

(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
14. Februar 2008 (14.02.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/017376 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01J 35/14 (2006.01) **G21K 1/093** (2006.01)
H01J 29/64 (2006.01)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **ERLER, Marco**
[DE/DE]; Am Holunderrain 2, 73447 Oberkochen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/006510

(74) Anwalt: **HENCKELL, Carsten**; Carl Zeiss AG,
Patentabteilung, 73447 Oberkochen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. Juli 2007 (21.07.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 036 694.8 5. August 2006 (05.08.2006) DE

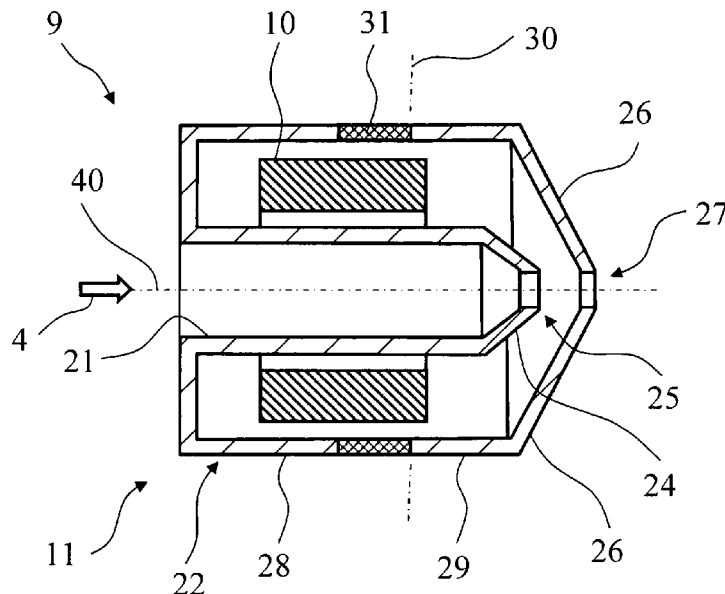
(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US*): **CARL ZEISS INDUSTRIELLE MESSTECH-
NIK GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447
Oberkochen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PG, PH,
PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV,
SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FOCUSING APPARATUS FOR ELECTRON BEAM WITH COIL WINDING, FERROMAGNETIC CORE AND PERMANENT MAGNET

(54) Bezeichnung: FOKUSSIERVORRICHTUNG FÜR ELEKTRONENSTRAHL MIT SPULENWINDUNG, FERROMAGNETISCHEM KERN UND PERMANENTMAGNET



(57) Abstract: The invention relates to a focusing apparatus (9) for an X-ray tube (1), wherein the focusing apparatus (9) has an electrical conductor, which is shaped to form at least one coil winding (10), and a ferromagnetic core (11), which is designed such that it runs in and around the at least one coil winding (10), wherein the core (11) has two ends (25, 27), which are oriented with respect to one another in such a way that an electron beam (4) running coaxially with respect to the coil winding axis (40) can be focused with magnetic lines of force (60) emerging from the ends, wherein at least one permanent magnet (31; 32; 35) is provided in the core (11).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/017376 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Fokussiervorrichtung (9) für eine Röntgenröhre (1), wobei die Fokussiervorrichtung (9) einen elektrischen Leiter, der zu mindestens einer Spulenwindung (10) geformt ist, und einen ferromagnetischen Kern (11) aufweist, der so ausgebildet ist, dass er in der und um die mindestens einen Spulenwindung (10) verläuft, wobei der Kern (11) zwei Enden (25, 27) aufweist, welche so zueinander orientiert sind, dass sich mit aus den Enden austretenden magnetischen Feldlinien (60) ein koaxial zur Spulenwindungsachse (40) verlaufender Elektronenstrahl (4) bündeln lässt, wobei im Kern (11) mindestens ein Permanentmagnet (31; 32; 35) vorgesehen ist.

FOKUSSIERVORRICHTUNG FÜR ELEKTRONENSTRAHL MIT SPULENWINDUNG, FERROMAGNETISCHEM KERN UND PERMANENTMAGNET

Die Erfindung betrifft eine Fokussiervorrichtung sowie eine Röntgenröhre mit einer
5 solchen Fokussiervorrichtung und einen Computertomographen mit einer solchen
Röntgenröhre. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bündeln von
Elektronenstrahlen mit einer solchen Fokussiervorrichtung.

Röntgenstrahlen können dazu verwendet werden, Objekte zu durchleuchten und das
10 entstehende Abbild genauer zu untersuchen. Eine besonders effiziente Durchleuchtung und
Untersuchung lässt sich mit einem Computertomographen erreichen. Damit erstellte
Aufnahmen bieten im Vergleich zu konventionellen Röntgenaufnahmen den Vorteil, dass
kein Überlappen von Bildmerkmalen auftritt und das Objekt in einzelnen
Querschnittsschichten betrachtet und ausgewertet werden kann. Eine Auswertemöglichkeit
15 ist das Vermessen von durchstrahlten Objekten. Die Messunsicherheit ist umso kleiner, je
schärfer sich ein Röntgenstrahlen emittierender Ort als Punktquelle („Brennfleck“)
ausbilden lässt. Dies kann unter anderem dadurch erreicht werden, indem
Elektronenstrahlen auf ein Target fokussiert werden. Eine solche Fokussierung geschieht
üblicherweise mittels mindestens einer Kupferspule, welche einen Reineisenkern mit
20 Luftspalt aufweist. In Abhängigkeit von der Geometrie von Polschuhen des Reineisenkerns
und einer Stromstärke durch die Spulenwicklungen kann die Brennweite des
Elektronenstrahls bestimmt werden.

Während der Fokussierung eines Elektronenstrahls in einer Röntgenröhre ist es jedoch
25 unvermeidbar, dass sich aufgrund des in den Spulenwicklungen fließenden elektrischen
Stromes und der damit erzeugten Verlustleistung eine derartige Spule sowie das
umgebende Gehäuse erwärmen. Dies führt dazu, dass sich die Geometrie der Röntgenröhre
ändert. Da für das Erstellen von Bildaufnahmen eines Objektes mittels
Computertomographie mehrere Minuten bis eine halbe Stunde erforderlich sein können,
30 werden im Hinblick auf ein Temperaturgleichgewicht und eine unveränderte Geometrie
der Röntgenröhre hohe Anforderungen gestellt. Ändert sich in dieser Zeit die Position des
Brennfleckes relativ zur Ausrichtung zwischen Objekt und Detektor eines
Computertomographen, welches zum einen durch ein „Wandern“ des Brennfleckes auf

dem Target, zum anderen durch die Verformung der gesamten Röhrenaufspannung erfolgt, nimmt die Messunsicherheit bei der Auswertung der Computertomographie-Aufnahmen signifikant zu.

