

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. August 2014 (21.08.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/124938 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H05G 1/06 (2006.01) **G01N 23/00** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/052649
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. Februar 2014 (11.02.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
13155648.2 18. Februar 2013 (18.02.2013) EP
- (71) Anmelder: **ASTRIUM GMBH** [—/DE]; Robert-Koch-
Str. 1, 82024 Taufkirchen (DE).
- (72) Erfinder: **DANEKE, Norbert**; Rumpsfelder Heide 36,
28844 Weyhe (DE). **STENZEL, Christian**;
Summerauweg 5, 88048 Friedrichshafen (DE). **GRUHL,**
Thomas; Deisterkamp 15, 30974 Wennigsen (DE).
MITSCHE, Denis; Spiegelbergstrasse 17 A, 88677
Markdorf (DE).
- (74) Anwalt: **DAUB, Thomas**; Bahnhofstraße 5, 88662
Überlingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: X-RAY DEVICE HAVING A PERSON-TRANSPORTABLE RADIATION MODULE

(54) Bezeichnung : RÖNTGENVORRICHTUNG MIT PERSONENTRANSPORTABLES STRAHLUNGSMODUL

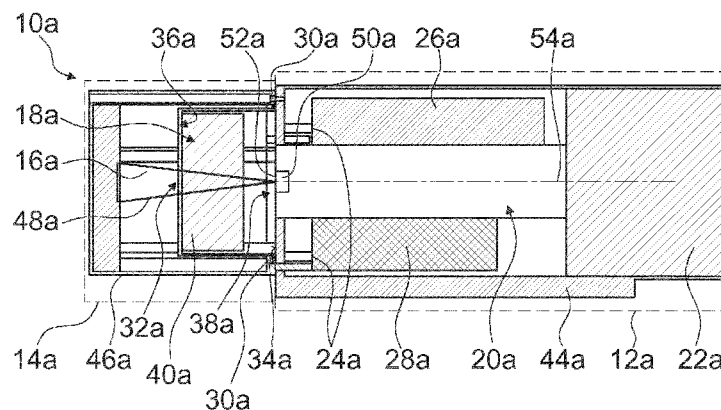


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an x-ray device (10a-b), comprising at least one high-voltage supply unit (22a-b), at least one x-ray radiation unit (20a-b) for producing an x-ray beam (48a-b), at least one focusing unit (24a-b) for focusing the x-ray beam (48a-b), and at least one x-ray detection unit (16a-b). According to the invention the x-ray device (10a-b) has a person-transportable radiation module (12a-b), which comprises the at least one high-voltage supply unit (22a-b) together with the at least one x-ray radiation unit (20a-b).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einer Röntgenvorrichtung (10a-b) mit zumindest einer Hochspannungsversorgungseinheit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/124938 A1



(22a-b), zumindest einer Röntgenstrahlungseinheit (20a-b) zur Erzeugung eines Röntgenstrahls (48a-b), zumindest einer Fokussierungseinheit (24a-b) zu einer Fokussierung des Röntgenstrahls (48a-b), und mit zumindest einer Röntgendetektionseinheit (16a-b) Es wird vorgeschlagen, dass die Röntgenvorrichtung (10a-b) ein personentransportables Strahlungsmodul (12a-b) aufweist, das die zumindest eine Hochspannungsversorgungseinheit (22a-b) zusammen mit der zumindest einen Röntgenstrahlungseinheit (20a-b) umfasst.

RÖNTGENVORRICHTUNG MIT PERSONENTRANSPORTABLES STRAHLUNGSMODUL

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Röntgenvorrichtung nach dem Oberbegriff des

5 Anspruchs 1.

Bei Röntgenvorrichtungen nach dem gegenwärtigen Stand der Technik, die zu einer Erzeugung eines Röntgenstrahls für eine Durchleuchtung eines Objekts im Zuge einer Untersuchung vorgesehen sind, ist die

10 Hochspannungsversorgungseinheit, die eine Hochspannung für einen Betrieb einer Röntgenröhre bereitstellt, aufgrund ihres hohen Gewichts und ihrer Größe stationär eingebaut und mit der Röntgenröhre über Stromkabel mit einem hohen Durchmesser verbunden. Meist ist die Röntgenröhre ebenfalls stationär angeordnet und allenfalls schwenkbar ausgebildet, sodass Untersuchungsobjekte zu der Röntgenvorrichtung transportiert werden müssen. Insbesondere bei großen
15 Untersuchungsobjekten oder Untersuchungsobjekten, die einen integralen Bestandteil eines Objekts bilden und nur schwer oder gar nicht demontiert werden können, ist somit eine Untersuchung mittels Röntgenstrahlung nur schwer möglich. Es besteht somit ein Bedarf an einer kompakten, personentransportablen Röntgenvorrichtung, die insbesondere eine transportable
20 Hochspannungsversorgungseinheit umfasst und somit zu Untersuchungsobjekten transportiert werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht insbesondere darin, eine Röntgenvorrichtung mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich einer Transportabilität bereitzustellen. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1

gelöst, während vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung den Unteransprüchen entnommen werden können.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung geht aus von einer Röntgenvorrichtung mit zumindest einer

- 5 Hochspannungsversorgungseinheit, zumindest einer Röntgenstrahlungseinheit zur Erzeugung eines Röntgenstrahls, zumindest einer Fokussierungseinheit zu einer Fokussierung des Röntgenstrahls, und mit zumindest einer Röntgendetektionseinheit.

Es wird vorgeschlagen, dass die Röntgenvorrichtung ein personentransportables
10 Strahlungsmodul aufweist, das die zumindest eine Hochspannungsversorgungseinheit zusammen mit der zumindest einen Röntgenstrahlungseinheit umfasst.

