



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

11

620 792

21 Gesuchsnummer: 10554/77

73 Inhaber:
The Machlett Laboratories, Incorporated,
Stamford/CT (US)

22 Anmeldungsdatum: 30.08.1977

72 Erfinder:
Thomas John Koller, Huntington/CT (US)
Jacob Adolf Randmer, Wilton/CT (US)

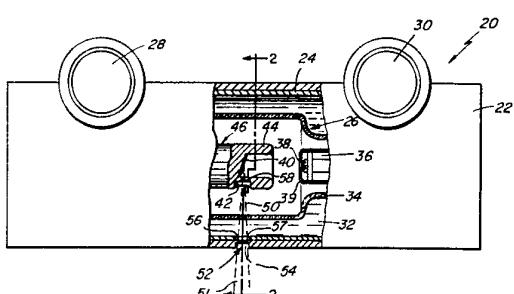
30 Priorität(en): 30.08.1976 US 719026

24 Patent erteilt: 15.12.1980

74 Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

54 Röntgenstrahlengenerator.

57 Bei einem Röntgenstrahlengenerator (20) mit einem die Röntgenröhre (26) umschliessenden Abschirmgehäuse (22) wird eine bevorzugte Absorption der unter einem Winkel austretenden Röntgenstrahlen eines divergierenden Strahlenbündels dadurch gering gehalten, dass ein Strahlungsfenster (52) des Abschirmgehäuses (22) mit Bezug auf den Brennfleck (28) der Anode so angeordnet ist, dass sich für die divergierenden Röntgenstrahlen jeweils gleich lange Wege zum Fenster hin ergeben. Zweckmässig ist das Fenster (52) mit Bezug auf den Brennfleck konzentrisch bogenförmig angeordnet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Röntgenstrahlengenerator mit einer einen Kolben aufweisenden Röntgenröhre, in welcher sich eine Anode befindet, von deren Oberfläche ein Röntgenstrahlenbündel aus dem Kolben emittiert wird, sowie mit einem Abschirmgehäuse, welches die Röntgenröhre umschliesst und ein röntgenstrahlungsdurchlässiges Fenster aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Fenster (52 bzw. 138, 140) mit Bezug auf den Brennfleck (48 bzw. 128) der Anode derart angeordnet ist, dass sich für die divergierenden Röntgenstrahlen des Röntgenstrahlenbündels (51 bzw. 130) gleichlange Wege zu dem Fenster hin ergeben.

2. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das röntgenstrahlungsdurchlässige Fenster (52 bzw. 138, 140, 144) mit Bezug auf den Brennfleck konzentrisch bogenförmig angeordnet ist.

3. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das röntgenstrahlungsdurchlässige Fenster (52) durch einen Teil des Abschirmgehäuses (22, 24) gebildet ist, und zwar durch eine Gehäusewandausnehmung (54) dieses Fensters.

4. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Teil des Abschirmgehäuses (22) die Gestalt einer Nut (52) hat, deren Bodenwand (56) bogenförmig und konzentrisch mit Bezug auf den Brennfleck gekrümmmt ist.

5. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Bodenwand (56) der Nut (52) mit Bezug auf den rohrförmigen Kolben (34) der Röntgenröhre in Querrichtung verläuft.

6. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Bodenwand (56) der Nut (52) mit Bezug auf die Längsrichtung des rohrförmigen Kolbens (34) der Röntgenröhre in Axialrichtung ausgerichtet ist.

7. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bodenwand der Ausnehmung in dem genannten Teil des Abschirmgehäuses sphärisch und konzentrisch bezüglich des Brennflecks der Anode gekrümmmt ist.

8. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das röntgenstrahlendurchlässige Fenster einen für Röntgenstrahlung durchlässigen Fensterkörper (138) enthält, welcher sphärisch gekrümmt und zum Brennfleck (128) der Anode konzentrisch ist.

9. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Fensterkörper eine Nut (144) solcher Tiefe und Gestalt besitzt, dass ein verbleibender Wandbereich ein streifenförmiges, zum Brennfleck konzentrisch gekrümmtes Fenster darstellt.

10. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Fensterkörper an dem Abschirmgehäuse auf bestimmte Winkellagen einstellbar befestigt ist.

11. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Abschirmgehäuse die Gestalt eines Hohlzylinders mit geschlossenen Enden aufweist und dass das röntgenstrahlungsdurchlässige Fenster einen zylindrischen Wandungsteil des Abschirmgehäuses umfasst, welcher eine Ausnehmung aufweist, derart, dass die Bodenwand dieser Ausnehmung die Gestalt eines bogenförmigen Fensters solcher Dicke besitzt, dass die emittierte Röntgenstrahlung durchgelassen wird.

12. Röntgenstrahlengenerator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das bogenförmig gekrümmte Fenster eine solche Form aufweist, dass ein im Querschnitt rechteckiges fächerförmiges Röntgenstrahlenbündel entsteht.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Röntgenstrahlengenerator, insbesondere von einer Bauart, welche zur Abgabe eines symmetrischen Strahlungsbündels ausgebildet ist.

Ein Röntgenstrahlengenerator enthält im allgemeinen ein Abschirmgehäuse, in welchem isoliert eine Röntgenröhre gehalten ist, die mittels eines das Abschirmgehäuse durchströmenden, dielektrischen Strömungsmittels gekühlt sein kann. Die Röntgenröhre enthält gewöhnlich einen evakuierten Röhrenkolben, in dem sich eine elektronenemittierende Kathode befindet, die einen Strahl von Elektronen hoher Energie erzeugt und auf eine abgeschrägte Anodenfläche richtet, welche mit Bezug auf die Axialrichtung in bestimmtem Abstand angeordnet ist. Auf diese Weise werden Röntgenstrahlen angeregt, welche von der abgeschrägten Anodenfläche emittiert werden und als divergentes Strahlenbündel durch ein in radialer Richtung ausgerichtetes Fenster des Gehäuses gelangen.