5 Wird die Beschleunigungsspannung der Elektronenquelle geändert, muss das Magnetfeld über die Anpassung des die Spule der Fokussiereinrichtung durchfließenden Stromes geändert werden. Dies führt aufgrund des ohmschen Widerstandes der Spule zu einer sich ändernden Verlustleistung in der Fokussiereinheit, die zu einer Erwärmung führt, welches ebenfalls mit einer Geometrieänderung der Röntgenröhre einhergeht. Ein zuverlässiges und
10 langzeitstabiles Vermessen eines durchleuchteten Objektes aus der Gesamtheit aller Projektionsaufnahmen ist erst dann wieder möglich, wenn sich ein neues Temperaturgleichgewicht eingestellt hat, welches auch in der geforderten Messzeit konstant bleibt.

15 Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Fokussiereinrichtung und ein Verfahren zum Fokussieren zu schaffen, so dass ein Brennfleck für einen Elektronenstrahl in einer Röntgenröhre in seiner Position und in seinem Durchmesser über lange Zeit konstant gehalten werden kann, wobei sich die Röntgenröhre einfach, kompakt und leicht bauen lässt.

20

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

25 Die erfindungsgemäße Fokussiereinrichtung weist einen elektrischen Leiter, der zu mindestens einer Spulenwindung geformt ist, und einen ferromagnetischen Kern auf, der so ausgebildet ist, dass er in und um die mindestens eine Spulenwindung verläuft, wobei der Kern zwei Enden aufweist, welche so zueinander orientiert sind, dass sich mit einem aus den Enden austretenden Magnetfeld ein coaxial zur Spulenwindungsachse
30 verlaufender Elektronenstrahl bündeln lässt, wobei im Kern mindestens ein Permanentmagnet vorgesehen ist. Durch Einsatz eines Permanentmagneten im Kern ist es möglich, eine solche Magnetfeldstärke zu erzeugen, dass coaxial zur Spulenachse verlaufende Elektronenstrahlen bereits gebündelt werden, während durch die Spule kein

Strom oder nur ein sehr geringer Strom geschickt wird. Damit entsteht keine oder eine erheblich kleinere Verlustleistung in der Spule, so dass auch keine oder nur eine geringe Wärmeentwicklung in der Röntgenröhre erzeugt wird. Dadurch kommt es zu keinen mechanischen Verformungen der Röntgenröhre durch Temperaturschwankungen und zu
5 keiner Verlagerung eines Brennfleckes auf einem Target. Dies bewirkt, dass auch während einer langen Messzeit zueinander konsistente Röntgenaufnahmen mit einem Computertomographen aufgenommen werden können.

Wird das Magnetfeld des Permanentmagneten noch durch ein von der Spule erzeugtes
10 Magnetfeld verstärkt, kann im Vergleich zu Lösungen nach dem Stand der Technik eine Spule mit einer geringeren Windungszahl beziehungsweise aufgrund verringertem Stromfluss einem geringeren Leitungsquerschnitt und einem leichteren, weil kompakteren Kern verwendet werden. Während eine maximale geforderte magnetische Flussdichte einen bestimmten Querschnitt des Kerns bedingt, kann jedoch die Länge des magnetischen
15 Kreises durch eine kleinere Spule reduziert werden. Damit ist es möglich, bei gleicher Beschleunigungsspannung und gleicher Brennweite eines Elektronenstrahls eine Mikrofokusröntgenröhre zu bauen, die leichter und kompakter ausgeführt ist als im Stand der Technik. Ein Permanentmagnet ist zudem ein preiswertes Bauelement, so dass eine Röntgenröhre mit der erfindungsgemäßen Fokussiervorrichtung kostengünstig gefertigt
20 werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der mindestens eine Permanentmagnet in radialem Abstand zur mindestens einen Spulenwindung angeordnet. Durch den radialen Abstand kann der in der Regel zweiteilige Kern einfach montiert werden. In diesem Fall ist
25 es möglich, auf einen Basisteil des Kerns einen Permanentmagneten zu platzieren und anschließend auf diese gebildete Trennebene einen oberen Abschlussteil des Kerns aufzusetzen. Besonders bevorzugt ist der Permanentmagnet in einem Teil des Kerns vorgesehen, der außen um die Spulenwindung herum angeordnet ist. Durch den Abstand zum axial verlaufenden Elektronenstrahl kann der Einfluss des nicht im Eisenkern
30 geführten Restmagnetfeldes auf den Elektronenstrahl deutlich minimiert werden. Die Bündelung des Elektronenstrahls erfolgt daher nur durch das an den offenen Enden des Kerns beziehungsweise dem Polschuh austretende Magnetfeld.

Vorzugsweise ist der Permanentmagnet ringförmig ausgebildet. Bei einer solchen Konstruktion wird eine hohe Symmetrie des Magnetfeldes erreicht, so dass sich der Elektronenstrahl in hoher Güte bündeln lässt.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform lässt sich das Magnetfeld des Permanentmagneten durch ein Zusatzteil mindestens teilweise kurzschließen. Dies ermöglicht eine variable Einstellung des Magnetfeldes, welches an den Enden des Kerns vorliegt, um den Elektronenstrahl zu bündeln. Unabhängig von der Bestromung der Spule lässt sich durch eine entsprechende Position des Zusatzteils das Magnetfeld an den offenen Enden des
- 10 Kerns direkt einstellen. Bei einer stromdurchflossenen Spule kann durch das Zusatzteil der Anteil des Permanentmagneten am gesamten Magnetfeld variabel eingerichtet werden. Dies bedeutet, dass sich durch den Permanentmagneten ein Grundmagnetfeld erzeugen lässt, welches das Magnetfeld der Spule unterstützt, so dass eine optimale Fokussierung des Elektronenstrahls erreicht wird.

15

Eine einfache Möglichkeit zur variablen Veränderung des vom Permanentmagneten beigesteuerten Magnetfeldes besteht darin, dass das Zusatzteil am Kern verschiebbar angeordnet ist. Vorzugsweise ist dies stufenlos möglich, so dass eine Feinfokussierung des Elektronenstrahls nur durch entsprechendes Positionieren des Zusatzteiles erreicht wird.

- 20 Selbstverständlich kann die Feinfokussierung zusätzlich durch ein entsprechendes Bestromen der Spule unterstützt werden.

Eine andere Möglichkeit zur Veränderung des vom Permanentmagneten eingebrachten Magnetfeldes besteht darin, dass das Zusatzteil zum Kern hin oder vom Kern fort

- 25 bewegbar ist. Damit ist ein digitales Zuschalten oder Kurzschließen des vom Permanentmagneten erzeugten Magnetfeldes möglich.

Es wird darauf hingewiesen, dass ein Bündeln von Elektronenstrahlen allein durch das Magnetfeld des mindestens einen im Kern angeordneten Permanentmagneten möglich ist.

