



(10) **DE 10 2011 006 654 B3** 2012.04.26

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 006 654.3**
(22) Anmeldetag: **01.04.2011**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.04.2012**

(51) Int Cl.: **H01J 35/16 (2006.01)**
H01J 35/10 (2006.01)
H02K 49/10 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

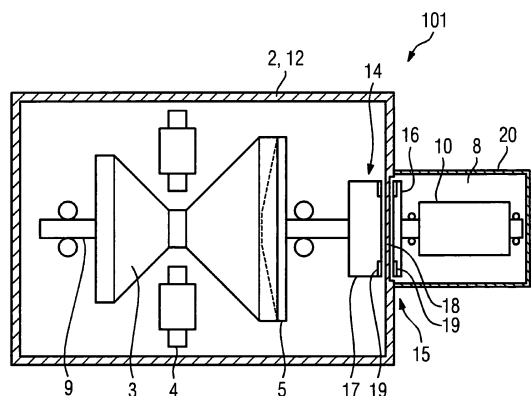
(72) Erfinder:
**Bauer, Richard, 91352, Hallerndorf, DE; Heidrich,
Günter, 91466, Gerhardshofen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 41 08 591 A1
US 6 570 960 B1

(54) Bezeichnung: **Drehkolben-Röntgenstrahler sowie Verfahren zum Betrieb eines Drehkolben-Röntgenstrahlers**

(57) Zusammenfassung: Ein Drehkolben-Röntgenstrahler weist eine in einem ölfüllten Strahlergehäuse (2) rotierbare Röntgenröhre (3) sowie einen zum Antrieb der Röntgenröhre (3) vorgesehenen Elektromotor (8) auf, wobei das Strahlergehäuse (2) hermetisch dicht ausgebildet und eine Magnetkupplung (15) zwischen der Röntgenröhre (3) und dem Elektromotor (8) vorgesehen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen insbesondere für den Einsatz in einem medizintechnischen Gerät geeigneten Drehkolben-Röntgenstrahler mit einer in einem ölgefüllten Strahlergehäuse rotierbaren Röntgenröhre. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Drehkolben-Röntgenstrahlers.

[0002] Ein Drehkolben-Röntgenstrahler der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus der DE 10 2004 056 110 A1 bekannt. In diesem Drehkolben-Röntgenstrahler ist eine ein Vakuumgehäuse aufweisende Drehkolben-Röntgenröhre rotierbar gelagert. Die Drehkolben-Röntgenröhre enthält eine mit dem Vakuumgehäuse fest verbundene Drehanode sowie eine Elektronen emittierende Kathode. Sowohl Teile des Vakuumgehäuses als auch Teile des die Drehkolben-Röntgenröhre umschließenden Strahlergehäuses weisen bei dem bekannten Drehkolben-Röntgenstrahler Abschirmungen, insbesondere aus Tantal, Wolfram und/oder Molybdän, gegen Verlust-Röntgenstrahlung auf. Die Drehkolben-Röntgenröhre ist mittels eines nicht näher spezifizierten Antriebs, welcher sich in axialer Verlängerung einer mit der Röntgenröhre verbundenen Welle befindet, angetrieben.

[0003] Aus der DE 41 08 591 A1 ist eine magnetische Kupplung für eine Röntgen-Drehröhre zu entnehmen, bei der eine äußere magnetische Anordnung die Drehröhre vollständig umgibt und Polschuhe der äußeren magnetischen Anordnung um den Umfang des Vakuumkolbens verteilt angeordnet sind.

[0004] Aus der US 6,570,960 B1 ist eine weitere Röntgen-Drehröhre zu entnehmen, bei der eine Magnetkupplung zwischen einer äußeren Antriebsscheibe und einer inneren Rotorscheibe ausgebildet ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Drehkolben-Röntgenstrahler gegenüber dem genannten Stand der Technik weiterzuentwickeln, insbesondere eine Eignung für höhere Drehzahlen und/oder für höhere Drücke der Ölfüllung im Strahlergehäuse zu erzielen.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Drehkolben-Röntgenstrahler mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren zum Betrieb eines Drehkolben-Röntgenstrahlers den Merkmalen des Anspruchs 10. Im Folgenden im Zusammenhang mit dem Drehkolben-Röntgenstrahler erläuterte Ausgestaltungen und Vorteile gelten sinngemäß auch für das Verfahren und umgekehrt.