Unter einer „Röntgenvorrichtung“ soll insbesondere eine Vorrichtung verstanden werden, die Röntgenstrahlung zumindest erzeugt und vorzugsweise die

- 15 Röntgenstrahlung in einer vorher festgelegt Strahlenform für eine Nutzung, beispielsweise für eine Untersuchung eines Untersuchungsobjekts, zur Verfügung stellt. Insbesondere weist die Röntgenvorrichtung zu einer Erzeugung von Röntgenstrahlung zumindest eine Röntgenröhre auf. Unter „Röntgenstrahlung“ soll insbesondere eine Photonenstrahlung mit einer Wellenlänge zwischen etwa zehn
20 Nanometern und einem Pikometer verstanden werden. Unter einer „Röntgenröhre“ soll insbesondere eine Einheit verstanden werden, in der durch eine Hochspannung Elektronen, die aus einer Kathode austreten, auf eine Röntgenanode beschleunigt werden, und bei einem Auftreffen auf ein Anodenmaterial der Röntgenanode zum Einen durch elektromagnetische
25 Wechselwirkung mit Atomen in dem Anodenmaterial abgebremst werden und Röntgenstrahlung in Form von Bremsstrahlung erzeugt, zum Anderen innere Hüllenelektronen aus Atomhüllen der Atome des Anodenmaterials herausschlagen, wobei ein dabei entstehendes Loch in der Atomhülle unter

Aussendung eines Photons an Röntgenstrahlung, die als charakteristische Röntgenstrahlung bezeichnet wird, von äußeren Hüllenelektronen aufgefüllt wird, und zum Anderen durch eine als Lilienfeldstrahlung bezeichnete Übergangsstrahlung bei einem Grenzflächenübergang der beschleunigten

5 Elektronen zwischen Materialien mit unterschiedlicher Permittivität Röntgenstrahlung erzeugt wird. Unter einer „Hochspannungsversorgungseinheit“ soll insbesondere eine Einheit verstanden werden, die durch Hochtransformation einer Eingangsspannung von maximal 100 V, vorteilhaft maximal 60 V und bevorzugt maximal 40 V eine Hochspannung, insbesondere eine Hochspannung

10 zu einer Beschleunigung von Elektronen, von zumindest 80 kV, vorteilhaft von zumindest 90 kV und bevorzugt von zumindest 100 kV erzeugt. Moderne Hochspannungsversorgungseinheiten nach dem Stand der Technik weisen zumindest ein Gewicht von 60 kg und einen Rauminhalt von zumindest 0,4 m³ auf und können somit lediglich stationär betrieben werden. Insbesondere sind die

15 Hochspannungsversorgungseinheiten nach dem Stand der Technik zu groß und zu schwer, um zusammen mit einer Röntgenstrahlungseinheit in einem personentransportablen Modul zusammengefasst zu werden. Unter einer „Fokussierungseinheit zu einer Fokussierung des Röntgenstrahls“ soll insbesondere eine Einheit mit Permanent- und/oder Elektromagneten verstanden

20 werden, die dazu vorgesehen ist, einen Strahl beschleunigter Elektronen auf einen vorbestimmten Bereich zu fokussieren, um einen fokussierten Strahl von Röntgenstrahlung an der Röntgenanode zu erzeugen. Vorzugsweise ist die Fokussierungseinheit dazu ausgebildet, die Elektroden in einen sogenannten Mikrofokus mit einem Brennfleck von maximal 10 µm, vorteilhaft maximal 8 µm

25 und bevorzugt maximal 4 µm zu fokussieren. Unter einer „Röntgendetektionseinheit“ soll insbesondere eine Einheit zu einer Detektion von Röntgenstrahlung, die insbesondere eine Detektion einer auftreffenden Strahlenmenge an Röntgenstrahlung und eine Ortsauflösung erlaubt, beispielsweise Szintillatorschirme, Gasionisationsdetektoren oder

30 Halbleiterdetektoren. Unter einem „Modul“ soll insbesondere eine abgeschlossene Einheit aus mehreren Teileinheiten verstanden werden, die zu einem

Zusammenwirken mit anderen Einheiten und vorzugsweise zu einer Verbindung mit anderen Einheiten vorgesehen ist. Vorzugsweise weist das Modul ein Modulgehäuse auf, das die Teileinheiten im Gesamten umgibt. Unter einem „personentransportablen Modul“ soll insbesondere ein Modul verstanden werden, dass von maximal drei Personen, vorteilhaft von maximal zwei Personen und bevorzugt von einer Person mit Händen über eine Strecke von zumindest zwanzig Metern, vorteilhaft zumindest fünfzig Metern und vorzugsweise zumindest einhundert Metern transportiert werden kann. Insbesondere weist das personentransportable Modul einen Rauminhalt von maximal 0,15 m³ und ein Gewicht von maximal 90 kg auf. Es kann insbesondere eine flexibel einsetzbare Röntgenvorrichtung erreicht werden, mit der auch unter beengten Verhältnissen Untersuchungen vorgenommen werden können.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Strahlungsmodul einen Rauminhalt von maximal 0,032 m³, vorteilhaft von maximal 0,025 m³ und bevorzugt von maximal 0,016 m³ aufweist. Es kann insbesondere ein von einer einzelnen Person personentransportables Modul erreicht werden.

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das Strahlungsmodul ein Gewicht von maximal 50 kg, vorteilhaft maximal 40 kg und bevorzugt maximal 30 kg aufweist. Es kann insbesondere ein von einer einzelnen Person personentransportables Strahlungsmodul erreicht werden

Ferner wird vorgeschlagen, dass das Strahlungsmodul die zumindest eine Fokussierungseinheit umfasst. Es kann insbesondere ein Strahlungsmodul zur Verfügung gestellt werden, das einen fokussierten Röntgenstrahl und somit einen komplett zu einer Verwendung vorbehandelten Röntgenstrahl zur Verfügung stellt.