Im allgemeinen ist die Öffnung, aus welcher die Röntgenstrahlen austreten, nach einwärts gerichtet und enthält ein röntgenstrahlendurchlässiges Fenster, das sich in Richtung auf den Brennfleckbereich der Röhre nach einwärts wölbt, um eine Schwächung des Röntgenstrahles zu vermeiden. Nachdem sich das Fenster sehr nahe an der auf hohem positivem Potential gehaltenen Anode der Röntgenröhre befindet, ist es gewöhnlich aus einem leicht formbaren dielektrischen Werkstoff hergestellt, wobei das Fenster sich mit ebenen Oberflächen an die Wand des Röhrenkolbens anschliesst. Demzufolge ergab sich, dass ein divergierendes Röntgenstrahlenbündel, welches durch das Strahlungsfenster fällt, eine ungleichförmige Verteilung der Röntgenstrahlungsintensität in Abhängigkeit von dem Strahlwinkel aufweist. Je grösser der Divergenzwinkel des jeweils betrachteten Röntgenstrahles ist, desto grösser ist die Absorption derjenigen Röntgenstrahlen, welche nahe den Grenzen des Strahlenbündels verlaufen. Diese bevorzugte Absorption von unter einem Winkel austretenden Röntgenstrahlen in einem divergierenden Strahlenbündel bereitet insbesondere bei bestimmten Diagnoseverfahren Schwierigkeiten, bei welchen es vorteilhaft ist, wenn der Querschnitt eines einfallenden Röntgenstrahlenbündels im wesentlichen gleichförmige Eigenchaften besitzt. Bei der rechnergesteuerten Schnittbilderzeugung ist es beispielsweise wünschenswert, an einem bestrahlten Patienten Unterschiede der Röntgenstrahlungsabsorption von etwa einem halben Prozent feststellen zu können.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Röntgenstrahlengenerator in solcher Weise auszubilden, dass die unterschiedliche Absorption der unter einem Winkel austretenden Röntgenstrahlen in einem divergierenden Strahlenbündel des Generators möglichst gering gehalten wird.

Ausgehend von einem Röntgenstrahlengenerator mit einer einen Kolben aufweisenden Röntgenröhre, in welcher sich eine Anode befindet, von deren Oberfläche ein Röntgenstrahlenbündel aus dem Kolben emittiert wird, sowie mit einem Abschirmgehäuse, welches die Röntgenröhre umschliesst und ein röntgenstrahlendurchlässiges Fenster aufweist, wird die soeben angegebene Aufgabe erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass dieses Fenster mit Bezug auf den Brennfleck der Anode derart angeordnet ist, dass sich für die divergierenden Röntgenstrahlen des Röntgenstrahlenbündels gleich lange Wege zu dem Fenster hin ergeben.

60 Insbesondere ist das röntgenstrahlungsdurchlässige Fenster mit Bezug auf den Brennfleck konzentrisch bogenförmig angeordnet.

Ein Röntgenstrahlengenerator der hier vorgeschlagenen Art enthält also in dem Abschirmgehäuse ein röntgenstrahlungsdurchlässiges Fenster, welches mit Bezug auf den Brennfleckbereich der abgeschrägten Anodenoberfläche der Rönt-

genröhre in radialer Richtung symmetrisch angeordnet ist, wobei die Röhre in dem Abschirmgehäuse isoliert gehalten ist.

Das Gehäuse kann die Gestalt eines Metallhohlzylinders mit geschlossenen Enden haben, in welchem die Röntgenröhre sich in Längsrichtung erstreckend angeordnet ist.

Die Röntgenröhre kann eine Stehanodenröhre mit einem evakuierten, rohrförmigen Röhrenkolben sein, in dem sich axial ein Anodenzyylinder erstreckt, der eine abgeschrägte Anodenoberfläche aufweist, die in bestimmtem Axialabstand einer elektronenemittierenden Kathode gegenüber angeordnet ist. Die von der Kathode austretenden Elektronen werden elektrostatisch auf einen länglichen Brennfleck der Anode fokussiert, der sich mit Bezug auf die Schrägung oder Neigung der Anodenoberfläche in Längsrichtung oder in Querrichtung erstrecken kann. Bei dem röntgenstrahlendurchlässigen Fenster kann es sich um einen Öffnungsbereich handeln, der einen Teil der Gehäusewand umfasst, welcher in radialer Richtung gegenüber dem Brennfleckbereich auf der abgeschrägten Anodenoberfläche und symmetrisch zu diesem Brennfleckbereich vorgesehen ist. Der Öffnungsbereich kann bei dem hier vorgeschlagenen Röntgenstrahlengenerator eine schmale Rille oder Nut enthalten, welche in die Gehäusewand eingeschnitten oder eingefräst ist und sich bis zu einer geeigneten Tiefe erstreckt, derart, dass noch eine bestimmte Wandstärke stehen bleibt, die ein Durchtreten von Röntgenstrahlung in der gewünschten Intensität zulässt, so dass von dem Gehäuse ein fächerartiges Röntgenstrahlenbündel austritt. Das resultierende, fächerförmige Strahlenbündel eignet sich sehr gut für die rechnergesteuerte Schnittbilderzeugung, wobei dieses Strahlenbündel einen bestimmten Teil eines Patienten durchdringt und dann auf eine bogenförmige Anordnung oder Reihe von Detektoren trifft.

