



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 40 12 019 B4** 2004.11.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 40 12 019.8**
(22) Anmeldetag: **13.04.1990**
(43) Offenlegungstag: **25.10.1990**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.11.2004**

(51) Int Cl.⁷: **H01J 35/10**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
342149 24.04.1989 US

(71) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:
**Sieb, R., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 69514
Laudenbach**

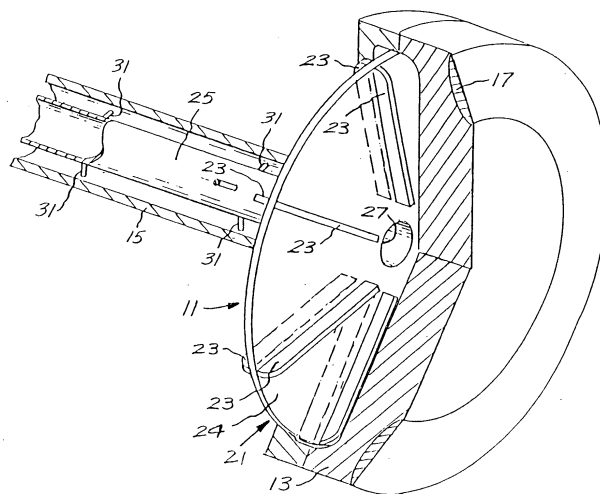
(72) Erfinder:
Staub, Fred Wolf, Schenectady, N.Y., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE-PS 7 48 910
EP 02 93 791 A1
EP 01 87 020 A2

(54) Bezeichnung: **Drehanode für eine Röntgenröhre**

(57) Hauptanspruch: Drehanode (11) für eine Röntgenröhre, umfassend:

- einen hohlen drehbaren Anodenteller (13) mit zwei Kreisflächen, von denen eine eine abgeschrägte Kante für einen Targetbereich (17) aufweist,
- ein gemeinsam mit dem Anodenteller (13) drehbares kreisförmiges Leitblech (21), das konzentrisch innerhalb des hohlen Anodentellers (13) angeordnet ist und auf beiden Seiten jeweils eine Mehrzahl im wesentlichen radial verlaufender Leitschaukeln (23) aufweist, um einer Kühlflüssigkeit auf beiden Seiten des kreisförmigen Leitbleches (21) die tangentielle Geschwindigkeit des Anodentellers (13) zu verleihen, wobei das kreisförmige Leitblech (21) an der Peripherie einen Abstand zur inneren Oberfläche des Anodentellers (13) hat,
- eine Einrichtung zur Zuführung der Kühlflüssigkeit zum zentralen Teil des Innenraums des Anodentellers (13) auf der dem Targetbereich (17) abgewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (21) und
- eine Einrichtung zum Ableiten der Kühlflüssigkeit vom zentralen Teil des Innenraums des Anodentellers (13) auf der dem Targetbereich (17) zugewandten Seite des...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Drehanode für eine Röntgenröhre.

[0002] Hochleistungs-Röntgenröhren der Art, wie sie in der medizinischen Diagnostik und der Röntgen-Kristallographie benutzt werden, erfordern eine Anode, die relativ große Wärmemengen entfernen muß. Da die primäre Art der Entfernung dieser Wärme durch Wärmestrahlung von der Anode erfolgt, führt eine Zunahme der abstrahlenden Oberfläche zu einer größeren Wärmeabführung. Durch Drehen der Anode kann ein frischer Bereich der Brennschmelze kontinuierlich dem Elektronenstrahl zugeführt werden, der von der Kathode emittiert wird, und die während der Röntgenstrahlerzeugung gebildete Wärme kann vorteilhafterweise über einen größeren Bereich verteilt werden. Die Anodenrotation gestattet es daher, eine Röntgenröhre bei allgemein höheren Leistungen zu betreiben als eine Röhre mit stationärer Anode, und das Problem der Verschlechterung der Brennschmelzeoberfläche, das in Röhren mit stationärer Anode auftritt, wird vermieden, vorausgesetzt die Temperaturgrenzen des Oberflächenmaterials der Brennschmelze werden nicht überschritten.

