

(19)



(11)

EP 1 915 767 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.10.2009 Patentblatt 2009/41

(51) Int Cl.:
H01J 35/10^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06791590.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/008161

(22) Anmeldetag: **18.08.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/020097 (22.02.2007 Gazette 2007/08)

(54) **KÜHLANORDNUNG FÜR EINE DREHANODE**

COOLING DEVICE FOR A ROTATABLE ANODE

DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT POUR ANODE TOURNANTE

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

(30) Priorität: **19.08.2005 DE 202005013232 U**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.04.2008 Patentblatt 2008/18

(73) Patentinhaber: **Marresearch GmbH
22851 Norderstedt (DE)**

(72) Erfinder: **HENDRIX, Jules, Dr.
22851 Norderstedt (DE)**

(74) Vertreter: **Gerbaulet, Hannes
Neuer Wall 10
20354 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 4 165 472

EP 1 915 767 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft die Kühlung einer Drehanode zur Erzeugung von Röntgenstrahlung in einer Röntgenröhre, wobei die Drehanode eine Brennbahn, auf die ein Elektronenstrom trifft, und Lagerteile aufweist.

Stand der Technik

[0002] Röntgendrehanoden sind aus dem Stand der Technik bekannt. Röntgendrehanoden finden beispielsweise in der Forschung, medizinischen Radiologie, Struktur- und Werkstoffforschung oder auch in der medizinischen Diagnostik Anwendung. Bei Röntgendrehanoden wird im Hochvakuum durch den Elektronenbeschuss auf der Brennofläche der Anode Wärmeleistung abgegeben. Um ein Durchschmelzen des Anodenmaterials zu verhindern, muss die Anode gekühlt werden. Da die Kühlung durch Rotation oder Erhöhung der Umlaufgeschwindigkeit der Anode allein unzureichend ist, wird in der heutigen Technologie die Anode wassergekühlt. Eine Wasserkühlung ist jedoch mit dem Nachteil behaftet, dass zur effizienten Wärmeübertragung eine turbulente Strömung erforderlich ist. Diese erzeugt eine Verlustreibung (Reibung), die wiederum weggekühlt werden muss.

Darstellung der Erfindung, Aufgabe, Lösung, Vorteile

[0003] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Drehanode zur Verfügung zu stellen, die eine effizientere Kühlung ermöglicht.

[0004] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Anode mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen, und ein Verfahren mit den in Anspruch 11 angegebenen Merkmalen.

[0005] Die Grundidee der Erfindung ist es, das sogenannte Heat-Pipe-Prinzip für die Kühlung der Anode zugrunde zu legen. Dazu dient, dass sich zwischen der Brennbahn und den Lagerteilen eine Flüssigkeit befindet, die an der Verdampfungsfläche verdampft. Die Verdampfungsfläche wird durch den Aufprall der Elektronen auf die Brennofläche aufgeheizt. Dieser Dampf gelangt sodann zu den Lagerteilen, an denen sich durch Temperaturgradient ein Unterdruck befindet und eine Kondensation eintritt. Die Kondensationsfläche resultiert dabei aus dem Temperaturgradient, der sich zwischen der Verdampfungsfläche und den Lagerteilen einstellt, die auch die Funktion einer Kondensationsfläche erfüllen. Der Rücktransport des Kondensats zur Brennbahn geschieht durch die Zentrifugalkräfte der drehenden Anode. Auf diese Weise wird der Wärmekreislauf einer Heat-Pipe geschlossen.

[0006] Der Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Verdampfungswärme der Flüssigkeit in dem be-

treffenden Temperaturbereich eine zusätzliche Kühlwirkung im Vergleich zu der normalen Kühlung durch Strömung erzielt. Die Wärmeübertragung liegt um vielfaches höher als die im Falle einer strömenden Flüssigkeit. Zudem ist die Konstruktion der Kühlanordnung, die auf dem Heat-Pipe-Prinzip basiert, einfach und kostensparend, da lediglich der Raum zwischen den Lagerteilen und der Brennbahn genutzt wird.

[0007] Eine praktikable Variante der Erfindung sieht vor, dass das Kondensat zur Verdampfungsfläche gelangt, die an der Brennofläche ausgebildet ist.

