

(19)



(11)

EP 3 213 338 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.03.2021 Patentblatt 2021/13

(51) Int Cl.:
H01J 35/12 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15825793.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/075271

(22) Anmeldetag: **30.10.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/066810 (06.05.2016 Gazette 2016/18)

(54) RÖNTGENSTRAHLUNGSERZEUGER

X-RAY RADIATION GENERATOR

GÉNÉRATEUR DE RAYONS X

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

- **HIRT, Michael**
60386 Frankfurt (DE)
- **ADAM, Alexander**
55543 Bad Kreuznach (DE)
- **STREYL, Andreas**
55444 Seibersbach (DE)

(30) Priorität: **30.10.2014 DE 102014222164**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.09.2017 Patentblatt 2017/36

(74) Vertreter: **Klunker IP**
Patentanwälte PartG mbB
Destouchesstraße 68
80796 München (DE)

(73) Patentinhaber: **Smiths Heimann GmbH**
65205 Wiesbaden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2012/031943 WO-A1-2013/021794
CN-U- 202 221 659 JP-A- 2009 164 038
US-A1- 2003 221 816

(72) Erfinder:
• **HESS, Gregor**
65205 Wiesbaden (DE)
• **LENZ, Kai**
65191 Wiesbaden (DE)

EP 3 213 338 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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Röntgenröhre mit einer im Betrieb eine Hochspannung, bevorzugt mehr als 120 kV, besonders bevorzugt mehr als 300 kV, führenden und sich erwärmenden Anode. Im Besonderen betrifft die Erfindung eine Röntgenröhre mit einem Kühlkörper, der bei begrenzten Platzverhältnissen zur Kühlung der Hochspannung führenden Anode geeignet ist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Röntgenröhren als Beispiel für eine Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgenstrahlen (Röntgenstrahlungserzeuger) sind bekannt. Zur Vermeidung von Spannungsüberschlägen ist es erforderlich, Hochspannung führende Teile, wie die Anode, gegenüber anderen Teilen in der Umgebung mittels ausreichender Isolation zu isolieren.

[0003] DD 139 327 A schlägt beispielsweise vor, zur Erhöhung der Durchschlagsfestigkeit in ein Gehäuse einer Röntgenröhre zusätzlich eine Hülse aus einem dielektrischen Material, wie Epoxidharz mit Quarzmehl, Keramik oder PTFE, einzubauen, die einen Glaskolben der darin eingesetzten Röntgenröhre im Wesentlichen aufnimmt und die Röntgenröhre radial gegenüber einem Gehäuse abdeckt. Durch das zusätzliche dielektrische Material wird die Anode der Röhre gegenüber der Umgebung besser elektrisch abgeschirmt bzw. isoliert. DE 10 2008 006 620 A1 zeigt eine Röntgenröhre, bei der das röhrenförmige Gehäuse der Röhre aus einer Keramik besteht. In dem Gehäuse sind die Baugruppen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen angeordnet. Die Anode einer Röntgenröhre erwärmt sich im Betrieb, zur Vermeidung von Überhitzungsschäden wird die Wärme von der Anode üblicherweise über einen Kühlkörper abgeführt.

[0004] Passive Kühlkörper vergrößern die wärmeabgebende Oberfläche eines Wärme produzierenden Bauteils und sind grundsätzlich bekannt; beispielsweise aus dem DE 20 2007 007 568 U1.

[0005] Bekannte Kühlkörper bestehen üblicherweise aus einem gut wärmeleitfähigen Metall, beispielsweise Aluminium oder Kupfer. Bei einem aus Metall bestehenden Kühlkörper auf dem außerhalb des Gehäuses der Röntgenröhre liegenden Teil der Anode ist zwischen dem Kühlkörper und anderen auf einem Bezugspotenzial (z. B. Masse, GND etc.) liegenden Bauteilen oder Gehäuseteilen ein Mindestabstand einzuhalten, um Spannungsüberschläge zu verhindern. Wenn die Röntgenröhre mit höheren Spannungen betrieben werden soll, muss dieser Sicherheitsabstand entsprechend erhöht werden. Dies kann eine Vergrößerung des Außengehäuses einer Anlage, in der die Röntgenröhre angeordnet ist, erfordern.

[0006] Eine Isolationshülse, wie bei der DD 139 327 A würde die Wärmeableitung beeinträchtigen. Alternativ könnte ein Kühlkörper aus einer Keramik mit guten Wär-

meileitungseigenschaften, wie Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, verwendet werden. Ein Kühlkörper aus Keramik ist jedoch teuer in der Herstellung, da spezielle Formen verwendet werden müssen. Außerdem besitzt das Metall der Anode - üblicherweise Kupfer - einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als der Außen angebrachte Keramik Kühlkörper. Dies macht den Wärmeübergang zwischen Anode und Kühlkörper problematisch: Zum einen soll der Kühlkörper mit der Anode in möglichst gutem Wärmeleitungskontakt stehen, um einen möglichst großen Wärmeübergangskoeffizienten zu erreichen. Andererseits darf der Kühlkörper nicht durch die sich bei Erwärmung ausdehnende Anode erzeugte mechanische Spannung beschädigt oder sogar abgesprengt werden.

[0007] Grundsätzlich ist bei vielen Vorrichtungen die Designanforderung "so kompakt wie möglich". Die Größe eines Röntgengenerators wird nach unten dadurch begrenzt, dass bestimmte Komponenten integriert werden müssen und die Abstände zwischen den Komponenten, die auf unterschiedlichem elektrischen Potential liegen, so gewählt werden müssen, dass an keiner Stelle die Durchschlagsfestigkeit der Isolationsmedien überschritten wird.

[0008] JP 2009 164038 A zeigt als nächstliegender Stand der Technik eine Röntgenröhre mit einem Anodenkühlkörper gemäß dem Oberbegriff des Anspruch 1. Eine ähnliche Anordnung zeigt die WO 2013/021794 A1.

[0009] US 2003/221816 A1 zeigt einen Kühlkörper mit metallischem Grundkörper und keramischen plattenförmigen Wärmeabgabeelementen. Ähnliche Anordnungen zeigt die CN 202 221 659 U, wobei dort auch stiftförmige Wärmeabgabeelemente gezeigt sind.

[0010] WO 2012/031943 A1 zeigt u.a. zylindrische Kühlkörper, bei denen ein metallischer Grundkörper an keramische plattenförmigen Wärmeabgabeelemente angegossen sind.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Es ist eine Aufgabe der Erfindung eine Röntgenröhre, insbesondere Vakuumröntgenröhre, mit einer im Betrieb eine Hochspannung, bevorzugt mehr als 120 kV, besonders bevorzugt mehr als 300 kV, führenden und sich erwärmenden Anode vorzuschlagen, bei der die Durchschlagfestigkeit der Anode, die mit höheren Spannungen betrieben wird, gegenüber der Umgebung verbessert ist.

[0012] Die Aufgabe wird mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Ausführungsbeispiele und vorteilhafte Weiterbildungen sind in den sich anschließenden Unteransprüchen definiert.

[0013] Ein Kerngedanke der Erfindung besteht darin, einen Grundkörper eines Kühlkörpers als Schnittstelle zu der zu kühlenden Anode, welche bevorzugt aus Metall besteht, aus einem gut Wärme leitenden Metall, wie z. B. Aluminium (Al) oder Kupfer (Cu), auszuführen und an dem Grundkörper zur Vergrößerung der Oberfläche als

Wärmeübergang zur Umgebung Wärmeabgabeelemente, wie z. B. Kühlstifte und/oder Kühlrippen aus einer Wärme gut leitenden, aber elektrisch isolierenden Keramik, wie z. B. Aluminiumnitrid (AlN) oder Siliziumkarbid (SiC), anzuordnen. Durch diesen speziellen Aufbau des Kühlkörpers können vorteilhaft drei Anforderungen erfüllt werden: (i) das Bauteil, an dem der Kühlkörper angebracht ist, kann durch Wärmestrahlung und vor allem Konvektion gekühlt werden; (ii) gegenüber benachbarten Bauteilen, die auf unterschiedlichem elektrischem Potenzial liegen, ist die Isolationsstrecke - im Vergleich z. B. mit einem herkömmlichen Ganzmetall- oder Vollmetall-Kühlkörper - erhöht; und (iii) Spannungsprobleme, die sich durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem zu kühlenden Bauteil und der Keramik ergeben würden, können durch den Grundkörper als Übergangsstück ausgeglichen werden. Schließlich macht die Kombination aus kostengünstigen Bestandteilen und der zusätzlichen Funktion der elektrischen Isolation den erfindungsgemäßen Kühlkörper gegenüber bekannten Kühlkörpern aus Aluminium oder Keramik überlegen.