Es wird weiterhin vorgeschlagen, dass die Röntgenvorrichtung ein personentransportables Detektionsmodul umfasst, das die zumindest eine Röntgendetektionseinheit aufweist. Vorzugsweise ist das Detektionsmodul zu einer Verbindung mit dem Strahlungsmodul vorgesehen. Es kann insbesondere eine einfach transportable Röntgenvorrichtung erreicht werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Detektionsmodul zumindest einen Verbindungsbereich aufweist, der zu einer Verbindung mit dem Strahlungsmodul und/oder einer Probenkammer vorgesehen ist. Unter einem „Verbindungsbereich“ soll insbesondere ein speziell zu einer
5 Verbindung vorgesehener Bereich verstanden werden, der zumindest einen Kontaktbereich aufweist, der zu einem passgenauen Kontakt zu einem Teilbereich des Strahlungsmoduls vorgesehen ist und der vorzugsweise Befestigungsmittel zu einer Befestigung des Detektionsmoduls an dem Strahlungsmodul aufweist. Es kann insbesondere eine besonders robust ausgeführte Röntgenvorrichtung und
10 eine weitgehend störungsfreie Detektion von durch das Strahlungsmodul ausgesandter Röntgenstrahlung erreicht werden.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass die Röntgenvorrichtung zumindest eine Probenkammer zu einer Aufnahme eines Untersuchungsobjekts umfasst. Unter einer „Probenkammer“ soll insbesondere eine Einheit mit einem freien Raum, in
15 die ein Untersuchungsobjekt als eine Probe eingebracht werden kann, verstanden werden. Insbesondere weist die Probenkammer Arretierungselemente zu einer Befestigung der Probe auf. Vorteilhaft kann mittels der Arretierungselemente ein Abstand der Probe von einem Eintrittspunkt der Röntgenstrahlung in die Probenkammer und somit eine erzielte Vergrößerung einer Abbildung durch
20 Röntgenstrahlung variiert werden. Es kann insbesondere eine Röntgenvorrichtung erreicht werden, die eine vorteilhaft störungsfreie Untersuchung einer Probe und eine variable Vergrößerung ermöglicht.

Ferner wird vorgeschlagen, dass die Röntgenvorrichtung zumindest eine Dichtungseinheit aufweist, die dazu vorgesehen ist, eine Verbindung zwischen
25 dem Strahlungsmodul und/oder dem Detektionsmodul und/oder der Probenkammer abzudichten. Insbesondere kann die Dichtungseinheit beispielsweise als eine Einheit mit zumindest einem O-Ring ausgebildet sein. Es kann insbesondere eine weitgehend von Störungseinflüssen abgeschirmte Verbindung von dem Strahlungsmodul und/oder dem Detektionsmodul und/oder

der Probenkammer erreicht und Röntgenuntersuchungen unter Vakuumbedingungen ermöglicht werden.

Es wird ein Röntgenuntersuchungsverfahren mit einer erfindungsgemäßen Röntgenvorrichtung vorgeschlagen, bei dem die Röntgenvorrichtung zu einer

5 Objektuntersuchung von zumindest einem ersten Untersuchungsobjekt in einen ersten Untersuchungsbereich transportiert und zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem zweiten Untersuchungsobjekt in einen zweiten

Untersuchungsbereich transportiert wird. Unter einem „Untersuchungsbereich“ soll insbesondere ein Bereich, vorzugsweise ein Raum verstanden werden, in dem

10 das zumindest eine Objekt angeordnet ist und der insbesondere verschieden ist von einem speziell als Röntgenbereich ausgebildeten Bereich mit einer fest installierten Röntgenröhre und einer fest installierten Hochspannungsversorgung, in den Untersuchungsobjekte zu einer Objektuntersuchung transportiert werden.

Es kann insbesondere ein Röntgenuntersuchungsverfahren mit einer hohen

15 Flexibilität in einem Einsatz der Röntgenvorrichtung und besonders mit geringen Anforderungen an Räumlichkeiten zu einer Durchführung einer Objektuntersuchung erreicht werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Strahlungsmodul der Röntgenvorrichtung zu einer Untersuchung eines

20 Untersuchungsobjekts an oder unmittelbar vor einem Teilbereich des Untersuchungsobjekts und das Detektionsmodul an oder unmittelbar vor einem weiteren Teilbereich des Untersuchungsobjekts angeordnet werden. Insbesondere kann in zumindest einem Betriebszustand das Detektionsmodul von der Probenkammer und/oder dem Strahlungsmodul abgetrennt werden, um zumindest

25 ein Untersuchungsobjekt in einem Zwischenraum zwischen dem Strahlungsmodul und dem Detektionsmodul zu durchstrahlen. Es kann insbesondere eine Untersuchung mittels Röntgenstrahlung von Objekten, die für eine Einbringung in die zumindest einen Probenkammer zu groß sind, und/oder von Teilkomponenten eines Bauteils, dass für die Einbringung zu groß ist, ohne eine Notwendigkeit einer

30 Zerlegung der größeren Einheit erreicht werden. Insbesondere Teilkomponenten

von Bauteilen, welche bei einem Ausbau aus dem Bauteil beschädigt werden könnten, können somit besonders einfach untersucht werden.

Zeichnungen

Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In den
5 Zeichnungen sind zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Zeichnungen, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Es zeigen:

- 10 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Röntgenvorrichtung mit einem Strahlungsmodul und einem Detektionsmodul mit integrierter Probenkammer,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer alternativen erfindungsgemäßen Röntgenvorrichtung mit einem
15 Strahlungsmodul, einem Detektionsmodul und mit einer Probenkammer, in der zu einer Objektuntersuchung eine Probe montiert ist, und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der alternativen erfindungsgemäßen Röntgenvorrichtung mit dem Strahlungsmodul
20 und dem Detektionsmodul, die voneinander getrennt an unterschiedlichen Teilbereichen eines Untersuchungsobjekts angeordnet sind.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Röntgenvorrichtung 10a mit einer
25 Hochspannungsversorgungseinheit 22a, einer Röntgenstrahlungseinheit 20a zur Erzeugung eines Röntgenstrahls 48a, einer Fokussierungseinheit 24a zu einer Fokussierung des Röntgenstrahls 48a, einer Turbomolekularpumpe 28a, einer

Stromversorgungseinheit 26a für die Fokussierungseinheit 24a und mit einer Röntgendetektionseinheit 16a und einer Probenkammer 18a. Die Hochspannungsversorgungseinheit 22a transformiert eine Eingangsspannung von 40 V, die über nicht dargestellte Stromversorgungsleitungen der

5 Röntgenvorrichtung 10a zugeführt wird, bei einer maximalen Stromstärke von 6 A in eine Hochspannung von 100 kV. In der Röntgenstrahlungseinheit 20a werden in einem Betrieb mittels eines glühelektrischen Effekts Elektronen aus einer als ein heizbarer Draht ausgebildeten Kathode freigesetzt und von der Hochspannung der Hochspannungsversorgungseinheit 22a in einem Elektronenstrahl 54a auf eine

