

51

Int. Cl. 2:

**H 05 H 5/00**

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DE 29 00 328 A 1**

11

# **Offenlegungsschrift 29 00 328**

21

Aktenzeichen: P 29 00 328.9

22

Anmeldetag: 5. 1. 79

43

Offenlegungstag: 12. 7. 79

30

Unionspriorität:

32 33 31

9. 1. 78 Sowjetunion 2568767

54

Bezeichnung: Generator für ionisierende Strahlung

71

Anmelder: Romanovskij, Vladimir Fedorovitsch; Panasjuk, Vadim Semonovitsch; Stepanov, Boris Michailovitsch; Ovtsharov, Aleksandr Michailovitsch; Akimov, Jurij Aleksandrovitsch; Moskau

74

Vertreter: Luyken, R., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

72

Erfinder: gleich Anmelder

**DE 29 00 328 A 1**

1. Generator für ionisierende Strahlung, in dem der Strahler für ionisierende Strahlung einen Resonanztransformator, dessen Erregerwicklung an dem mit dem stromleitenden Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelten Niederspannungsende einer Hochspannungswicklung angeordnet ist, und ein Beschleunigungsrohr enthält, dessen Hochspannungselektrode an das Hochspannungsende der Hochspannungswicklung des Resonanztransformators angeschlossen und an einem der Enden eines Rohrisolators dieses Beschleunigungsrohres befestigt und dessen Niederspannungselektrode mit dem Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelt ist, wobei eine Quelle für geladene Teilchen im Vakuumraum des Beschleunigungsrohres liegt und elektrisch mit einer seiner Elektroden verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochspannungswicklung (10) des Resonanztransformators innerhalb des Rohrisolators (5) des Beschleunigungsrohres (3) und dessen Vakuumraum zwischen dem Gehäuse (4) des Resonanztransformators und dem Rohrisolator (5) liegt.

2. Generator nach Anspruch 1, bei dem die Hochspannung<sup>S</sup>wicklung des Resonanztransformators schraubenlinienförmig coaxial zum Rohrisolator angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrisolator (5) in Form eines einheitlichen Rohrstücks (30) ausgeführt ist und die Windungen der Hochspannungswicklung (10) in unmittelbarer Nähe von der Innenfläche dieses Rohrstücks (30) angeordnet sind.

909828/0941

2900328

1. Vladimir F. Romanovskij,  
Moskau/UdSSR  
und 4 Mitanmelder

P 76 263-E-61  
5. Jan. 1979  
L/Kdg

### GENERATOR FÜR IONISIERENDE STRAHLUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft Quellen für ionisierende Strahlung und bezieht sich insbesondere auf einen Generator für ionisierende Strahlung - einen Röntgen-, Elektronen- oder Neutronengenerator.

In Abhängigkeit von der Art der ionisierenden Strahlung kann die vorliegende Erfindung entweder als Röntgen-<sup>Generator</sup> oder als Generator für beschleunigte Elektronen oder als Neutronengenerator Anwendung finden. Als Röntgengenerator kann die Erfindung in der Defektoskopie und in der Medizin sowie zur Registrierung schnell verlaufender Prozesse, als Generator für beschleunigte Elektronen in der Strahlungschemie und zur Sterilisation von in der Medizin verwendeten Werkstoffen, als Neutronengenerator bei geophysikalischen Forschungen, zur Neutronengrafie und zur Aktivierungsanalyse eines Werkstoffes eingesetzt werden.

Als Grundelement der meisten Generatoren für ionisieren-

909828/0941

ORIGINAL INSPECTED

BAD ORIGINAL

de Strahlung tritt ein einen Beschleuniger für geladene Teilchen enthaltender Strahler für ionisierende Strahlung auf. Der Strahler des Röntgengenerators und des Generators für beschleunigte Elektronen enthält einen Elektronenbeschleuniger und der Strahler des Neutronengenerators weist in der Regel einen Ionenbeschleuniger auf. Zu den Bestand<sup>teilen</sup> des Generators für ionisierende Strahlung können ein Speiseteil des Strahlers und andere Hilfseinheiten gehören. Die von den in üblichen (Generatoren für ionisierende Strahlung<sup>verwendeten</sup> Beschleuniger<sup>n</sup> für geladene Teilchen zu überstreichenden Energieintervalle betragen in etwa für Röntgengeneratoren 30 bis 1000 keV, bei Generatoren für beschleunigte Elektronen 300 bis 1000...1500 keV, bei Neutronengeneratoren, in denen eine Reaktion mit Kernfusion von Deuterium und Tritium abläuft, 100 bis 400 keV. Die Schaffung von ortsfesten Varianten derartiger Beschleuniger bereitet keine nennenswerten technischen Schwierigkeiten. Zur praktischen Anwendung werden aber tragbare Generatoren für ionisierende Strahlung immer unentbehrlicher, die es gestatten, den Bereich von mit deren Hilfe durchzuführenden Arbeiten und Forschungen, insbesondere für die Fälle, in denen das Untersuchungsobjekt an einen Generator für ionisierende Strahlung, beispielsweise bei der Durchführung einer zerstörungsfreien Werkstoffprüfung von umfangreichen Erzeugnissen oder ortsfesten Anlagen, bei der Untersuchung von Bohrungen, (nicht gebracht werden kann), weiterhin besteht Bedarf für die Ausstattung fahrbarer Laboratorien mit solcher Generatoren, (wesentlich zu erweitern). Die Anwendung von tragbaren Generatoren für ionisierende Strahlungen erhöht die