[0014] Der Grundkörper kann aus einem Metall mit guten Wärmeleiteigenschaften bestehen. Bevorzugt besteht der Grundkörper aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit einem Wärmeleitkoeffizienten von mindestens 100 W/ (m K), bevorzugt von mehr als 200 W/ (m K). Beispielsweise eignen sich als Metall Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Silber (Ag) oder Legierung dieser Metalle.

[0015] Das Material der elektrisch isolierenden Wärmeabgabeelemente weist bevorzugt einen Wärmeleitkoeffizienten von mehr als 100 W/ (m K) auf. Elektrisch isolierend bedeutet hier, dass das Material einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10^{12} \Omega \cdot \text{m/mm}^2$ und mehr aufweist. Die Wärmeabgabeelemente bestehen bevorzugt aus einer Keramik. Beispielsweise eignet sich als Keramik Siliziumkarbid (SiC) oder Aluminiumnitrid (AlN).

[0016] Geeignete Kombinationen hinsichtlich der Materialwahl für den Grundkörper und die Wärmeabgabeelemente sind beispielsweise Kupfer/Siliziumkarbid oder Aluminium/Aluminiumnitrid.

[0017] Die Wärmeabgabeelemente sind plattenförmig. D. h., die Wärmeabgabeelemente weisen die Formen von Platten auf.

[0018] Der Grundkörper weist für jedes Wärmeabgabeelement eine entsprechende Aufnahme oder Ausnehmung auf. Die jeweilige Aufnahme oder Ausnehmung ist entsprechend der Form eines Verbindungsabschnitts eines einzufügenden Wärmeabgabeelements dimensioniert.

[0019] Die Wärmeabgabeelemente, d. h. die Verbindungsabschnitte, sind mit dem Grundkörper kraftschlüssig verbunden. Dazu ist der jeweilige Verbindungsabschnitt mittels einer Presspassung oder Klemmung in der zugehörigen Aufnahme befestigt. Um das in Bezug auf die Aufnahme mit Übermaß gefertigte keramische Wär-

meabgabeelement in die Aufnahme im metallischen Grundkörper einfügen zu können, kann der Grundkörper erwärmt werden. Beim Erkalten des Grundkörpers bildet sich dann die Pressverbindung quasi durch Aufschumpfen des Grundkörpers auf den Verbindungsabschnitt des Wärmeabgabeelements. Da Keramik sehr gut Druckkräfte aufnehmen kann, kommt diese Verbindung den Festigkeitseigenschaften der Keramik entgegen. Durch die Presspassung werden auf den in Bezug auf den Grundkörper innenliegenden Verbindungsabschnitt Druckkräfte induziert, sodass der Verbund Metall/Keramik die durch die Pressung erzeugten Spannungen problemlos aufnehmen kann. Zusätzlich wird mit der Presspassung ein besonders guter Wärmeübergang vom Grundkörper auf die Wärmeabgabeelemente erreicht.

[0020] Der Grundkörper des Kühlkörpers kann grundsätzlich ein CNC-gefertigtes Metallteil sein.

[0021] Der Grundkörper des Kühlkörpers für die Anode kann röhrenförmig sein, insbesondere zylinderförmig. Ist der Grundkörper im Wesentlichen ein Zylinder, kann er als Drehkörper hergestellt werden. Die Wärmeaufnahme fläche wird von einer Innenoberfläche einer axial im Grundkörper verlaufenden Ausnehmung gebildet. Die Form der Ausnehmung ist zur Kopplung mit der Anode als Wärmequelle angepasst. Die restliche Oberfläche des Grundkörpers ist wieder Teil der Wärmeabgabefläche, in der die Aufnahmen für die Wärmeabgabeelemente ausgebildet sind. In jeder dieser Aufnahmen ist bevorzugt ein Wärmeabgabeelement eingefügt und gut Wärme leitend befestigt.

[0022] Die Ausnehmungen sind in der Außenfläche des Grundkörpers als axial verlaufende Schlitze oder Nuten ausgeführt. In diese Ausnehmungen sind die plattenförmigen Keramikelemente als Wärmeabgabeelemente formschlüssig und kraftschlüssig eingefügt.

[0023] Die Röntgenröhre mit dem erfindungsgemäßen Kühlkörper ist eine elektrische Vorrichtung, die ein im Betrieb eine Hochspannung führendes und sich erwärmendes Bauteil aufweist, wobei der Kühlkörper mit diesem Bauteil Wärme leitend verbunden ist.

[0024] Die Röntgenröhre weist die Anode als ein im Betrieb eine Hochspannung führendes und sich erwärmendes Bauteil auf. Mit der Anode ist ein Kühlkörper Wärme leitend verbunden. Bevorzugt weisen die Wärmeabgabeelemente ausgehend vom Grundkörper des Kühlkörpers eine Höhe auf. In der erfindungsgemäßen Röntgenröhre ist die Höhe so dimensioniert, dass bei Berücksichtigung der Hochspannung und ggf. eines die Wärmeabgabeelemente umgebenden Isolationsmediums eine vorbestimmte ausreichende Durchschlagsfestigkeit gegenüber der Umgebung erreicht bzw. sichergestellt wird.

[0025] In der Praxis wird die Größe der Röntgenröhre nach unten dadurch begrenzt, dass bestimmte Komponenten integriert werden müssen und die Abstände zwischen den Komponenten, die auf unterschiedlichem elektrischem Potential liegen, so gewählt werden müssen, dass die Durchschlagsfestigkeit des dazwischen

angeordneten Isolationsmediums nicht überschritten wird. Das zu kühlende Bauteil ist hier im Wesentlichen die Anode der Röntgenröhre. Besonders vorteilhaft dient der Grundkörper des Kühlkörpers dabei als Übergangsstück zwischen der sich im Betrieb erwärmenden Anode (als Wärme erzeugendes Bauteil) und den keramischen Wärmeabgabeelementen, die als Kühlrippen fungieren.

[0026] Da die Anode im Anschlussbereich üblicherweise rotationssymmetrisch ist, kann der Grundkörper des Kühlkörpers besonders einfach als Drehkörper gefertigt werden.

[0027] Um die Isolationselemente mit dem Grundkörper zusammenzufügen, können in den Grundkörper Schlitze oder Nuten mittels einer CNC-Maschine eingearbeitet werden. Die Schlitze oder Nuten sind entsprechend der gewählten Fügetechnik auf die Abmessungen der Verbindungsabschnitte der Wärmeabgabeelemente abgestimmt. Keramikplatten eignen sich besonders als Wärmeabgabeelemente, da diese als kostengünstige Massenartikel erhältlich sind.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele

[0028] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen definiert ist, sowie Beispielen, die nicht unter die Erfindung fallen, aber zum besseren Verständnis der Erfindung beitragen, im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Ebenso können die vorstehend genannten und die hier weiter ausgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Funktionsähnliche oder identische Bauteile oder Komponenten sind teilweise mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die in der Beschreibung der Ausführungsbeispiele verwendeten Begriffe "links", "rechts", "oben" und "unten" beziehen sich auf die Zeichnungen in einer Ausrichtung mit normal lesbarer Figurenbezeichnung bzw. normal lesbaren Bezugszeichen. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließend zu verstehen, sondern haben beispielhaften Charakter zur Erläuterung der Erfindung. Die detaillierte Beschreibung dient der Information des Fachmanns, daher werden bei der Beschreibung bekannte Schaltungen, Strukturen und Verfahren nicht im Detail gezeigt oder erläutert, um das Verständnis der vorliegenden Beschreibung nicht zu erschweren.

Figur 1a, 1b zeigen ein erstes Beispiel eines Kühlkörpers.

Figur 2a, 2b zeigen ein zweites Beispiel eines Kühlkörpers.

Figur 3a, 3b zeigen ein drittes Beispiel eines Kühlkörpers.

Figur 4a zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Kühlkörpers mit zylinderförmigem Grundkörper aus Metall und Kühlrippen aus Keramik.