10 Röntgenanode 50a zu beschleunigt. Bei einem Auftreffen beschleunigter Elektronen des Elektronenstrahls 54a auf die Röntgenanode 50a wird Röntgenstrahlung durch Bremsstrahlung, charakteristische Röntgenstrahlung und Lilienfeldstrahlung erzeugt. Die Röntgenstrahlung 48a tritt durch ein Aluminiumfenster 52a aus. Die als Elektronenoptik ausgebildete

15 Fokussierungseinheit 24a weist Elektromagnete auf, die über die Stromversorgungseinheit 26a mit Strom zur Erzeugung eines Magnetfelds versorgt werden, mittels dem der Elektronenstrahl 54a auf einen Brennfleck mit einem Durchmesser von 4 μm in der Röntgenanode 50a fokussiert wird. Die Turbomolekularpumpe 28a erzeugt ein Hochvakuum in einem Bereich des

20 Strahlungsmoduls 12a, in dem der Elektronenstrahl 54a verläuft, um eine Aufweitung des Elektronenstrahls 54a zu vermeiden. Eine nicht dargestellte, externe Vorvakuumpumpe wird zusätzlich zu der Turbomolekularpumpe 28a verwendet.

Die Röntgenvorrichtung 10a umfasst ein personentransportables Strahlungsmodul

25 12a, das die Hochspannungsversorgungseinheit 22a zusammen mit der Röntgenstrahlungseinheit 20a, der Fokussierungseinheit 24a, der Turbomolekularpumpe 28a und der Stromversorgungseinheit 26a umfasst und innerhalb eines Modulgehäuses 44a befestigt. Das Strahlungsmodul 12a weist einen Rauminhalt von 0,1575 m³ und ein Gewicht von 35 kg auf. Die

30 Röntgenvorrichtung 10a umfasst ferner ein personentransportables

Detektionsmodul 14a, das die Röntgendetektionseinheit 16a aufweist. Die Röntgendetektionseinheit 16a umfasst einen Szintillatorschirm, eine Photodetektionseinheit zu Detektion von Szintillatorlicht und eine Auswerteeinheit zu einer elektronischen Auswertung. Das Detektionsmodul 14a weist ein

5 Modulgehäuse 46a auf, dass die Röntgendetektionseinheit 16a und eine Probenkammer 18a zu einer Aufnahme eines Untersuchungsobjekts 40a, die in das Detektionsmodul 14a integriert ist, auf. Des Weiteren ist in das Detektionsmodul 14a eine USB-Schnittstelle zu einer Weiterleitung der Daten der Röntgendetektionseinheit 16a integriert. In der Probenkammer 18a ist ein

10 Untersuchungsobjekt 40a mittels Arretierungsmitteln befestigt, wobei ein Abstand des Untersuchungsobjekts 40a zu dem Aluminiumfenster 52a und somit einem Ausgangspunkt des Röntgenstrahls 48a variiert werden kann, wodurch eine erzielbare Auflösung variiert werden kann. In der Probenkammer 18a können Untersuchungsobjekte 40a mit einem Maximaldurchmesser von 175 mm und einer

15 Maximallänge von 95 mm montiert werden. Die Modulgehäuse 44a, 46a des Strahlungsmoduls 12a und des Detektionsmoduls 14a schützen eine Umgebung der Röntgenvorrichtung 10a gegenüber einem Austritt von Röntgenstrahlung.

Das Detektionsmodul 14a weist einen Verbindungsbereich 32a auf, der zu einer Verbindung des Detektionsmoduls 14a mit dem Strahlungsmodul 12a vorgesehen

20 ist und an dem das Detektionsmodul 14a mit einem korrespondierenden Verbindungsbereich 34a des Strahlungsmoduls 12a verbunden ist. Die Verbindung des Detektionsmoduls 14a mit dem Strahlungsmodul 12a wird mittels nicht dargestellter Befestigungsmittel der Verbindungsbereiche 32a, 34a bewirkt. Die Probenkammer 18a weist einen Verbindungsbereich 36a zu einer Verbindung

25 mit dem Detektionsmodul 14a und einen Verbindungsbereich 38a zu einer Verbindung mit dem Strahlungsmodul 12a auf. Der Verbindungsbereich 38a ist mit dem korrespondierenden Verbindungsbereich 34a des Strahlungsmoduls 12a verbunden. Die Röntgenvorrichtung 10a umfasst eine Dichtungseinheit 30a, die als eine O-Ring-Dichtung ausgeführt ist und eine Verbindung zwischen dem

30 Strahlungsmodul 12a und dem Detektionsmodul 14a und der Probenkammer 18a

abdichtet. Eine Gesamtlänge der Röntgenvorrichtung 10a beträgt 687 mm und ein Gesamtgewicht 43 kg.

In einem Röntgenuntersuchungsverfahren mit der Röntgenvorrichtung 10a wird die Röntgenvorrichtung 10a zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem
5 ersten Untersuchungsobjekt 40a in einen ersten Untersuchungsbereich transportiert und zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem zweiten Untersuchungsobjekt in einen zweiten Untersuchungsbereich transportiert. Ein Transport der Röntgenvorrichtung 10a wird durch eine Ausbildung des Strahlungsmoduls 12a und des Detektionsmoduls 14a als personentransportable
10 Module ermöglicht. Durch das Röntgenuntersuchungsverfahren mit einem Transport der Röntgenvorrichtung 10a wird es vermieden, einen separaten Röntgenbereich mit einer fest installierten Röntgenquelle aufbauen zu müssen. Das Strahlungsmodul 12a und das Detektionsmodul 14a können zu einem erleichterten Transport voneinander getrennt werden. Mittels einer Trennung des
15 Strahlungsmoduls 12a und des Detektionsmoduls 14a können ferner Objekte, die für eine Aufnahme in der Probenkammer 18a zu groß sind, durch Anordnung des Strahlungsmoduls 12a und des Detektionsmoduls 14a auf unterschiedlichen Seiten des Objekts und anschließenden Betrieb der Röntgenvorrichtung 10a untersucht werden.