[0007] Der Drehkolben-Röntgenstrahler weist eine in einem ölgefüllten Strahlergehäuse rotierbare Rönt-

genröhre sowie einen zum Antrieb der Röntgenröhre vorgesehenen Elektromotor auf, wobei das Strahlergehäuse hermetisch dicht ausgebildet und eine Magnetkupplung zwischen der Röntgenröhre und dem Elektromotor vorgesehen ist.

[0008] Unter einer Ölfüllung des Strahlergehäuses wird unabhängig von der Konsistenz und chemischen Zusammensetzung jegliches Medium im Strahlergehäuse verstanden, das als Kühlmedium zur Kühlung der Röntgenröhre fungiert. Unter dem Begriff Magnetkupplung werden sämtliche Arten von Kupplungen verstanden, die berührungslos, durch eine geschlossene Wandung hindurch, mittels magnetischer oder elektromagnetischer Wechselwirkung ein Drehmoment zwischen einer antreibenden Welle und einer angetriebenen Welle übertragen.

[0009] Eine Magnetkupplung, welche einen berührungslosen Antrieb eines in einem hermetisch dichten Behälter angeordneten rotierbaren Elements ermöglicht, ist prinzipiell beispielsweise aus der DE 10 2009 052 856 B3 bekannt.

[0010] Der Vorteil der Verwendung der Magnetkupplung zur Drehmomentübertragung beim erfindungsgemäßen Drehkolben-Röntgenstrahler liegt primär in der Möglichkeit, das Strahlergehäuse ohne Wellendurchführung zu gestalten. Weiterhin ist die Tatsache von Vorteil, dass der Antrieb über die Magnetkupplung im Vergleich zu herkömmlichen Antrieben besonders tolerant gegenüber Winkelfehlern sowie einem Parallelversatz zwischen der antreibenden Welle und der angetriebenen Welle ist. Vorzugsweise ist der Antrieb als getriebeloser Antrieb gestaltet. Theoretisch ist jedoch auch ein Antrieb über ein außerhalb des Strahlergehäuses angeordnetes Getriebe realisierbar.

[0011] Die zur Drehmomentübertragung auf die Röntgenröhre vorgesehene Magnetkupplung weist vorzugsweise mit Permanentmagneten bestückte Kupplungselemente auf. Als Magnete sind zum Beispiel Samarium-Cobalt-Magnete oder Neodym-Eisen-Bor-Magnete geeignet.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein innerhalb des Strahlergehäuses angeordnetes Kupplungselement der Magnetkupplung mit einem Isolierelement verbunden, wobei das Kupplungselement vorzugsweise in das eine scheibenförmige Gestalt aufweisende Isolierelement integriert ist. Das Isolierelement ist bevorzugt aus Kunststoff, insbesondere einem hochtemperaturbeständigen thermoplastischen Kunststoff, beispielsweise einem Polyaryletherketon, zum Beispiel Polyetheretherketon (PEEK), gefertigt.

[0013] Der zwischen den Kupplungselementen der Magnetkupplung angeordnete Bereich der Wandung

des Strahlergehäuses ist aus einem nichtmagnetischen Material gebildet. Ein nichtmagnetisches Metall wie Aluminium kommt hierfür ebenso in Betracht wie ein mechanisch und thermisch ausreichend stabiler Kunststoff, insbesondere ein faserverstärkter Kunststoff, beispielsweise ein mit Kohlenstofffasern verstärkter Kunststoff.

[0014] Dank der Magnetkupplung sind hohe Drehzahlen der Röntgenröhre von beispielsweise über 10.000 Umdrehungen pro Minute bei gleichzeitigem hohen Überdruck des im Strahlergehäuse befindlichen bis von beispielsweise über 5 bar realisierbar, wobei jegliche Ölleckage prinzipbedingt ausgeschlossen ist.

[0015] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen:

[0016] [Fig. 1](#) Einen Drehkolben-Röntgenstrahler mit Wellendurchführung durch ein Strahlergehäuse,

[0017] [Fig. 2](#) einen erfindungsgemäßen Drehkolben-Röntgenstrahler mit Magnetkupplung, und

[0018] [Fig. 3](#) ein Detail der Magnetkupplung des Drehkolben-Röntgenstrahlers nach [Fig. 2](#).