Arbeitsproduktivität bei der Arbeit mit ihnen, wobei die erstrangige Bedeutung die Selbständigkeit und die Tragbarkeit ihrer Strahler besitzen, was es erlaubt, z. B. bei der Durchführung <sup>einer</sup> zerstörungsfreien Werkstoffprüfung von einem großformatigen Erzeugnis die Lage des Strahlers schnell zu ändern und ihn an schwer zugänglichen Stellen des Erzeugnisses anzuordnen. Für die Tragbarkeit von Strahl<sup>ern</sup> der Generatoren für ionisierende Strahlungen sind vor allem hohe Werte ihrer spezifischen Ausgangsparameter, d.h. auf die Masse des Strahlers bezogenen Ausgangsparameter wesentlich, weil Strahler mit höheren spezifischen Werten der Ausgangsparameter, wie mittlere Leistung in einem Bündel beschleunigter geladener Teilchen, mittlere Leistung der Strahlungsphase, Energie der Röntgenquanten oder Strahlungsquanten der beschleunigten Elektronen einen umfangreicheren Strahler mit niedrigen Werten der gleichen Ausgangsparameter ersetzen können. So weisen z. B. als tragbar geltende Strahler von Impuls-Röntgenapparaten niedrige spezifische Werte der mittleren Leistung in einem Bündel von beschleunigten Elektronen von ca. 2 bis 3 W/kg und mittlere Leistung der Röntgendosis bei ausreichend hohen spezifischen Werten der maximalen Energie der beschleunigten Elektronen von ca. 20 bis 30 kV/kg <sup>auf</sup> (s. beispielsweise Parameter des Apparates IRA-2D in einem Buch von W. K. Schmelew "Röntgenapparate", Verlag "Energija", Moskau, 1973,

909828/0941

ORIGINAL COPY

BAD ORIGINAL

S, 408 bis 410). In Impuls-Röntgenstrahlern ist es grundsätzlich kompliziert, die mittlere Leistung im Bündel der beschleunigten Elektronen im Zusammenhang mit der Konstruktion der Anode zu steigern, von der die Wärme schwer abzuleiten ist. Darüber hinaus sind Röntgenstrahler durch eine niedrige Lebensdauer gekennzeichnet, weil sie eine Ströme in der Größenordnung von  $10^3$  A emittierende Feldemissionskatode aufweisen.

Es ist ein tragbarer Impuls-Neutronengenerator (s. beispielsweise den Beitrag von A. S. Allachwerdow et. al. "Impuls-Neutronengenerator NGI-9 mit einem Fluß von  $10^{10}$  n/S" in dem Buch "Probleme der Atomwissenschaft und -technik, Strahlungstechnik", Ausgabe 12, Moskau, Verlag "Atomisdat", 1975, S. 182 bis 191) bekannt, dessen Strahler ca. 70 kg wiegt, wobei die Intensität des durch ihn generierten Neutronenflusses  $10^{10}$  Neutronen/sec erreicht. Dieser Strahler mit ungefähren Abmessungen von  $\varnothing 300 \times 1000$  mm enthält einen Impulsbeschleuniger für Deuteriumionen (ein Beschleunigungsrohr mit einer Quelle von Deuteriumionen) und einen Impulse einer Beschleunigungsspannung mit einer Amplitude von ca. 150 kV und einer Dauer von  $1 \mu s$  generierenden Impuls-Hochspannungstransformator. Eine Vergrößerung des Neutronenflusses ist mit der Notwendigkeit einer Vergrößerung vor allem der an das Beschleunigungsrohr angelegten Beschleunigungsspannung auf Werte von 300 bis 400 kV verbunden. Diese Konstruktion des Neutronengenerators läßt

909828/0941

jedoch nicht dies bei denselben Abmessungen und beim gleichen Beschleunigungsrohr erreichen.

Es sind Röntgenapparate bekannt, deren Strahler ein Beschleunigungsrohr und eine vom Industrienetz gespeiste Hochspannungsquelle (s. beispielsweise Röntgenapparat "Baltegraf" 300/3P der belgischen Firma "Balteau", beschrieben im Buch von W. K. Schmelew "Röntgenapparate", Verlag "Energija", Moskau, 1973, S. 146 bis 147) enthält. Der Strahler dieser Apparate ist in der Regel in Schaltung <sup>mit</sup> einer Gegentaktspeisung des Beschleunigungsrohres durch die gesamte Spannungsdifferenz von 300 bis 400 kV aufgebaut. Die spezifischen Ausgangsparameter derartiger Strahler betragen nach der in das Bündel der beschleunigten Elektronen eingetragenen Leistung etwa 20 bis 30 W/kg, d.h. mehr als bei den Impuls-Röntgenapparaten. Die spezifischen Werte der maximalen Energie der beschleunigten Elektronen machen aber lediglich 5 keV/kg aus. Darüber hinaus <sup>bringt</sup> die Erhaltung einer Beschleunigungsspannung von über 400 kV in derartiger Konstruktion mit großen ~~technische~~ Schwierigkeiten mit sich.

Es sind Generatoren für Röntgenstrahlung und beschleunigte Elektronen "Elite-I" bekannt, deren Strahler ein Beschleunigungsrohr und eine in Form eines Tesla-Transformators ausgeführte Hochspannungsquelle (s. einen Beitrag von E. A. Abramjan und S. B. Wassermann "Starkstrom-Impuls-Elektronenbeschleuniger", Atomenergie, Bd. 23, Ausgabe I, Juli 1967) ent-

909828/0941

hält. Die spezifischen Ausgangsparameter solch eines Generators <sup>bezüglich</sup> der in das Bündel der beschleunigten Elektronen eingetragenen Leistung betragen ca. 67 W/kg, mehr als bei allen <sup>bezüglich</sup> oben betrachteten, und der maximalen Energie der Elektronen ca. 8,3 keV/kg (weniger als bei den Impuls-Röntgenapparaten).

Es ist ein Generator für ionisierende Strahlung bekannt, in dem der Strahler für ionisierende Strahlung einen Resonanztransformator, dessen Erregerwicklung an dem mit dem stromleitenden Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelten Niederspannungsende einer Hochspannungswicklung angeordnet ist, und ein Beschleunigungsrohr enthält, dessen Hochspannungselektrode an das Hochspannungsende der Hochspannungswicklung des Resonanztransformators angeschlossen und an einem der Enden eines Rohrisolators dieses Beschleunigungsrohres befestigt und dessen Niederspannungselektrode mit dem Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelt ist, während eine Quelle für geladene Teilchen im Vakuumraum des Beschleunigungsrohres liegt und elektrisch mit einer seiner Elektroden verbunden ist (s. beispielsweise Beitrag von B. I. Albertinski et. al., "Bewegliche Röntgenanlage auf der Basis eines Resonanztransformators", "Defektoskopie", N. 5, 1971, S. 115 bis 119).