20 In Fig. 2 und Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Die nachfolgenden Beschreibungen und die Zeichnungen beschränken sich im Wesentlichen auf die Unterschiede zwischen den Ausführungsbeispielen, wobei bezüglich gleich bezeichneter Bauteile, insbesondere in Bezug auf Bauteile mit gleichen Bezugszeichen, grundsätzlich auch auf die Zeichnung und/oder die
25 Beschreibung des anderen Ausführungsbeispiels, insbesondere der Fig. 1, verwiesen wird. Zur Unterscheidung der Ausführungsbeispiele ist der Buchstabe a den Bezugszeichen des Ausführungsbeispiels der Fig. 1 nachgestellt. In dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 und Fig. 3 ist der Buchstabe a durch den Buchstaben b ersetzt.

Eine alternative Röntgenvorrichtung 10b ist im Wesentlichen analog zu der im vorherigen Ausführungsbeispiel dargestellten und umfasst ein personentransportables Strahlungsmodul 12b, das eine Hochspannungsversorgungseinheit 22b zusammen mit einer

5 Röntgenstrahlungseinheit 20b, einer Fokussierungseinheit 24b, einer Turbomolekularpumpe 28b und einer Stromversorgungseinheit 26b umfasst und innerhalb eines Modulgehäuses 44b befestigt ist (Fig. 2). Das personentransportable Strahlungsmodul 12b weist einen Rauminhalt von 0,1575 m³ und ein Gewicht von 35 kg auf. Die Röntgenvorrichtung 10b umfasst ferner ein

10 personentransportables Detektionsmodul 14b, das eine Röntgendetektionseinheit 16b und ein Modulgehäuse 46b aufweist, und eine Probenkammer 18b zu einer Aufnahme eines Untersuchungsobjekts 40a. Die Probenkammer 18b weist einen Verbindungsbereich 36b zu einer Verbindung mit einem korrespondierenden Verbindungsbereich 32b an dem Modulgehäuse 46b des Detektionsmoduls 14b

15 und einen Verbindungsbereich 38b zu einer Verbindung mit einem korrespondierenden Verbindungsbereich 34b an dem Modulgehäuse 44b des Strahlungsmoduls 12b auf. Die Probenkammer 18b ist zwischen dem Detektionsmodul 14b und dem Strahlungsmodul 12b angeordnet. Eine als O-Ring-Dichtung ausgebildete Dichtungseinheit 30b dichtet eine Verbindung des

20 Strahlungsmoduls 12b mit der Probenkammer 18b ab. Eine Gesamtlänge der Röntgenvorrichtung 10a beträgt 687 mm und ein Gesamtgewicht 43 kg beträgt. In der Probenkammer 18b können Untersuchungsobjekte 40b mit einem Maximaldurchmesser von 175 mm und einer Maximallänge von 95 mm mittels Arretierungsmitteln montiert werden, die durch eine verschließbare Öffnung an der

25 Probenkammer 18b eingeführt werden.

In einem Röntgenuntersuchungsverfahren mit der Röntgenvorrichtung 10b wird die Röntgenvorrichtung 10b zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem ersten Untersuchungsobjekt 40b in einen ersten Untersuchungsbereich transportiert und zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem zweiten

30 Untersuchungsobjekt in einen zweiten Untersuchungsbereich transportiert.

Um eine Untersuchung von Objekten zu ermöglichen, die für eine Aufnahme in der Probenkammer 18b zu groß sind, kann die Probenkammer 18b von dem Strahlungsmodul 12b und dem Detektionsmodul 14b abmontiert werden (Fig. 3).

In einem Röntgenuntersuchungsverfahren zu einer Untersuchung eines solchen

- 5 Untersuchungsbereichs 42b wird das Strahlungsmodul 12b der Röntgenanordnung 10b zur Untersuchung eines Untersuchungsbereichs 42b an oder unmittelbar vor einem Teilbereich des Untersuchungsbereichs 42b und das Detektionsmodul 14b an oder unmittelbar vor einem weiteren Teilbereich des Untersuchungsbereichs 42b angeordnet. Ein durch ein Aluminiumfenster 52b austretender Röntgenstrahl 48b
- 10 wird nach Durchgang durch das Untersuchungsbereichs 42b mittels der Röntgendetektionseinheit 16b des Detektionsmoduls 14b, die dem Strahlungsmodul 12b gegenüberliegend angeordnet ist, detektiert.

Bezugszeichen

10	Röntgenvorrichtung
12	Strahlungsmodul
14	Detektionsmodul
16	Röntgendetektionseinheit
18	Probenkammer
20	Röntgenstrahlungseinheit
22	Hochspannungsversorgungseinheit
24	Fokussierungseinheit
26	Stromversorgungseinheit
28	Turbomolekularpumpe
30	Dichtungseinheit
32	Verbindungsbereich
34	Verbindungsbereich
36	Verbindungsbereich
38	Verbindungsbereich
40	Untersuchungsobjekt
42	Untersuchungsobjekt
44	Modulgehäuse
46	Modulgehäuse
48	Röntgenstrahl
50	Röntgenanode
52	Aluminiumfenster
54	Elektronenstrahl

Ansprüche

1. Röntgenvorrichtung mit zumindest einer
Hochspannungsversorgungseinheit (22a-b), zumindest einer
5 Röntgenstrahlungseinheit (20a-b) zur Erzeugung eines Röntgenstrahls
(48a-b), zumindest einer Fokussierungseinheit (24a-b) zu einer
Fokussierung des Röntgenstrahls (48a-b), und mit zumindest einer
Röntgendetektionseinheit (16a-b), **gekennzeichnet durch** ein
personentransportables Strahlungsmodul (12a-b), das die zumindest eine
10 Hochspannungsversorgungseinheit (22a-b) zusammen mit der zumindest
einen Röntgenstrahlungseinheit (20a-b) umfasst.
2. Röntgenvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Strahlungsmodul (12a-b) einen Rauminhalt von maximal $0,032 \text{ m}^3$
aufweist.
- 15 3. Röntgenvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**
dass das Strahlungsmodul (12a-b) ein Gewicht von maximal 50 kg
aufweist.
4. Röntgenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**
gekennzeichnet, dass das Strahlungsmodul (12a-b) die zumindest eine
20 Fokussierungseinheit (24a-b) umfasst.

5. Röntgenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch ein personentransportables Detektionsmodul (14a-b), das die zumindest eine Röntgendetektionseinheit (16a-b) aufweist.
- 5 6. Röntgenvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Detektionsmodul (14a-b) zumindest einen Verbindungsbereich (32a-b) aufweist, der zu einer Verbindung mit dem Strahlungsmodul (12a-b) und/oder einer Probenkammer (18a-b) vorgesehen ist.
- 10 7. Röntgenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch zumindest eine Probenkammer (18a-b) zu einer Aufnahme eines Untersuchungsobjekts (40a-b).
- 15 8. Röntgenvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Probenkammer (18a-b) zumindest einen Verbindungsbereich (36a-b, 38a-b) aufweist, der zu einer Verbindung mit dem Strahlungsmodul (12a-b) und/oder dem Detektionsmodul (14a-b) vorgesehen ist.
- 20 9. Röntgenvorrichtung zumindest nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** zumindest eine Dichtungseinheit (30a-b), die dazu vorgesehen ist, eine Verbindung zwischen dem Strahlungsmodul (12a-b) und/oder dem Detektionsmodul (14a-b) und/oder der Probenkammer (18a-b) abzudichten.

10. Röntgenuntersuchungsverfahren mit einer Röntgenvorrichtung (10a-b) zumindest nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Röntgenvorrichtung (10a-b) zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem ersten Untersuchungsobjekt (40a-b, 42b) in einen ersten Untersuchungs-
5 Untersuchungs-bereich transportiert und zu einer Objektuntersuchung von zumindest einem zweiten Untersuchungsobjekt in einen zweiten Untersuchungs-bereich transportiert wird.
11. Röntgenuntersuchungsverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strahlungsmodul (12b) der Röntgenvorrichtung (10b) zu einer Untersuchung eines
10 Untersuchungsobjekts (42b) an oder unmittelbar vor einem Teilbereich des Untersuchungsobjekts (42b) und das Detektionsmodul (14b) an oder unmittelbar vor einem weiteren Teilbereich des Untersuchungsobjekts (42b) angeordnet werden.