[0008] Es ist von Vorteil, dass die Teile des Lagers gasdicht mit der Brennbahn verbunden sind. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass sich die Drehanode im Hochvakuum befindet.

[0009] Als besonders effektive Kondensationsflächen bieten sich Gleitlager an. Vorzugsweise ist das Lager daher ein Gleitlager.

[0010] Dazu dient auch, dass sich Rippen auf den Lagerteilen befinden. Die Rippen dienen zudem auch der Lagersteifigkeit.

[0011] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Flüssigkeit Wasser ist. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass Wasser bekanntlich eine hohe Wärmekapazität aufweist.

[0012] Denkbar ist aber auch, dass die Flüssigkeit Alkohol ist.

[0013] Um die Abführung des Wärmestromes zu gewährleisten, sieht Anspruch 8 vor, dass in den Lagerteilen ein Kühlstrom fließt. Bei dem Kühlstrom kann es sich beispielsweise auch um Stickstoff oder Kältegas handeln. Eine Kühlung einer Drehanode mittels eines Kühlstromes ist beispielsweise in der Patentschrift DE 36 44 719 C1 offenbart und kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung Verwendung finden.

[0014] Eine vorteilhafte Ausgestaltung, der Erfindung sieht vor, dass die Rippen auf den Lagerteilen in axialer Richtung angeordnet sind.

[0015] Um eine schnellere Verdampfung zu generieren, sieht eine praktikable Variante der Erfindung vor, dass die Verdampfungsfläche durch Rändeln und/oder Rippen vergrößert ist. Dadurch, dass die Verdampfungsfläche durch Rändeln und/oder Rippen vergrößert ist, entsteht eine raue Oberfläche, mit der Folge, dass die Verdampfung schneller eintritt.

[0016] Schließlich sieht die Erfindung ein Verfahren zur Kühlung einer Drehanode vor, bei dem an einer Brennbahn der Drehanode Flüssigkeit verdampft wird und die verdampfte Flüssigkeit zu gleichzeitig als Kondensationsfläche fungierenden Lagerteilen gelangt, an der die verdampfte Flüssigkeit kondensiert wird, wobei sodann durch die Zentrifugalkraft der drehenden Anode das Kondensat der Brennbahn wieder zugeführt wird. Das Kondensat kann dabei zu einer Verdampfungsfläche gelangen, die an der Brennofläche ausgebildet ist.

[0017] Vorzugsweise werden die Lagerteile dabei gasdicht mit der Brennbahn verbunden, wobei die Lagerteile als Gleitlager eingesetzt werden.

[0018] Gemäß dem Verfahren können Rippen auf den Lagerteilen eingesetzt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung

Fig. 1 in Aufsichtsdarstellung die Drehanode gemäß der vorliegenden Erfindung, und

Fig. 2 in Längsschnittdarstellung die Drehanode gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

[0020] In Figur 1 ist eine Kühlanordnung 100 einer Drehanode 10 dargestellt. Die Drehanode 10 weist eine Brennbahn 11 auf, auf die der Elektronenstrom trifft. Zwischen den Lagerteilen 15 und der Brennbahn 11 befindet sich ein Hohlraum 12, in dem sich eine Flüssigkeit 13 befindet. Das Material der Brennbahn ist ein Metall. Als Metall bietet sich Kupfer oder Chrom an. Bei der Flüssigkeit 13 kann es sich um Wasser handeln.

[0021] Denkbar ist aber auch, dass die Flüssigkeit 13 in Form eines Alkohols vorliegt. Die Lagerteile 15 befinden sich dabei an der Achse 14 der Drehanode 10 und bilden gleichzeitig Kondensationsflächen 16. Zudem befindet sich noch an der Brennbahn 11 eine Verdampfungsfläche 19, an der die Flüssigkeit verdampft und als Dampf 18 zu den Kondensationsflächen 16 gelangt. Zum Zweck einer effektiven Kondensation befinden sich Rippen 21 auf den Lagerteilen 15.