Fig. 4b zeigt die Querschnittsansicht AA der Figur 4a.

Fig. 5a zeigt eine Querschnittsansicht einer Röntgenröhre mit dem Kühlkörper der Figuren 4a, 4b als Anodenkühlkörper.

Fig. 5b ist eine perspektivische Ansicht der Röntgenröhre der Figur 5a.

[0029] Die Figuren 1a bis 3b zeigen drei Beispiele für Kühlkörper 1, 2 und 3 mit jeweils einem Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 aus Metall.

[0030] Der Grundkörper weist jeweils eine Wärmeaufnahme­fläche 12.1, 12.2, 12.3 zur Kopplung mit einer Wärmequelle auf. Die Wärmequelle kann ein Bauteil sein, welches sich im Betrieb erwärmt oder erwärmt wird. Im Betrieb wird Wärme in bekannter Weise durch Wärmeleitung in den Grundkörper des Kühlkörpers geleitet. Mit anderen Worten entspricht die Wärmeaufnahme­fläche im Wesentlichen der Kontaktfläche mit der Wärmequelle.

[0031] Der Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 kann über seine Außenflächen, die nicht mit der Wärmequelle in Kontakt stehen, als Wärmeabgabefläche die Wärme an ein die Wärmeabgabeflächen umgebendes Isolationsmedium (üblicherweise ein Fluid, wie z. B. im einfachsten Fall die Umgebungsluft) durch Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion abgeben. Im Wesentlichen bildet der Teil der Außenfläche des Grundkörpers 10.1, 10.2, 10.3, welcher der Wärmeaufnahme­fläche 12.1, 12.2, 12.3 gegenüberliegt die Wärmeabgabefläche 14.1, 14.2, 14.3 des Grundkörpers 10.1, 10.2, 10.3.

[0032] Zur Vergrößerung der wirksamen Wärmeabgabefläche sind an dem Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 im Bereich der Wärmeabgabefläche 14.1, 14.2, 14.3 mit Wärmeabgabeelementen 16.1, 16.2, 16.3 angeordnet, die Wärme leitend mit dem Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 verbunden sind. Die Wärmeabgabefläche 14.1, 14.2, 14.3 des Grundkörpers 10.1, 10.2, 10.3 wird so um die Oberflächen der Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2, 16.3 erhöht. Die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2, 16.3 sind aus einem elektrisch isolierenden Material gefertigt, welches bevorzugt eine Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung des Metalls des Grundkörpers 10.1, 10.2, 10.3 aufweist. Die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2, 16.3 sind in entsprechend geformte Aufnahmen 18.1, 18.2, 18.3, die in dem Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 ausgeformt sind, mit jeweiligen Verbindungsabschnitten 20.1, 20.2, 20.3 in den Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 Wärme leitend eingefügt.

[0033] Figur 1a zeigt das erste Beispiel des Kühlkörpers 1 mit plattenförmigen Wärmeabgabeelementen 16.1. Figur 1b zeigt eines der Wärmeabgabeelemente 16.1 der Figur 1a in Alleinstellung. Das Wärmeabgabeelement 16.1 hat die Form einer Platte, d. h., es ist plattenförmig.

[0034] Plattenförmig bedeutet, dass das Wärmeabgabeelement 16.1 im Wesentlichen im Vergleich zur Breite deutlich größere Abmessungen in der Länge und Höhe aufweist.

[0035] Das plattenförmige Wärmeabgabeelement 16.1 besitzt eine Breite B und eine Höhe, die sich aus einer Höhe h des Verbindungsabschnitts 20.1 und der restlichen nach Einfügung in den Grundkörper 10.1 aus diesem herausragenden Abschnitt mit der Länge H zusammensetzt. Die Längserstreckung des Wärmeabgabeelements 16.1 ist mit L gekennzeichnet. Da $B \ll L$ und $B \ll (h+H)$ ist, ist das Wärmeabgabeelement plattenförmig.

[0036] Mit dem Verbindungsabschnitt 20.1 ist das Wärmeabgabeelement 16.1 in den Grundkörper 10.1 in die dort entsprechend eingearbeiteten oder ausgebildeten Ausnehmungen 18.1 eingefügt und darin jeweils mit einem der weiter unten noch zu besprechenden Maßnahmen Wärme leitend befestigt.

[0037] Figur 2a zeigt das zweite Beispiel des Kühlkörpers 2. Hier sind die Wärmeabgabeelemente 16.2 aus einem elektrisch isolierenden Material bestehende Stifte oder Stäbe, die wieder eine Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung des Metalls des Grundkörpers 10.2 aufweisen. Ähnlich wie in der Figur 1a sind die stiftförmigen oder stabförmigen Wärmeabgabeelemente 16.2 mit einem jeweiligen Verbindungsabschnitt 20.2 in entsprechend eingearbeitete oder ausgeformte Ausnehmungen 18.2 in den Grundkörper 10.2 eingefügt und dort gut Wärme leitend befestigt.

[0038] In der Figur 2b ist eines der stiftförmigen Wärmeabgabeelemente 16.2 in Alleinstellung gezeigt. Das Wärmeabgabeelement 16.2 ist im Wesentlichen zylinderförmig und besitzt eine Länge L und einen Durchmesser D. Die Länge L setzt sich aus dem Verbindungsabschnitt 20.2, der ähnlich wie in Figur 1a bzw. 1b die Länge h aufweist, die der Tiefe jeweils einer der Aufnahmen 18.2 im Grundkörper 10 entspricht. Der übrige Teil des stiftförmigen Wärmeabgabeelements 16.2 besitzt die Länge H, die bei in den Grundkörper 10.2 eingefügtem Wärmeabgabeelement 16.2 aus dem Grundkörper 10.2 herausragt; d. h., L ist hier $(h+H)$.

[0039] Figur 3a zeigt das dritte Beispiel des Kühlkörpers 3. Hier sind in die Wärmeabgabefläche 14.3 des Grundkörpers 10.3 (wie im ersten und zweiten Ausführungsbeispiel) Aufnahmen 18.3 ausgebildet, in die rohrförmige Wärmeabgabeelemente 16.3 eingefügt und befestigt sind. Die rohrförmigen Wärmeabgabeelemente 16.3 bestehen wieder aus einem elektrisch isolierenden Material, das eine Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung des Metalls des Grundkörpers 10.3 aufweist. Die rohrförmigen Wärmeabgabeelemente 16.3 besitzen im

Ausführungsbeispiel die Form eines hohlen Zylinders mit einem Außendurchmesser D und einem Innendurchmesser d sowie einer Länge L. Die Länge des Wärmeabgabeelements 16.3 unterteilt sich wieder in den Verbindungsabschnitt 20.3 mit einer Länge h, der in die entsprechend ausgebildeten Aufnahmen 18.3 des Grundkörpers 10.3 mit einer Tiefe h eingefügt sind. Der restliche Abschnitt des Wärmeabgabeelements 16.3, welches bei in den Grundkörper 10.3 eingefügtem Wärmeabgabeelement 16.3 aus dem Grundkörper 10.3 herausragt, besitzt die Länge H; d. h., hier ist L - ähnlich wie in den Figuren 2a, 2b - gleich $(h+H)$.

[0040] Wie bereits angesprochen ist bei den, mit den Figuren 1a bis 3b beschriebenen Kühlkörpern 1, 2 und 3, der Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 aus einem gut Wärme leitenden Metall, bevorzugt mit einem Wärmeleitkoeffizienten von 100 W/(m K) oder mehr, hergestellt. Für die Ausführungsbeispiele wurde Aluminium mit einem Wärmeleitkoeffizienten von ca. 240 W/(m K) oder Kupfer mit einem Wärmeleitkoeffizienten von ca. 400 W/(m K) verwendet. Selbstverständlich kann der Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 auch aus einem anderen Metall oder einer Metallegierung bestehen.

[0041] Die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 und 16.3 sind aus einer Keramik hergestellt, die einen Wärmeleitkoeffizienten aufweist, der in derselben Größenordnung wie der des Metalls des Grundkörpers 10.1, 10.2, 10.3 liegt. Bevorzugt besitzt die Keramik somit ebenfalls einen Wärmeleitkoeffizienten von mehr als 100 W/(m K). Für die Ausführungsbeispiele wurde Aluminiumnitrid mit einem Wärmeleitkoeffizienten von ca. 180 bis 220 W/(m K) oder Siliziumkarbid mit einem Wärmeleitkoeffizienten von ca. 350 W/(m K) verwendet.