[0003] Die Menge der erzeugten Wärme und die erreichten Temperaturen einer Röntgenröhre können beträchtlich sein. Da weniger als 0,5 % der Energie des Elektronenstrahls in Röntgenstrahlen umgewandelt wird, während ein Hauptteil der verbleibenden Energie als Wärme auftritt, kann die mittlere Temperatur der Brennschmelzeoberfläche der Drehanode 1200°C übersteigen, wobei Spitzentemperaturen des heißen Fleckes beträchtlich höher sind. Die Verminderung dieser Temperaturen und die Abführung der Wärme sind kritisch für jede Leistungssteigerung. Die Möglichkeit, die erzeugte Wärme allein durch Anodenrotation abzuführen, ist jedoch begrenzt. Als Folge hat sich die Entwicklung von Röntgengeräten mit Drehanoden verzögert, obwohl noch höhere Leistungen erforderlich sind.

[0004] Ein weiterer Nachteil der Geräte nach dem Stand der Technik ist ihre begrenzte Lebensdauer, die teilweise durch ihre Fähigkeit bestimmt ist, die Wärme abzuführen. Da Röntgengeräte relativ teuer sein können, führt eine verlängerte Lebensdauer zu beträchtlichen Kosteneinsparungen.

[0005] Die über die Zeit gemittelte Wärmeabführung der Röntgenröhre die in einem CT-Scanner benutzt wird, bestimmt den Patientendurchlauf. Derzeitige CT-Scannerröhren führen etwa 3 KW ab. Überhitzt sich die Brennschmelze der Röntgenröhre, wie dies bei einer erhöhten Patientendurchführung der Fall ist, dann muß die Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Nutzungszeiten der Maschine verlängert werden, damit sich die Brennschmelze abkühlen kann. Eine Röntgen-

röhre mit stärkerer Wärmeabführung gestattet eine verbesserte Nutzung der Vorrichtung.

[0006] Müssen rotierende Scheiben intern gekühlt werden, um Temperaturen zu vermeiden, die die vorgesehenen Grenzen übersteigen, dann kann ein direktes Flüssigkeitskühlen eine maximale Wärmeabführung ergeben. Um die Wärmeübertragungskoeffizienten von der Oberfläche der Drehanode zum hohlen Inneren der Anode zu maximieren, sind sehr kleine Durchgänge, die starke Kühlmittelströmungen bei hoher Geschwindigkeit aufweisen, häufig nicht praktisch. Wenn es darüber hinaus erwünscht ist, dielektrische Flüssigkeiten zu benutzen, deren Wärmeabführungsfähigkeiten unter denen von Wasser liegen, dann sind die erhaltenen Wärmeübertragungskoeffizienten unter Anwendung der üblichen Wege häufig zu gering.

Stand der Technik

[0007] Die europäische Offenlegungsschrift 0 293 791 offenbart zwar eine flüssigkeitsgekühlte Drehanode für eine Röntgenröhre, die folgende Merkmale der beanspruchte Drehanode aufweist:

- einen hohlen drehbaren Anodenteller mit zwei Kreisflächen (in Draufsicht), von denen eine eine abgeschrägte Kante für einen Targetbereich aufweist,
- ein gemeinsam mit dem Anodenteller drehbares, (in Draufsicht) kreisförmiges Leitblech, das konzentrisch innerhalb des hohlen Anodentellers angeordnet ist und auf beiden Seiten jeweils eine Mehrzahl im wesentlichen radial verlaufender Leitschaukeln aufweist, die der Kühlflüssigkeit auf beiden Seiten des Leitblechs die tangential Geschwindigkeit des Anodentellers verleihen, wobei das kreisförmige Leitblech an der Peripherie einen Abstand zur inneren Oberfläche des Anodentellers hat,
- eine Einrichtung zur Zuführung der Kühlflüssigkeit zum zentralen Teil des Innenraums des Anodentellers auf einer Seite des Leitblechs und
- eine Einrichtung zum Entfernen der Kühlflüssigkeit vom zentralen Teil des Innenraums des Anodentellers auf der anderen Seite des Leitblechs,
- wobei die Leitschaukeln auf der dem Targetbereich zugewandten Seite des Leitblechs so ausgebildet – d.h. nach der Peripherie des Leitblechs hin verkürzt – sind, daß unterhalb des Targetbereichs ein Zustand freier Wirbelströmung erzeugt wird, der unterhalb des Targetbereichs ein Sieden der Kühlflüssigkeit durch Keim- und Blasenbildung ermöglicht, während in dem Bereich nach dem Zentrum des Anodentellers hin ein Zustand erzwungener Wirbelströmung herbeigeführt wird.

[0008] Jedoch wird die Kühlflüssigkeit danach dem hohlen Anodenteller auf der dem Targetbereich zugewandten Seite des Leitblechs zugeführt und von der

dem Targetbereich abgewandten Seite des Leitblechs entfernt, weshalb die Kühlflüssigkeit auf der dem Targetbereich zugewandten Seite des Leitblechs radial nach außen zur Peripherie des Anodentellers und auf der dem Targetbereich abgewandten Seite des Leitblechs von der Peripherie radial nach innen strömt, wobei in der radial nach außen strömenden Kühlflüssigkeit bewußt ein Sieden unterhalb des Targetbereichs herbeigeführt wird. Dementsprechend findet sich in dieser Druckschrift kein Hinweis darauf, daß ein Sieden und eine Filmverdampfung der Kühlflüssigkeit an der inneren Oberfläche des Anodentellers an der Peripherie des Anodentellers einschließlich des Targetbereichs problematisch sein könnte bzw. wie dies vermieden werden könnte.

Aufgabenstellung

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Drehanode für Röntgenröhren hoher Intensität mit hohen Übertragungskoeffizienten über alle inneren Oberflächen zu schaffen, die den Einsatz eines dielektrischen Kühlmittels gestattet und keine hohen Kühlmittelströmungsraten und keine komplizierten engen Kühlmitteldurchgänge erfordert.

[0010] Diese Aufgabe wird mit der Drehanode nach dem Patentanspruch 1 gelöst.

[0011] Erfindungsgemäß wird auch ein Verfahren zum Kühlen einer hohlen Drehanode mit einem Kühlmitteldurchgang geschaffen, der sich radial nach außen zur Peripherie der Hohlanode längs einer inneren Fläche und radial nach innen längs einer anderen inneren Fläche erstreckt, die die Brennschmelze aufweist. Die Tangentialgeschwindigkeit der rotierenden Anode wird auf die Kühlflüssigkeit übertragen, die nahe dem Zentrum in die Anode eintritt. Der Druck, der in der radial nach außen strömenden Flüssigkeit erzeugt wird, ist so ausgewählt, daß ein Sieden bzw. Verdampfen der Flüssigkeit vermieden ist. Der Druck, der in der radial nach innen strömenden Flüssigkeit erzeugt wird, ist ausgewählt, um ein Sieden aufgrund von Keim- bzw. Blasenbildung im Bereich unterhalb der Brennschmelze zu gestatten.

[0012] Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im einzelnen zeigen:

[0013] Fig. 1 eine teilweise weggeschnittene isometrische Ansicht einer erfindungsgemäßen Drehanode für eine Röntgenröhre,

[0014] Fig. 2 eine Schnitt-Seitenansicht der Drehanode nach Fig. 1

[0015] Fig. 3 bis 6 isometrische Ansichten nur des Leitwandteiles der Drehanode mit verschiedenen Leitschaukelkonfigurationen zum Steuern der Kühl-

mittelströmung gemäß der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsbeispiel

[0016] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche Elemente mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet und in den Fig. 1 und 2 ist jeweils eine Drehanode **11** einer Röntgenröhre dargestellt. Diese Anode umfaßt eine hohle Scheibe bzw. einen hohlen Teller aus Molybdän, die bzw. der auf einem hohlen Schaft **15** montiert ist, der sich von einer Seite der Scheibe bzw. des Tellers aus erstreckt. Die hohle Scheibe kann in zwei Teilen hergestellt werden, die entlang einer axialen Mittellinie aneinander stoßen. Die beiden Teile können z. B. durch Elektronenstrahlschweißen miteinander verbunden werden. Das Innere des Schaftes und der Scheibe stehen in Strömungsverbindung miteinander. Die andere Seite der Scheibe hat eine abgechrägte Kante, auf die Brennschmelzmaterial durch Plasmasprühen mit einem ringförmigen Muster aufgebracht ist, um auf dem äußeren Teil der ringförmigen Scheibenfläche eine Brennschmelze **17** zu erzeugen. Die ringförmige Brennschmelzoberfläche kann aus einer Wolframlegierung bestehen. Innerhalb des hohlen Tellers befindet sich eine scheibenförmige Trenn-Leitwand **21** mit einer Vielzahl sich radial erstreckender Leitschaukeln **23**, die symmetrisch auf jeder Seite einer Scheibe **24** angeordnet sind. Die Leitschaukeln können z. B. durch Hartlöten an der Scheibe befestigt sein. Während auf jeder Seite der Scheibe **8** Leitschaukeln gezeigt sind, können üblicherweise 4 bis 16 Leitschaukeln benutzt werden. Die Leitwand **21** wird durch einen hohlen Schaft **25** getragen, der eine zentrale Öffnung **27**, die in der Leitwand **21** ausgebildet ist, umgibt. Der Schaft **25** ist durch Abstandshalter **31** konzentrisch innerhalb des Schaftes **15** gehalten. Die Scheibe **24** der Leitwand **21** und die Leitschaukeln **23** müssen nicht mit irgendeinem Teil der Scheibe **13** im Inneren verbunden sein, um die Herstellung der Anode zu vereinfachen. Wenn erwünscht, können die Leitschaukeln jedoch mit dem Inneren der Scheibe verschweißt sein. Scheibe und Leitwand rotieren als eine Einheit, da die Schäfte **15** und **25** durch die Abstandshalter **31** verbunden sind. Leitwand und Schäfte können aus irgendeinem geeigneten hitzebeständigen Material, wie korrosionsbeständigem Stahl, hergestellt sein.

[0017] Während des Betriebes bildet der ringförmige Durchgang, der durch das Äußere des Schaftes **25** und das Innere des Schaftes **15** gebildet wird, einen Einlaßdurchgang für Kühlmittel. Das Kühlmittel kann vorteilhafterweise die gleiche dielektrische Flüssigkeit sein, die zum Kühlen des Äußeren der nicht dargestellten Röntgenröhre benutzt wird oder es kann irgendein verträgliches dielektrisches Kühlmittel sein. Das Kühlmittel wird mittels einer nicht dargestellten Pumpe durch die Öffnung zwischen den Schäften **25** und **15** befördert. Es wird durch die Leitwand **21** abgelenkt und strömt radial nach außen,

wobei die tangentielle Geschwindigkeit des Strömungsmittels durch die Leitschaufeln **23** der Leitwand sichergestellt wird. Das auf den sich drehenden Teller **13** tretende Kühlmittel strömt auf einer Seite der Leitwand radial nach außen zur Kante der Leitwand und um die Außenkante herum. Dann strömt das Kühlmittel auf der anderen Seite der Leitwand radial nach innen durch die Öffnung **27** im Zentrum der Leitwand und durch den hohlen Schaft **25** wieder hinaus.