[0022] Aus Figur 2 noch einmal geht die Kühlanordnung 100 für eine Drehanode 10 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung in einer Röntgenröhre, bei der die Drehanode 10 eine Brennbahn 11, auf die ein Elektronenstrom trifft, und Lagerteile 15 aufweist, hervor. Zwischen der Brennbahn 11 und den Lagerteilen 15 befindet sich eine Flüssigkeit 13. Die Lagerteile 15 bilden gleichzeitig Kondensationsflächen 16, wobei sich an der Brennbahn 11 eine Verdampfungsfläche 19 befindet, an der die Flüssigkeit 13 verdampft. Der Dampf 18 gelangt sodann zu den Kondensationsflächen 16, an denen sich ein Unterdruck durch Temperaturgradient befindet und eine Kondensation eintritt. Der Rücktransport des Kondensats 22 zur Verdampfungsfläche 19 geschieht durch die Zentrifugalkräfte der Drehanode 10. Auf diese Weise wird der Wärmekreislauf geschlossen. Die Lagerteile 15 sind dabei gasdicht mit der Brennbahn 11 verbunden. Auf den Lagerteilen 15 befinden sich Rippen 21, wobei es sich bei den Lagerteilen 15 um Gleitlager handeln kann. Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser, ist es sinnvoll, dass die Flüssigkeit 13 in Form von Wasser vorliegt. Denkbar ist aber auch, dass die Flüssigkeit 13 als Alkohol vorliegt. Schließlich ist in den Lagerteilen 15 ein Kühlstrom 20 vorgesehen, um den Wärmestrom

abzuführen.

Bezugszeichenliste

5	[0023]	
100	Kühlanordnung	
10	Drehanode	
11	Brennbahn	
10	12 Zwischenraum	
13	Flüssigkeit	
14	Achse	
15	Lagerteile	
16	Kondensationsflächen	
15	18 Dampf	
19	Verdampfungsfläche	
20	Kühlstrom	
21	Rippen	
22	Kondensat	

Patentansprüche

1. Drehanode (10) zur Erzeugung von Röntgenstrahlung in einer Röntgenröhre, bei der die Drehanode (10) eine Brennbahn (11), auf die ein Elektronenstrom trifft, und Lagerteile (15) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Brennbahn (11) und den Lagerteilen (15) eine Flüssigkeit (13) vorliegt und die Lagerteile (15) gleichzeitig Kondensationsflächen (16) bilden sowie an der Brennbahn (11) eine Verdampfungsfläche (19) ausgebildet ist, wobei im Betrieb an der Verdampfungsfläche (19) die Flüssigkeit (13) verdampft und als Dampf (18) zu den Kondensationsflächen (16) gelangt, um dort zu kondensieren und durch die Zentrifugalkräfte der drehenden Anode (10) als Kondensat (22) zur Brennbahn (11) zurückzugelangen.
2. Drehanode nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Betrieb das Kondensat (22) zur Verdampfungsfläche (19) gelangt, die an der Brennbahn (11) ausgebildet ist.
3. Drehanode nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerteile (15) gasdicht mit der Brennbahn (11) verbunden sind.
4. Drehanode nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerteile (15) Gleitlager sind.
5. Drehanode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich Rippen auf den Lagerteilen (15) befinden.
6. Drehanode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit (13) Wasser ist.

7. Drehanode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit (13) Alkohol ist.
8. Drehanode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Lagerteilen (15) ein Kühlstrom (20) fließt.
9. Drehanode nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rippen auf den Lagerteilen (15) in axialer Richtung angeordnet sind.
10. Drehanode nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdampfungsfläche (9) durch Rändeln und/oder Rippen vergrößert ist.
11. Verfahren zur Kühlung einer Drehanode (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Brennbahn (11) der Drehanode (10) Flüssigkeit (13) verdampft und als Dampf (18) zu gleichzeitig als Kondensationsflächen (16) fungierenden Lagerteilen (15) gelangt, an denen der Dampf (18) kondensiert wird, wobei sodann durch die Zentrifugalkraft der Drehanode (10) das Kondensat (22) der Brennofläche (11) wieder zugeführt wird.
12. verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kondensat (22) zu einer Verdampfungsfläche gelangt, die an der Brennofläche (11) ausgebildet ist.
13. verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerteile (15) gasdicht mit der Brennbahn verbunden werden.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Lagerteile (15) Gleitlager eingesetzt werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rippen (21) auf den Lagerteilen (15) eingesetzt werden.