- 30 Zusätzlich kann ein Bündeln der Elektronenstrahlen auch durch ein Magnetfeld erfolgen, das durch das Bestromen einer Spule erzeugt wird. Im letzteren Fall lässt sich die Spule dazu nutzen, eine Feinfokussierung des Elektronenstrahls zu erreichen.

Die Aufgabe wird ferner durch eine Röntgenröhre mit einer oben beschriebenen Fokussiervorrichtung und durch einen Computertomographen mit einer derartigen Röntgenröhre gelöst.

- 5 Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung werden an Hand der nachfolgenden Figuren erläutert, in denen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische, stark vereinfachte Darstellung eines Computertomographen mit einer Röntgenröhre;
- 10 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Röntgenröhre für einen Computertomographen;
- Fig. 3 eine perspektivische Teilschnittansicht einer Fokussiervorrichtung zum Bündeln eines Elektronenstrahls gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Fokussiervorrichtung zum Bündeln eines
- 15 Elektronenstrahls gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht einer Fokussiervorrichtung zum Bündeln eines Elektronenstrahls gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 eine Querschnittsansicht einer Fokussiervorrichtung zum Bündeln eines Elektronenstrahls gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung;
- 20 Fig. 7 eine Querschnittsansicht einer Fokussiervorrichtung zum Bündeln eines Elektronenstrahls gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung; und
- Fig. 8A bis 8C Querschnittsansichten einer oberen Hälfte eines Kerns für eine Fokussiervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung mit verschiedenen Positionen eines Zusatzteils zum Kurzschließen eines
- 25 Magnetfeldes.

In Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Computertomographen gezeigt. Der Computertomograph 100 weist eine Röntgenstrahlquelle 101 auf, von der Röntgenstrahlen 102 kegelstrahlförmig in Richtung zu einem zu untersuchenden Objekt 103 ausgesendet

30 werden. Die in Form eines Kegels ausgebildeten Strahlen 102 treffen auf das Objekt 103, welches auf einem Manipulator 104 relativ zur Röntgenstrahlquelle 101 bewegbar gelagert ist, siehe Bezugszeichen 105, und werden teilweise absorbiert, gestreut oder hindurch gelassen. Ein hinter dem Objekt 103 angeordneter Detektor 106 erfasst die durch das

Objekt 103 passierten Röntgenstrahlen 102. Dabei werden vom Detektor 106 eine Vielzahl von Aufnahmen in Abhängigkeit von einer Winkelposition des Objektes 103 zur Röntgenstrahlquelle 101 aufgenommen. Mit einer Datenverarbeitung 107 lassen sich diese Aufnahmen so aufbereiten, dass eine dreidimensionale Struktur und Querschnitte des Objektes 103 erstellt werden können („Rekonstruktion“).

Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht einer Röntgenröhre 1 einer Röntgenstrahlquelle 101. Die Röntgenröhre 1 weist eine Kathode mit einem Haarnadel-Heizfaden 2 und einem Wehnelt-Zylinder 3 in Form einer Abschirmgitterblende auf. Die von dem Heizfaden 2 emittierten Elektronen werden durch den negativ gepolten Wehnelt-Zylinder 3 abgestoßen. Der aus dem Wehnelt-Zylinder austretende Elektronenstrahl 4 wird in eine Richtung derart abgelenkt, dass er aufgrund einer auf positivem Potential liegenden Lochanode 6 eine Anziehungskraft erfährt und sich in einem Kreuzungspunkt 5 konzentriert, der in der Ebene der Lochanode 6 liegt. Der Anode 6 nachgeschaltet sind mehrere Ablenkspulen 7, 8, die den Elektronenstrahl 4 ausrichten. Anschließend folgt eine Fokussiervorrichtung 9 mit einer Spule 10 und einem Kern 11 mit einem Polschuh 12, wobei der Kern 11 die Spule 10 allseitig umschließt beziehungsweise kapselt. Das von dieser Fokussiervorrichtung 9 erzeugte Magnetfeld erlaubt eine starke Fokussierung des Elektronenstrahls 4 mittels einer kurzen Brennweite der Fokussiervorrichtung 9, so dass der Elektronenstrahl 4 auf ein Target 13 gerichtet und gebündelt wird. Der Elektronenstrahl 4 prallt auf dem Target 13 so gebündelt auf, dass ein Brennfleck 14 gebildet wird, von dem aus Röntgenstrahlen 15 in einen Vollraum ausgesendet werden. Sie gelangen als Nutzstrahlkegel über einen Austrittsbereich 16 aus der Röntgenröhre 1 hinaus. Die Röntgenröhre ist im Raum so orientiert, dass die Röntgenstrahlen auf ein zu untersuchendes Objekt gerichtet sind.

Die erfindungsgemäße Fokussiervorrichtung 9 ist in einer perspektivischen Teilschnittansicht in Fig. 3 und in einer Querschnittsansicht in Fig. 4 gezeigt. Zu der Spule 10 ist ein Kern 11 zugehörig, der mit einem Innenring 21 in der Spule und mit einem Außenring 22 um die Spule herum verläuft. Die Ringe 21 und 22 sind durch ein Verbindungsteil 23 an einer Seite des Kerns 11 miteinander gekoppelt, wobei die beiden Ringe 21, 22 und das Verbindungsteil 23 einstückig ausgebildet sein können. An der gegenüberliegenden Seite des Verbindungsteiles 23 weist der Kern 11 einen zur Spulenachse 40 orientierten Kernendabschnitt 24 auf, der den Innenring 21 fortsetzt. Der

Kernendabschnitt 24 ist bei der ersten Ausführungsform der Fokussiervorrichtung 9 kegelförmig ausgebildet und besitzt ein offenes Ende 25, siehe Fig. 4, durch welches koaxial zur Spulenachse 40 der Elektronenstrahl 4 (in Fig. 3 und 4 symbolisch durch einen Pfeil dargestellt) passieren kann. Der Kern 11 weist ferner einen Kernendabschnitt 26 auf, der den Außenring 22 fortsetzt, wobei der Kernendabschnitt 26 bei der ersten Ausführungsform der Fokussiervorrichtung kegelförmig ausgebildet ist und ein offenes Ende 27 besitzt, siehe Fig. 4, so dass der Elektronenstrahl 4 den Kern koaxial zur Spulenachse 40 durchqueren kann. Die Enden 25 und 27 der beiden Kernendabschnitte 24 und 26 bilden einen Polschuh 12, an dem ein im Kern verlaufendes Magnetfeld 60 austreten kann, siehe Fig. 8A bis 8C, um den koaxial zu der Spulenachse 40 verlaufenden Elektronenstrahl 4 zu bündeln.