Die verwendete Röntgenröhre kann aber auch eine Drehanodenröhre sein, die ebenfalls einen evakuierten, rohrförmigen Röhrenkolben aufweist, in welchem eine elektronenemittierende Kathode in bestimmtem Abstand von der Brennfleckbahn einer mit einer ringförmigen, abgeschrägten Anodenoberfläche versehenen Drehanode gehalten ist, wobei das Elektronenstrahlerzeugungssystem auf den randnahen Umfangsbereich der Drehanodenscheibe gerichtet ist. Der Brennfleck kann länglich sein und sich in Längsrichtung der Schrägung der Anodenoberfläche erstrecken oder er kann hierzu quer verlaufen. Das Strahlungsfenster kann eine Platte enthalten, die in geeigneter Weise über einer Öffnung in einem Teil der zylindrischen Wand des Abschirmgehäuses vorgesehen und auf den Brennfleck ausgerichtet ist. Die genannte Platte ist mit einer Ausnehmung versehen, an deren Boden eine Wandstärke vorgesehen ist, die eine Röntgenstrahlendurchlässigkeit ergibt, wobei die im Bereich der Ausnehmung stehende gebliebene Wand symmetrisch mit Bezug auf den Brennfleck nahe dem Rand der Drehanodenscheibe gelegen ist. Die erwähnte Ausnehmung kann also die Gestalt einer bogenförmigen Nut haben oder sphärisch gekrümmt sein. Die Platte kann um das Zentrum der Öffnung der Abschirmgehäusewand drehbar ausgebildet sein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des hier angegebenen Röntgenstrahlengenerators bilden im übrigen Gegenstand der anliegenden abhängigen Patentansprüche, auf welche hier zur Vereinfachung und Verkürzung der Beschreibung ausdrücklich hingewiesen wird. Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Es stellen dar:

Fig. 1 eine teilweise im Axialschnitt gezeichnete Aufsicht eines Röntgenstrahlengenerators der hier vorgeschlagenen Art,

Fig. 2 einen Querschnitt entsprechend der in Fig. 1 angedeuteten Schnittebene 2-2 in Pfeilrichtung gesehen,

Fig. 3 eine Teil-Seitenansicht von der in Fig. 2 angedeuteten

Ebene 3-3 aus in Pfeilrichtung gesehen,

Fig. 4A und 4B zwei alternative Formen des Brennflecks der Oberfläche der Stehanode gemäß Fig. 1,

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Systems zur rechnergesteuerten Schnittbilderzeugung unter Verwendung eines Röntgenstrahlengenerators nach Fig. 1,

Fig. 6 eine Aufsicht auf einen Röntgenstrahlengenerator bekannter Bauart, teilweise im Schnitt,

Fig. 7 eine im Schnitt gezeichnete Teilansicht des Strahlungsfensters des Abschirmgehäuses eines Generators gemäß Fig. 6 in vergrößertem Massstab,

Fig. 8 eine Teil-Seitenansicht des Strahlungsfensters von der in Fig. 6 angedeuteten Ebene 8-8 aus in Pfeilrichtung gesehen,

Fig. 9 eine teilweise im Schnitt gezeichnete Aufsicht einer anderen Ausführungsform eines Röntgenstrahlengenerators mit Drehanode,

Fig. 10 eine Teil-Schnittansicht des Strahlungsfensters des Abschirmgehäuses eines Röntgenstrahlengenerators nach Fig. 9,

Fig. 11A und 11B verschiedene Formen des Brennflecks auf der Oberfläche der Drehanode des Röntgenstrahlengenerators nach Fig. 9,

Fig. 12 eine Teil-Seitenansicht des Röntgenstrahlengenerators nach Fig. 9 von der in dieser Zeichnungsfigur angedeuteten Ebene 12-12 aus in Pfeilrichtung gesehen und

Fig. 13 eine Ansicht des Strahlungsfensters nach Fig. 12 nach Drehung um 90°.

In den Zeichnungen sind einander entsprechende Teile mit jeweils gleichen Bezugszahlen versehen. Zunächst seien die Fig. 1 bis 3 näher betrachtet. Ein Röntgenstrahlengenerator 20 besitzt ein hohlzylindrisches Abschirmgehäuse 22 mit abgeschlossenen Enden, welches aus einem ausreichend starren und festen Werkstoff gefertigt ist und beispielsweise aus Aluminium besteht. Das Gehäuse 22 ist in geeigneter Weise strahlungsdicht gemacht, beispielsweise durch einen Innenbelag 24 aus einem für Röntgenstrahlung undurchlässigen Werkstoff, etwa aus Blei. In dem Gehäuse 22 ist in Längsrichtung isoliert eine Röntgenröhre 26 gehalten, welche die Gestalt einer Stehanodenröhre haben kann, wie sie beispielsweise der US-Patentschrift 2 886 724 beschrieben ist. Das Gehäuse 22 ist vorzugsweise mit zwei im Abstand voneinander angeordneten elektrischen Durchführungen 28 bzw. 30 versehen, welche elektrisch mit der Anode bzw. der Kathode der Röntgenröhre 26 Verbindung haben. Die Röntgenröhre 26 kann mit einem zur Kühlung dienenden, dielektrischen Strömungsmittel 32, beispielsweise mit Kühlöl umgeben werden, das in an sich bekannter Weise zu einer Strömung durch das Gehäuse 22 veranlasst wird, was jedoch nicht im Einzelnen gezeigt ist.

Die Röntgenröhre 26 besitzt einen evakuierten, rohrförmigen Röhrenkolben 34, der aus für Röntgenstrahlung durchlässigem Werkstoff, beispielsweise aus bleifreiem Glas besteht. In axialer Richtung erstreckt sich innerhalb des Röhrenkolbens 34 von einem Ende aus eine elektronenemittierende Kathode 36,

welche einen in Querrichtung verlaufenden Kathodendraht 38 bzw. eine Kathodenwendel enthält, die in einem zur Fokussierung dienenden Becher 39 gehalten ist. Die Kathodenwendel 38 besitzt bestimmten Abstand von einer abgeschrägten Anodenoberfläche 40, welche aus röntgenstrahlungsemitierendem Werkstoff, beispielsweise aus Wolfram, besteht. Die

Anodenoberfläche 40 ist in Richtung auf eine radial fluchtende Öffnung 42 hin abgeschrägt, die in einer umgebenden Hülse 44 gebildet ist. Die Hülse 44 bildet das innere Ende eines Anodenzyllinders 46, der am anderen Ende des Röhrenkolbens 34 befestigt ist. Der Anodenzyylinder 46 und die Kathode 36 sind in

bekannter Weise mit den Durchführungen 28 bzw. 30 elektrisch verbunden, so dass an die genannten Elektroden die zum Betrieb der Röntgenröhre 26 erforderliche elektrische Span-

nung angelegt werden kann.