[0018] Wärmeübertragung durch Eigenkonvektion, Wärmeübertragung durch Sieden aufgrund von Keim- bzw. Blasenbildung und die maximal zulässige Wärmeströmung bei dem letztgenannten Sieden durch Keim- bzw. Blasenbildung nehmen mit zunehmender Beschleunigung zu. Da die maximale Heizrate aufgrund des Auftreffens des Elektronenstrahls nahe der Peripherie auf der Brennschulbahn **17** nahe dieser Scheibenperipherie angetroffen wird und da es erwünscht ist, eine Filmverdampfung an der Peripherie wegen der damit verbundenen geringen Wärmeübertragungskoeffizienten zu vermeiden, kann eine Kombination aus Geschwindigkeit der rotierenden Scheibe und dem Scheibendurchmesser ausgewählt werden, die gestattet, daß der periphere Teil des Inneren der Scheibe oberhalb des kritischen Druckes des Kühlmittels liegt, so daß irgendein Verdampfen vermieden wird, während hohe Wärmeübertragungskoeffizienten bei der Eigenkonvektion gestattet werden. Während dies eine maximale Wärmeabfuhr gestattet, ist der Betrieb oberhalb des kritischen Druckes nicht erforderlich, wenn die lokale Wandtemperatur unterhalb der Sättigungstemperatur des Kühlmittels liegt.

[0019] Die Leitschaufeln sind so ausgewählt, daß sie das eintretende Kühlmittel Wärme absorbieren, es aber nicht sieden bzw. verdampfen lassen, während es radial nach außen strömt, doch läßt man das Kühlmittel verdampfen, während es auf der anderen Seite der Leitwand radial nach innen fließt. Dies verhindert ein Sieden an der Scheibenperipherie und gestattet die erforderlichen hohen Wärmeübertragungskoeffizienten durch Eigenkonvektion an dieser Scheibenperipherie. Auf der Seite der Leitwand, auf der das radiale Strömen nach innen erfolgt, kann ein Verdampfungsmodus beginnen, der hohe Wärmeübertragungskoeffizienten beim Verdampfen durch Keim- bzw. Blasenbildung gestattet. Der maximale Wärme- fluß durch Verdampfen aufgrund von Keim- bzw. Blasenbildung ist druckabhängig. Die radiale Druckverteilung wird durch die tangentielle Kühlmittelgeschwindigkeit gesteuert, die durch die Ausbildung der Leitschaufeln für einen gegebenen Scheibendurchmesser und eine gegebene Rotationsgeschwindigkeit bestimmt ist. Dies gestattet das Halten des Wärmeflusses unterhalb des maximalen Wärmeflusses beim Sieden durch Keim- bzw. Blasenbildung. Ein unterkühltes Verdampfen ist erwünscht, um die Net-

to-Dampfbildung während der Strömung radial nach innen zu verhindern, da eine solche Netto-Dampfbildung die lokale Druckkontrolle verhindern würde. Darüber hinaus erhöht ein solches unterkühltes Sieden auch die maximale Wärmeübertragung durch Verdampfen aufgrund von Keim- bzw. Blasenbildung. Ein unterkühltes Verdampfen tritt auf, wenn die mittlere Temperatur der Flüssigkeit unterhalb des Sättigungstemperatur für einen gegebenen Druck liegt, was es gestattet, daß der Dampf, der durch Verdampfen aufgrund von Keim- bzw. Blasenbildung benachbart den heißen Innenwandungen der Scheibe gebildet wird, durch die kühlere Flüssigkeit in der Strömung kondensiert wird.

[0020] Eine geeignete dielektrische Flüssigkeit kann eine perfluorierte organische Verbindung sein, wie die von der 3M Company unter der Handelsbezeichnung FLUORINERT vertriebene Flüssigkeit. Der Druck am kritischen Punkt für FLUORINERT **75** beträgt 16,45 bar. Diesen Druck kann man im Inneren einer Hohlkathode mit einem Durchmesser von etwa 8,9 cm erzielen, die mit 10 000 U/m rotiert, Strömungsgeschwindigkeiten von 5 g/min bei einem nominellen Flüssigkeitsdruck von etwa 4,22 bis etwa 7,03 bar oberhalb Atmosphärendruck für einen Betrieb bei 12 KW aufweist.