Der Außenring 22 ist bei der in Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsform zweiteilig ausgeführt, um eine Montage der Fokussiervorrichtung 9 zu ermöglichen. Der Außenring 22 besitzt ein Basisteil 28 und ein Kopfteil 29, welches auf das Basisteil 28 gesetzt werden kann. Somit liegt eine Trennebene 30 zwischen beiden Teilen 28 und 29 vor. Der Außenring 22 des Kerns 11 ist gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung mit einem Permanentmagneten 31 versehen, der ringförmig ausgebildet ist. Der Permanentmagnet 31 kann in den Außenring 22 bzw. das Basisteil 28 oder das Kopfteil 29 eingesetzt oder auf diesen aufgesetzt werden. Für einen symmetrischen Verlauf des Magnetfeldes im Kern 11 ist die ringförmige Geometrie vorteilhaft.

Die Pole des Permanentmagneten 31 sind so orientiert, dass die vom Permanentmagneten ausgehenden Magnetfeldlinien vom ferromagnetischen Kern 11 einerseits durch das Basisteil 28 des Außenrings 22, das Verbindungsteil 23 und von dort zum Innenring 21 bis zum Kernendabschnitt 24 sowie andererseits vom Kopfteil 29 des Außenrings 22 über den Kernendabschnitt 26 geleitet werden. An den Enden 25 und 27 treten die Feldlinien aus und weiten sich im Luftspalt des Polschuhs 12 auf, siehe Fig. 8A bis 8C.

Das Magnetfeld kann im Kern 11 dadurch erhöht werden, dass nicht nur ein Permanentmagnet 31, sondern ein zusätzlicher Permanentmagnet 32 vorgesehen ist. Er ist zum Beispiel im Innenring 21 des Kerns 11 entlang der Trennebene 30 angeordnet. Bei dieser Ausführungsform besitzt der Innenring 21 ein Basisteil 33 und ein Kopfteil 34, so

- dass der zusätzliche Permanentmagnet 32 dazwischen eingesetzt werden kann. Bei dieser Ausführungsform ist jedoch darauf zu achten, dass ein Randmagnetfeld des zusätzlichen Permanentmagneten 32 den Elektronenstrahl 4 in seiner Form nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt, um anschließend ein präzises Justieren im Bereich des Polschuhs zu erreichen. Für einen einfachen und kompakten Aufbau stellen die Innenwandungen des Innenrings 21 gleichzeitig die Wandungen eines im Vakuum geführten Elektronenstrahlrohres (nicht eingezeichnet) dar und sind daher vakuumdicht und vakuumrein ausgeführt. Dies kann zum Beispiel durch einen vakuumreinen Permanentmagneten 32 mit vakuumdichten Fugekanten erreicht werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Permanentmagneten 32 vom Vakuum fernzuhalten und entsprechende Abdichtungen vorzusehen. Das vom Permanentmagneten 32 ausgehende Magnetfeld kann durch geeignete Materialien magnetisch so abgeschirmt werden, dass der Elektronenstrahl 4 durch das Randmagnetfeld kaum beeinträchtigt wird.
- 15 In Fig. 6 ist eine dritte Ausführungsform der Erfindung dargestellt, wobei das Magnetfeld des einen Permanentmagneten 31 durch ein Zusatzteil in Gestalt eines verschiebbaren Ringes 50 teilweise kurzgeschlossen ist. Der Ring 50 ist mittels einer Mechanik in axialer Richtung der Fokussiervorrichtung 9 derart verschiebbar, dass er vom Magnetfeld des Permanentmagneten 31 nicht, teilweise oder vollständig durchflutet wird, siehe Fig. 8A bis 20 8C. Damit kann der Anteil des Magnetfeldes des Permanentmagneten 31 zum Gesamtmagnetfeld, welches das Magnetfeld durch eine bestromte Spule 10 mit umfasst, variabel eingestellt werden, so dass sich am Polschuh 12 der hindurchtretende Elektronenstrahl 4 fein abgestimmt bündeln lässt.
- 25 In den Fig. 8A bis 8C ist vereinfacht jeweils nur die obere Hälfte des Kerns 11 ohne die Spule 10 dargestellt. Die eingezeichneten Magnetfeldlinien repräsentieren das Magnetfeld, welches im Kern durch den Permanentmagneten 31 in Abhängigkeit von der Position des Ringes 50 erzeugt wird. Bei der in Fig. 8A dargestellten Position des Rings 50 liegt ein Magnetfeld B1 vor. Der Betrag des Magnetfeldes B1 ist höher als derjenige des 30 Magnetfeldes B2 bei der in Fig. 8B dargestellten Position des Ringes 50, bei der ein Teil des vom Permanentmagneten 31 ausgehenden Magnetfeldes kurzgeschlossen ist. Einen noch geringeren Betrag als das Magnetfeld B2 weist das Magnetfeld B3 auf, siehe Fig. 8C.

Bei dieser Position des Ringes 50 wird nahezu das gesamte Magnetfeld des Permanentmagneten 31 kurzgeschlossen.

Die Feineinstellung des Gesamtmagnetfeldes kann alternativ oder zusätzlich zur Position des Ringes 50 durch eine Änderung des in der Spule 10 fließenden Stromes erfolgen. Als Maß für die Feineinstellung des Magnetfeldes und damit die Bündelung des Elektronenstrahls 4 sowie der Größe des Brennfleckes 14 kann unter anderem die erzielte Auflösung eines aufgenommenen Bildes unter Verwendung eines Kalibrierobjektes herangezogen werden.

10

Eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fokussiervorrichtung 9 ist in Fig. 7 dargestellt. Die Fokussiervorrichtung 9 weist einen Permanentmagneten 35 innerhalb des Verbindungsteiles 23 auf, wobei eine Lochscheibe 51 an einer Stirnseite der Fokussiervorrichtung 9 parallel zum Verbindungsteil 23 angeordnet ist. Die Scheibe 51 kann als Anker verwendet werden, der zum Beispiel vollständig am Permanentmagneten 35 anliegt und dabei das von ihm ausgehende Magnetfeld kurzschließt. Bei entsprechender Dimensionierung der Scheibe 51 kann das vom Permanentmagneten 35 ausgehende Magnetfeld auch nur teilweise kurzgeschlossen werden. Die Scheibe 51 lässt sich auch in einem Abstand zum Permanentmagneten 35 so platzieren, dass sie den Verlauf des Magnetfeldes des Permanentmagneten 35 nicht beeinflusst. Durch eine axiale Bewegung der Scheibe 51 kann ein Zuschalten oder Abschalten einer Kurzschlusswirkung für das Magnetfeld des Permanentmagneten 35 erzielt werden. Bei dieser Ausführungsform ist es möglich, eine sprunghafte Erhöhung oder Absenkung des Magnetfeldes am Polschuh 12 durchzuführen.

