



(11) **EP 3 557 954 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.10.2019 Patentblatt 2019/43

(51) Int Cl.:
H05G 1/04 (2006.01) H01J 35/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18167566.1**

(22) Anmeldetag: **16.04.2018**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

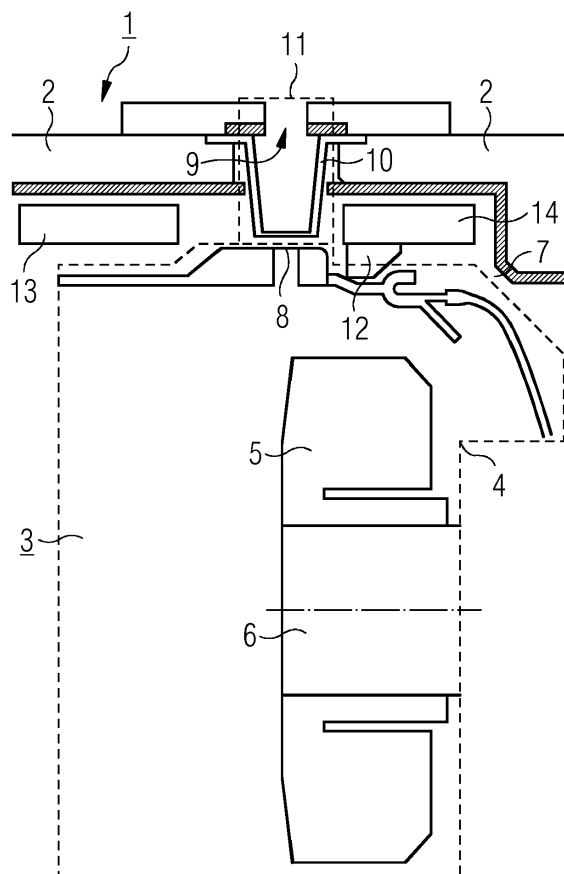
(71) Anmelder: **Siemens Healthcare GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(72) Erfinder:
• **Maric, Daniel**
91052 Erlangen (DE)
• **Matschulla, Jan**
02791 Oderwitz (DE)
• **Werner, Lothar**
91367 Weißenhohe / Dorfhaus (DE)

(54) **RÖNTGENSTRAHLER**

(57) Die Erfindung betrifft einen Röntgenstrahler (1) mit einem Strahlergehäuse (2), in dem eine Röntgenröhre (3) angeordnet ist, die ein Vakuumgehäuse (4) umfasst, in dem wenigstens eine Kathode und wenigstens eine Drehanode (5) angeordnet sind, wobei in einem Strahlenaustrittsbereich (11) in dem Vakuumgehäuse (4) und in dem Strahlergehäuse (2) jeweils wenigstens ein Strahlenaustrittsfenster (8; 9) angeordnet ist. Erfindungsgemäß ist wenigstens ein Berstschutzelement im Rotationsbereich der Drehanode angeordnet. Ein derartiger Röntgenstrahler (1) gewährleistet eine nochmals verbesserte Betriebssicherheit.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Röntgenstrahler.

[0002] Ein derartiger Röntgenstrahler ist beispielsweise aus der DE 10 2013 210 967 A1 bekannt. Der Röntgenstrahler umfasst ein Strahlergehäuse, in dem eine Röntgenröhre mit einem Vakuumgehäuse angeordnet ist. Im Vakuumgehäuse (Vakuumschale) sind eine Kathode und eine Anode angeordnet. Im Strahlenaustrittsbereich des Röntgenstrahlers ist sowohl im Strahlergehäuse als auch im Vakuumgehäuse jeweils ein Strahlenaustrittsfenster angeordnet. Die Anode kann als Stehanode (Festanode) oder als Drehanode ausgebildet sein. Bei Hochleistungs-Röntgenstrahlern ist die Anode als Drehanode ausgeführt. Der Strahlenaustrittsbereich liegt hierbei in der Rotationssebene der Drehanode.