Der Strahler ist bei diesem Generator in Form eines ein Beschleunigungsrohr und einen Resonanztransformator enthaltenden einheitlichen Teiles ausgeführt und in ein stromleitendes Gefäß zylindrischer Form - Gehäuse des Resonanztrans-



formators - eingeschlossen, innerhalb von dem und coaxial zu dem das Beschleunigungsrohr liegt. Der Mantel des Beschleunigungsrohres ist in Form eines stirnseitig hermetisch abgeschlossenen Rohrisolators ausgeführt, der sich aus zwölf hintereinander angeordneten Stücken eines Glasrohres zusammensetzt, zwischen die metallene ringförmige Zwischenelektroden eingelötet sind. Der Rohrisolator endet an der nach innen im Gehäuses des Resonanztransformators gerichteten Stirnseite mit der Hochspannungselektrode des Beschleunigungsrohres, an der befestigt und an die <sup>angeschlossen</sup> die Quelle für geladene Teilchen - ein Katodenblock des Rohres. (Ist) Die gegenüberliegende Stirnseite des Rohrisolators endet mit der an das Gehäuse des Resonanztransformators gekoppelten Niederspannungselektrode - einer hinausragenden Hohlanode. Der Vakuumraum des Beschleunigungsrohres, wo die geladenden Teilchen beschleunigt werden, ist durch den Rohrisolator, den Katodenblock von einer Seite und durch die hinausragende Hohlanode von der anderen begrenzt.

Oberhalb des Rohrisolators ist die Hochspannungswicklung des Resonanztransformators angeordnet, deren Hochspannungsende mit der Hochspannungselektrode des Beschleunigungsrohres und deren Niederspannungsende über Meßeinrichtungen mit dem Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelt ist.

Die Abgriffe der Hochspannungswicklung sind an die ringförmigen Zwischenelektroden des Rohrisolators des Beschleunigungsrohres zur gleichmäßigeren Potentialverteilung über dessen

909828/0941

BAD ORIGINAL



Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Generator für ionisierende Strahlung zu schaffen, dessen konstruktive Ausführung eine Erhöhung der spezifischen Ausgangsparameter ermöglicht.

Die Erfindung besteht darin, daß in <sup>einem</sup> Generator für ionisierende Strahlung, in dem der Strahler für ionisierende Strahlung einen Resonanztransformator, dessen Erregerwicklung an dem mit dem stromleitenden Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelten Niederspannungsende der Hochspannungswicklung angeordnet ist, und ein Beschleunigungsrohr enthält, dessen Hochspannungselektrode an das Hochspannungsende der Hochspannungswicklung des Resonanztransformators angeschlossen und an einem der Enden eines Rohrisolators dieses Beschleunigungsrohres befestigt und dessen Niederspannungselektrode mit dem Gehäuse des Resonanztransformators elektrisch gekoppelt ist, wobei die Quelle für geladene Teilchen im Vakuumraum des Beschleunigungsrohres liegt und elektrisch mit einer <sup>von</sup> dessen Elektroden verbunden ist, gemäß der Erfindung die Hochspannungswicklung des Resonanztransformators innerhalb des Rohrisolators des Beschleunigungsrohres und dessen Vakuumraum zwischen dem Gehäuse des Resonanztransformators und dem Rohrisolator liegt.

In einem Generator, <sup>bei dem</sup> die Hochspannungswicklung des Resonanztransformators schraubenlinienförmig koaxial zum Rohrisolator angeordnet ist, ist es zweckmäßig, den Rohrisolator in Form eines einheitlichen Rohrstücks auszufüh-

ren und die Windungen der Hochspannung<sup>s</sup>wicklung in unmittelbarer Nähe von der Innenfläche dieses Rohrstücks anzuordnen.  
erfindungsgemäßen  
Im Generator für ionisierende Strahlung gestattet es die Evakuierung des zwischen dem Rohrisolator und dem Gehäuse des Resonanztransformators gelegenen Hohlraumes die Wanddicke dieses Gehäuses<sup>und</sup> den Abstand zwischen dieser Wand und dem Rohrisolator (die Abmessungen des Strahlers) zu verringern oder die Stärke der an die Hochspannungselektrode des Beschleunigungsrohres angelegten Beschleunigungsspannung zu vergrößern<sup>und</sup> das Gewicht des Strahlers um den Wert des Gewichts eines in diesen Hohlraum üblicherweise eingebrachten Dielektrikums zu verkleinern. Die Anordnung der Hochspannungswicklung innerhalb des Rohrisolators gestattet es, sie effektiv, beispielsweise mit einem Strom eines flüssigen Dielektrikums, abzukühlen. Die Ausführung des Rohrisolators in Form eines einheitlichen Rohrstücks vereinfacht dessen Konstruktion. Die schraubenlinienförmige Anordnung der Hochspannungswicklung in unmittelbarer Nähe von der Innenfläche des in Form eines Rohrstücks aus einem Isolierstoff hergestellten Rohrisolators gestattet es, mit Hilfe von zwischen der Oberfläche der Wicklung und den Gehäusewänden des Resonanztransformators fließenden Kapazitätsströmen das Potential über die Länge dieses Rohrstücks gleichmäßig zu verteilen und dessen Innenraum<sup>einem</sup> vor radialen elektrischen Feld großer Stärke abzuschirmen.