Zur Verwendung des Röntgenstrahlengenerators wird die Kathodenwendel 38 elektrisch so aufgeheizt, dass sie Elektronen emittiert, welche von der becherförmigen Elektrode 39 zu einem Strahlenbündel fokussiert werden und elektrostatisch in Richtung auf die Anodenoberfläche 40 hin beschleunigt werden. Es entsteht also ein Strahlenbündel von Elektronen hoher Energie, welche auf der Anodenoberfläche 40 einen Brennfleck 48 erzeugen, der etwa wie in Fig. 2 gezeigt, die Gestalt eines kleinen Quadrates haben kann. Es ist jedoch auch möglich, wie etwa in Fig. 4A gezeigt, dem Brennfleck 48 die Gestalt eines schmalen Rechteckes zu geben, das sich mit Bezug auf die Abschrägung der Anodenoberfläche 40 in Längsrichtung erstreckt. Ferner kann, wie aus Fig. 4B ersichtlich ist, der Brennfleck 48 sich als schmales Rechteck in Querrichtung mit Bezug auf die Abschrägung der Anodenoberfläche 40 ausdehnen. In jedem Falle werden Röntgenstrahlen angeregt, welche von dem Brennfleck 48 nach allen Richtungen hin austreten. Die in Richtung auf die radial fluchtende Öffnung 42 der Hülse 44 hin austretenden Röntgenstrahlen setzen sich in einem divergierenden Strahlenbündel 50 fort, das auch in Radialrichtung durch die fluchtenden Teile des Röhrenkolbens 34 und des dielektrischen Strömungsmittels 32 seinen Weg nimmt.

Bei dem Röntgenstrahlengenerator der hier vorgeschlagenen Art besitzt das Gehäuse 22 in einem Wandlungsbereich, welcher mit dem Brennfleck 48 in Radialrichtung fluchtet, ein bogenförmiges Fenster 52, das im wesentlichen konzentrisch zur Mitte des Brennflecks 48 ausgebildet ist. Das Fenster 52 kann die Gestalt einer Nut 54 haben, die quer in die zylindrische Wand des Gehäuses 22 eingeschnitten oder eingefräst ist, so dass am Boden der rillenförmigen oder nutartigen Ausnehmung eine bogenförmige Wand 56 stehen bleibt, welche im wesentlichen gleichförmige Dicke besitzt und symmetrisch mit Bezug auf den Brennfleck 48 gelegen ist. Radial fluchtend mit der Ausnehmung 54 ist ein entsprechend geformter Durchbruch 57 in der strahlungsdurchlässigen Auskleidung 24 des Gehäuses 22 vorgesehen. Die Röntgenstrahlen des Strahlenbündels 50, welche durch die Öffnung 42 der Hülse 44 treten, verlaufen also auch durch im wesentlichen konstante Dicken besitzende Bereiche des Röhrenkolbens 34, des dielektrischen Strömungsmittels 32 und der Wand 56 des Abschirmgehäuses. Der Durchbruch 57 der strahlungsdurchlässigen Auskleidung 24 und die nutartige Ausnehmung 54 des Fensters 52 wirken demgemäß als Kollimator, so dass ein fächerartiges Strahlenbündel entsteht, das von dem Röntgenstrahlengenerator 20 mit im wesentlichen gleichförmiger Intensität über den Querschnitt hin abgegeben wird. Auch bewirkt die Symmetrie der bogenförmigen Wand 56 des Abschirmgehäuses 22 gegenüber dem auf hohem positivem Potential gehaltenen Anodenzyylinder 46, dass die elektrostatischen Felder zwischen diesen Bau teilen im wesentlichen gleichförmig bleiben, während demgegenüber bei bekannten Röntgenstrahlungsgeneratoren auf grund der nach einwärts ragenden Fensterkonstruktion eine Feldverzerrung stattfindet.

Die Stärke der bogenförmigen Wand 56 bestimmt sich entsprechend der Übertragung von Röntgenstrahlen oberhalb einer bevorzugten Frequenz. So kann die Wand 56 ausreichend dick ausgebildet sein, um harte Röntgenstrahlen durchzulassen, während der Anteil weicher Röntgenstrahlung in dem Strahlenbündel 50 absorbiert wird. So kann die Wand 56 als ein Filter wirken, welcher nur Röntgenstrahlen oberhalb eines gewünschten Energieniveaus durchlässt. Soll eine zusätzliche Filterung stattfinden, so kann in das Fenster 42 der Hülse 44 ein Filterkörper 58 aus geeignetem Werkstoff, beispielsweise aus Beryllium, eingesetzt werden. Hierdurch werden Röntgenstrahlen mit Frequenzen unterhalb eines bestimmten Wertes bereits innerhalb der Röntgenröhre 26 aus dem Strahlenbündel 50 ausgefiltert.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, kann ein rechnergesteuertes System 60 zur Schnittbilderzeugung einen Röntgenstrahlengenerator 20 der hier vorgeschlagenen Art enthalten, der einen dem bogenförmigen Fenster 52 vorgesetzten, an sich bekannten Kollimator 62 enthält. Der Kollimator ist so eingestellt, dass er die Querschnittsgröße des fächerförmigen Strahlenbündels 51 bestimmt, das von dem Röntgenstrahlengenerator 20 austritt. Man erhält somit ein begrenztes, fächerförmiges Strahlenbündel 51a, das den Kollimator 62 verlässt und einen Schichtbereich 64 des Körpers eines Patienten durchdringt, um schliesslich auf eine bogenförmige Reihe oder Anordnung 66 von Detektoren 68 aufzutreffen. Die Detektoren 68 erzeugen folglich Ausgangssignale, die über Verbindungsleitungen 70 einem Rechner 72 zugeführt werden, um hier in an sich bekannter Weise gespeichert und verarbeitet zu werden. Der Röntgenstrahlengenerator 20 wird also in Betrieb gesetzt und in einer Winkelrichtung um den Schichtbereich 64 des Patienten verschwenkt, während die Detektorreihe 66 ganz entsprechend in der entgegengesetzten Winkelrichtung geschwenkt wird. Die Detektoren 68 liefern somit aufeinanderfolgende Reihen von Signalen an den Rechner 72, der diese Signale nachfolgend verarbeitet und ein Bild des Schichtbereiches 64 erzeugt, das auf einem elektrisch mit dem Rechner verbundenen Sichtgerät 74 erscheint. Aufgrund der Gleichförmigkeit der Intensität in dem fächerförmigen Strahlenbündel 50 des Röntgenstrahlengenerators 20 der hier angegebenen Art können mit dem vorliegenden Schnittbilderzeugungssystem Absorptionsdifferenzen in der Größenordnung von einem halben Prozent innerhalb des Schichtbereiches 64 des Patienten festgestellt werden.