[0003] Im Vakuumgehäuse der Röntgenröhre wird die Röntgenstrahlung erzeugt. Hierzu werden die von der Kathode erzeugten Elektronen zur der Drehanode hin beschleunigt. Beim Auftreffen der Elektronen auf der Anodenoberfläche entsteht im Aufenthaltsbereich des Brennflecks, der bei einer Drehanode eine Brennbahn bildet, eine allseitig gerichtete Röntgenstrahlung. Hierbei entsteht eine hohe Wärmeentwicklung. Die beim Elektronenbeschuss entstehende Wärme erhitzt die Anode und damit auch die Röntgenröhre während des Betriebs entsprechend stark. Zur Kühlung ist der Raum zwischen dem Strahlergehäuse und dem Vakuumgehäuse mit einem zirkulierenden Kühlmedium gefüllt. Beim Abführen der Wärme aus dem Vakuumgehäuse der Röntgenröhre erhitzt sich das Kühlmedium selbst.

[0004] Aufgrund der hohen Rotation der Drehanode (bis zu ca. 160 Umdrehungen pro Sekunde) sowie der starken Erwärmung der Drehanode (bis zu ca. 1.900°C) treten bei einem Hochleistungs-Röntgenstrahler während des Betriebs entsprechend hohe mechanische und thermische Belastungen auf. Damit besteht bei Materialfehlern die Gefahr eines Berstens der Drehanode. Treffen Bruchstücke der geborstenen Drehanode im Strahlenaustrittsbereich auf die Innenseite des Vakuumgehäuses, so verformt sich das Vakuumgehäuse aufgrund der kinetischen Energie der Bruchstücke. Der geringe Abstand zwischen Vakuumgehäuse und Strahlergehäuse im Strahlenaustrittsbereich (ca. 3 mm) verringert sich durch diese Verformung nochmals, wodurch sich die Kühlung im Strahlenaustrittsbereich entsprechend verringert. Die Verformung des Vakuumgehäuses kann sogar so ausgeprägt sein, dass das Vakuumgehäuse in diesem Bereich das Strahlergehäuse berührt. Aufgrund der kinetischen Energie der Bruchstücke der geborstenen Drehanode besteht die Gefahr, dass das Vakuumgehäuse dieser Stelle leckgeschlagen werden könnte. Wird außerdem das Strahlergehäuse beschädigt, so tritt dann heißes Kühlmedium aus dem Röntgenstrahler aus. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, einen Röntgenstrahler zu schaffen, eine nochmals verbesserte Betriebssicherheit gewährleistet.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ei-

nen Röntgenstrahler gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhaft Ausgestaltungen der Erfindung sind jeweils Gegenstand von weiteren Ansprüchen.

[0006] Der Röntgenstrahler gemäß Anspruch 1 weist ein Strahlergehäuse auf, in dem eine Röntgenröhre angeordnet ist, die ein Vakuumgehäuse umfasst, in dem wenigstens eine Kathode und wenigstens eine Drehanode angeordnet sind. In einem Strahlenaustrittsbereich ist in dem Vakuumgehäuse und in dem Strahlergehäuse jeweils wenigstens ein Strahlenaustrittsfenster angeordnet. Erfindungsgemäß ist wenigstens ein Berstschutzelement im Rotationsbereich der Drehanode angeordnet.

[0007] Im Rotationsbereich der Drehanode tritt die im Material der Drehanode erzeugte Röntgenstrahlung aus dem Strahlenaustrittsfenster im Vakuumgehäuse aus und in das Strahlergehäuse ein, um anschließend durch das Strahlenaustrittsfenster im Strahlergehäuse und damit aus dem Röntgenstrahler auszutreten. Dieser Bereich wird deshalb auch als Strahlenaustrittsbereich bzw. Strahlendurchtrittsbereich bezeichnet.

[0008] Der Strahlenaustrittsbereich, der den mechanisch empfindlichsten Bereich eines Röntgenstrahlers darstellt, wird durch die erfindungsgemäße Lösung vor mechanischen Deformationen geschützt. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Hochleistungs-Röntgenstrahler im Fall eines Berstens der Drehanode das Strahlergehäuse leckgeschlagen wird und in der Folge heißes Kühlmedium austreten könnte, ist deshalb deutlich geringer, wodurch sich die Funktionssicherheit des Röntgenstrahlers entsprechend erhöht.