Die Erfindung<sup>wird</sup> nachstehend an Hand einer Beschreibung deren konkreter Ausführungsformen mit Bezug auf die<sup>1</sup>Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch einen Röntgengenerator, in dem die Quelle für geladene Teilchen in Form einer Katode<sup>h</sup> ausgeführt und elektrisch mit der Niederspannungselektrode des Beschleunigungsrohres - teilweise<sup>im</sup> Längsschnitt -gekoppelt ist, gemäß der Erfindung;

Fig. 2 einen Elektrodenblock des Beschleunigungsrohres eines Generators für beschleunigte Elektronen, in dem die Quelle für geladene Teilchen in Form einer Katode<sup>h</sup> ausgeführt und elektrisch mit der Hochspannungselektrode des Beschleunigungsrohres -im Längsschnitt -gekoppelt ist, gemäß der Erfindung;

Fig. 3 einen Elektrodenblock des Beschleunigungsrohres eines Generators für Röntgenstrahlung und beschleunigte Elektronen, in dem die Quelle für geladene Teilchen mit der Niederspannungselektrode des Beschleunigungsrohres elektrisch gekoppelt und in Form einer für Röntgenstrahlung und Bündel beschleunigter Elektroden<sup>B</sup> durchsichtigen Netzkatode -im Längsschnitt- ausgeführt ist, gemäß der Erfindung;

Fig. 4 einen Elektrodenblock des Beschleunigungsrohres eines Neutronengenerators, in dem die Quelle für geladene Teilchen in Form einer Ionenquelle mit Penning-Entladung ausgeführt und mit der Niederspannungselektrode des Beschleunigungsrohres (im Längsschnitt) elektrisch gekoppelt ist, gemäß der Erfindung;

Fig. 5 eine Hochspannungswicklung des Resonanztransformators, die schraubenlinienförmig und coaxial zum Rohrisolator

angeordnet ist und deren Windungen in unmittelbarer Nähe von der Innenfläche des in Form eines einheitlichen Rohrstücks (im Längsschnitt) ausgeführten Rohrisolators liegen, gemäß der Erfindung.

Der Generator für ionisierende Strahlung wird am Beispiel eines Röntgengenerators beschrieben, der einen Strahler 1 (Fig. 1) für ionisierende Strahlung - Röntgenstrahlung " $\gamma$ " enthält, an den ein Hochfrequenzgenerator 2 angeschlossen ist. Der Strahler 1 für ionisierende Strahlung weist ein Beschleunigungsrohr 3 auf, dessen Mantel ein elektrisch leitendes geerdetes Gehäuse 4 des Resonanztransformators, einen unterteilten Rohrisolator 5 und eine Hochspannungselektrode 6 des Beschleunigungsrohres 3 einschließt. Es sind Varianten möglich, bei denen das Gehäuse 4 ganz aus Metall hergestellt ist und eine Schichtstruktur mit Schichten aus Metall und Dielektrikum aufweist.

Das Beschleunigungsrohr 3 enthält eine mit dem Gehäuse 4 des Resonanztransformators elektrisch gekoppelte Niederspannungselektrode 7 und eine <sup>bei</sup> der beschriebenen Variante in Form einer mit der Niederspannungselektrode 7 über die Wicklung eines  $\langle 7$  in den Strahler 1  $\langle$ nicht $\rangle$  <sup>enthaltenden</sup> Transformators 9 elektrisch gekoppelten <sup>h</sup> Katode 8 ausgeführte Quelle für geladene Teilchen sowie das Gehäuse 4. Der Hohlraum des Beschleunigungsrohres 3 wird evakuiert ausgeführt, während die Wände des Gehäuses 4 dünn genug für den Austritt der Röntgenstrahlung " $\gamma$ " ausgeführt sind.

Der Strahler 1 enthält eine mit ihrem Hochspannungs-  
ende an die Hochspannungselektrode 6 gekoppelte und mit ihrem  
Niederspannungsende über einen Meßwiderstand 11 mit dem Ge-  
häuse 4 des Resonanztransformators elektrisch verbundene  
Hochspannungswicklung 10. Am Niederspannungsende der Hoch-  
spannungswicklung 10 liegt eine an den Hochfrequenzgenerator  
2 angeschlossene Erregerwicklung 12. Die Hochspannungswicklung  
10 ist innerhalb des unterteilten Rohrisolators 5 angeordnet.  
In diesen ist auch ein Stück 13 einer Rohrleitung aus einem  
Isolierstoff eingeführt, über die der Hochspannungselektrode  
6 und der Hochspannungswicklung 10 ein Kühlmittel in Form  
eines flüssigen Dielektrikums zugeführt wird. Das Kühlmittel  
wird durch einen Kühlkörper 14 mittels einer durch einen  
Elektromotor 16 angetriebenen Zentrifugalpumpe 15 durchge-  
pumpt, der außerdem einen eine Belüftung der Außenplatten des  
Kühlkörpers 14 bewirkenden Lüfter 17 in Drehung versetzt.

Am Meßwiderstand 11 ist ein Abgriff 18 zum Anschluß  
an ein den Strom am Niederspannungsende der Hochspannungswick-  
lung 10 messendes Gerät angeordnet.

Fig. 2 zeigt eine Variante des Elektrodenblocks des Be-  
schleunigungsrohres 3 des in Fig. 1 dargestellten Strahlers 1.  
Darin ist die Quelle für geladene Teilchen in Form der an die  
Hochspannungselektrode 6 mit einem Ende unmittelbar und mit  
dem anderen über eine mit der Hochspannungswicklung 10 des Re-  
sonanztransformators induktiv gekoppelte und für eine Erhitzung

1

909828/0941

BAD ORIGINAL

der Katode <sup>h</sup> 8 sorgende Wicklung 19 elektrisch gekoppelten Katode <sup>h</sup> 8 ausgeführt. Die Niederspannungselektrode 7 ist in das Gehäuse 4 eingebaut, mit ihm elektrisch verbunden und tritt zugleich als Anode des Beschleunigungsrohres 3 und Austrittsöffnung für beschleunigte Elektronen "e" oder eine Röntgenstrahlung "  $\gamma$  " in Abhängigkeit von der Dicke dieser Elektrode 7 und dem Material, aus der sie hergestellt ist, auf.