Zum Vergleich und zum besseren Verständnis des hier vorgeschlagenen Röntgenstrahlengenerators ist in den Fig. 6 bis 8 ein Generator 80 bekannter Bauart gezeigt, welcher im Aufbau dem Röntgenstrahlengenerator 20 im wesentlichen entspricht, jedoch mit einem Abschirmungsgehäuse 82 ausgerüstet ist, das in herkömmlicher Weise einen nach innen gewölbten Ausgang 81 aufweist. Das Abschirmgehäuse 80 kann wieder die Gestalt eines Hohlzylinders haben, in welchem longitudinal die beschriebene Röntgenröhre 26 gehaltert ist und welches mit einer Innenauskleidung 84 aus für Röntgenstrahlung undurchlässigem Werkstoff versehen ist. Auch das Abschirmgehäuse 80 kann von einem dielektrischen Kühlmittel 32 durchströmt werden und besitzt im Abstand voneinander angeordnete elektrische Durchführungen 86 und 88. Die Durchführungen 86 und 88 sind mit der Anode 46 bzw. der Kathode 36 der Röntgenröhre 26 verbunden, um einen Elektronenstrahl auf den Brennfleck 48 einer abgeschrägten Anodenfläche 40 hinlenken zu können. Auf diese Weise entsteht ein divergierendes Röntgenstrahlenbündel 50, das von dem Brennfleck 48 ausgeht und durch die Öffnung 42 in der Hülse 44 der Anode hindurchtritt und dann durch die radial fluchtenden Teile des Röhrenkolbens 34 und das dielektrische, zur Kühlung dienende Strömungsmittel 32 seinen Weg nimmt.

Ein fluchtender zylindrischer Wandungsteil des Abschirm gehäuses 80 ist mit einem nach aussen ragenden Flansch 90 ver sehen, der am Außenrand rechteckig und an der Innenkante kreisförmig ausgebildet sein kann. Der Außenrand des Flansches 90 ist von einem Kragen 92 aus für Röntgenstrahlung undurchlässigem Werkstoff, beispielsweise aus Blei, umgeben, der durch eine rechteckige Platte 94 in seiner Lage gehalten wird, welch letztere an dem Flansch 90 festgeschraubt ist. Die Platte 94 ist gegen einen Ringflansch 95 eines nach einwärts gewölbten Fensters 96 festgespannt, so dass ein O-Ring 98 gegen eine Schulter oder einen Absatz auf der Innenseite des Flansches 90 gepresst wird, der eine kreisförmige Öffnung in der Wand des Abschirmgehäuses 80 umgibt. Das nach einwärts gewölbte Fenster 96 besitzt eine kegelstumpf-mantelförmige Wand 97, welche durch einen geeignet gestalteten Durchbruch

der Innenauskleidung 84 hindurchreicht und eine im wesentlichen flachkreisscheibenförmige Fensterplatte 100 trägt, die sich nahe dem Röhrenkolben 34 befindet.

Wegen der Nähe der flachen Fensterplatte 100 zu der auf hohem positivem Potential gehaltenen Anode 46 wird das Fenster 96 vorzugsweise aus einem für Röntgenstrahlung durchlässigen Werkstoff gefertigt, der dielektrisch ist, beispielsweise aus einem Polycarbonatharz. Die zum Festspannen dienende Platte 94 ist aus für Röntgenstrahlung undurchlässigem Werkstoff gefertigt, beispielsweise aus Blei. Der mittige Durchbruch 102 der Platte liegt im wesentlichen konzentrisch fluchtend mit Bezug auf die Mitte der flachen Fensterplatte 100 des Fensters 96.