1 / 2

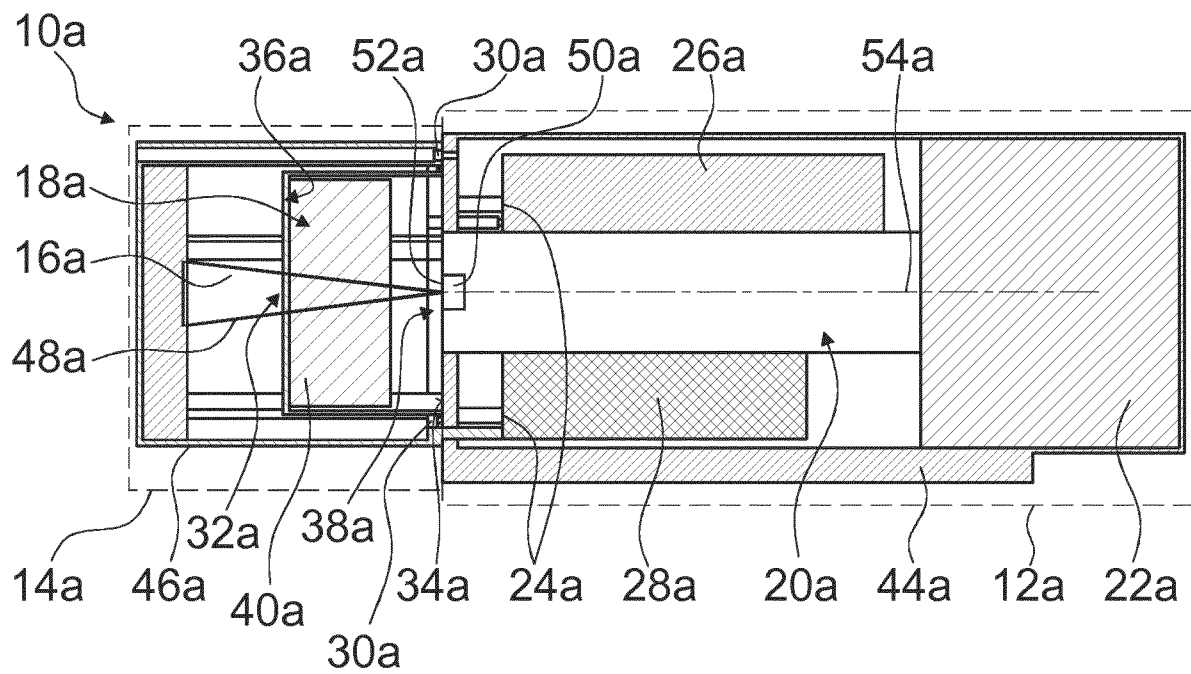


Fig. 1

2 / 2

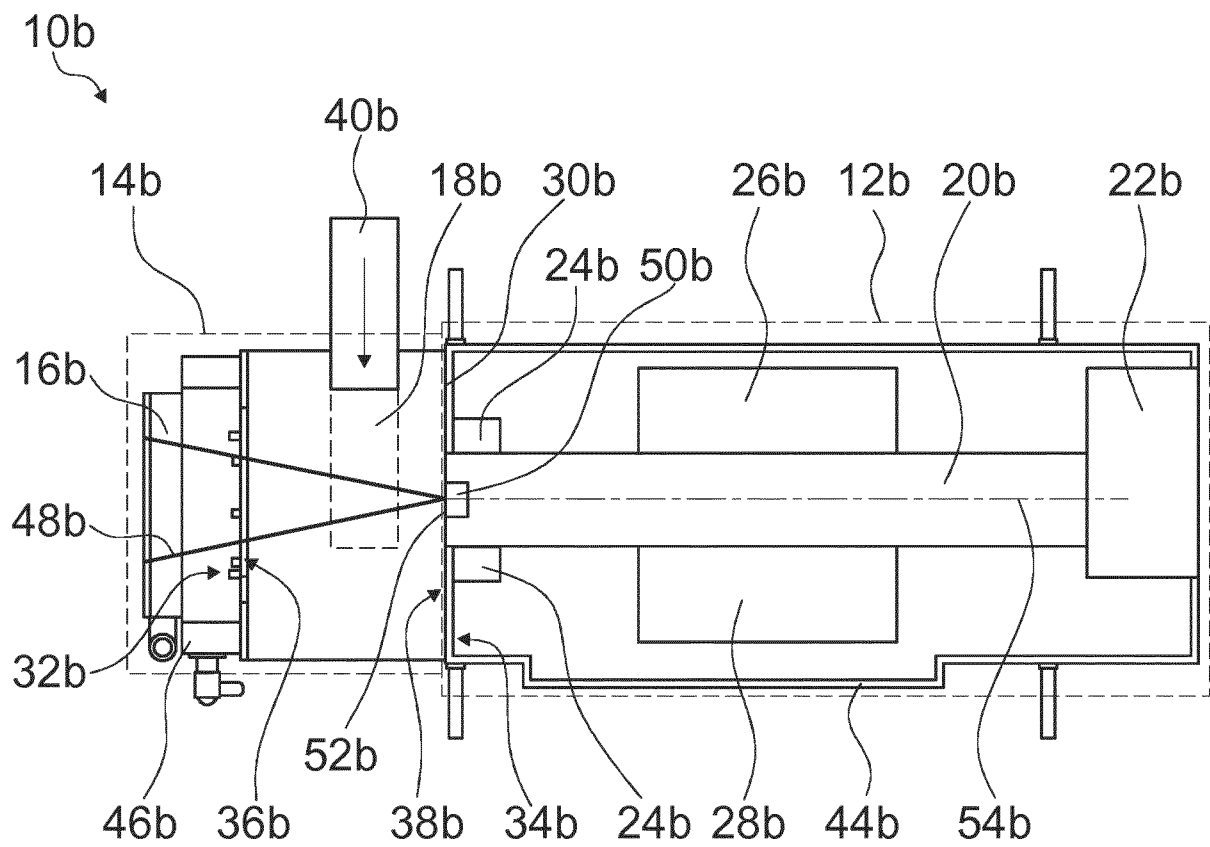


Fig. 2

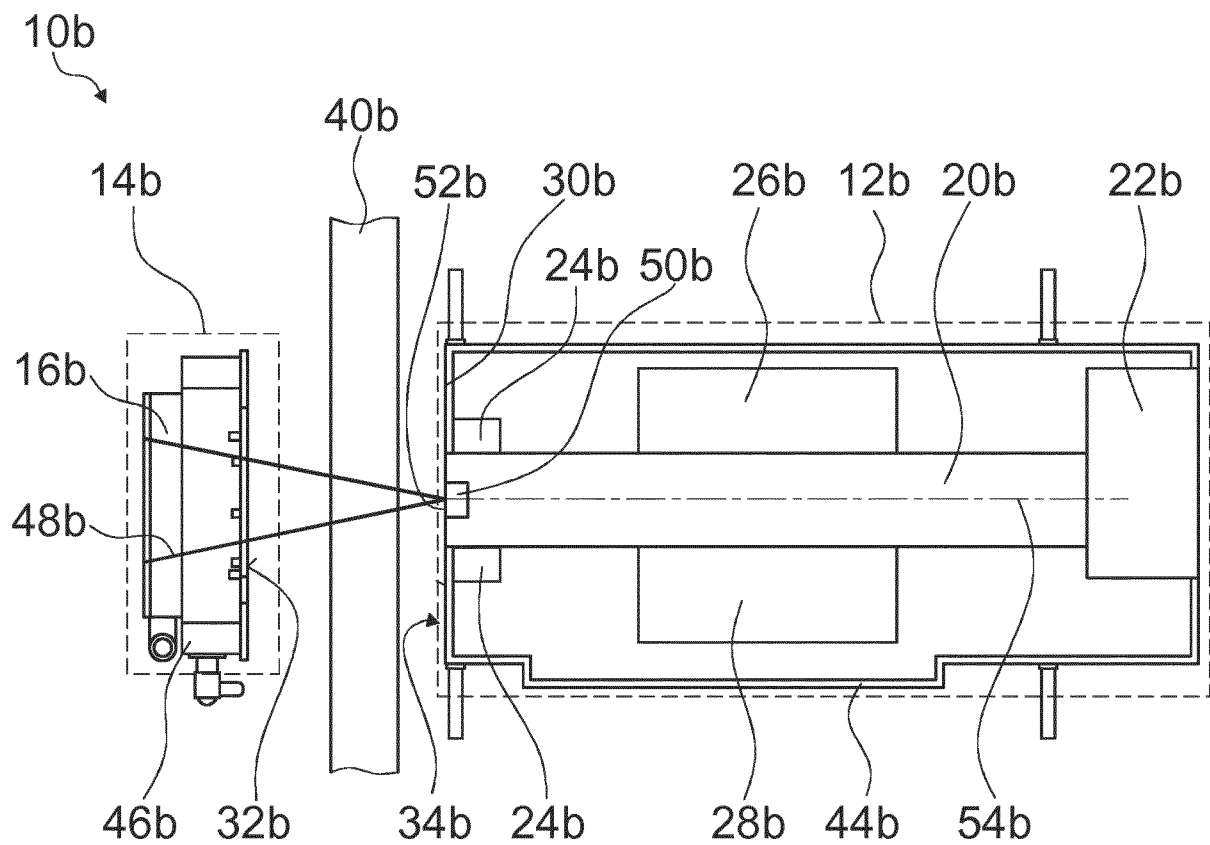


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/052649

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H05G1/06 G01N23/00
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05G G01N H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2006/101468 A1 (ARIBEX INC [US]; TURNER D CLARK [US]) 28 September 2006 (2006-09-28) page 1, line 10 - line 12 page 2, line 3 - line 5 page 3, line 1 - line 9 page 5, line 12 - page 8, line 8; figures 1,2 page 13, line 19 - page 15, line 17; figures 10-16	1-5,10, 11
A	----- US 6 661 876 B2 (TURNER CLARK [US] ET AL) 9 December 2003 (2003-12-09) column 7, line 25 - line 33 column 7, line 44 - column 8, line 21 figures 1,4,6 ----- -/--	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 April 2014