[0021] Strömungsgeschwindigkeiten durch die Anode sind so ausgewählt, daß man das aus der Anodenscheibe austretende Kühlmittel unterkühlt hält. Beträchtliche Strömungsraten sind nicht erforderlich, um hohe Wärmeübertragungskoeffizienten zu erzielen.

[0022] Würde ein Verdampfen an der Seite des Leitbleches auftreten, an der die radiale Strömung nach außen erfolgt oder an der Peripherie des Leitbleches, bei der die Flüssigkeit von einer Seite des Leitbleches auf die andere tritt, dann würden Strömungsinstabilitäten die Strömungskontrolle erschweren und es würde wahrscheinlich ein Filmverdampfen in dem Bereich unterhalb des Kreises auftreten, in dem der Elektronenstrahl auf die Brennschulbahn trifft, was eine Wärmeübertragung zur Flüssigkeit stark vermindern würde. Wird ein Verdampfen auf der Seite des Leitbleches, auf der die Strömung des Kühlmittels nach außen erfolgt, vollständig vermieden, dann mag die maximale Wärmeübertragung zur Flüssigkeit nicht erzielt werden.

[0023] In Fig. 3 ist eine andere Konfiguration für die Leitschaufeln des Leitbleches **21** gezeigt. Um die Wärmeübertragung von der Scheibe zum Kühlmittel in dem Bereich zu erhöhen, in dem die maximale Wärmezuführung zur Brennschul erfolgt, ist es erwünscht, den Bereich auszudehnen, in dem der Druck in einem Bereich von +10 % des kritischen Druckes liegt. Der kritische Punkt kann als der Schnittpunkt der Linie der gesättigten Flüssigkeit mit

der Linie des gesättigten Dampfes in einem Temperatur/Volumen-Diagramm für eine Substanz definiert werden, die die flüssigen und dampfförmigen Phasen zeigt. Am kritischen Punkt sind die Zustände der koexistierenden gesättigten Flüssigkeit und des gesättigten Dampfes identisch. Temperatur, Druck und spezifisches Volumen am kritischen Punkt werden als kritische Temperatur, kritischer Druck und kritisches Volumen bezeichnet. In der Nähe des kritischen Punktes hat der Wärmeübertragungskoeffizient eine sehr scharfe Spitze. Die Wärmeübertragung nahe dem kritischen Punkt schließt das Verdampfen unmittelbar unterhalb dem kritischen Druck und die Konvektion unmittelbar darüber ein. Der radiale Druckgradient der Kühlflüssigkeit in der Anodenscheibe hängt davon ab, ob eine erzwungene oder eine freie Wirbelströmung vorliegt, wobei eine erzwungene Wirbelströmung einen höheren Druck erzeugt. In einem Bereich ohne Leitschaukeln kann eine freie Wirbelströmung existieren. Leitschaukeln, die sich von der Scheibe zum Teller erstrecken, erzeugen während der Tellerrotation einen erzwungenen Wirbel. Um den Bereich auszudehnen, in dem eine Spitze des Wärmeüberganges auftritt, sind die Leitschaukeln getrimmt bzw. gekürzt, um einen radial sich erstreckenden Bereich zu erhalten, in dem Druckvariationen geändert werden, um einen besseren Nutzen aus den hohen Wärmeübertragungskoeffizienten in der Nähe des kritischen Punktes zu ziehen, wie

[0024] Fig. 3 zeigt. Die Druckvariationen aufgrund der getrimmten Leitschaukeln verursachen einen Betrieb zwischen der erzwungenen und der freien Wirbelströmung. Üblicherweise existieren die stark verbesserten Wärmeübertragungskoeffizienten im Bereich von +10 % des kritischen Druckes.

[0025] In Fig. 4 ist eine andere Ausführungsform einer Leitschaukelkonfiguration gezeigt, um die Druckvariation in der Radialrichtung in der Nähe des kritischen Druckes einzustellen. Die Leitschaukeln **23** sind sowohl auf der Seite der Außenströmung als auch der Seite der Innenströmung der Leitwand **21** gezeigt.