[0042] Wie in den Figuren 1a, 2a und 3a zu erkennen, sind die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 und 16.3 jeweils in entsprechende Aufnahmen 18.1, 18.2 und 18.3, die in den Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 eingearbeitet sind, eingesetzt. Um eine besonders gut Wärme leitende und ausreichende Befestigung der Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 und 16.3 sicherzustellen, können verschiedene Fügetechniken zur Anwendung kommen.

[0043] Beispielsweise kann bei den in den Figuren 1a und 2a gezeigten Beispielen das jeweilige Wärmeabgabeelement 16.1 oder 16.2 mit dem Grundkörper 10.1, 10.2 formschlüssig und/oder kraftschlüssig verbunden sein, indem der jeweilige Verbindungsabschnitt 20.1, 20.2 in der zugehörigen Aufnahme 18.1, 18.2 durch eine Presspassung oder mittels Klemmung befestigt ist. Zum Einfügen der Wärmeabgabeelemente in die entsprechenden Aufnahmen im Grundkörper 10.1, 10.2 kann beispielsweise der Grundkörper 10.1, 10.2 entsprechend erwärmt werden, sodass sich der Grundkörper 10.1, 10.2 ausdehnt. In diesem Zustand können die keramischen Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 in die jeweiligen Aufnahmen 18.1, 18.2 eingesetzt werden. Sobald der Grundkörper 10.1, 10.2 sich wieder abgekühlt hat, sind die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 mit dem Grundkörper 10.1, 10.2 fest verbunden. Hierbei ist lediglich si-

cherzustellen, dass die Abmessungen der Ausnehmungen 18.1, 18.2 so dimensioniert werden, dass die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 bei den im bestimmungsgemäßen Betrieb erreichten Temperaturen durch Ausdehnung des Metalls des Grundkörpers 10.1, 10.2 sich nicht lockern können.

[0044] Eine alternative Befestigungsvariante ist bei den Beispielen der Figuren 2a und 3a möglich. Dazu kann an den Wärmeabgabeelementen 16.2, 16.3, wenigstens im Bereich des jeweiligen Verbindungsabschnitts 20.2, 20.3 ein erstes Gewinde eingearbeitet oder ausgeformt sein (nicht dargestellt). In die entsprechenden Aufnahmen 18.2, 18.3 im Grundkörper 10.2, 10.3, die dann als Löcher ausgeformt sind, können dann korrespondierende zweite Gewinde eingearbeitet sein. Entsprechend können die Wärmeabgabeelemente 16.2, 16.3 mit dem Grundkörper 10.2, 10.3 verbunden werden, indem die jeweiligen Verbindungsabschnitte 20.2, 20.3 in die jeweilige Aufnahme 18.2, 18.3 durch Einschrauben befestigt werden. Wenn sich im Betrieb des Kühlkörpers der Grundkörper 10.2, 10.3 erwärmt und dabei ausdehnt, werden die keramischen Wärmeabgabeelemente 16.2, 16.3 nur auf Druck belastet, wodurch sich der Wärmeübergangswiderstand zwischen dem Grundkörper und den Wärmeabgabeelementen zusätzlich verringert.

[0045] Alternativ können die Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2 oder 16.3 der Beispiele der Figuren 1a bis 3a in dem jeweiligen Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 durch Eingießen verbunden werden. Hierbei werden die jeweils im Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 eingearbeiteten Aufnahmen 18.1, 18.2, 18.3 und/oder die Abmessungen des jeweiligen Verbindungsabschnitts 20.1, 20.2, 20.3 so dimensioniert, dass zwischen Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 und Wärmeabgabeelement 16.1, 16.2, 16.3 nach einem Einfügen ein Zwischenraum gebildet wird. Dieser Zwischenraum zwischen dem jeweiligen Verbindungsabschnitt 20.1, 20.2, 20.3 und der jeweiligen Aufnahme 18.1, 18.2, 18.3 kann mit einer gut Wärme leitenden und sich verfestigenden, bevorzugt aushärtenden, Vergussmasse aufgefüllt oder ausgefüllt werden. Nach Verfestigen oder Aushärten der Vergussmasse ist das jeweilige Wärmeabgabeelement mit dem Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 fest verbunden.

[0046] Eine weitere Alternative der Befestigung der Wärmeabgabeelemente 16.1, 16.2, 16.3 in den jeweiligen in den Grundkörpern 10.1, 10.2, 10.3 vorgesehenen Aufnahmen 18.1, 18.2, 18.3 kann durch Verkleben bzw. Einkleben mit einem geeigneten Klebstoff erfolgen.

[0047] Eine weitere Verbindungsmöglichkeit zwischen den Wärmeabgabeelementen 16.1, 16.2, 16.3 in den im jeweiligen Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 eingearbeiteten Aufnahmen 18.1, 18.2, 18.3 ist Löten. Dazu wird das jeweilige Wärmeabgabeelement 16.1, 16.2, 16.3 nach Einfügen in die entsprechende Aufnahme 18.1, 18.2, 18.3 im Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 mit einem geeigneten Lot mit dem Grundkörper 10.1, 10.2, 10.3 in an sich bekannter Weise verlötet.

[0048] In einer Weiterbildung ist, um eine bessere Be-

netzung des Wärmeabgabeelements 16.1, 16.2, 16.3 aus Keramik mit Lot zu erreichen, dieses, bevorzugt nur im Bereich des Verbindungsabschnitts 20.1, 20.2, 20.3, zuvor metallisiert worden.

5 **[0049]** Figur 4a zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kühlkörpers 4. Grundsätzlich gilt das vorstehend zu den Beispielen der Figuren 1a bis 3b Gesagte für das Ausführungsbeispiel entsprechend.

10 **[0050]** Der Grundkörper 10.4 des Ausführungsbeispiels ist im Vergleich zu den Grundkörpern 10.1, 10.2, 10.3 der vorstehenden Beispiele rotationssymmetrisch. Der Grundkörper 10.4 kann als Drehkörper oder mittels einer CNC-Maschine hergestellt werden.

15 **[0051]** Der Grundkörper 10.4 besitzt eine Innenoberfläche 12.4 einer im Grundkörper 10.4 axial verlaufenden Ausnehmung 22. Die Innenoberfläche 12.4 dient wieder zur Kopplung mit einer Wärmequelle, von der Wärme über den Kühlkörper abgeführt werden soll.

20 **[0052]** Die Außenoberfläche 14.4 des Grundkörpers 10.4 ist Teil der Wärmeabgabefläche, in die Aufnahmen 18.4 für Wärmeabgabeelemente 16.4 eingearbeitet sind. Die Aufnahmen 18.4 sind als axial verlaufende Schlitze in den Grundkörper 10.4, beispielsweise durch Fräsen, eingearbeitet.

25 **[0053]** In die axial verlaufenden Schlitze sind plattenförmige Keramikelemente als die Wärmeabgabeelemente 16.4 zur Vergrößerung der effektiven Wärmeabgabefläche eingefügt. Die Wärmeabgabeelemente 16.4 sind über den gesamten Umfang des Grundkörpers 10.4 sternförmig und gleichmäßig beabstandet angeordnet. Somit wird über den gesamten Umfangsbereich des Grundkörpers 10.4 eine gleichmäßige Vergrößerung der effektiven Wärmeabgabeoberfläche erreicht.

30 **[0054]** Der in den Figuren 4a und 4b gezeigte Kühlkörper 4 eignet sich beispielsweise besonders gut als Kühlkörper für eine Anode einer Röntgenröhre als Röntgenstrahlungserzeuger, wie sie beispielsweise aus der DE 10 2008 006 620 A1 bekannt ist. Figur 5a zeigt eine Querschnittsansicht eines Beispiels einer Röntgenröhre 30, die eine Anode 36 als ein im Betrieb Hochspannung führendes und sich erwärmendes Bauteil aufweist. Zur Kühlung der Anode 36 im Betrieb der Röntgenröhre 30 ist der Kühlkörper 4, der in den Figuren 4a und 4b gezeigt ist, an dem aus der Röntgenröhre 30 herausgeführten Teil der Anode 36 Wärme leitend befestigt. Zur Ableitung der Wärme vom Kühlkörper befindet sich die Röntgenröhre in einem Tank (nicht dargestellt) der mit Öl als Isolationsmedium gefüllt ist. Die hohe Wärmekapazität des Öls ermöglicht es mit dem Öl, beispielsweise über einen Wärmetauscher, die Wärme vom Kühlkörper weg zu transportieren. Grundsätzlich könnte als Isolationsmedium auch Luft eingesetzt werden. Luft hat allerdings schlechtere Kühleigenschaften.