Claims

1. Rotatable anode (10) for the production of X-radiation in an X-ray tube, in which the rotatable anode (10) has a focal path (11) onto which an electron stream is projected, and supporting elements (15), **characterized in that** a liquid (13) is located between the focal path (11) and the supporting elements (15), and the supporting elements (15) simultaneously form condensation surfaces (16) and an evaporation surface (19) is formed on the focal surface (11), wherein in operation the liquid (13) is evaporated on the evaporation surface (19) and arrives

as vapour (18) at the condensation surfaces (16), in order to condense there and, through the centrifugal forces of the rotating anode (10), to arrive back to the focal path (11) as condensate (22).

2. Rotatable anode according to Claim 1, **characterized in that** in operation the condensate (22) arrives at the evaporation surface (19) which is formed on the focal surface (11).
3. Rotatable anode according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the supporting elements (15) are connected in a gas-tight manner with the focal path (11).
4. Rotatable anode according to Claim 3, **characterized in that** the supporting elements (15) are sliding bearings.
5. Rotatable anode according to any of the preceding claims, **characterized in that** ribs are situated on the supporting elements (15).
6. Rotatable anode according to any of the preceding claims, **characterized in that** the liquid (13) is water.
7. Rotatable anode according to any of the preceding claims, **characterized in that** the liquid (13) is alcohol.
8. Rotatable anode according to any of the preceding claims, **characterized in that** a cooling stream (20) flows in the supporting elements (15).
9. Rotatable anode according to any of Claims 4 to 7, **characterized in that** the ribs are arranged on the supporting elements (15) in axial direction.
10. Rotatable anode according to any of Claims 1 to 9, **characterized in that** the evaporation surface (9) is enlarged by knurls and/or ribs.
11. Method for cooling a rotatable anode (10), **characterized in that** liquid (13) evaporates on a focal path (11) of the rotatable anode (10) and arrives as vapour (18) at supporting elements (15) functioning simultaneously as condensation surfaces (16), on which the vapour (18) is condensed, wherein then through the centrifugal force of the rotatable anode (10), the condensate (22) is passed to the focal surface (11) again.
12. Method according to Claim 1, **characterized in that** the condensate (22) arrives at an evaporation surface which is formed on the focal surface (11).
13. Method according to Claim 12, **characterized in that** the supporting elements (15) are connected with the focal path in a gas-tight manner.

14. Method according to Claim 13, **characterized in that** sliding bearings are used as supporting elements (15).

15. Method according to any of Claims 11 to 14, **characterized in that** ribs (21) are used on the supporting elements (15).

Revendications

1. Anode rotative (10) pour générer du rayonnement X dans un tube à rayons X, sur lequel l'anode rotative (10) présente une trajectoire de combustion (11) sur laquelle arrive un flux d'électrons, et des parties de palier (15), **caractérisée en ce qu'un** liquide (13) est présent entre la trajectoire de combustion (11) et les parties de palier (15) forment en même temps des surfaces de condensation (16) et une surface d'évaporation (19) est conçue sur la surface de combustion (11), le liquide (13) s'évaporant pendant le service sur la surface d'évaporation (19) et parvenant sous forme de vapeur (18) aux surfaces de condensation (16) afin de pouvoir s'y condenser et de revenir sous l'effet des forces centrifuges de l'anode (10) rotative comme condensat (22) à la trajectoire de combustion (11).

2. Anode rotative selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pendant le service, le condensat (22) parvient à la surface d'évaporation (19) qui est réalisée sur la surface de combustion (11).

3. Anode rotative la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les parties de palier (15) sont reliées de façon étanche au gaz avec la trajectoire de combustion (11).

4. Anode rotative selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les parties de palier (15) sont des paliers lisses.

5. Anode rotative selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des nervures se trouvent sur les parties de palier (15).

6. Anode rotative selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liquide (13) est de l'eau.

7. Anode rotative selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liquide (13) est de l'alcool.

8. Anode rotative selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** flux de refroidissement (20) circule dans les parties de palier (15).

9. Anode rotative selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** les nervures sont disposées dans la direction axiale sur les parties de palier (15).

10. Anode rotative selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la surface d'évaporation (9) est agrandie par moletage et/ou nervurage.