[0026] Bei der Ausführungsform nach Fig. 5 sind die Leitschaukeln **23** nahe dem Zentrum des Leitbleches **21** gebogen, um die Flüssigkeitsgeschwindigkeit mit Bezug auf die Leitschaukeloberfläche zu beschleunigen, um die Wärmeübertragung zu verbessern und eine Rückströmung aufgrund der Wechselwirkung der Leitschaukeln mit der Sekundärzirkulation des Kühlmittels zu verhindern.

[0027] Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der Leitwand **21**, bei der der Abstand zwischen der Leitwand und dem Inneren des Tellers auf der Seite der Innenströmung und der Außenströmung ungleich sind. Der Abstand zwischen der Seite der Außenströmung und dem Inneren der Scheibe ist geringer als

der Abstand zwischen der Seite der Innenströmung des Leitbleches und dem Inneren der Scheibe. Der engere Spalt vermindert die Rückströmung am Austritt des Kühlmittels in den Schaft, indem er die Radialgeschwindigkeit des Kühlmittels erhöht.

[0028] Es wurde eine Drehanode für Röntgenröhren hoher Intensität mit hohen Wärmeübertragungskoeffizienten über alle inneren Oberflächen beschrieben, die den Einsatz eines dielektrischen Kühlmittels gestattet.

Patentansprüche

1. Drehanode (**11**) für eine Röntgenröhre, umfassend:

- einen hohlen drehbaren Anodenteller (**13**) mit zwei Kreisflächen, von denen eine eine abgeschrägte Kante für einen Targetbereich (**17**) aufweist,
- ein gemeinsam mit dem Anodenteller (**13**) drehbares kreisförmiges Leitblech (**21**), das konzentrisch innerhalb des hohlen Anodentellers (**13**) angeordnet ist und auf beiden Seiten jeweils eine Mehrzahl im wesentlichen radial verlaufender Leitschaukeln (**23**) aufweist, um einer Kühlflüssigkeit auf beiden Seiten des kreisförmigen Leitbleches (**21**) die tangential Geschwindigkeit des Anodentellers (**13**) zu verleihen, wobei das kreisförmige Leitblech (**21**) an der Peripherie einen Abstand zur inneren Oberfläche des Anodentellers (**13**) hat,
- eine Einrichtung zur Zuführung der Kühlflüssigkeit zum zentralen Teil des Innenraums des Anodentellers (**13**) auf der dem Targetbereich (**17**) abgewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (**21**) und
- eine Einrichtung zum Ableiten der Kühlflüssigkeit vom zentralen Teil des Innenraums des Anodentellers (**13**) auf der dem Targetbereich (**17**) zugewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (**21**),
- wobei die radiale Erstreckung der Leitschaukeln (**23**) auf der dem Targetbereich (**17**) abgewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (**21**) in Kombination mit der Rotationsgeschwindigkeit und dem Radius des Anodentellers (**13**) so gewählt ist, daß die Tangentialgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeit einen Druck bewirkt, durch den ein Sieden der radial nach außen strömenden Kühlflüssigkeit und eine Filmverdampfung der Kühlflüssigkeit an der inneren Oberfläche des Anodentellers (**13**) an der Peripherie des Anodentellers (**13**) einschließlich des Targetbereichs (**17**) vermieden wird, und
- wobei die Leitschaukeln (**23**) auf der dem Targetbereich (**17**) zugewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (**21**) so ausgebildet sind, daß unterhalb des Targetbereichs (**17**) ein Zustand freier Wirbelströmung oder ein Zustand zwischen freier und erzwungener Wirbelströmung erzeugt wird, der unterhalb des Targetbereichs (**17**) ein Sieden der Kühlflüssigkeit durch Keim- und Blasenbildung ermöglicht, während in dem Bereich nach dem Zentrum des Anodentellers (**13**) hin ein Zustand erzwungener Wirbelströ-

mung herbeigeführt wird.