Die von dem Brennfleck 48 divergierend ausgehenden Strahlen des Strahlenbündels 50 treten also durch die flache Fensterplatte 100 des Fensters 96 aus und verlassen den Röntgenstrahlengenerator 80 über die Öffnung 102 der Platte 94. Folglich durchdringen die dem Aussenrand des Strahlenbündels 50 naheliegenden Röntgenstrahlen die Schichten des dielektrischen Kühlmittels 34 und der flachen Fensterplatte 100 jeweils im Winkel und dadurch im Vergleich zu denjenigen Röntgenstrahlen, welche nahe der axialen Mittellinie des Strahlenbündels 50 verlaufen, über grössere Dicken hinweg. Es folgt daraus, dass stark im Winkel divergierende Röntgenstrahlen des Strahlenbündels 50 eine stärkere Absorption erleiden als diejenigen Röntgenstrahlen, welche nahe der axialen Mittellinie verlaufen, so dass die Intensität über den Querschnitt des einfallenden Strahlenbündels 50 hin nicht gleichförmig ist. Das von dem Röntgenstrahlengenerator 80 ausgehende Strahlenbündel 50 ist also zur Verwendung in dem System zur rechnergesteuerten Schnittbilderzeugung gemäss Fig. 5 nicht so geeignet wie das Röntgenstrahlenbündel 51, das durch den Röntgenstrahlengenerator 20 erzeugt werden kann, nachdem in diesem Anwendungsfall Absorptionsdifferenzen im Patientenkörper in der Grössenordnung von einem halben Prozent festgestellt werden müssen. Es sei unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 nochmals darauf hingewiesen, dass durch die bogenförmige Gestalt des Fensters 56 an dem Ausgang 52 sichergestellt ist, dass stark im Winkel divergierende Röntgenstrahlen des Strahlenbündels 51 im Vergleich zu den zentral verlaufenden Röntgenstrahlen durch im wesentlichen gleiche Dicken des dielektrischen Kühlströmungsmittel 32 und des Fensters 56 gedrungen sind.

In den Fig. 9 und 10 ist eine andere Ausführungsform eines Röntgenstrahlengenerators gezeigt, welcher mit 104 bezeichnet ist und ein Gehäuse 106 aufweist, das im Aufbau dem Abschirmgehäuse 82 des zuvor betrachteten, bekannten Röntgenstrahlengenerators ähnlich ist, jedoch einen Ausgang 108 besitzt, der nach dem vorliegend angegebenen Konstruktionsprinzip ausgebildet ist. Das Gehäuse 106 umfasst wiederum einen Hohlzylinder mit abgeschlossenen Enden aus starrem Werkstoff, beispielsweise aus Aluminium. Auch kann das Gehäuse 106 wieder mit einer Innenauskleidung 109 aus für Röntgenstrahlung undurchlässigem Werkstoff versehen sein, welche beispielsweise aus Blei besteht. Weiter sind im Abstand voneinander angeordnete elektrische Durchführungen 110 und 112 vorgesehen. In an sich bekannter Weise ist in dem Gehäuse 106 isoliert eine Röntgenröhre 114 angebracht, welche als Drehanodenröhre ausgebildet ist. Das Gehäuse ist von einem dielektrischen Kühlmittel 116 durchströmt.

Die Röntgenröhre 114 enthält einen evakuierten Röhrenkolben 118, welcher vorzugsweise einen kugeligen Mittelteil besitzt, der eine quer zur Röhrenachse gelagerte Anoden scheibe 120 umschliesst. Die Anodenscheibe 120 ist an einem Wellenstumpf 122 in an sich bekannter Weise drehbar gelagert und trägt an ihrem Aussenrand eine abgeschrägte Brennfleckbahn oder Anodenfläche 124 aus einem Röntgenstrahlung emittierenden Werkstoff, beispielsweise aus Wolfram. Eine Elektronen emittierende Kathode 126 ist so gehalten, dass ein

von ihr emittierter Elektronenstrahl einen Brennfleck 128 auf der Anodenoberfläche 124 erzeugt, wobei der Brennfleck in radialer Richtung mit dem Ausgang 108 des Gehäuses 106 fluchtet. Der Brennfleck 128 kann beispielsweise die Gestalt eines schmalen Rechteckes haben, dessen Längserstreckung, wie aus Fig. 11A zu ersehen ist, in Richtung der Abschrägung der Anodenoberfläche 124 weist; oder die Längserstreckung des Brennflecks kann, wie in Fig. 11B dargestellt ist, senkrecht zur Abschrägungsrichtung der Anodenoberfläche 124 verlaufen. Die auf den Brennfleck 128 auftreffenden Elektronen regen dann ein divergierendes Röntgenstrahlenbündel 130 an, welches vom Brennfleck emittiert wird und durch die fluchtenden Teile des Röhrenkolbens 118 und des dielektrischen Kühlmittels 116 seinen Weg nimmt, um den Röntgenstrahlengenerator 104 über den Ausgang 108 zu verlassen.

Der Ausgang 108 des Röntgenstrahlengenerators 104 ist an einem Wandungsteil des Gehäuses 106 vorgesehen, welcher einen nach aussen ragenden Flansch 132 aufweist, der eine sich durch die Wand des Gehäuses 106 und die Strahlungsdichte 20 Auskleidung 109 durchdringende Öffnung umgibt. Der Flansch 132 kann eine rechteckige äussere Begrenzung aufweisen und von einem für Röntgenstrahlung undurchlässigen Kragen 131 umgeben sein, während die Innenseite des Flansches rund ausgebildet sein kann und mit einer Schulter oder einem Absatz 25 134 versehen ist. Beispielsweise mittels nicht dargestellter Schrauben ist an der Aussenfläche des Flansches 132 eine Platte 136 befestigt, welche einen Ringflansch 137 eines für Röntgenstrahlung durchlässigen Fensters 138 gegen einen O-Ring 139 drückt, der in der durch den Absatz 137 gebildeten 30 Nische gelegen ist. Das Fenster 138 enthält eine bogenförmige Wand 140, welche symmetrisch mit Bezug auf die Mitte des Brennflecks 128 angeordnet und ausreichend dick ist, um den Durchtritt von Röntgenstrahlung der gewünschten Wellenlänge in dem Strahlenbündel 130 zu gestatten, so dass dieser 35 Anteil des Strahlenbündels den Röntgenstrahlengenerator 104 verlassen kann. Wie den Fig. 9 und 10 zu entnehmen ist, kann die Wand 140 eine sphärische Krümmung aufweisen, die konzentrisch zu der Mitte des Brennflecks 128 ist, wobei die Wand aus einem Werkstoff besteht, welcher elektrisch leitfähig ist, 40 beispielsweise aus Aluminium. Es kann sich jedoch auch um ein dielektrisches Material, beispielsweise ein Polycarbonatharz, handeln. Die Röntgenstrahlen des divergierenden Strahlenbündels 130 durchdringen also im wesentlichen gleiche Materialdicken des dielektrischen Kühlmittels 116 und der Wand 140 45 des Fensters 138. Hieraus folgt, dass das konische, aus dem Fenster 138 austretende Röntgenstrahlenbündel 130 im wesentlichen eine gleichförmige Verteilung der Intensität der Energie über den Querschnitt hin besitzt, was darauf beruht, dass die unter einem grossen Winkel austretenden Röntgenstrahlen des 50 Strahlenbündels sich auf Wege fortpflanzen, welche im wesentlichen gleiche Länge im Vergleich zu den zentrischen Röntgenstrahlen aufweisen.

