Elektronenabsorber 7 und der auf dem Elektronenabsorber aufgeschraubten Filterplatte ist der Kollimator 12 mit einer kegelförmigen Öffnung 13 für den Durchtritt des maximal zur Anwendung kommenden Röntgenstrahlenfeldes 14 angeordnet. Am Kollimator 12 ist ein Ausgleichskörper 15 befestigt, durch den der einer Gauß'schen Verteilungskurve folgende Intensitätsverlauf der Röntgenstrahlung über den gesamten Querschnitt des maximal zur Anwendung kommenden Röntgenstrahlenfeldes 14 ausgeglichen wird.

Beim Betrieb des Elektronenbeschleunigers treffen die durch die Beschleunigungsröhre 3 beschleunigten Elektronen unmittelbar auf das die Austrittsöffnung 6 der Beschleunigungsröhre 3 abschließende Target 8 auf. Dabei wird im Target Röntgenbremsstrahlung erzeugt. Die im Target entstehende Abwärme wird über die Lötverbin-

- 6 - VPA 79 P 5905 EUR

5 dung zwischen Target 8 und Elektronenabsorber 7 hin-
durch an den Elektronenabsorber abgegeben und fließt
dort an ein Kühlmittel ab. Die durch das Target hin-
durchgehenden Elektronen werden im Material des dahin-
10 ter befindlichen Elektronenabsorbers 7 abgebremst und
absorbiert. Aus diesem Grund kann in der in Strahlen-
richtung hinter dem Elektronenabsorber 7 angeordneten
Filterplatte 11 auch keine weitere Röntgenstrahlung
mehr erzeugt werden. Für die Filterplatte 11 ist daher
15 ein Material verwandt worden, das allein aufgrund sei-
ner Absorptionseigenschaften - einem möglichst großen
Absorptionsfaktor im Bereich der niederenergetischen
Röntgenquanten von 1 bis 3 MeV und einem möglichst
kleinen Absorptionsfaktor im Bereich der höherenerge-
20 tischen Röntgenquanten oberhalb von 3 MeV - ausgewählt
worden ist. Für diesen Zweck eignen sich besonders die
Schwermetalle Blei, Tantal, Gold, Wolfram und Uran. Im
vorliegenden Fall ist bei einer zur Anwendung kommenden
Elektronenenergie von ca. 4 MeV eine 2 mm dicke Filter-
platte aus Blei verwandt worden. Da die Filterplatte 11
über den gesamten maximalen zur Anwendung kommenden
Strahlenquerschnitt hinweg gleich stark ist, ist der
Aufhärtungseffekt für die Strahlung auch über diesen
25 gesamten Strahlenquerschnitt hinweg gleichmäßig. Der
in Strahlenrichtung nachfolgende Ausgleichskörper
braucht und soll daher keinerlei Aufhärtungseffekt
mehr zeigen. Er kann daher aus einem Material niedri-
ger Ordnungszahl gefertigt sein, bei dem die Absorption
über das gesamte vorkommende Röntgenenergiespektrum
30 etwa gleich groß ist. Hierfür ist Aluminium besonders
gut geeignet.

Der Vorteil dieser Bauweise ist insbesondere darin zu
sehen, daß die mit dem Weglassen des aufwendigen und
35 sperrigen 270° -Umlenk- und Fokussierungsmagneten für

- 7 - VPA 79 P 5905 EUR

den Elektronenstrahl 5 verbundenen Nachteile hinsichtlich der Strahlenqualität weitgehend aufgefangen werden können, indem der Ausgleichskörper 15 aus einem Material niedriger Ordnungszahl, z.B. Aluminium, gefertigt und dafür hinter dem Elektronenabsorber 7 eine Filterplatte 11 eingesetzt wird, die Röntgenquanten niedrigerer Energie bevorzugt absorbiert. Die Bauweise ist nicht nur entschieden preiswerter, sondern sie führt außerdem noch zu wesentlich kleineren und in der medizinischen Anwendung leichter zu positionierenden Geräten.

15

20

25

30

35

Patentansprüche

1. Elektronenbeschleuniger mit einer evakuierten Beschleunigungsröhre, mit einem dem Elektronenstrahl ausgesetzten Target, mit einem dem Target in Strahlenrichtung nachgeschalteten Elektronenabsorber, mit einem Kollimator und mit einem zentriert zur Symmetrieachse der Ausblendöffnung des Kollimators angeordneten Ausgleichskörper, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß dem Elektronenabsorber (7) eine aus Schwermetall, z.B. aus Blei, gefertigte Filterplatte (11) nachgeschaltet ist und der Ausgleichskörper (15) dafür aus einem Material vergleichsweise niedriger Ordnungszahl, vorzugsweise aus Aluminium, gefertigt ist.

2. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Filterplatte (11) zwischen dem Elektronenabsorber (7) und dem Ausgleichskörper (15) eingesetzt ist.

3. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Filterplatte (11) bei einer Elektronenenergie von 2 bis 10 MeV einen Blei-Gleichwert von mindestens 1 mm aufweist.

4. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Target (8) auf der der Beschleunigungsröhre (3) zugewandten Seite des Elektronenabsorbers (7) angebracht ist.

5. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Elektronenabsorber (7) gekühlt ist.

- 2 - VPA 79 P 5905 EUR

6. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 1, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
Filterplatte (11) auf der dem Target (8) abgewandten
Seite des Elektronenabsorbers (7) befestigt ist.

5

7. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 4, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der
Elektronenabsorber (7) die Beschleunigungsröhre (3)
auf der Strahlenaustrittsseite vakuumdicht abschließt.

10

8. Elektronenbeschleuniger nach Anspruch 1, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das
Target (8) die Beschleunigungsröhre (3) auf der Strah-
lenaustrittsseite vakuumdicht abschließt.

15

20

25

30

35

002144.1

79 P 5905 1/1