2. Drehanode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (23) auf der dem Targetbereich (17) zugewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (21) in radialer Richtung nach der Peripherie hin verkürzt sind (Fig. 3).

3. Drehanode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (23) auf der dem Targetbereich (17) zugewandten Seite des kreisförmigen Leitbleches (21) im Bereich nach der Peripherie hin eine kleinere Höhe in Axialrichtung des Anodentellers (13) als in dem Bereich nach dem Zentrum des Anodentellers (13) hin aufweisen (Fig. 4).

4. Drehanode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Targetbereich (17) gegenüberliegende Kreisfläche des Anodentellers (13) eine zentrale Öffnung aufweist, daß an dieser Kreisfläche um die zentrale Öffnung herum ein erster hohler Schaft (15) derart befestigt ist, daß das Innere des Schaftes (15) in Strömungsverbindung mit dem Inneren des Anodentellers (13) steht, daß auch das kreisförmige Leitblech (21) mit einer zentralen Öffnung (27) versehen ist, daß ein zweiter hohler Schaft (25), der innerhalb des ersten hohlen Schaftes (15) angeordnet ist, an dem kreisförmigen Leitblech (21) um dessen zentrale Öffnung (27) herum in der Weise befestigt ist, daß das Innere des zweiten Schaftes (15) ebenfalls in Strömungsverbindung mit dem Inneren des Anodentellers (13) steht, und daß zwecks gemeinsamer Drehbarkeit des kreisförmigen Leitblech (21) mit dem Anodenteller (13) der erste Schaft (15) mit dem zweiten Schaft (25) mechanisch verbunden ist.

5. Drehanode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Schaft (15) durch Abstandshalter (31) mit dem zweiten Schaft (25) verbunden ist.

6. Drehanode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (23) einen Abstand zur inneren Oberfläche des Anodentellers (13) aufweisen.

7. Drehanode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (23) in Umfangsrichtung jeweils einen gleichen Abstand voneinander haben.

8. Drehanode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (23) auf mindestens einer Seite des Leitbleches (21) nahe dessen Zentrum in Richtung der Anodenrotation gebogen sind, um die Geschwindigkeit der Kühlflüssigkeit zu erhöhen (Fig. 5).

9. Drehanode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Leitblech (21) näher an derjenigen Kreisfläche des Anodentellers (13) angeordnet ist, zu der der Targetbereich (17) gehört (Fig. 6).

10. Verfahren zum Kühlen einer Drehanode (11) für eine Röntgenröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die Kühlflüssigkeit auf der dem Targetbereich (17) abgewandten Seite des Leitbleches (21) radial nach außen zur Peripherie des hohlen Anodentellers (13) und auf der dem Targetbereich (17) zugewandten Seite des Leitbleches (21) von der Peripherie radial nach innen zum Zentrum des hohlen Anodentellers (13) strömt, wobei der radial nach außen strömenden Kühlflüssigkeit eine solche Tangentialgeschwindigkeit verliehen wird, daß ein Sieden der radial nach außen strömenden Kühlflüssigkeit unterdrückt und ein Filmverdampfen an der Peripherie des Anodentellers (13) einschließlich des Targetbereichs (17) vermieden wird, und wobei der Druck der radial nach innen strömenden Kühlflüssigkeit durch einen Zustand freier Wirbelströmung oder einen Zustand zwischen freier und erzwungener Wirbelströmung unterhalb des Targetbereichs (17) und einen Zustand erzwungener Wirbelströmung im Bereich nach dem Zentrum des Anodentellers (13) hin so eingestellt wird, daß unterhalb des Targetbereichs (17) ein Sieden der Kühlflüssigkeit aufgrund von Keim- und Blasenbildung stattfinden kann.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck der radial nach innen strömenden Kühlflüssigkeit so eingestellt wird, daß er unterhalb des Targetbereichs (17) am kritischen Punkt der Kühlflüssigkeit liegt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