[0009] Durch die Erfindung ist ein Röntgenstrahler mit einer nochmals erhöhten Rotation der Drehanode (bis zu ca. 200 Umdrehungen pro Sekunde) realisierbar.

[0010] Im Rahmen der Erfindung sind für die Anordnung wenigstens eines Berstschutzelements verschiedene vorteilhafte Alternativen realisierbar.

[0011] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Röntgenstrahlers ist wenigstens ein Berstschutzelement an wenigstens einer Innenwand des Strahlergehäuses angeordnet (Anspruch 2). Bei dem Berstschutzelement, das an wenigstens einer Innenwand des Strahlergehäuses angeordnet ist, handelt es sich um ein zusätzliches Bauteil, das vorzugsweise aus einem Metall gefertigt ist und nahe dem Bereich des Strahlenaustrittsfensters im Strahlergehäuse an der Innenwand des Strahlergehäuses kraftschlüssig befestigt ist. Das Berstschutzelement ist somit im Strahlenaustrittsbereich zwischen dem Vakuumgehäuse und dem Strahlergehäuse angeordnet. Geeignete kraftschlüssige Befestigungen können z.B. mittels Schrauben, Druckklemmen, Schnappverbindungen oder Kabelbinder realisiert werden. Auch stoffschlüssige Befestigungen, beispielsweise durch Kleben, Schweißen oder Löten, sind im Rahmen der Erfindung möglich.

[0012] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Berstschutzelement an wenigstens einer Außenwand des Vakuumgehäuses angeordnet ist (Anspruch

3). Die Verbindung zwischen der Außenwand des Vakuumgehäuses und dem Berstschutzelement kann wiederum stoffschlüssig erfolgen, also z.B. durch Kleben, Schweißen oder Löten.

[0013] Bei einem ebenfalls vorteilhaften Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Röntgenstrahlers sind wenigstens ein Berstschutzelement an wenigstens einer Innenwand des Strahlergehäuses und wenigstens ein Berstschutzelement an wenigstens einer Außenwand des Vakuumgehäuses angeordnet (Anspruch 4).

[0014] Bei dem Röntgenstrahler nach Anspruch 1 sowie dessen vorteilhaften Ausgestaltungen, insbesondere gemäß den Ansprüchen 2 bis 4, ist das Design des Berstschutzelements und dessen Lage innerhalb des Strahlergehäuses bzw. an der Außenwand des Vakuumgehäuses so umgesetzt, dass auftreffende Bruchstücke der geborstenen Drehanode nicht in Richtung des Strahlenaustrittsbereichs sondern in Richtung des massiven (dickwandigen) Strahlergehäuses gelenkt werden. Diese Richtung stellt einen sogenannten Verformungspfad dar, in dem weitere Bauteile angeordnet sind, z.B. Ablenkspulen zur Ablenkung der von der Kathode emittierten Elektronen. Vorzugsweise ist an einer derartigen Ablenkspule das erfindungsgemäß vorgesehene Berstschutzelement angeordnet. (Anspruch 5) Im Rahmen der Erfindung kann das Berstschutzelement auch an einer anderen Stelle innerhalb des Strahlergehäuses angeordnet sein.

[0015] Auch die Verformung des Strahlergehäuses ist bei dem erfindungsgemäßen Röntgenstrahler geringer, so dass gegebenenfalls aufwendig zu behebende Folgeschäden an unmittelbar benachbarten Komponenten, z.B. der Blende, sehr unwahrscheinlich sind.

[0016] Vorzugsweise ist das Berstschutzelement strömungsoptimiert, so dass es die Strömung des Kühlmediums möglichst wenig gebremst wird (Anspruch 6). Dies kann z.B. durch Öffnungen, durch die das Kühlmedium strömen kann oder durch eine entsprechende Außenkontur erreicht werden.

[0017] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn sich das Berstschutzelement beim Aufprall der Bruchstücke der geborstenen Drehanode verformt und damit einen Teil der kinetischen Energie der Bruchstücke aufnimmt (Anspruch 7). Die erfindungsgemäß vorgesehene Deformation in Richtung massiver Bereiche des Strahlergehäuses wird dadurch nochmals verbessert.