25

Patentansprüche

1. Fokussiervorrichtung (9) für eine Röntgenröhre (1), aufweisend:
 - einen elektrischen Leiter, der zu mindestens einer Spulenwindung (10) geformt ist,
 - einen ferromagnetischen Kern (11), der so ausgebildet ist, dass er in und um die
- 5 mindestens eine Spulenwindung (10) verläuft, wobei der Kern (11) zwei Enden (25, 27) aufweist, welche so zueinander orientiert sind, dass sich mit einem aus den Enden austretenden Magnetfeld (60) ein koaxial zur Spulenwindungsachse (40) verlaufender Elektronenstrahl (4) bündeln lässt, wobei im Kern (11) mindestens ein
- 10 Permanentmagnet (31; 32; 35) vorgesehen ist.
2. Fokussiervorrichtung (9) nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Permanentmagnet (31; 32) in radialem Abstand zur mindestens einen Spulenwindung (10) angeordnet ist.
- 15 3. Fokussiervorrichtung (9) nach Anspruch 2, wobei der mindestens eine Permanentmagnet (31; 32) in einem Teil des Kerns vorgesehen ist, der außen um die Spulenwindung herum angeordnet ist.
- 20 4. Fokussiervorrichtung (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der mindestens eine Permanentmagnet (31; 32) ringförmig ausgebildet ist.
5. Fokussiervorrichtung (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sich das Magnetfeld (60) des Permanentmagneten (31; 32; 35) durch ein Zusatzteil (50; 51)
- 25 mindestens teilweise kurzschließen lässt.
6. Fokussiervorrichtung (9) nach Anspruch 5, wobei das Zusatzteil (50; 51) am Kern (11) verschiebbar angeordnet ist.
- 30 7. Fokussiervorrichtung (9) nach Anspruch 5 oder 6, wobei das Zusatzteil (51) zum Kern (11) hin oder vom Kern (11) fort bewegbar ist.

8. Verfahren zum Bündeln eines Elektronenstrahls (4) mit einer Fokussiervorrichtung (9) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Bündelung des Elektronenstrahls (4) mittels eines Magnetfeldes (60) durchgeführt wird, welches von dem mindestens einen Permanentmagneten (31; 32; 35) erzeugt wird.

5

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Bündelung des Elektronenstrahls (4) mittels eines Magnetfeldes (60) durchgeführt wird, welches zusätzlich durch mindestens eine stromdurchflossene Spulenwindung (10) erzeugt wird.

- 10 10. Röntgenröhre (1) mit einer Fokussiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