Gemäss der in den Fig. 12 und 13 gezeigten Alternative kann das Strahlungsfenster 138 in einer massiven, halbkugeligen Platte 142 gebildet sein, welche eine Nut 144 mit bogenförmig gekrümmtem Boden aufweist, wobei sich diese Rille quer über die Innenfläche der halbkugeligen Platte hinweg erstreckt. Die Halteplatte 136 kann bei dieser Ausführungsform gelockert oder abgenommen werden und die halbkugelige Fensterplatte 142 kann dann in dem Flansch 134 gedreht werden, so dass die Nut oder Rille 144 nach Wunsch gegenüber der Längsachse der Röntgenröhre 114 gedreht werden kann. So kann beispielsweise die Nut oder Rille 144 im wesentlichen parallel zu der Achse der Röhre 114 ausgerichtet werden, wie in Fig. 12 gezeigt ist oder die Nut oder Rille 144 kann im wesentlichen senkrecht zu der genannten Achse der Röhre 114 orientiert werden, was in Fig. 13 deutlich gemacht ist. Die resultierende, bogenförmige Wand als Grund der Nut 144 liegt symme-

trisch zu dem Brennfleckbereich 128 und besitzt ausreichende Dicke, um wieder Röntgenstrahlung der gewünschten Wellenlängen in dem Strahlenbündel 130 aus dem Röntgenstrahlengenerator 104 austreten zu lassen. Die Nut oder Rille 144 in der halbkugeligen Platte 142 lässt also ein fächerförmiges Strahlenbündel mit im wesentlichen gleichförmigem Querschnitt ausreten, ähnlich den Verhältnissen bei dem fächerförmigen Strahlenbündel, welches von dem Röntgenstrahlengenerator 20 nach Fig. 1 erzeugt wird. Folglich ist auch das fächerförmige Strahlenbündel, welches von dem Generator 104 mittels der genutzten, halbkugeligen Platte 142 und dem Fenster 138 erzeugt wird, dazu geeignet, in Verbindung mit rechnergesteuerten Schnittbilderzeugungssystemen verwendet zu werden, wie sie etwa in Fig. 5 wiedergegeben sind.

Vorliegend ist also ein Röntgenstrahlengenerator beschrie-

ben worden, der ein röntgenstrahlungsdurchlässiges Abschirmgehäuse besitzt, in dem sich ein für Röntgenstrahlen durchlässiges Fenster befindet, das symmetrisch mit Bezug auf die Radialrichtung auf den Brennfleckbereich einer abgeschrägten Anodenfläche einer Röntgenröhre ausgerichtet ist, die sich innerhalb des Abschirmgehäuses befindet. Bei der Röntgenröhre kann es sich um eine Stehanodenröhre oder um eine Drehanodenröhre handeln. Auch kann das Fenster ein einstücker Bestandteil der Gehäusewand sein oder es kann sich ¹⁰ um eine Fensterplatte handeln, die in geeigneter Weise in einer Öffnung der Abschirmgehäusewand gehalten ist. Ferner kann die Stehanodenröhre nach Fig. 1 in Verbindung mit einem Gehäuse nach Fig. 9 eingesetzt werden. Umgekehrt kann die Drehanodenröhre gemäß Fig. 9 in Verbindung mit einem Abschirmgehäuse gemäß Fig. 1 Verwendung finden.