35 **[0055]** Der Aufbau der Röntgenröhre 30 ist im Wesentlichen bekannt, wobei Einzelheiten für das Verständnis des Kühlkörpers 4 auch nicht relevant sind. Die Röntgenröhre 30 besitzt im Wesentlichen ein evakuiertes zylinderrörmiges Gehäuse 32, welches ebenfalls aus einer

Keramik besteht. In dem Gehäuse 32 befindet sich zum einen eine beheizte Kathode 34, die von außen über entsprechende Durchführungen im Gehäuse 32 mittels entsprechender Leitungen 37 kontaktierbar ist. Gegenüber der Kathode 34 befindet sich die Anode 36, die im Betrieb der Röntgenröhre 30 mit einer entsprechenden Hochspannung zur Beschleunigung der von der Kathode 34 emittierten Elektronen beaufschlagt wird. An der Anode 36 befindet sich ein zu Erzeugung der Röntgenstrahlung übliches Target 38, beispielsweise aus Wolfram. Röntgenstrahlen, die durch die in das Target 38 eindringenden und davon abgebremsten Elektronen erzeugt werden, verlassen die Röntgenröhre 30 durch ein Strahlungsfenster 40 im Gehäuse 32. Im Strahlengang kann zur Aufhärtung der Röntgenstrahlen eine Titanfolie 42 angeordnet sein.

[0056] An dem stirnseitigen Ende 43 des Gehäuses 32 ist das Anschlussende der Kathode 34 herausgeführt. An dieser Stelle ist der Kühlkörper 4 mit der Anode 36 zur Abführung der im Betrieb stehenden Wärme gut Wärme leitend verbunden angeordnet.

[0057] Figur 5b zeigt ergänzend und zur besseren Veranschaulichung eine perspektivische Ansicht der Röntgenröhre 30 der Figur 5a.

Patentansprüche

1. Röntgenröhre (30) mit einer im Betrieb eine Hochspannung führenden und sich erwärmenden Anode (36), wobei mit der Anode ein Kühlkörper (4) Wärme leitend verbunden ist, der einen Grundkörper (10.4) aus einem Metall mit einer Wärmeaufnahme fläche (12.4) zur Kopplung mit der Anode (36) als Wärmequelle (36) und einer Wärmeabgabefläche (14.4), die durch mit dem Grundkörper (10.4) verbundene Wärmeabgabeelemente (16.4) vergrößert ist, aufweist, wobei die Wärmeabgabeelemente (16.4) aus einem elektrisch isolierenden Material bestehen, welches eine Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung des Metalls des Grundkörpers (10.4) aufweist, wobei die Röntgenröhre ein die Wärmeabgabeelemente umgebendes Isolationsmedium aufweist, wobei die Wärmeabgabeelemente (16.4) ausgehend von dem Grundkörper (10.4) des Kühlkörpers (4) eine Höhe (H) aufweisen, sodass unter Berücksichtigung der Hochspannung und des die Wärmeabgabeelemente (16.4) umgebenden Isolationsmediums eine ausreichende Durchschlagsfestigkeit gegenüber der Umgebung der Röntgenröhre (30) besteht, wobei der Grundkörper (10.4) ein Drehkörper mit einer Innenoberfläche (12.4) einer axial verlaufenden Ausnehmung (22), die zur Kopplung mit der Anode (36) als die Wärmequelle angepasst ist, wobei die Wärmeabgabeelemente (16.4) plattenfö-

mige Keramikelemente sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper (10.4) für jedes Wärmeabgabeelement (16.4) eine entsprechend Aufnahme (18.4) aufweist, die zur Aufnahme (18.4) eines Verbindungsabschnitts (20.4) jeweils eines der Wärmeabgabeelemente (16.4) dimensioniert ist, der Grundkörper (10.4) eine Außenoberfläche (14.4) als Teil der Wärmeabgabefläche die Aufnahmen (18.4) für die Wärmeabgabeelemente (16.4) aufweist und in jeder der Aufnahmen (18.4) ein Wärmeabgabeelement (16.4) eingefügt ist, die Aufnahmen (18.4) axial verlaufende Schlitze oder Nuten sind, in die die plattenförmige Keramikelemente als die Wärmeabgabeelemente (16.4) eingefügt sind, die Wärmeabgabeelemente (16.4) mit dem Grundkörper (10.4) verbunden sind, indem der jeweilige Verbindungsabschnitt (20.4) mittels einer Presspassung oder Klemmung in der zugehörigen Aufnahme (18.4) befestigt ist.

2. Röntgenröhre (30) nach Anspruch 1, wobei der Grundkörper (10.4) aus einem Metall oder einer Metalllegierung besteht.
3. Röntgenröhre (30) nach Anspruch 2, wobei der Grundkörper (10.4) aus einem Metall besteht und das Metall Aluminium, Kupfer oder Silber ist, und/oder das Metall oder die Metalllegierung einen Wärmeleitkoeffizienten im Bereich von 100 bis 450 W/ (m K) aufweist.
4. Röntgenröhre (30) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1-3, wobei die Wärmeabgabeelemente (16.4) aus einer Keramik bestehen.
5. Röntgenröhre (30) nach Anspruch 4, wobei die Wärmeabgabeelemente (16.4) aus einer Keramik bestehen und die Keramik Siliziumkarbid oder Aluminiumnitrid ist, und/oder die Keramik einen Wärmeleitkoeffizienten im Bereich von 100 bis 350 W/ (m K) aufweist.

Claims

1. An X-ray tube (30) with an anode (36) that conducts a high voltage and heats up during operation, wherein the anode is connected in a thermally conductive way to a heat sink (4) having a base body (10.4) composed of a metal with a heat absorbing surface (12.4) for coupling to the anode (36) as a heat source (36) and a heat dissipating surface (14.4) enlarged by means of heat dissipating elements (16.4) connected to the base body (10.4), wherein the heat dissipating elements (16.4) are composed of an electrically insulating material having a thermal conductivity on the same order of mag-

nitude as that of the metal of the base body (10.4), wherein the X-ray tube comprises an insulating medium surrounding the heat dissipating elements (16.4),

wherein the heat dissipating elements (16.4) have a height (H) starting from the base body (10.4) of the heat sink (4) so that taking into account the high voltage and the insulating medium surrounding the heat dissipating elements (16.4), there is a sufficient insulation breakdown resistance relative to the surroundings of the X-ray tube (30),

wherein the base body (10.4) is a body of rotation with an inner surface (12.4) of an axially extending recess (22) adapted for coupling to the anode (36) as the heat source,

wherein the heat dissipating elements (16.4) are plate-shaped,

characterized in that

for each heat dissipating element (16.4), the base body (10.4) has a corresponding socket (18.4), which is dimensioned to accommodate (18.4) a connecting section (20.4) of each of the heat dissipating elements (16.4),

the base body (10.4) has an outer surface (14.4) as part of the heat dissipating surface has the sockets (18.4) for the heat dissipating elements (16.4), and a heat dissipating element (16.4) is inserted into each of the sockets (18.4),

the sockets (18.4) are axially extending slots or grooves into which are inserted the plate-shaped ceramic elements serving as the heat dissipating elements (16.4),

the heat dissipating elements (16.4) are connected to the base body (10.4) **in that** the respective connecting section (20.4) is fastened in the associated socket (18.4) by means of a press fit or clamping.

2. The X-ray tube (30) according to claim 1, wherein the base body (10.4) is composed of a metal or a metal alloy.
3. The X-ray tube (30) according to claim 2, wherein the base body (10.4) is composed of a metal and the metal is one of aluminum, copper, and silver, and/or the metal or the metal alloy has a thermal conductivity coefficient that lies in the range of 100 to 450 W/ (m K).
4. The X-ray tube (30) according to one of the preceding claims 1-3, wherein the heat dissipating elements (16.4) are composed of a ceramic.
5. The X-ray tube (30) according to claim 4, wherein the heat dissipating elements (16.4) are composed of a ceramic and the ceramic is silicon carbide or aluminum nitride, and/or the ceramic has a thermal conductivity coefficient that lies in the range of 100 to 350 W/ (m K).