[0019] Während die [Fig. 1](#) lediglich Vorüberlegungen zur Erfindung illustriert, ist in [Fig. 2](#) und in [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei welchem sämtliche erfindungsgemäßen Merkmale realisiert sind. Soweit die technische Funktion der Vorrichtung nach [Fig. 1](#) mit dem Ausführungsbeispiel der Erfindung übereinstimmt oder prinzipiell vergleichbar ist, werden für einander entsprechende Teile in allen Figuren gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0020] Ein in [Fig. 1](#) mit dem Bezugszeichen **1** gekennzeichnete Drehkolben-Röntgenstrahler, hinsichtlich dessen prinzipieller Funktion auf den eingangs zitierten Stand der Technik verwiesen wird, weist ein ölgefülltes Strahlergehäuse **2**, sowie eine in diesem rotierbar gelagerte Röntgenröhre **3** auf.

[0021] Eine innerhalb der evakuierten Röntgenröhre **3** angeordnete, nicht dargestellte Kathode (in der Anordnung nach [Fig. 1](#) im linken Bereich der Röntgenröhre **3**) emittiert Elektronen, welche durch ein Ablenssystem **4** in gewünschter Weise in ihrer Flugbahn beeinflusst und auf eine Anode **5** geleitet werden, um dort Röntgenstrahlung, insbesondere in Form von Bremsstrahlung, zu erzeugen. Lediglich ein geringer Teil der durch die Elektronen eingetragenen Energie, größenordnungsmäßig 1% dieser Energie, wird in Röntgenstrahlung umgewandelt. Der weitaus größte Teil der Energie ist in Form von Wärme von der Röntgenröhre **3** abzuführen. Dies geschieht mit Hilfe des im Strahlergehäuse **2** befindlichen Öls.

[0022] Die gesamte Röntgenröhre **3** ist innerhalb des Strahlergehäuses **2** rotierbar gelagert, wie durch zwei Lager **6**, **7**, welche als Kugellager ausgebildet sind, angedeutet ist.

[0023] Zum Antrieb der Röntgenröhre **3** ist ein Elektromotor **8** vorgesehen, welcher außerhalb des Strahlergehäuses **2** angeordnet ist. Eine Welle **9** verbindet den Rotor **10** des Elektromotors **8** mit der Röntgenröhre **3** und ist durch eine Öffnung **11** in der Wandung **12** des Strahlergehäuses **2** geführt. Zur Abdichtung ist an dieser Stelle eine Wellendichtung **13** vorgesehen. Zwischen dem durch die Wandung **12** geführten Abschnitt der Welle **9** und der als Drehkolbenröhre ausgebildeten Röntgenröhre **3** ist eine Isolationskupplung **14** anordenbar, welche beispielsweise aus Kunststoff herstellbar ist.

[0024] Konstruktionsbedingt sind herkömmliche Wellendichtungen **13** beispielsweise für hohe Drehzahlen, jedoch geringe Druckdifferenzen, oder für höhere Druckdifferenzen bei geringen Drehzahlen vorgesehen. Selbst bei nur geringen Drehzahlen und geringen Druckdifferenzen oder praktisch drucklosem Betrieb kann Verschleiß erfahrungsgemäß zur Undichtigkeit der Wellendichtung **13** führen. Hinzu kommt, dass auch Einbaufehler oder besondere Belastungszustände, welche sich insbesondere in Winkelfehlern oder Parallelversatz von drehmomentübertragenden Teilen zwischen dem Elektromotor **8** und der Röntgenröhre **3** äußern, zu vorzeitigem Verschleiß und Leckagen der Wellendichtung **13** führen können.

[0025] Den genannten Nachteilen wird effizient durch die Gestaltung der Drehmomentübertragung vom Elektromotor **8** auf die Röntgenröhre **3** gemäß [Fig. 2](#) entgegengewirkt. Zur Unterscheidung von der Variante nach [Fig. 1](#) ist die erfindungsgemäße Ausführungsform des Drehkolben-Röntgenstrahlers gemäß [Fig. 2](#) mit dem Bezugszeichen **101** gekennzeichnet.

[0026] Statt einer abgedichteten Wellendurchführung ist bei dem Drehkolben-Röntgenstrahler **101** eine Magnetkupplung **15** vorgesehen, welche ein äußeres, das heißt auf der Seite des Elektromotors **8** angeordnetes Kupplungsteil **16** und ein inneres, das heißt im ölgefüllten Innenraum des Strahlergehäuses **2** angeordnetes Kupplungsteil **17** umfasst. Eine stirnseitige Ansicht des äußeren Kupplungsteils **16**, welche der stirnseitigen Ansicht des inneren Kupplungsteils **17** entspricht, ist in [Fig. 3](#) wiedergegeben.