11. Computertomograph mit einer Röntgenröhre (1) gemäß Anspruch 10.

15

1/6

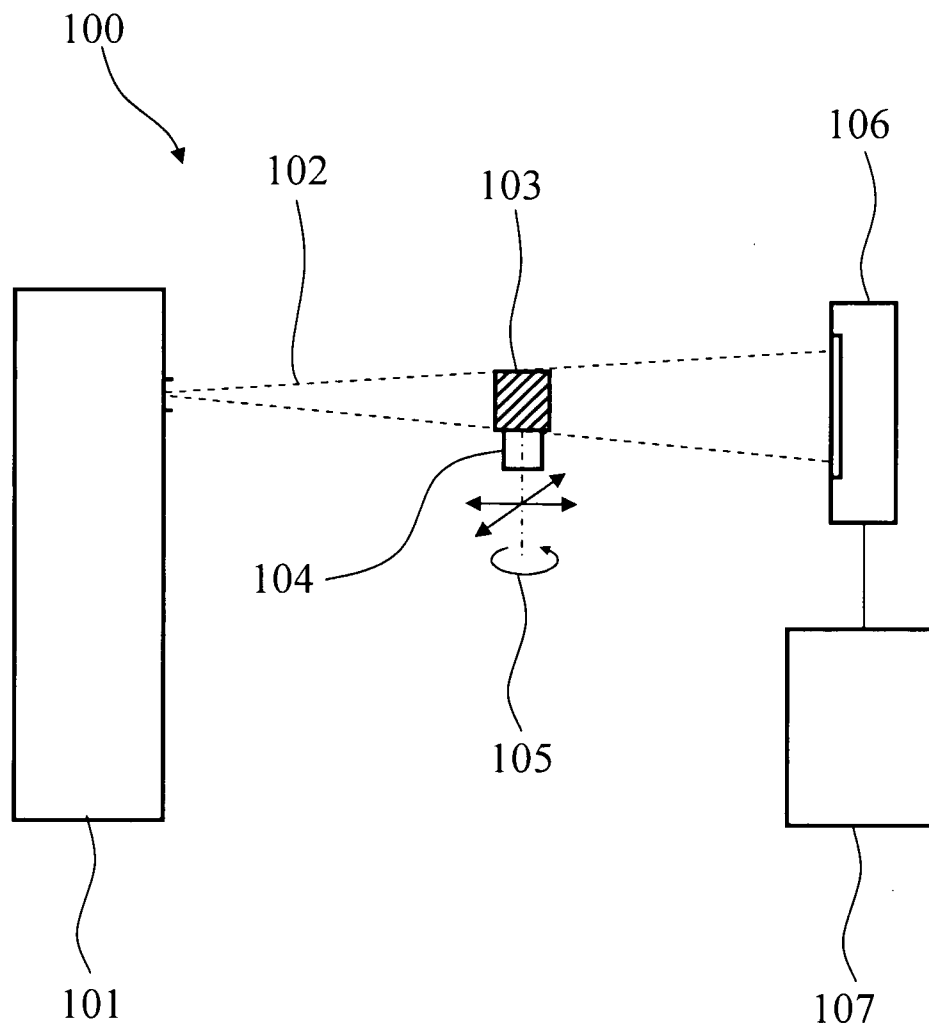
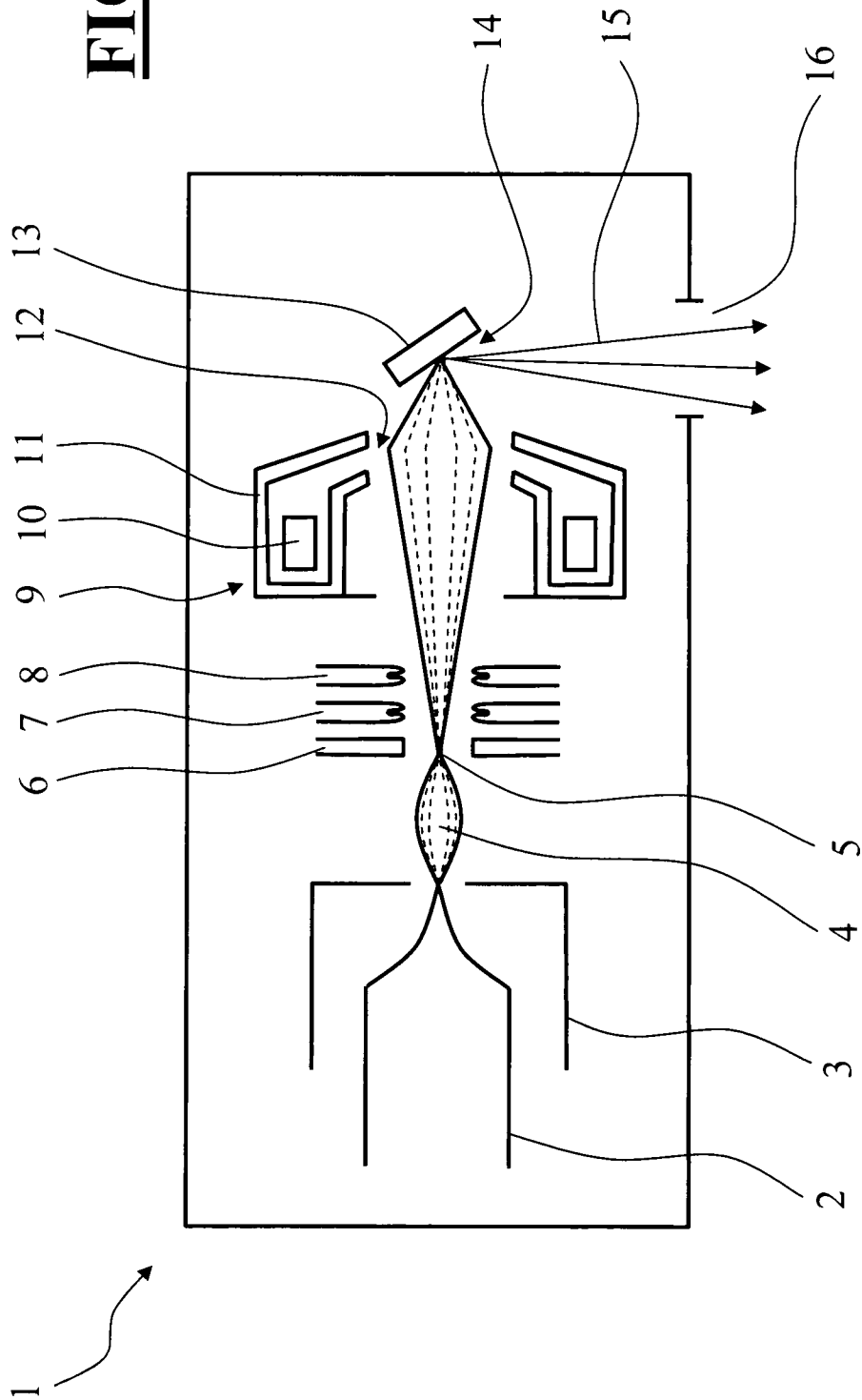
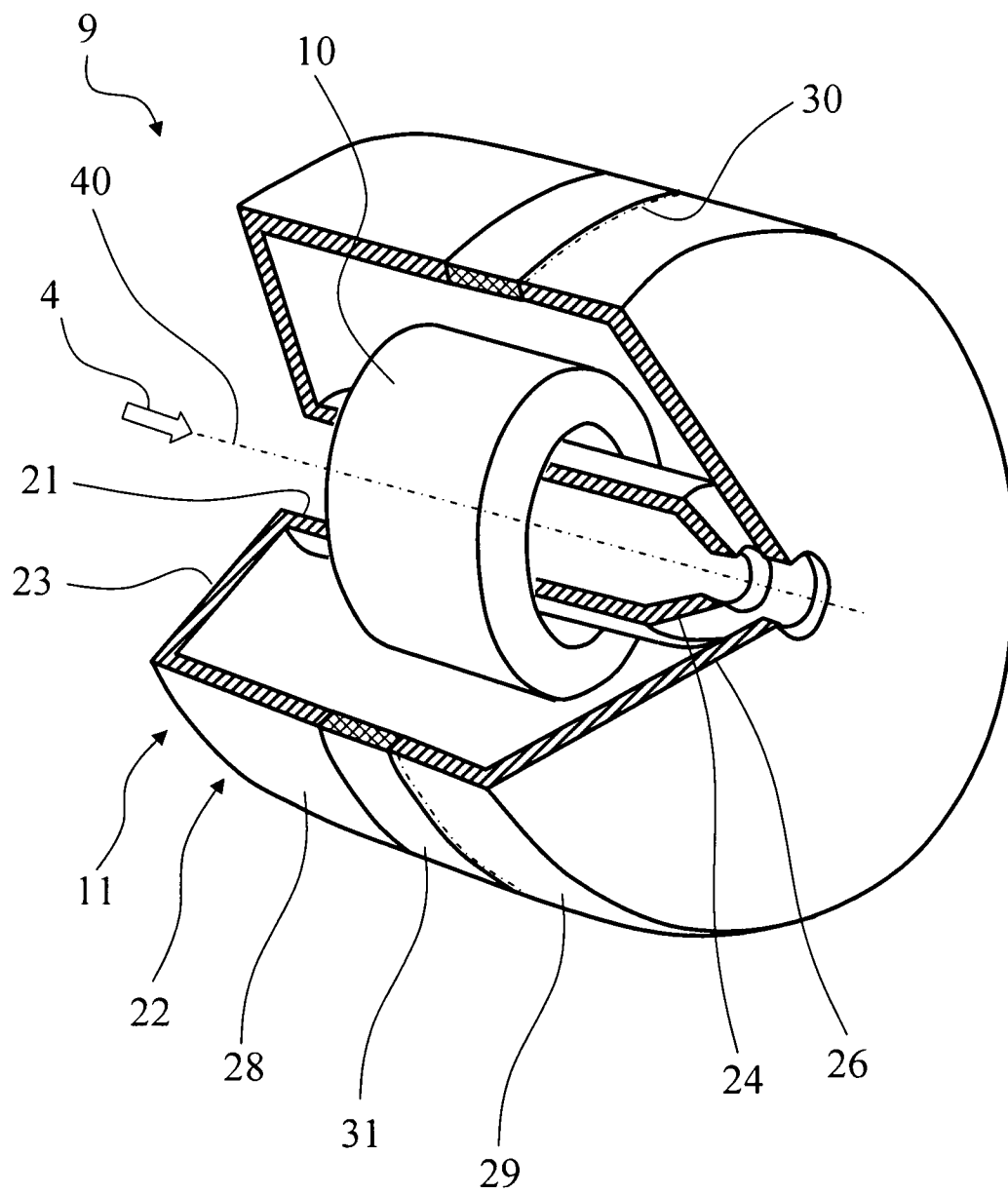
FIG.1