Fig. 3 zeigt eine Variante des Elektrodenblocks des Beschleunigungsrohres 3 des in Fig. 1 wiedergegebenen Strahlers 1. Darin ist die Quelle für geladene Teilchen in Form einer für die Röntgenstrahlung "  $\gamma$  " und die beschleunigten Elektronen "e" durchsichtigen und über die Wicklung des Transformators 9 mit der in Gestalt einer mit dem Gehäuse 4 verbundenen fokussierenden Blende 21 ausgeführten Niederspannungselektrode elektrisch gekoppelten Netzkatode <sup>h</sup> 20 ausgeführt. Die Netzkatode <sup>h</sup> 20 ist zwischen der fokussierenden Blende 21 und einer Austrittsöffnung 22 angeordnet, die in Abhängigkeit von der Dicke und dem Material, aus dem sie hergestellt ist, nur die Röntgenstrahlung "  $\gamma$  " oder die Röntgenstrahlung "  $\gamma$  " und beschleunigte Elektronen "e" durchlassen kann. Je nach der Betriebsart des Beschleunigungsrohres 3 kann die mit durch die Netzkatode 20 emittierten Elektronen beschossene Oberfläche der Hochspannungselektrode 6 zu einer zweiten, mit der Hochspannungselektrode 6 gekoppelten Elektronenquelle werden. Bei der beschriebenen Variante sind die Wände des Gehäuses 4 dünn genug



für den Austritt der Röntgenstrahlung "f" ausgeführt.

Fig. 4 zeigt eine Variante des Elektrodenblocks des Beschleunigungsrohres 3 des in Fig. 1 dargestellten Strahlers 1. Bei dieser Variante generiert der Strahler Neutronen "n". Hierbei ist die Quelle für geladene Teilchen in Form einer über ein Plasma 24 mit der in Form eines Extraktors 25 von Ionen aus dem Plasma 24 ausgeführten Niederspannungselektrode des Beschleunigungsrohres 3 elektrisch gekoppelten Ionenquelle 23 ausgeführt.

Die mit Ionen beschossene Oberflächenschicht der Hochspannungselektrode 6 enthält Tritium. Im Volumen der Ionenquelle 23 sind Deuterium oder ein Deuterium-Tritium-Gemisch unter einem Druck von ca.  $10^{-3}$  Torr enthalten. Die Ionenquelle 23 ist in der Art von Ionenquellen mit Penning-Entladung ausgeführt und enthält eine über die Wicklung des Transformators 9 an das Gehäuse 4 angeschlossene Kathode<sup>h</sup> 26, eine gleichfalls an das Gehäuse 4 angeschaltete Antikathode<sup>h</sup> 27, eine an das Gehäuse 4 über eine Spannungsquelle "U<sub>A</sub>" angeschlossene Anode 28 und ein Solenoid 29. Der Ionenextraktor 25 ist mit dem Gehäuse 4 über eine Spannungsquelle "U<sub>ext</sub>" elektrisch verbunden.

Fig. 5 zeigt eine Variante der Konstruktion des Rohrisolators, der Hochspannungswicklung und ihrer gegenseitigen Anordnung in dem in Fig. 1 dargestellten Strahler. Der Rohrisolator ist in Form eines ganzen Rohrstücks 30 aus Dielektrikum hergestellt. Die Hochspannungswicklung 31 ist bei

909828/0941

dieser Variante schraubenlinienförmig angeordnet, und deren Windungen liegen in unmittelbarer Nähe von der Innenfläche des Rohrstücks 30. )

Die Arbeit des in Fig. 1 dargestellten Röntgengenerators vollzieht sich wie folgt. Die Spannung vom Hochfrequenzgenerator 2 kommt an die Erregerwicklung 12 des Resonanztransformators. Hierbei muß die Frequenz der der Erregerwicklung 12 des Resonanztransformators zugeführten Spannung gleich der Resonanzfrequenz seines sekundären, durch die Induktivität der Hochspannungswicklung 10 und die elektrischen Kapazitäten zwischen der Wicklung 10 und dem Gehäuse 4, zwischen der Elektrode 6 und dem Gehäuse 4 gebildeten Schwingungskreises sein oder nahe daran liegen. Dann entsteht zwischen der Hochspannungselektrode 6 und der Niederspannungselektrode 7 eine Beschleunigungs-Wechselspannung der gleichen Frequenz, die aber die an die Erregerwicklung angelegte Spannung um ein Vielfaches übersteigt. Die Amplitude der Beschleunigungsspannung hängt von der Güte des betrachteten Schwingungskreises und dem Laststrom der Beschleunigungsstrecke zwischen der Hochspannungselektrode 6 und der Niederspannungselektrode 7 ab. Sie kann durch Amplitudenmessung des Stromes über den Widerstand 11 gemessen werden.

Der Laststrom fließt dank den durch die Quelle für geladene Teilchen, in der beschriebenen Variante durch die Kathode 8, emittierten geladenen Teilchen. Die Kathode 8 wird mit Hilfe des

Transformators 9 erhitzt. Die durch die Katode 8 emittierten Elektronen werden in Richtung zur Hochspannungselektrode 6 im Laufe jeder positiven Halbperiode der Spannung beschleunigt. Bei einem Beschuß der Hochspannungselektrode 6 mit Elektronen wird eine Röntgenstrahlung " $\gamma$ " generiert, die die Grenzen des Beschleunigungsrohres über die Wände des Gehäuses in der in Fig. 1 angedeuteten Richtung verlassen kann. Da die Röntgenstrahlung nur in den positiven Halbperioden der Spannung an der Beschleunigungselektrode 6 entsteht, hat sie einen intermittierenden Charakter und kann zur Erhaltung eines Kinosgramms eines schnell verlaufenden Prozesses oder eines sich bewegenden Gegenstandes ausgenutzt werden. Bei der Arbeit der Einrichtung wird in der Hochspannungswicklung 10 durch Verluste in den Leitungen dieser Wicklung sowie an der Hochspannungselektrode 6 durch deren Elektronenbeschuß eine Leistung entwickelt, die abzuleiten ist. Zu diesem Zweck wird der Hochspannungswicklung 10 und in den Hohlraum der Hochspannungselektrode 6 ein Strom eines Kühlmittels zugeführt, dessen Bewegungsrichtung in Fig. 1 durch Pfeile angedeutet ist. Das Kühlmittel bewegt sich im geschlossenen Kreislauf von der Zentrifugalpumpe 15 über den Kühlkörper 14 entlang der Hochspannungswicklung 10, der Oberfläche der Hochspannungselektrode 6 und zurück über das Stück 13 der Rohrleitung zur Pumpe 15. Die durch das Kühlmittel übertragene Wärme wird dank der Wärmeleitfähigkeit von den Innenplatten des Kühlkörpers 14 an die Außenplatten übertragen, die von einem durch den Lüfter 17 erzeugten Luftstrom, wie in