Revendications

1. Tube à rayons X (30) ayant une anode (36) qui, pendant son fonctionnement, conduit une haute tension et se réchauffe, cependant qu'un corps refroidissant (4) est relié de manière conductrice de chaleur avec l'anode et comporte un corps de base (10.4) en un métal ayant une surface d'absorption de chaleur (12.4) pour le couplage avec l'anode (36) en tant que source de chaleur (36) et une surface de dissipation de chaleur (14.4) agrandie par des éléments de dissipation de chaleur (16.4) reliés au corps de base (10.4), cependant que les éléments de dissipation de chaleur (16.4) consistent en un matériau électriquement isolant ayant une conductivité de chaleur de l'ordre de grandeur du métal du corps de base (10.4), cependant que le tube à rayons X comporte un moyen isolant entourant les éléments de dissipation de chaleur (16.4), cependant que les éléments de dissipation de chaleur (16.4) présentent, à partir du corps de base (10.4) du corps refroidissant (4), une hauteur (H), de telle sorte que, en tenant compte de la haute tension du moyen isolant entourant les éléments de dissipation de chaleur (16.4), il y a une rigidité diélectrique suffisante par rapport à l'environnement du tube à rayons X (30), cependant que le corps de base (10.4) est un corps rotatif ayant une surface intérieure (12.4) d'un évidement (22) axial adapté au couplage avec l'anode en tant que la source de chaleur (36), cependant que les éléments de dissipation de chaleur (16.4) sont des éléments céramiques en forme de plaques, **caractérisé en ce que** le corps de base (10.4) comporte pour chaque élément de dissipation de chaleur (16.4) un logement (18.4) dimensionné pour le logement (18.4) d'une partie jonction (20.4) d'au moins un des éléments de dissipation de chaleur (16.4), le corps de base (10.4) a une surface extérieure (14.4) en tant que partie de la surface de dissipation de chaleur qui comporte des logements (18.4) pour les éléments de dissipation de chaleur (16.4), et que, dans chacun des logements (18.4), un élément de dissipation de chaleur (16.4) est inséré. les logements (18.4) sont des fentes ou des rainures axiales dans lesquelles les éléments céramiques en forme de plaques sont insérés en tant que les éléments de dissipation de chaleur (16.4), les éléments de dissipation de chaleur (16.4) sont joints au corps de base (10.4), ce qui est obtenu **en ce que** la partie respective de jonction (20.4) est fixée au moyen d'un ajustement serré ou d'un serrage dans le logement (18.4) associé.
2. Tube à rayons X (30) selon la revendication 1, cependant que le corps de base (10.4) consiste en un

métal ou en un alliage métallique.

3. Tube à rayons X (30) selon la revendication 2, cependant que le corps de base (10.4) consiste en un métal et que le métal est de l'aluminium, de cuivre ou d'argent, et/ou que le métal ou l'alliage métallique présente un coefficient de conductivité thermique compris entre 100 et 450 W/(mK). 5
4. Tube à rayons X (30) selon une des revendications précédentes de 1 à 3, cependant que les éléments de dissipation de chaleur (16.4) consistent en une céramique. 10
5. Tube à rayons X (30) selon la revendication 4, cependant que les éléments de dissipation de chaleur (16.4) consistent en une céramique et que la céramique est du carbure de silicium ou du nitrure d'aluminium, et/ou que la céramique présente un coefficient de conductivité thermique compris entre 100 et 350 W/(mK). 15 20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1a