[0018] Nachfolgend wird ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein. Es zeigen:

FIG 1 einen Teilschnitt eines Röntgenstrahlers gemäß dem Stand der Technik,

FIG 2 einen Teilschnitt einer Ausführungsform eines Röntgenstrahlers gemäß der Erfindung.

[0019] Der FIG 1 dargestellte Röntgenstrahler 1 weist

ein Strahlergehäuse 2 auf, in dem eine Röntgenröhre 3 angeordnet ist, die ein Vakuumgehäuse 4 umfasst. In dem Vakuumgehäuse 4 sind eine Kathode und eine Drehanode 5 angeordnet. Die Kathode ist aufgrund der gewählten Darstellung in FIG 1 nicht sichtbar. Die Drehanode 5 ist verdrehfest auf einer angetriebenen Anodenwelle 6 montiert.

[0020] Weiterhin sind in auf der Innenseite des Strahlergehäuses 2 Ablenkspulen 13 und 14 im Bereich der Drehanode 5 angeordnet. Die Ablenkspulen 13 und 14 dienen zur Ablenkung der von der Kathode emittierten Elektronen in Richtung der Drehanode 5.

[0021] Im Strahlergehäuse 2 zirkuliert ein flüssiges Kühlmedium 7, um die während des Betriebs entstehende Wärme zuverlässig abzuführen.

[0022] In dem Vakuumgehäuse 4 ist ein Strahlenaustrittsfenster 8 angeordnet. In dem Strahlergehäuse 2 ist ebenfalls ein Strahlenaustrittsfenster 9 angeordnet, das über einen Tubus 10 im Strahlergehäuse 2 gehalten ist.

[0023] Das Strahlenaustrittsfenster 8 im Vakuumgehäuse 4 und das Strahlenaustrittsfenster 9 im Strahlergehäuse 2 liegen in einem Strahlenaustrittsbereich 11 und sind voneinander nur gering beabstandet, typischerweise wenige Millimeter.

[0024] Der FIG 2 dargestellte erfindungsgemäße Röntgenstrahler 1 weist ein Strahlergehäuse 2 auf, in dem eine Röntgenröhre 3 angeordnet ist, die ein Vakuumgehäuse 4 umfasst. In dem Vakuumgehäuse 4 sind eine Kathode und eine Drehanode 5 angeordnet. Die Kathode ist in der gewählten Darstellung in FIG 2 nicht sichtbar. Die Drehanode 5 ist verdrehfest auf einer angetriebenen Anodenwelle 6 montiert.

[0025] Weiterhin sind in auf der Innenseite des Strahlergehäuses 2 Ablenkspulen 13 und 14 im Bereich der Drehanode 5 angeordnet. Die Ablenkspulen 13 und 14 dienen zur Ablenkung der von der Kathode emittierten Elektronen in Richtung der Drehanode 5.

[0026] Im Strahlergehäuse 2 zirkuliert ein flüssiges Kühlmedium 7, um die während des Betriebs entstehende Wärme zuverlässig abzuführen.

[0027] In dem Vakuumgehäuse 4 ist ein Strahlenaustrittsfenster 8 angeordnet. In dem Strahlergehäuse 2 ist ebenfalls ein Strahlenaustrittsfenster 9 angeordnet, das über einen Tubus 10 im Strahlergehäuse 2 gehalten ist.

[0028] Das Strahlenaustrittsfenster 8 im Vakuumgehäuse 4 und das Strahlenaustrittsfenster 9 im Strahlergehäuse 2 liegen in einem Strahlenaustrittsbereich 11 und sind voneinander nur gering beabstandet, typischerweise wenige Millimeter.

[0029] Bei dem Röntgenstrahler 1 gemäß FIG 2 weist das Strahlergehäuse 2 zumindest im Strahlenaustrittsbereich 11 an wenigstens einer Innenwand wenigstens ein Berstschutzelement 12 auf.