[0027] Zwischen den Kupplungsteilen **16**, **17** befindet sich ein Wandungsabschnitt **18** der Wandung **12**, welcher derart gestaltet ist, dass sowohl die erforderliche Druckfestigkeit als auch die Übertragbarkeit der Magnetkräfte und damit des vom Elektromotor **8** bereitgestellten Drehmoments vom Außenraum

in den Innenraum des Strahlergehäuses **2** gegeben ist. Abweichend von der vereinfachten Darstellung nach [Fig. 2](#) ist der Wandungsabschnitt **18** nicht notwendigerweise als flache Scheibe ausgebildet. Vielmehr kann der Wandungsabschnitt **18** beispielsweise topfförmig gestaltet sein, um eine große Oberfläche bei gleichzeitig hoher mechanischer Belastbarkeit bereitzustellen. Zur Herstellung des Wandungsabschnitts **18** ist, abhängig unter anderem von dessen Form und Dimensionierung, beispielsweise Aluminiumblech, Glas oder ein faserverstärkter Kunststoff geeignet. Das Material des Wandungsabschnitts **18** unterscheidet sich nicht notwendigerweise vom übrigen Material des Strahlergehäuses **2**.

[0028] In jedem Fall ist das Strahlergehäuse **2** des Drehkolben-Röntgenstrahlers **101** einschließlich des Wandungsabschnitts **18** hermetisch dicht, das heißt insbesondere ohne jegliche dynamische Dichtungen, ausgebildet. Damit eignet sich der Drehkolben-Röntgenstrahler **101** sowohl für den Betrieb bei hohen Drehzahlen der Röntgenröhre **3** als auch für einen hohen Überdruck im Strahlergehäuse **2**. Der Drehkolben-Röntgenstrahler **101** wird mit Hochspannung von beispielsweise 80 kV betrieben.

[0029] Bei jedem der Kupplungsteile **16**, **17** wechseln sich, stirnseitig betrachtet ([Fig. 3](#)), jeweils ein magnetischer Nordpol und ein magnetischer Südpol ab. Zwischen den stets voneinander beabstandeten Kupplungsteilen **16**, **17** sind somit verschiedene Rastpositionen möglich (im Beispiel nach [Fig. 3](#) acht unterschiedliche Winkelstellungen). Sollte die Magnetkupplung **15** durch Überlast durchrutschen, so rastet sie bei der nächsten Rastposition wieder ein.

[0030] Das äußere Kupplungsteil **16** ist von dem Wandungsabschnitt **18** durch einen Luftspalt, das innere Kupplungsteil **17** durch einen Ölfilm getrennt. In beiden Fällen sind einzelne Permanentmagnete **19** bündig in die Oberfläche des jeweiligen Kupplungsteils **16**, **17** eingelassen. Jedes Kupplungsteil **16**, **17** ist rotationssymmetrisch in Form einer Scheibe ausgebildet, wobei das innere Kupplungsteil **17** im Vergleich zum äußeren Kupplungsteil **16** in axialer Richtung – bezogen auf die gemeinsame Rotationsachse der Röntgenröhre **3** sowie des Rotors **10** des Elektromotors **8** – wesentlich dicker ist als das äußere Kupplungsteil **16**. Vorzugsweise ist das innere Kupplungsteil **17** mindestens doppelt so dick wie das äußere Kupplungsteil **16**, bei welchem elektrische Isolationseigenschaften keine besondere Rolle spielen. Wie in [Fig. 2](#) symbolisiert angedeutet, kann das äußere Kupplungsteil **16** als integraler Bestandteil des Elektromotors **8** von dessen Gehäuse **20** umfasst sein, wobei das Gehäuse **20** des Elektromotors **8** direkt an der Außenseite des Strahlergehäuses **2** angeordnet, insbesondere an diesem befestigt, ist. Abweichend hiervon kann jedoch auch ein axialer Ab-

stand zwischen dem Elektromotor **8** und dem äußeren Kupplungsteil **16** gegeben sein. In beiden Fällen wird die Rotation des Rotors **10** des Elektromotors **8** ohne Übersetzung an die Röntgenröhre **3** übertragen.