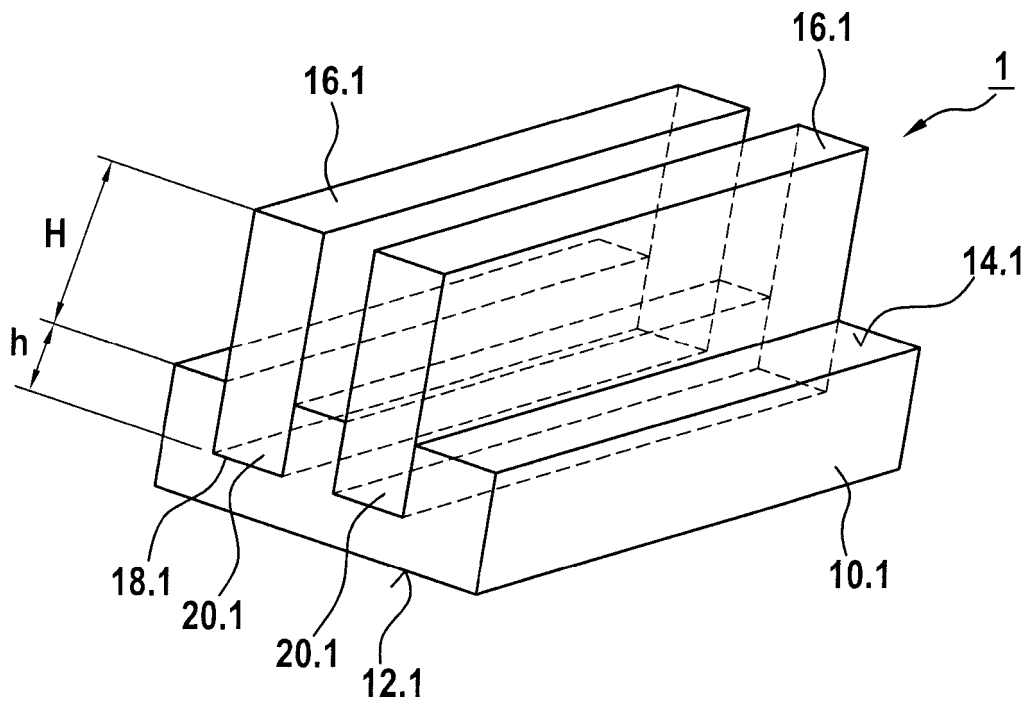


Fig. 1b

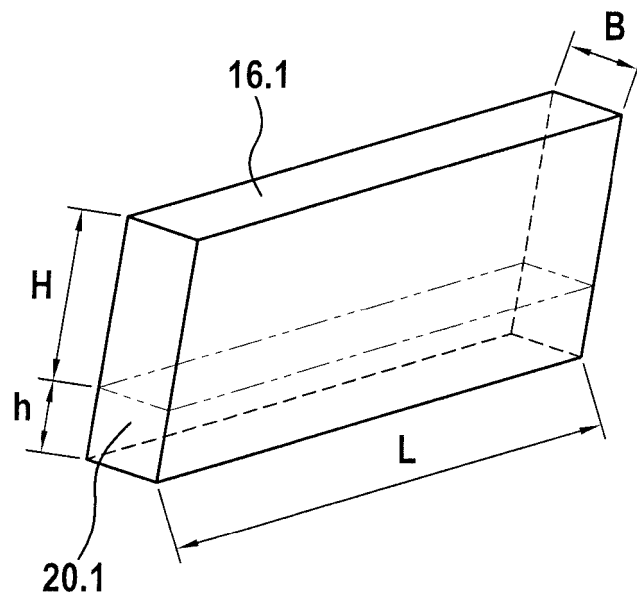


Fig. 2a

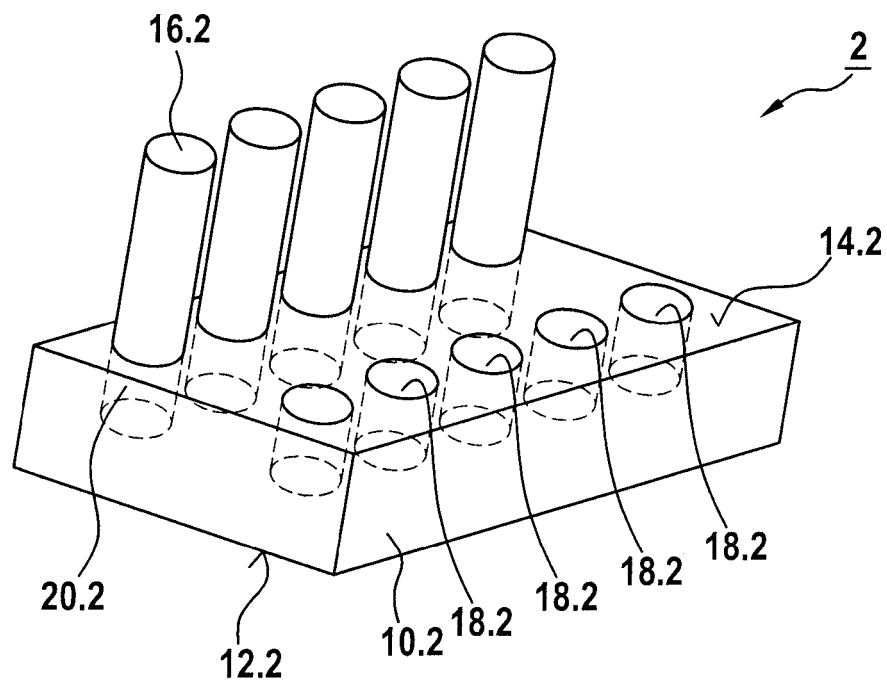


Fig. 2b

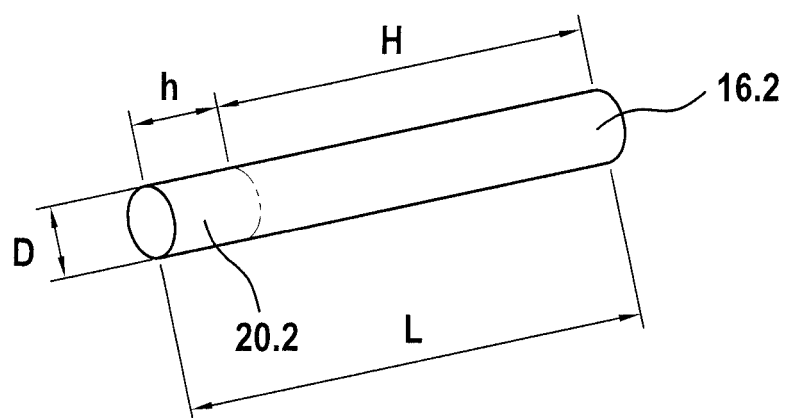


Fig. 3a

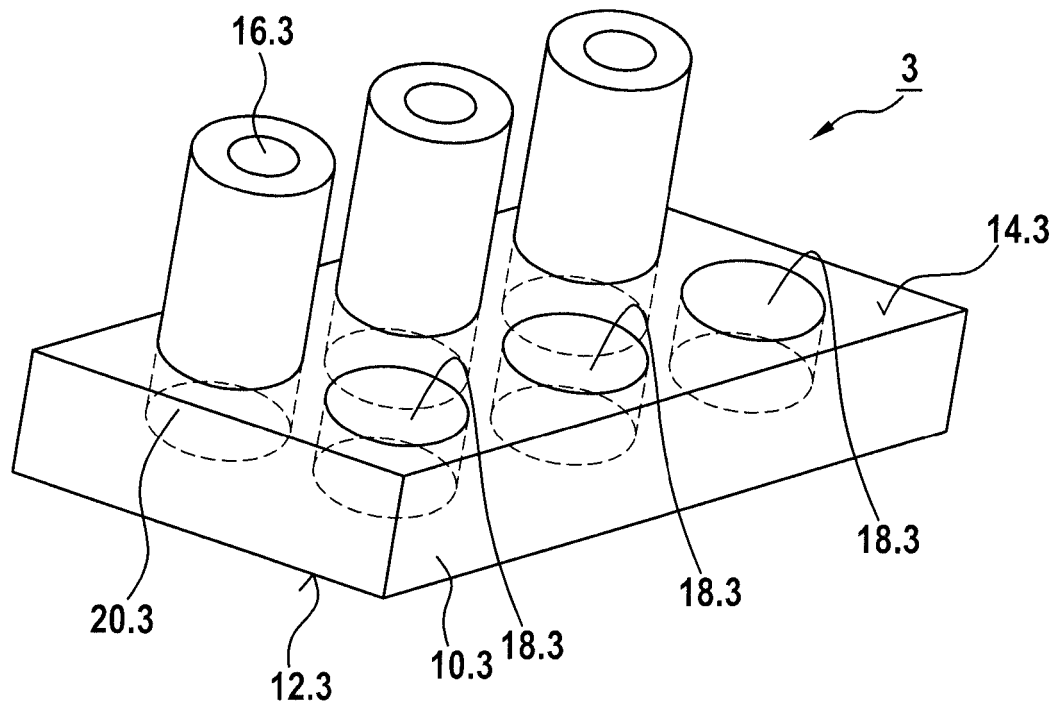


Fig. 3b

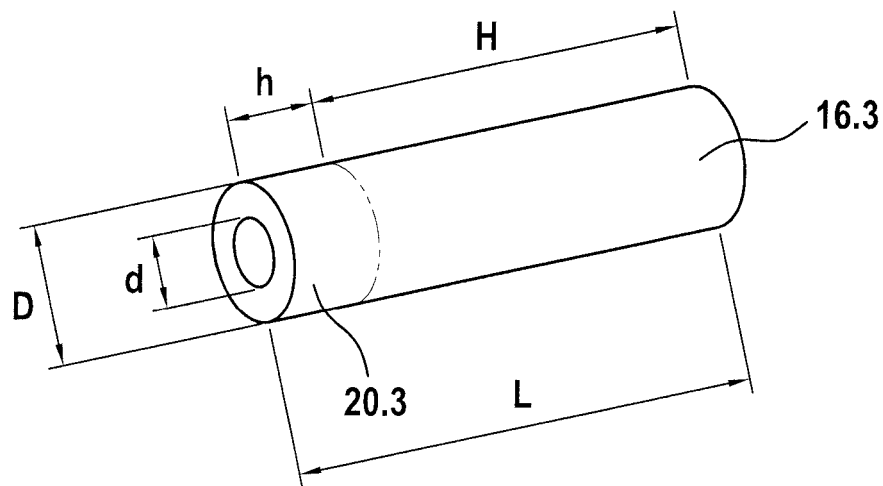


Fig. 4a

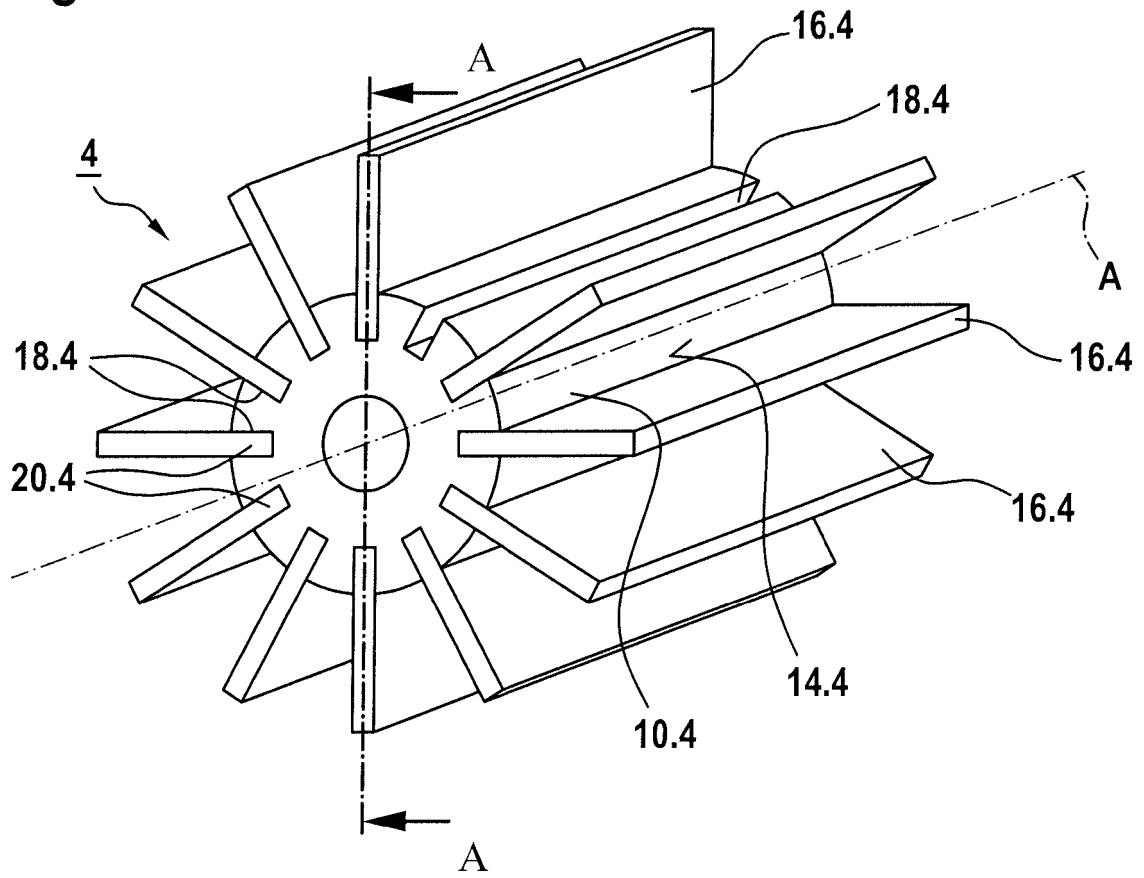


Fig. 4b

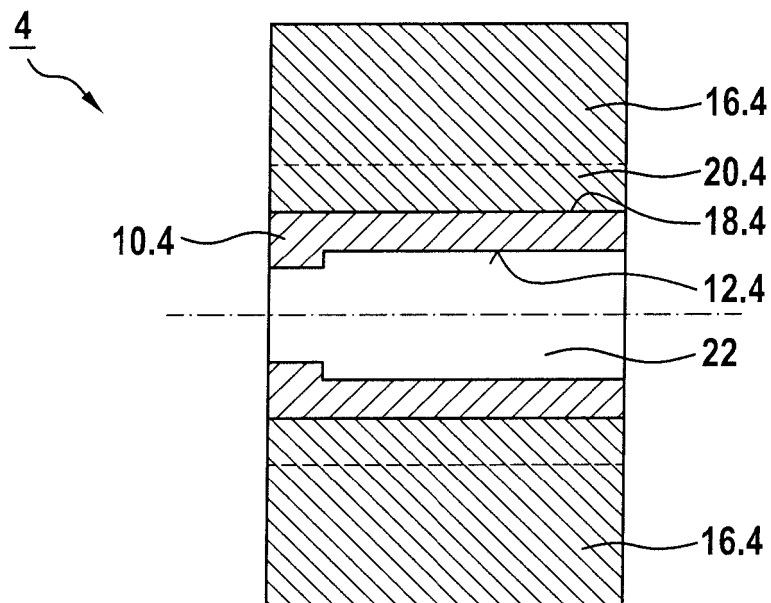