Fig. 1 gezeigt, abgekühlt werden. Die Pumpe 15 und der Lüfter 17 werden durch den Elektromotor 16 in Drehung versetzt.

Die betrachtete Konstruktion des Generators für ionisierende Strahlung bietet eine Reihe von Vorteilen. Darin ist das Gehäuse des Resonanztransformators gleichzeitig ein Teil des Mantels des Beschleunigungsrohres, während die Gas- oder die Flüssigkeitsisolation zwischen der Hochspannungselektrode und dem Gehäuse des Resonanztransformators durch einen Vakuumraum ersetzt ist, dessen elektrische Festigkeit die <sup>nämlich</sup> eines Dielektrikums wesentlich übertreffen kann. Das Fehlen von Hochdruck innerhalb des Gehäuses des Resonanztransformators gestattet es, dieses viel dünner zu fertigen. Aus diesen Gründen kann der <sup>erfindungsgemäße</sup> Generator mit einem viel kompakteren und weniger massiven Strahler ausgeführt sein, der höhere Werte der spezifischen Ausgangsparameter besitzt. Darüber hinaus kann der Generator eine effektive Registrierung schnell verlaufender Prozesse mit einer Frequenz aufeinanderfolgender Röntgenaufnahmen bis zu einigen hunderttausend in der Sekunde, d.h. mit der Resonanzfrequenz des Schwingungskreises des Resonanztransformators, ermöglichen. Es ist auch ein einfacher Zugang zur Hochspannungswicklung des Resonanztransformators hervorzuheben, was deren Abkühlung und Auswechslung erleichtert. Von Bedeutung ist auch die Tatsache, daß der Vakuumraum im Gegensatz zu dem mit einem Dielektrikum gefüllten Hochspannungsraum keine zusätzlichen Verluste im Schwingkreis des Resonanztransformators infolge von Verschiebungsströmen

verursacht, was die Güte dieses Kreises<sup>s</sup> verbessert.

Die Konstruktion des Resonanztransformators, das Verfahren zur Erhaltung einer beschleunigenden Potentialdifferenz und zur Abkühlung der Hochspannungswicklung 10 und der Elektrode 6 bei den Varianten der Generatoren für ionisierende Strahlung, deren Elektrodenblöcke in Fig. 2, 3, 4 dargestellt sind, sind analog dem oben Beschriebenen.

Die Arbeit des Generators für beschleunigte Elektronen, dessen Elektrodenblock in Fig. 2 dargestellt ist, weist folgende Besonderheiten auf. Beim Fließen eines Kapazitätsstroms zwischen dem Gehäuse 4 und der Hochspannungselektrode 6, der auch über das Hochspannungsende der Hochspannungswicklung 10 fließt, wird in der Wicklung 19 ein Strom induziert. Dieser Strom erhitzt die Kathode<sup>h</sup> 8. Die durch die Kathode<sup>h</sup> 8 emittierten Elektronen werden in Richtung zur Niederspannungselektrode<sup>denen</sup> 7 in den Halbperioden beschleunigt, in das Potential der Hochspannungselektrode eine negative Polarität besitzt. Bei Energien der Elektroden von 300 keV und mehr können sie effektiv über die Grenzen des Beschleunigungsrohrs 3 in Form eines Bündels beschleunigter Elektronen "e" durch die Niederspannungselektrode 7 hinausgeführt werden, wenn sie aus einem dünnen Werkstoff geringer Dichte - aus einer 50 bis 100  $\mu$ m dicken Aluminium- oder Titanfolie - hergestellt ist.

Ist die Niederspannungselektrode aus einem Werkstoff

909828/0941

BAD ORIGINAL

hoher Dichte, z. B. aus dicker Wolframfolie (0,2 bis 0,3 mm), hergestellt, wird die Einrichtung eine Röntgenstrahlung " $\gamma$ " generieren.

Die so Variante der Konstruktion des Generators für ionisierende Strahlung gestattet es, abgesehen von den Vorteilen der in Fig. 1 dargestellten Konstruktion, Bündel beschleunigter Elektroden sowie intensive Ströme einer Röntgenstrahlung bei Energien der beschleunigten Elektroden über 300 bis 400 keV zu erhalten, weil das Richtdiagramm der Röntgenstrahlung bei derartigen Energien ein scharf ausgeprägtes Maximum in Bewegungsrichtung der beschleunigten Elektronen aufweist.

Die Arbeit des Generators für Röntgenstrahlung und beschleunigte Elektronen, dessen Elektrodenblock in Fig. 3 wiedergegeben ist, vollzieht sich in folgender Weise. Die Netzkathode 20 emittiert einen die Oberfläche der Hochspannungselektrode 6 beschießenden Elektronenstrom. Hierbei werden an der Oberfläche der Hochspannungselektrode 6 in den positiven Halbperioden der Spannung Quanten der Röntgenstrahlung " $\gamma$ " erzeugt, die bei dieser Konstruktion des Elektrodenblocks gleichzeitig in Radialrichtung (durch die Wände des Gehäuses 4) und in Axialrichtung (durch die Netzkathode 20 und die Austrittsöffnung 22) austreten können. Ist die Betriebsart des Strahlers derart gewählt, daß die Oberfläche der Hochspannungselektrode 6 infolge des Beschusses in solch einem Grad erhitzt wird, daß sie selbst Elektronen zu emittieren beginnt, so

werden diese Elektronen in den negativen Halbperioden der Spannung an der Hochspannungselektrode 6 in Richtung zur Austrittsöffnung 22 beschleunigt. Die Elektronen können den Vakuumraum des Beschleunigungsrohres 3 verlassen.