[0030] Der Strahlenaustrittsbereich 11 umfasst einen Bereich, in dem die im Material der Drehanode 5 erzeugte Röntgenstrahlung aus dem Strahlenaustrittsfenster 8 im Vakuumgehäuse 4 austritt und in das Strahlergehäuse 2 eintritt, um anschließend durch das Strahlenaustritts-

fenster 9 im Strahlergehäuse 2 und damit aus dem Röntgenstrahler 1 auszutreten.

[0031] Bei dem Berstschutzelement 12 handelt es sich um ein zusätzliches Bauteil, das vorzugsweise aus einem Metall gefertigt ist und nahe dem Bereich des Strahlenaustrittsfensters 9 im Strahlergehäuse 2 an der Innenwand des Strahlergehäuses 2 kraftschlüssig befestigt ist. Das Berstschutzelement 12 ist somit im Strahlenaustrittsbereich 11 zwischen dem Vakuumgehäuse 4 und dem Strahlergehäuse 2 angeordnet. Geeignete kraftschlüssige Befestigungen sind z.B. mittels Schrauben, Druckklemmen oder Kabelbinder realisierbar.

[0032] Wie in FIG 2 gezeigt, ist das Berstschutzelement 12 so angeordnet, dass auftreffende Bruchstücke der geborstenen Drehanode 5 nicht in Richtung des Strahlenaustrittsbereichs 11 sondern in Richtung des dickwandigen Strahlergehäuses 2 gelenkt werden. Diese Richtung stellt einen sogenannten Verformungspfad dar, in dem weitere Bauteile angeordnet sind, z.B. die Ablenkspulen 13 und 14 zur Ablenkung der von der Kathode emittierten Elektronen. An einer derartigen, im Bereich der Drehanode 5 angeordneten Ablenkspule 14 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel das Berstschutzelement 12 angeordnet.

[0033] Der Strahlenaustrittsbereich 11, der den dünnwandigsten und damit den mechanisch empfindlichsten Bereich eines Strahlergehäuses 2 dargestellt, wird durch die erfindungsgemäße Lösung vor mechanischer Deformation geschützt. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei dem erfindungsgemäßen Röntgenstrahler 1 im Fall eines Berstens der Drehanode 5 das Strahlergehäuse 2 leckgeschlagen wird und in der Folge heißes Kühlmedium 7 austreten könnte, ist deshalb deutlich geringer, wodurch sich Funktionssicherheit des Röntgenstrahlers 1 entsprechend erhöht.

[0034] Auch die Verformung des Strahlergehäuses 2 ist bei dem erfindungsgemäßen Röntgenstrahler 1 geringer, so dass gegebenenfalls aufwendig zu behebbende Folgeschäden an unmittelbar benachbarten Komponenten, z.B. der Blende oder weiterer benachbarter Komponenten, sehr unwahrscheinlich sind.

kennzeichnet, dass wenigstens ein Berstschutzelement (12) an wenigstens einer Innenwand des Strahlergehäuses (2) angeordnet ist.

- 5 3. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Berstschutzelement an wenigstens einer Außenwand des Vakuumgehäuses (4) angeordnet ist.
- 10 4. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Berstschutzelement (12) an wenigstens einer Innenwand des Strahlergehäuses (2) und wenigstens ein Berstschutzelement an wenigstens einer Außenwand des Vakuumgehäuses (4) angeordnet ist.
- 15 5. Röntgenstrahler nach Anspruch 2 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Berstschutzelement (12) an wenigstens einer im Strahlergehäuse (2) gehaltenen Ablenkspule (14) angeordnet ist.
- 20 6. Röntgenstrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Berstschutzelement (12) strömungsoptimiert ist.
- 25 7. Röntgenstrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Berstschutzelement (12) verformbar ist.
- 30
- 35
- 40

Patentansprüche

- 45 1. Röntgenstrahler mit einem Strahlergehäuse (2), in dem eine Röntgenröhre (3) angeordnet ist, die ein Vakuumgehäuse (4) umfasst, in dem wenigstens eine Kathode und wenigstens eine Drehanode (5) angeordnet sind, wobei in einem Strahlenaustrittsbereich (11) in dem Vakuumgehäuse (4) und in dem Strahlergehäuse (2) jeweils wenigstens ein Strahlenaustrittsfenster (8; 9) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Berstschutzelement (12) im Rotationsbereich der Drehanode (5) angeordnet ist.
- 50
- 55