[0031] Als Werkstoff des inneren Kupplungsteils **17** wird ein Material, insbesondere ein Kunststoff oder ein keramisches Material, mit ausreichender Temperaturbeständigkeit und sehr guter elektrischer Isolationswirkung verwendet. Das innere Kupplungsteil **17** fungiert somit nicht nur als Teil der Magnetkupplung **15**, sondern zugleich auch als Isolationskupplung **14**. Eine gesonderte Isolationskupplung, wie in der Bauform nach [Fig. 1](#) vorgesehen, entfällt somit bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#). Vorzugsweise ist das innere Kupplungsteil **17**, abgesehen von den Permanentmagneten, bei welchen es sich beispielsweise um Seltenerdmetalle handelt, aus Kunststoff, zum Beispiel Polyetheretherketon (PEEK) oder einem sonstigen Polyaryletherketon (PAEK), gefertigt.

Patentansprüche

1. Drehkolben-Röntgenstrahler mit einer in einem ölgefüllten Strahlergehäuse (**2**) rotierbaren Röntgenröhre (**3**) sowie mit einem zum Antrieb der Röntgenröhre (**3**) vorgesehenen Elektromotor (**8**), gekennzeichnet durch eine hermetisch dichte Ausbildung des Strahlergehäuses (**2**) und eine Magnetkupplung (**15**) zwischen der Röntgenröhre (**3**) und dem Elektromotor (**8**).
2. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetkupplung (**15**) mit Permanentmagneten (**19**) bestückte Kupplungsteile (**16**, **17**) aufweist.
3. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (**19**) Samarium-Cobalt enthalten.
4. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (**19**) Neodym-Eisen-Bor enthalten.
5. Drehkolben-Röntgenstrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein innerhalb des Strahlergehäuses (**2**) angeordnetes Kupplungsteil (**17**) der Magnetkupplung (**15**) als Isolierelement ausgebildet ist.
6. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolierelement (**17**) aus Kunststoff gefertigt ist.
7. Drehkolben-Röntgenstrahler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolierelement (**17**) Polyetheretherketon aufweist.

8. Drehkolben-Röntgenstrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wandungsabschnitt (**18**) des Strahlergehäuses (**2**) zwischen den Kupplungselementen (**16**, **17**) der Magnetkupplung (**15**) aus Metall gebildet ist.

9. Drehkolben-Röntgenstrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wandungsabschnitt (**18**) des Strahlergehäuses (**2**) zwischen den Kupplungselementen (**16**, **17**) der Magnetkupplung (**15**) aus faserverstärktem Kunststoff gebildet ist.

10. Verfahren zum Betrieb eines Drehkolben-Röntgenstrahlers (**101**), welcher eine in einem Strahlergehäuse (**2**) rotierbare Röntgenröhre (**3**) sowie einen zum Antrieb der Röntgenröhre (**3**) vorgesehenen Elektromotor (**8**) aufweist, dadurch gekennzeichnet dass ein Drehmoment berührungslos vom Elektromotor (**8**) auf die Röntgenröhre (**3**) übertragen wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1 Stand der Technik