Das Vorhandensein der fokussierenden Blende 21 gestattet es, eine großflächige Netzkatode<sup>h</sup> zu verwenden, die der Einwirkung eines Ionenbeschusses weniger ausgesetzt ist und daher aus einem Werkstoff mit einer geringen Elektronenaustrittsarbeit, beispielsweise aus thoriertem Wolfram, hergestellt werden kann.

Einer der zusätzlichen Hauptvorteile der betrachteten Konstruktion des Generators für ionisierende Strahlung besteht in seiner Vielfachbereitschaft. Darüber hinaus gestattet diese Konstruktion, sowohl das radiale als auch das stirnseitige Bündel der Röntgenstrahlung auszunutzen, was den Anwendungsbereich des Generators erweitert und dessen Leistungsfähigkeit bei der Defektoskopie mit einer gleichzeitigen Ausnutzung dieser Bündel erhöhen kann. Es ist auch<sup>hervorzuheben,</sup> daß die erfindungsgemäße Konstruktion der Netzkatode es erlaubt, deren Wirksamkeit durch Verwendung eines Materials mit niedriger Austrittsarbeit bei<sup>deren</sup> Herstellung zu steigern.

Die Arbeit des Neutronengenerators, dessen Elektrodenblock in Fig. 4 dargestellt ist, weist folgende Besonderheiten auf. Mit Hilfe des Transformators 9 wird die Katode<sup>h</sup> 26 der Ionenquelle 23 erhitzt. Es wird durch die Wicklung des Solenoids

29 ein Strom geschickt und im Volumen der Ionenquelle 23 ein axiales Magnetfeld aufgebaut. Der Anode 28 der Ionenquelle 23 wird eine positive Spannung " $U_A$ " zugeführt. Dann zündet im Deuterium oder in einem Deuterium-Tritium-Gemisch, die das Volumen der Ionenquelle 23 bei einem Druck von ca.  $10^{-3}$  Torr ausfüllen, infolge einer axialen Elektronenoszillation eine Penning-Entladung, und es bildet sich ein Plasma 24 aus. Dem Ionenextraktor 25 wird eine negative Spannung " $U_{ext}$ " zugeführt. Im vorstehend beschriebenen Verfahren wird eine Beschleunigungsspannung zwischen der Hochspannungselektrode 6 und der Niederspannungselektrode, im vorliegenden Fall dem Extraktor 25, erzeugt. Die Deuteriumionen werden durch das Feld des Extraktors 25 herausgezogen, und es wird mit deren Beschleunigung in Richtung zur Hochspannungselektrode 6 in den Halbperioden begonnen, <sup>in denen</sup> deren Potential negativ ist. Sie beschließen die mit Tritium gesättigte Oberflächenschicht der Hochspannungselektrode 6 und es läuft die Reaktion einer Synthese von Deuterium und Tritium unter Aussendung von Neutronen mit einer Energie von 14 MeV ab. Die die Hochspannungselektrode 6 beschießenden Tritiumionen gleichen den Verbrauch von Tritium in der Oberflächenschicht aus.

Ein Hauptvorteil dieser Variante des Neutronengenerators bietet die Möglichkeit, die Ionen auf Energien von 300 bis 400 keV zu beschleunigen, das Bündel der beschleunigten Ionen damit effektiv auszunutzen und intensive Neutronenflüsse mit Hilfe eines kleinformatigen Neutronenstrahlers zu erhalten.



Die Arbeit des Generators für ionisierende Strahlung mit einem in Form eines ganzen Rohrstücks ausgeführten Rohrisolator und einer schraubenlinienförmig koaxial zu diesem Rohrstück, wie in Fig. 5 gezeigt, angeordneten Hochspannungswicklung verläuft analog dem oben Beschriebenen.

Der Vorteil dieser Variante besteht darin, daß die Oberfläche der Leitungen der Hochspannungswicklung 31 dem Strom des Kühlmittels zugewandt ist und daher intensiv abgekühlt wird. Bei einer turbulenten Strömung des Kühlmittels können sich darin Gasblasen ausbilden. Die angegebene Konstruktion der Hochspannungswicklungen 31 gewährleistet <sup>jedoch</sup> eine Abschirmung des Kühlmittels gegen starke elektrische Felder, weshalb das Erscheinen von Gasblasen im Kühlmittel keinen elektrischen Durchschlag bewirkt. Darüber hinaus trägt das dichte Anliegen der Windungen der Hochspannungswicklung 31 an der Oberfläche des Rohrstücks 30 zu einer gleichmäßigeren Potentialverteilung über dessen Länge bei und vergrößert dadurch dessen elektrische Festigkeit.