2. Röntgenstrahler nach Anspruch 1, **dadurch ge-**

FIG 1 Stand der Technik

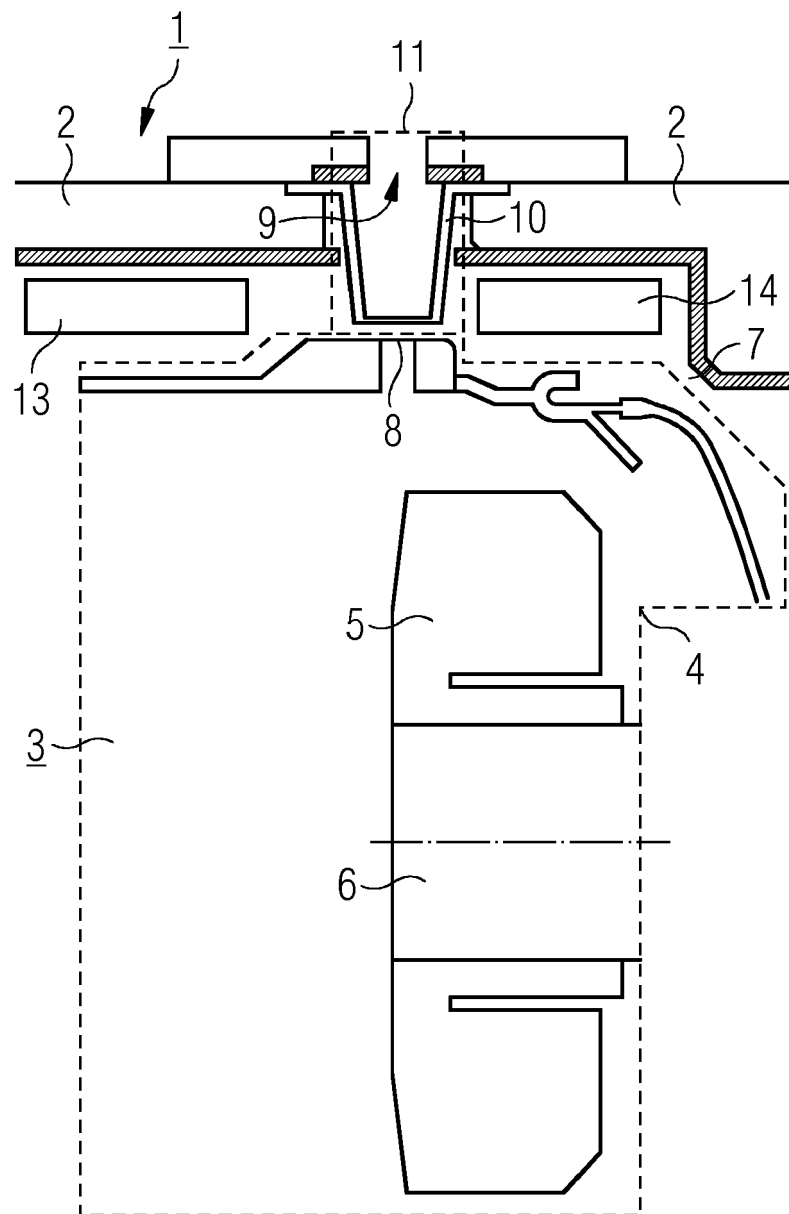
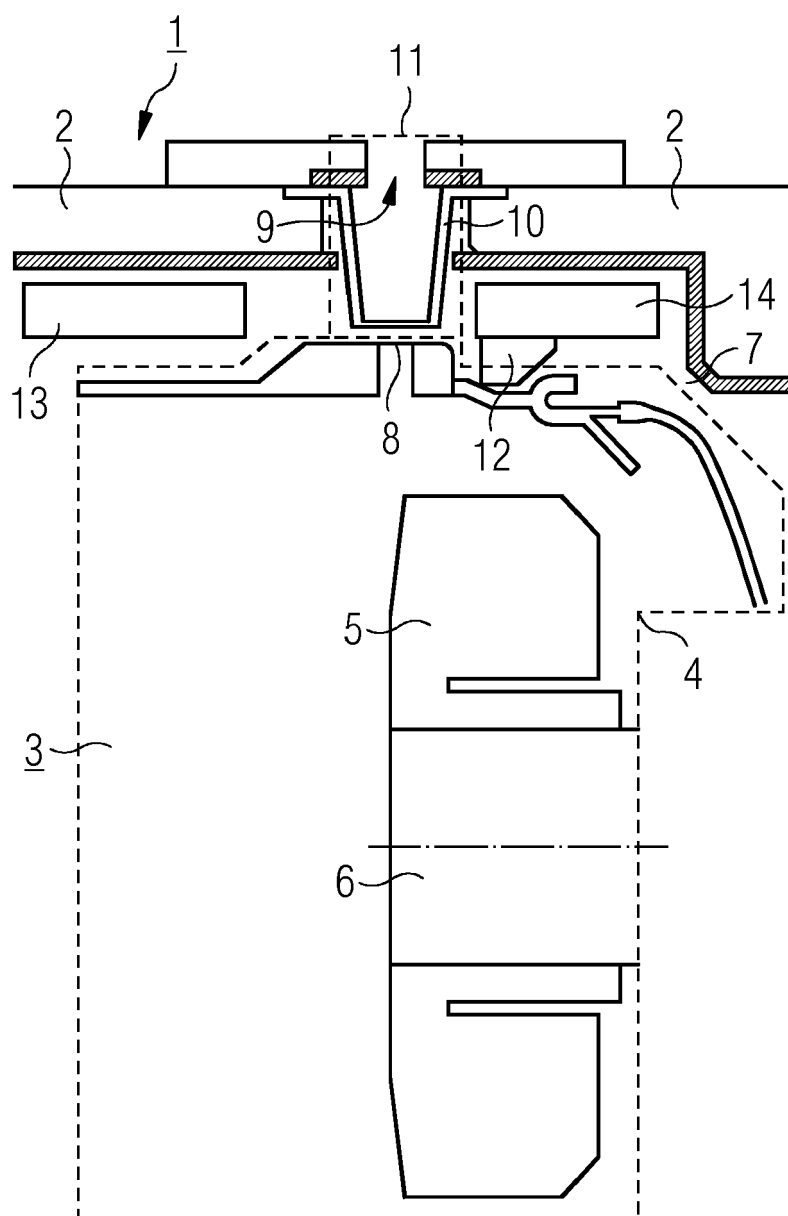