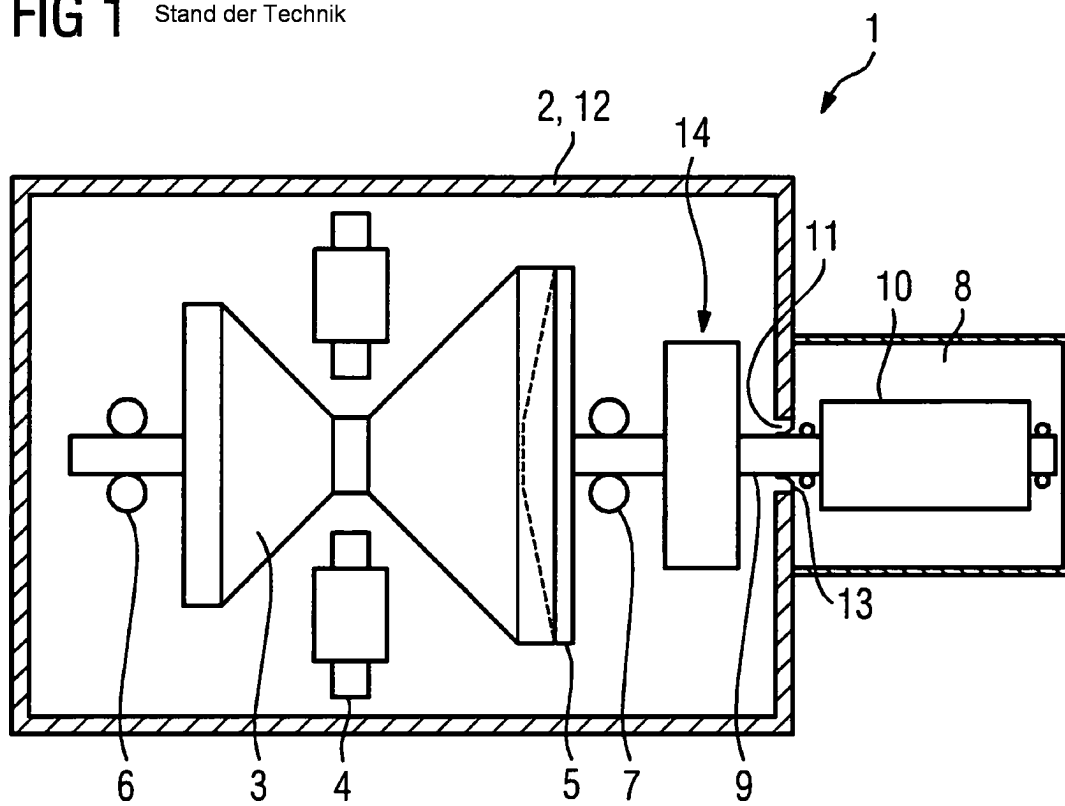


FIG 2

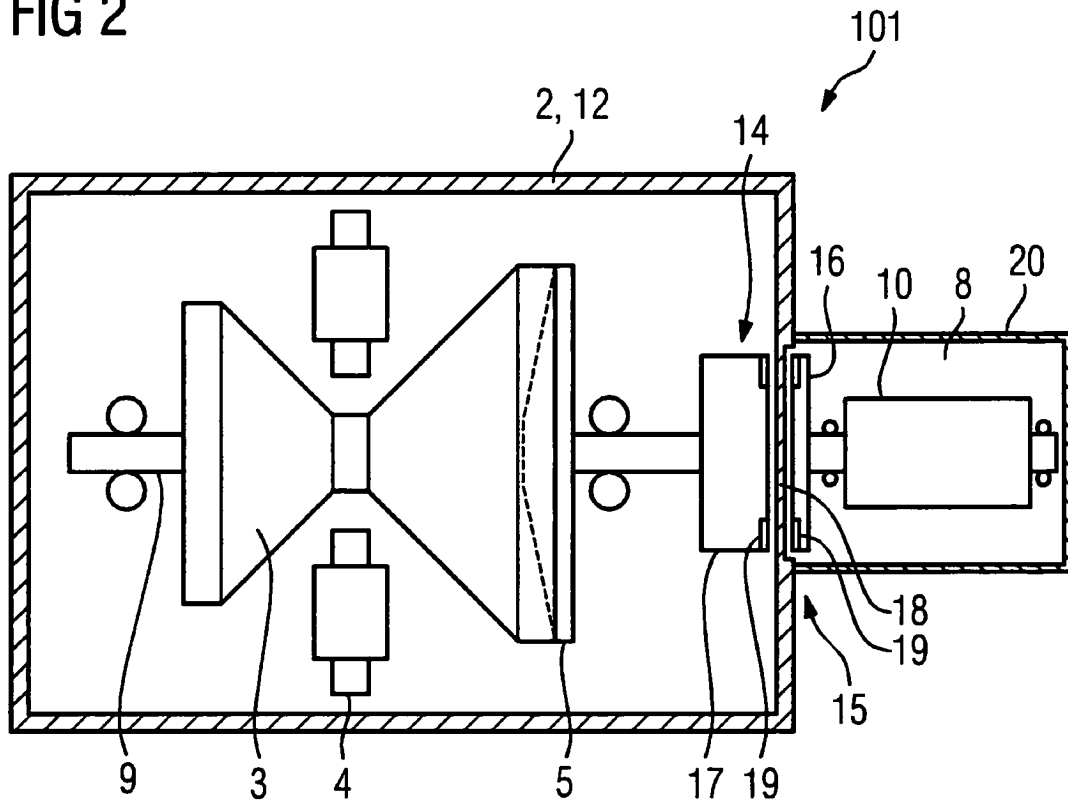


FIG 3