11. Procédé pour le refroidissement d'une anode rotative (10), **caractérisé en ce que** du liquide (13) s'évapore sur une trajectoire de combustion (11) de l'anode rotative et parvient sous forme de vapeur (18) à des parties de palier (15) faisant office en même temps de surfaces de condensation (16), parties sur lesquelles la vapeur (18) est condensée, le condensat (22) étant amené ensuite à nouveau sous l'effet de la force centrifuge de l'anode rotative (10) à la surface de combustion (11).

12. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le condensat (22) parvient à une surface d'évaporation qui est réalisée sur la surface de combustion (11).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les parties de palier (15) sont reliées de façon étanche au gaz à la trajectoire de combustion.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** des paliers lisses sont utilisés comme parties de palier (15).

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce que** des nervures (21) sont utilisées sur les parties de palier (15).

Fig. 1

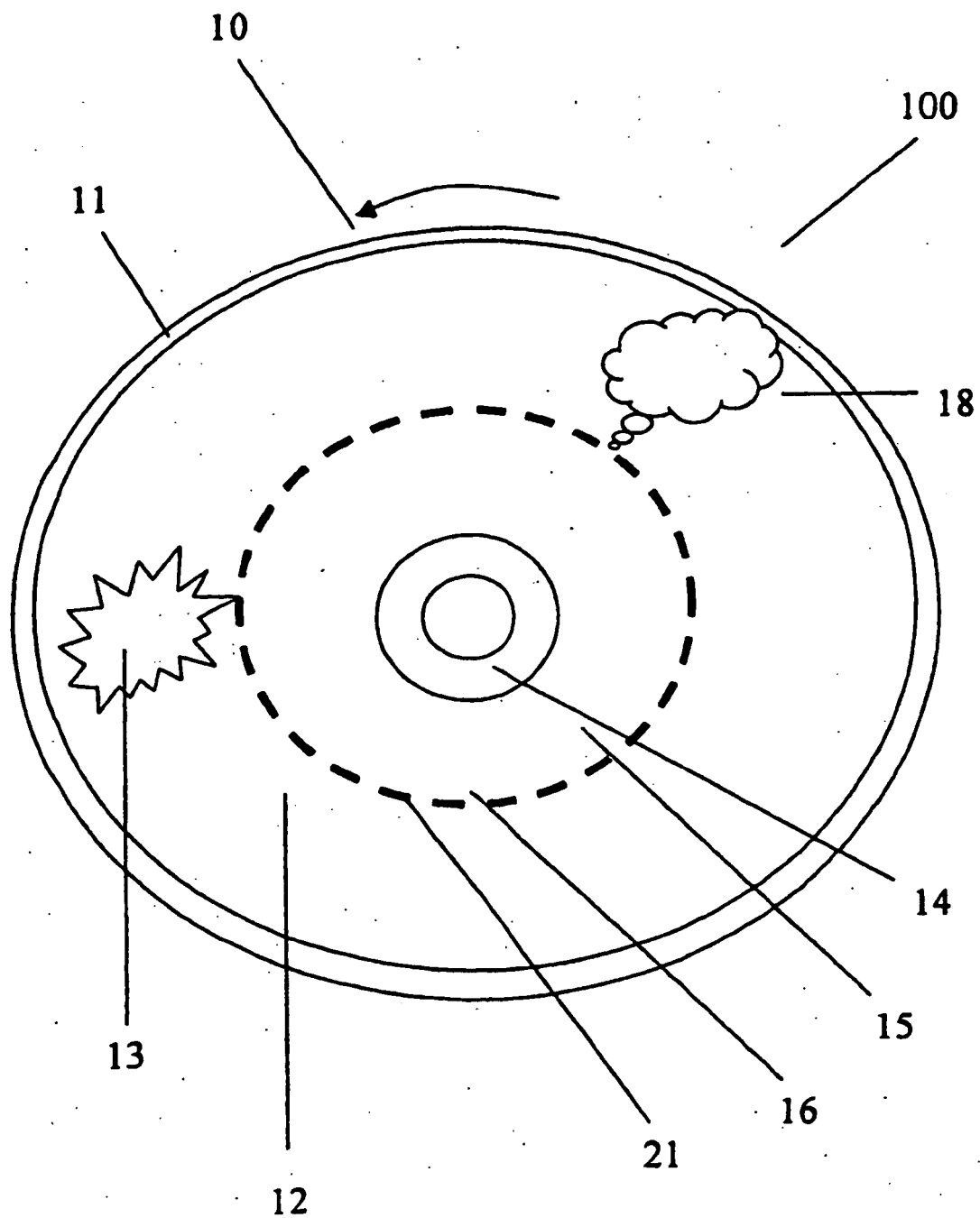
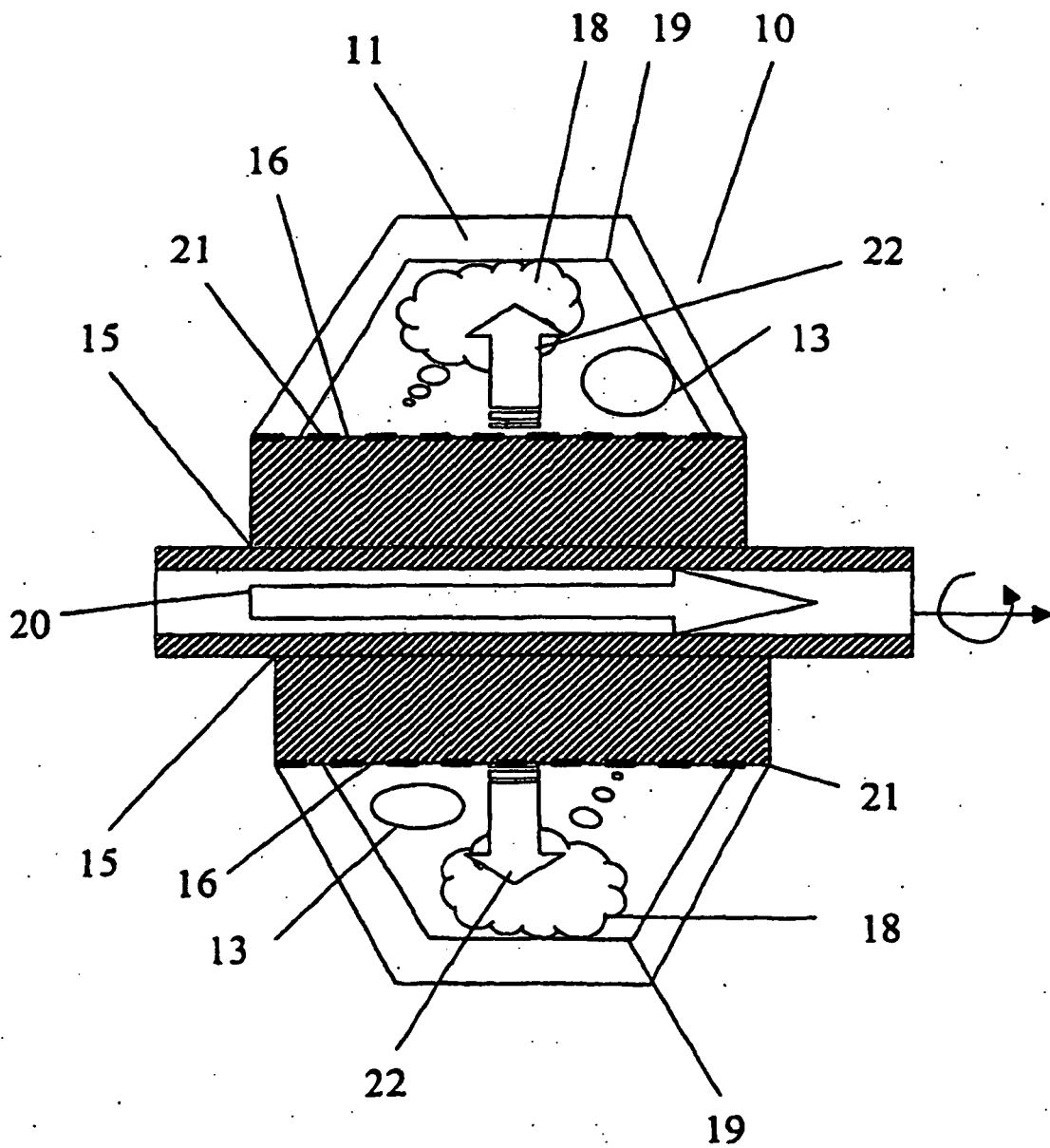


Fig. 2



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 3644719 C1 [0013]