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 16 7566

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 77 15 604 U1 (-) 2. November 1978 (1978-11-02) * das ganze Dokument *	1,2,6,7	INV. H05G1/04 H01J35/16
X	DE 10 2016 213336 A1 (SIEMENS HEALTHCARE GMBH [DE]) 25. Januar 2018 (2018-01-25) * Abbildung 1 * * Absätze [0001], [0002], [0021] - [0025], [0027] *	1-4	
X	JP S57 136200 U (-) 25. August 1982 (1982-08-25) * Abbildungen 2-4 *	1,2	
X	EP 3 264 441 A1 (TOSHIBA ELECTRON TUBES & DEVIC [JP]) 3. Januar 2018 (2018-01-03) * Abbildung 1 * * Absätze [0012] - [0014], [0026] - [0029], [0069] *	1,2,5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05G H01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Oktober 2018	Prüfer Giovanardi, Chiara
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 16 7566

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-10-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 7715604 U1	02-11-1978	KEINE	
15	DE 102016213336 A1	25-01-2018	CN 107644799 A	30-01-2018
			DE 102016213336 A1	25-01-2018
			US 2018025883 A1	25-01-2018
20	JP S57136200 U	25-08-1982	JP H0228637 Y2	31-07-1990
			JP S57136200 U	25-08-1982
25	EP 3264441 A1	03-01-2018	CN 107430970 A	01-12-2017
			EP 3264441 A1	03-01-2018
			JP W02016136373 A1	28-09-2017
			US 2017372864 A1	28-12-2017
			WO 2016136373 A1	01-09-2016
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 102013210967 A1 [0002]