FIG. 2



3/6

FIG.3



4/6

FIG.4

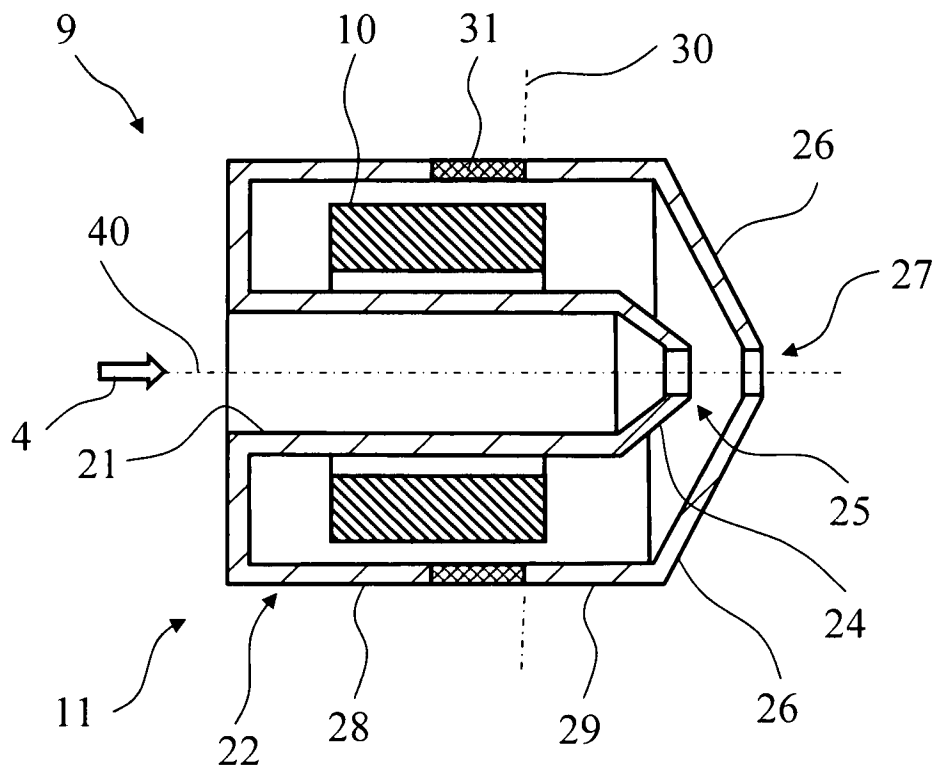
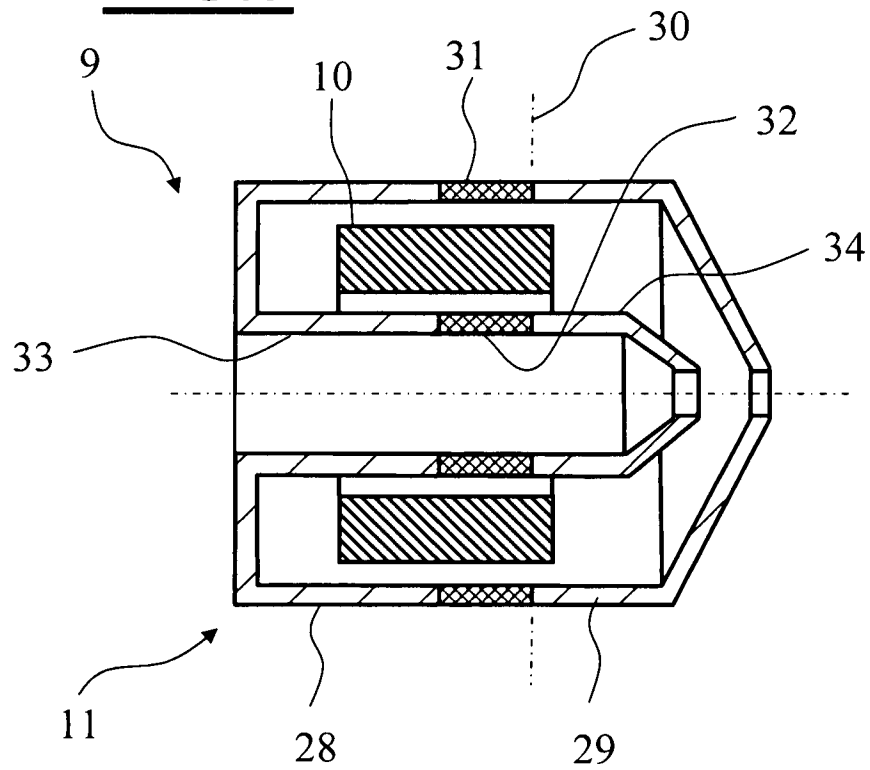


FIG.5



5/6

FIG.6

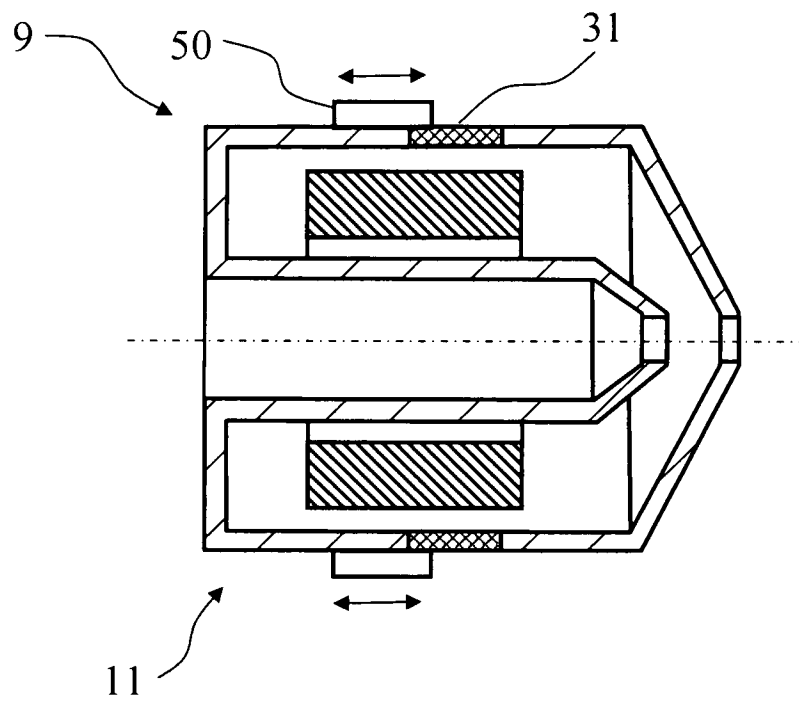
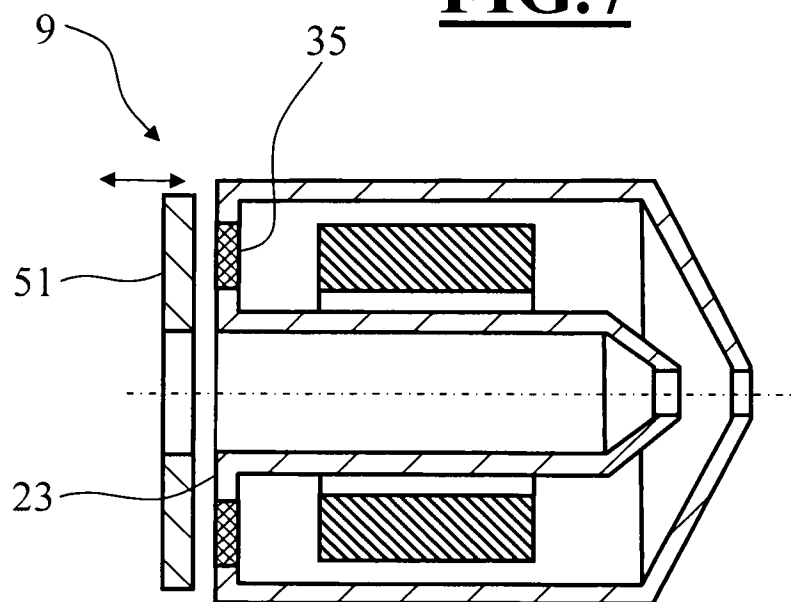