Fig. 5a

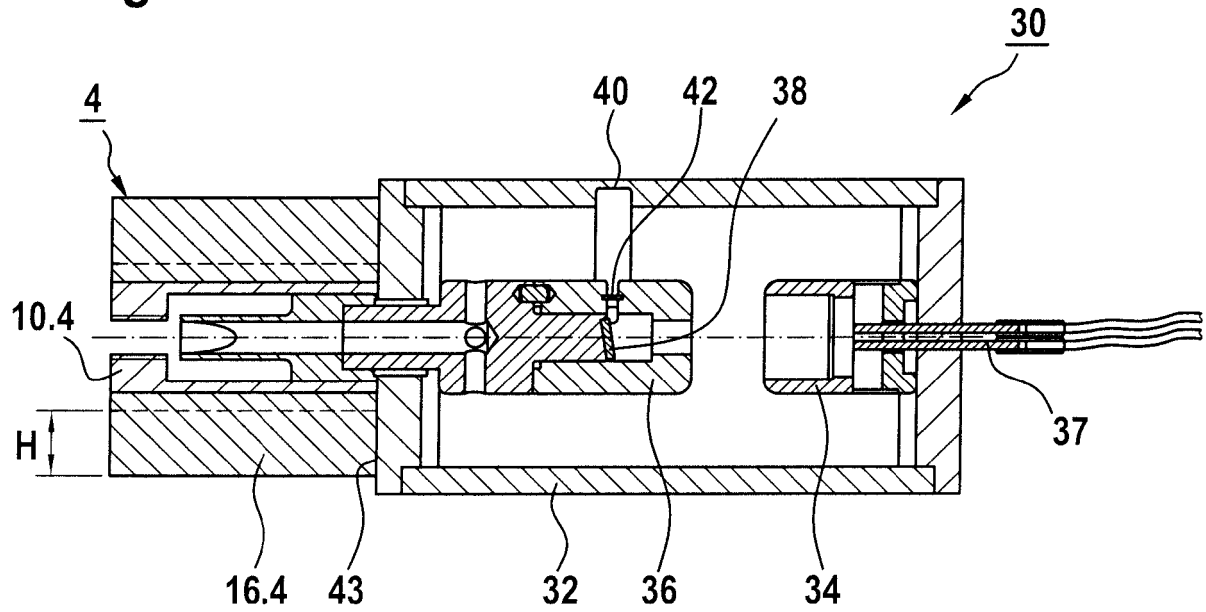
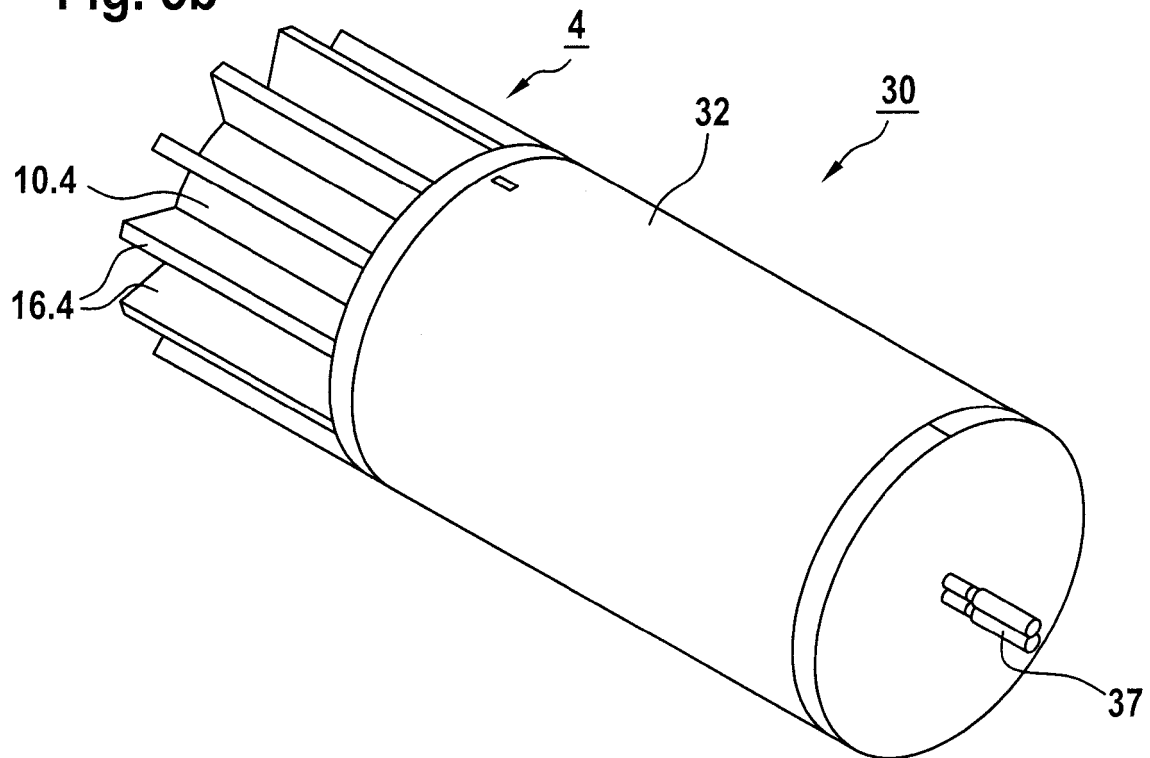


Fig. 5b



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

- DD 139327 A [0003] [0006]
- DE 102008006620 A1 [0003] [0054]
- DE 202007007568 U1 [0004]
- JP 2009164038 A [0008]
- WO 2013021794 A1 [0008]
- US 2003221816 A1 [0009]
- CN 202221659 U [0009]
- WO 2012031943 A1 [0010]