-25-

Leerseite

2900328

Nummer: 29 00 328  
Int. Cl.<sup>2</sup>: H 05 H 5/00  
Anmeldetag: 5. Januar 1979  
Offenlegungstag: 12. Juli 1979

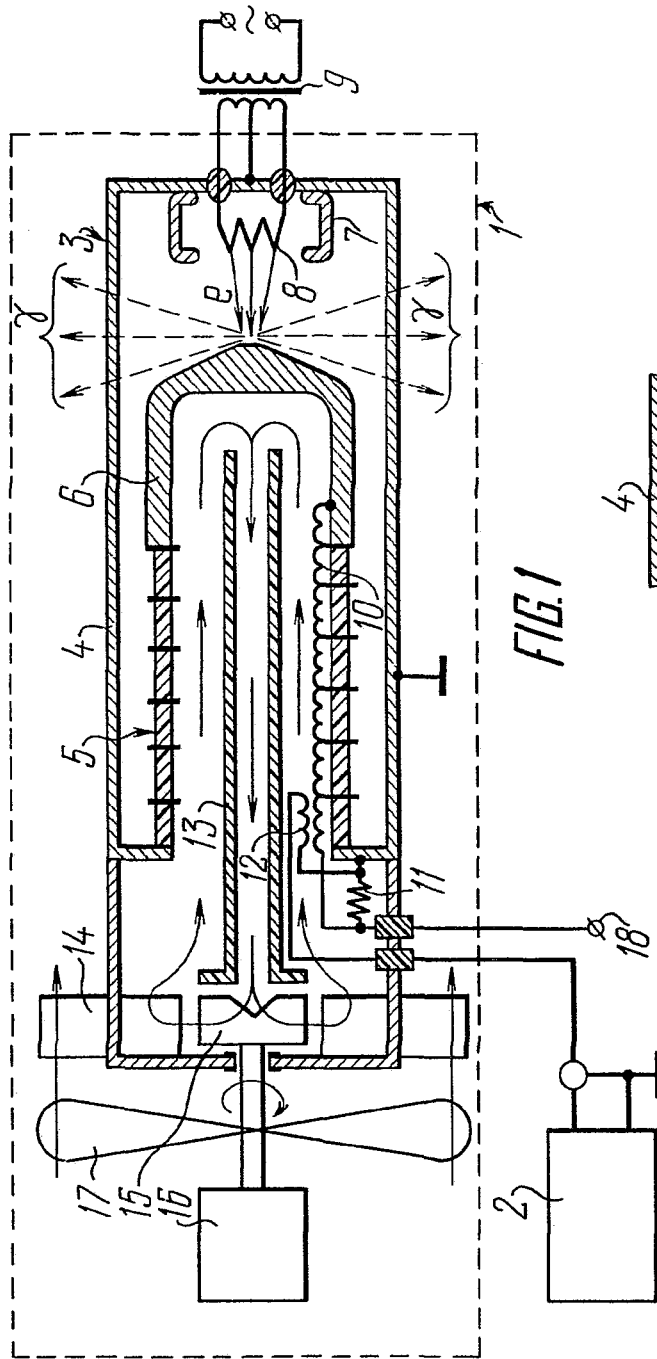


FIG. 1

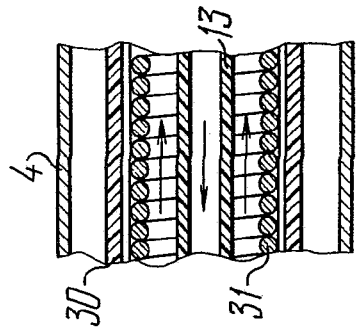


FIG. 5

909828/0941

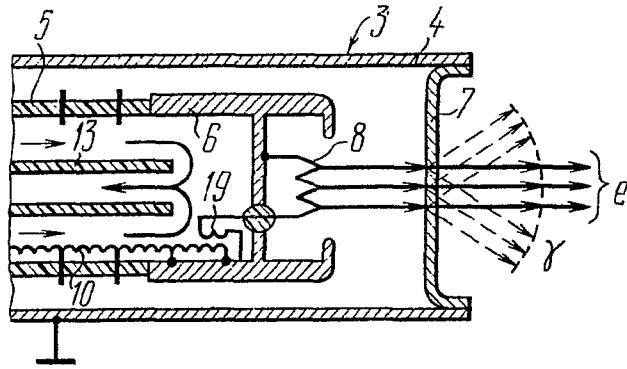


FIG. 2

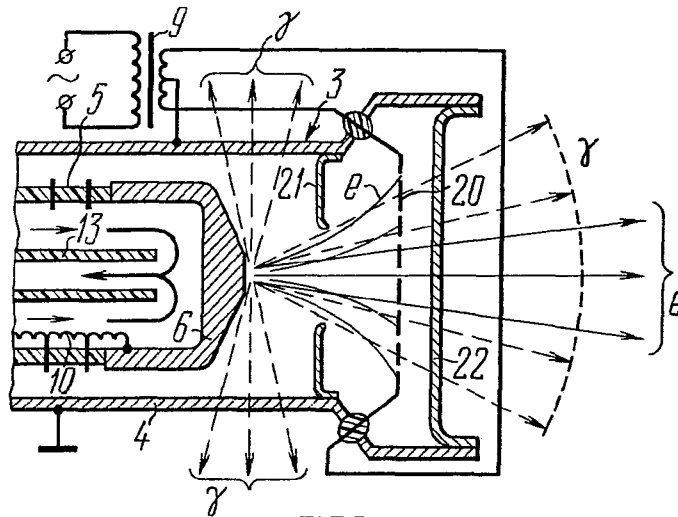


FIG. 3

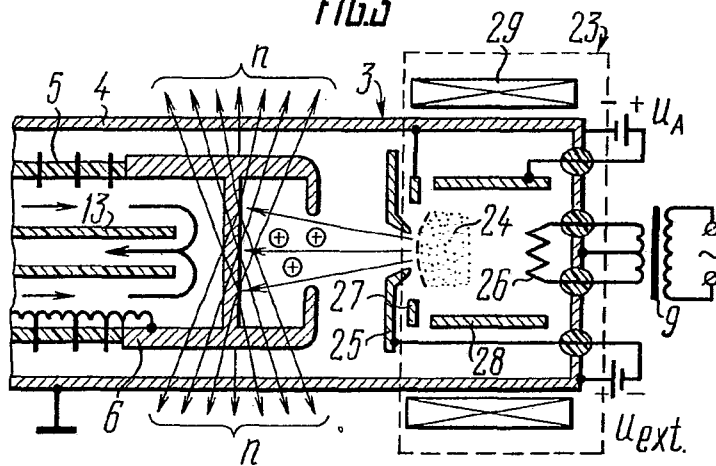


FIG. 4