Date of mailing of the international search report

08/04/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Dedman, Emma

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/052649

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 077 771 A (SKILLICORN BRIAN [US] ET AL) 31 December 1991 (1991-12-31) figures 1-4,8-9 column 6, line 1 - column 10, line 44 column 18, line 59 - column 20, line 18 -----	1-4
X	US 3 752 990 A (FISCHER H) 14 August 1973 (1973-08-14) column 4, line 24 - line 33; figure 1 -----	1-4
Y	US 2005/129174 A1 (SIPILA HEIKKI [FI] ET AL SIPILAE HEIKKI JOHANNES [FI] ET AL) 16 June 2005 (2005-06-16) figures 4,7-9 paragraphs [0015], [0017] paragraph [0039] - paragraph [0040] paragraph [0043] - paragraph [0055] -----	1-11
Y	WO 2006/105332 A2 (MOXTEK INC [US]; BARD ERIK [US]; JENSEN CHARLES [US]; REYES ARTURO [US]) 5 October 2006 (2006-10-05) abstract -----	1-11
Y	US 2010/226476 A1 (PESCE JOHN [US] ET AL) 9 September 2010 (2010-09-09) figures 5-8,12 -----	1-6,9-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/052649

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006101468	A1	28-09-2006	CA 2555005 A1 21-09-2006
			CN 1973586 A 30-05-2007
			EP 1862039 A1 05-12-2007
			JP 2007530979 A 01-11-2007
			WO 2006101468 A1 28-09-2006
US 6661876	B2	09-12-2003	AU 2002324566 A1 17-02-2003
			EP 1412961 A2 28-04-2004
			JP 2005523558 A 04-08-2005
			US 2003021377 A1 30-01-2003
			WO 03012816 A2 13-02-2003
US 5077771	A	31-12-1991	NONE
US 3752990	A	14-08-1973	DE 2030624 A1 16-03-1972
			DE 2123617 A1 16-11-1972
			FR 2109627 A5 26-05-1972
			GB 1312039 A 04-04-1973
			NL 7108491 A 24-12-1971
			US 3752990 A 14-08-1973
US 2005129174	A1	16-06-2005	FI 20031753 A 02-06-2005
			US 2005129174 A1 16-06-2005
WO 2006105332	A2	05-10-2006	EP 1864311 A2 12-12-2007
			JP 2008535183 A 28-08-2008
			KR 20070114741 A 04-12-2007
			US 2007025516 A1 01-02-2007
			WO 2006105332 A2 05-10-2006
US 2010226476	A1	09-09-2010	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H05G1/06 G01N23/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H05G G01N H01J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2006/101468 A1 (ARIBEX INC [US]; TURNER D CLARK [US]) 28. September 2006 (2006-09-28) Seite 1, Zeile 10 - Zeile 12 Seite 2, Zeile 3 - Zeile 5 Seite 3, Zeile 1 - Zeile 9 Seite 5, Zeile 12 - Seite 8, Zeile 8; Abbildungen 1,2 Seite 13, Zeile 19 - Seite 15, Zeile 17; Abbildungen 10-16 -----	1-5,10, 11
A	US 6 661 876 B2 (TURNER CLARK [US] ET AL) 9. Dezember 2003 (2003-12-09) Spalte 7, Zeile 25 - Zeile 33 Spalte 7, Zeile 44 - Spalte 8, Zeile 21 Abbildungen 1,4,6 ----- -/-	1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. April 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/04/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Dedman, Emma

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 077 771 A (SKILLICORN BRIAN [US] ET AL) 31. Dezember 1991 (1991-12-31) Abbildungen 1-4,8-9 Spalte 6, Zeile 1 - Spalte 10, Zeile 44 Spalte 18, Zeile 59 - Spalte 20, Zeile 18 -----	1-4
X	US 3 752 990 A (FISCHER H) 14. August 1973 (1973-08-14) Spalte 4, Zeile 24 - Zeile 33; Abbildung 1 -----	1-4
Y	US 2005/129174 A1 (SIPILA HEIKKI [FI] ET AL SIPILAE HEIKKI JOHANNES [FI] ET AL) 16. Juni 2005 (2005-06-16) Abbildungen 4,7-9 Absätze [0015], [0017] Absatz [0039] - Absatz [0040] Absatz [0043] - Absatz [0055] -----	1-11
Y	WO 2006/105332 A2 (MOXTEK INC [US]; BARD ERIK [US]; JENSEN CHARLES [US]; REYES ARTURO [US]) 5. Oktober 2006 (2006-10-05) Zusammenfassung -----	1-11
Y	US 2010/226476 A1 (PESCE JOHN [US] ET AL) 9. September 2010 (2010-09-09) Abbildungen 5-8,12 -----	1-6,9-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/052649

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2006101468	A1	28-09-2006	CA	2555005 A1	21-09-2006
			CN	1973586 A	30-05-2007
			EP	1862039 A1	05-12-2007
			JP	2007530979 A	01-11-2007
			WO	2006101468 A1	28-09-2006

US 6661876	B2	09-12-2003	AU	2002324566 A1	17-02-2003
			EP	1412961 A2	28-04-2004
			JP	2005523558 A	04-08-2005
			US	2003021377 A1	30-01-2003
			WO	03012816 A2	13-02-2003

US 5077771	A	31-12-1991	KEINE		

US 3752990	A	14-08-1973	DE	2030624 A1	16-03-1972
			DE	2123617 A1	16-11-1972
			FR	2109627 A5	26-05-1972
			GB	1312039 A	04-04-1973
			NL	7108491 A	24-12-1971
			US	3752990 A	14-08-1973

US 2005129174	A1	16-06-2005	FI	20031753 A	02-06-2005
			US	2005129174 A1	16-06-2005

WO 2006105332	A2	05-10-2006	EP	1864311 A2	12-12-2007
			JP	2008535183 A	28-08-2008
			KR	20070114741 A	04-12-2007
			US	2007025516 A1	01-02-2007
			WO	2006105332 A2	05-10-2006

US 2010226476	A1	09-09-2010	KEINE		