FIG.7



6/6

FIG.8A

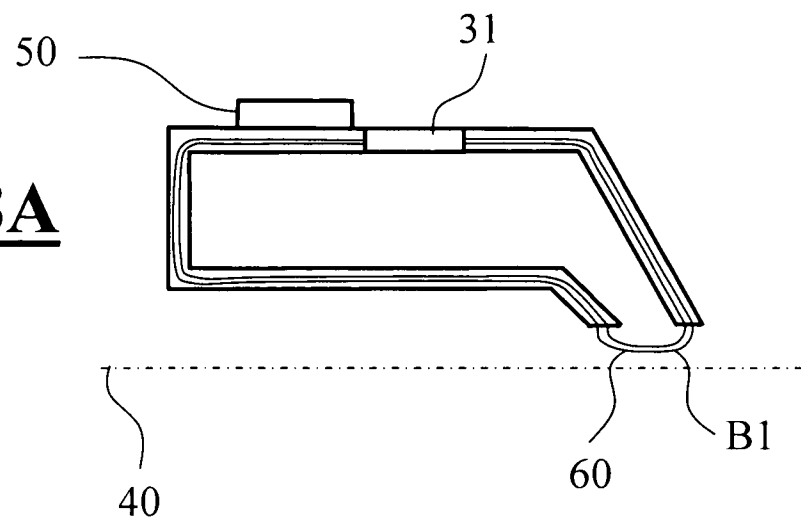


FIG.8B

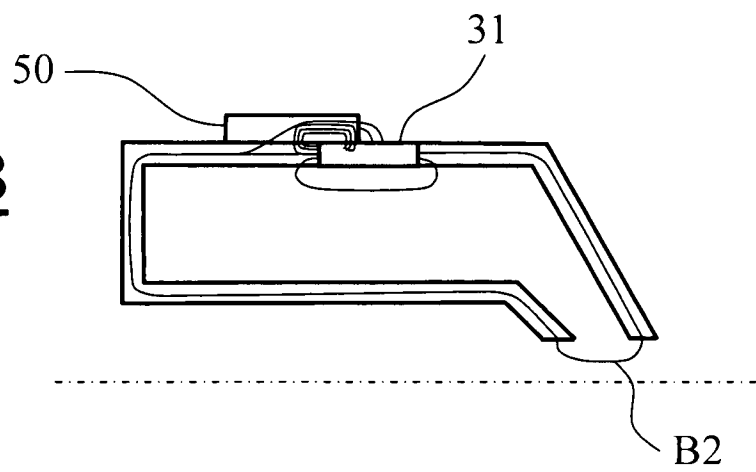
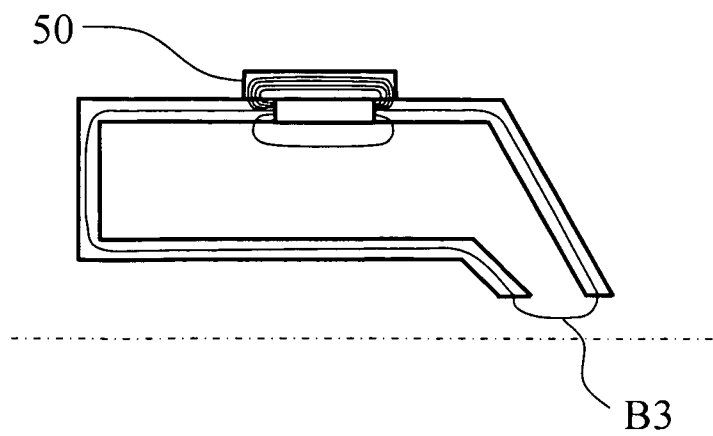


FIG.8C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/006510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01J35/14 H01J29/64 G21K1/093

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)
H01J G21K

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2 503 173 A (REISNER JOHN H) 4 April 1950 (1950-04-04) column 4, line 24 - column 5, line 51 figures 5,10 -----	1-11
X	US 6 320 194 B1 (KHURSHEED ANJAM [SG] ET AL) 20 November 2001 (2001-11-20) column 3, line 28 - column 4, line 40 figure 3 -----	1-6,8-11
X	US 2 219 193 A (JAMES MYNALL DENNIS) 22 October 1940 (1940-10-22) page 2, left-hand column, lines 13-64 figure 7 -----	1,4-6, 8-11
X	JP 56 120061 A (SUMITOMO SPEC METALS) 21 September 1981 (1981-09-21) abstract; figure 2 -----	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 document 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

27 September 2007

Date of mailing of the international search report

16/10/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angloher, Godehard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/006510

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2503173	A	04-04-1950	NONE	
US 6320194	B1	20-11-2001	NONE	
US 2219193	A	22-10-1940	GB 494839 A	01-11-1938
JP 56120061	A	21-09-1981	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/006510

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01J35/14 H01J29/64 G21K1/093

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01J G21K

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2 503 173 A (REISNER JOHN H) 4. April 1950 (1950-04-04) Spalte 4, Zeile 24 - Spalte 5, Zeile 51 Abbildungen 5,10	1-11
X	US 6 320 194 B1 (KHURSHEED ANJAM [SG] ET AL) 20. November 2001 (2001-11-20) Spalte 3, Zeile 28 - Spalte 4, Zeile 40 Abbildung 3	1-6,8-11
X	US 2 219 193 A (JAMES MYNALL DENNIS) 22. Oktober 1940 (1940-10-22) Seite 2, linke Spalte, Zeilen 13-64 Abbildung 7	1,4-6, 8-11
X	JP 56 120061 A (SUMITOMO SPEC METALS) 21. September 1981 (1981-09-21) Zusammenfassung; Abbildung 2	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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. September 2007

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Angloher, Godehard

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/006510

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2503173	A	04-04-1950	KEINE
US 6320194	B1	20-11-2001	KEINE
US 2219193	A	22-10-1940	GB 494839 A 01-11-1938
JP 56120061	A	21-09-1981	KEINE