FIG. 1

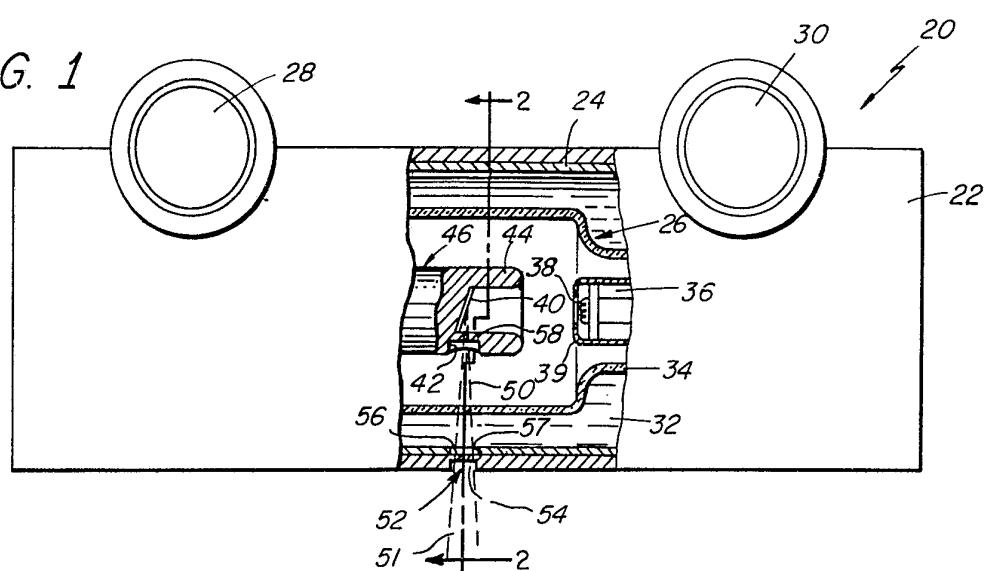


FIG. 3

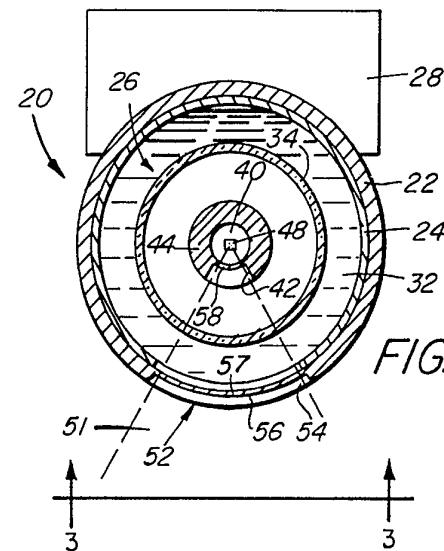
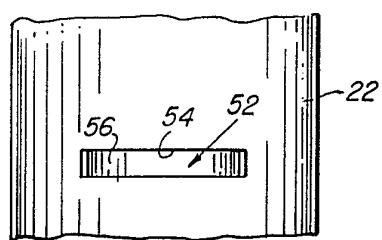


FIG. 4A

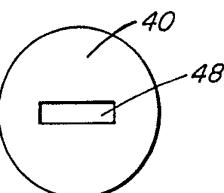
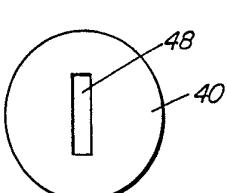
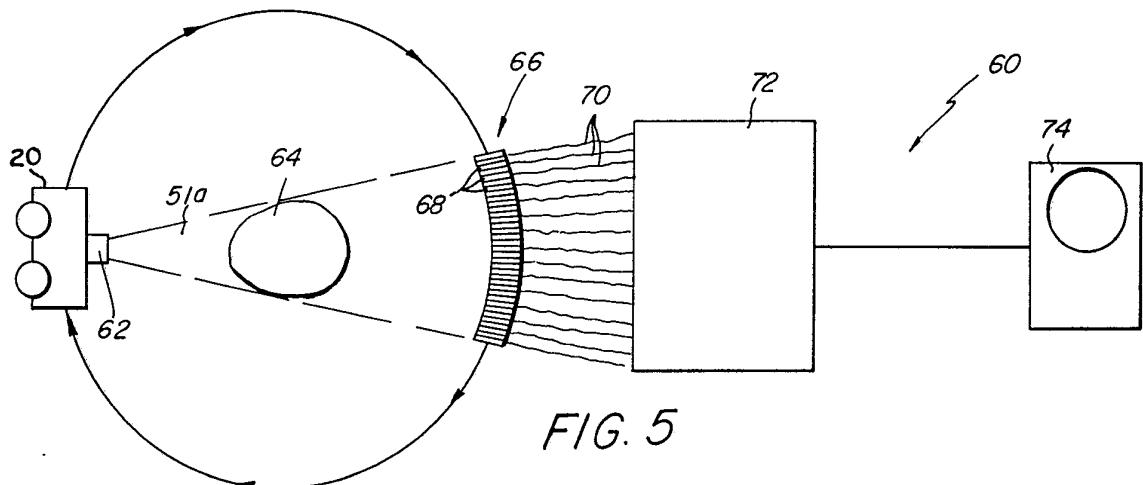


FIG. 4B



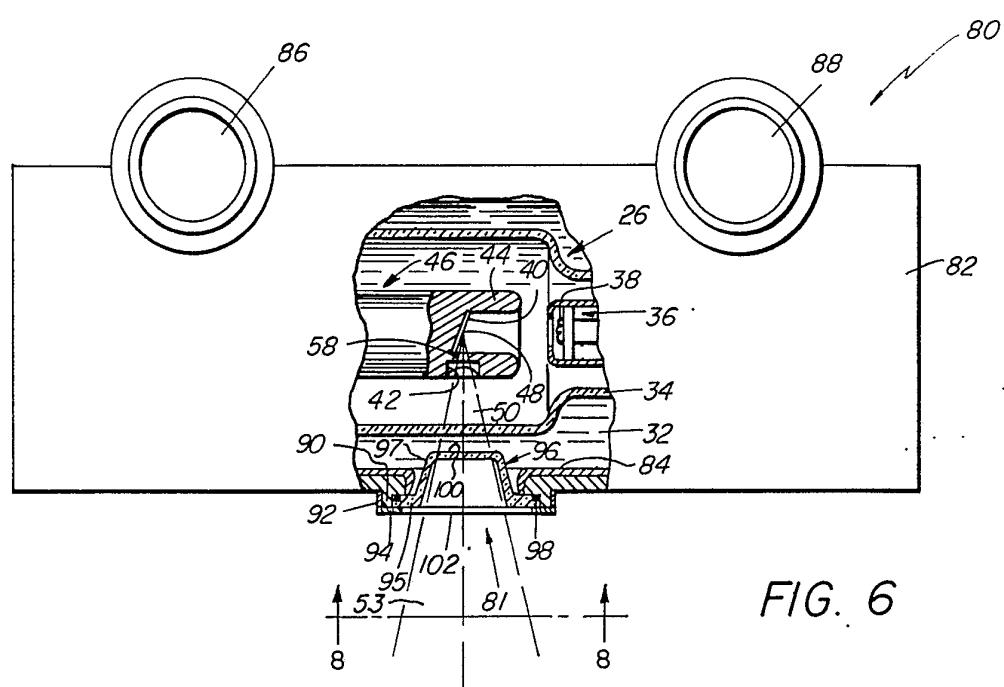


FIG. 6

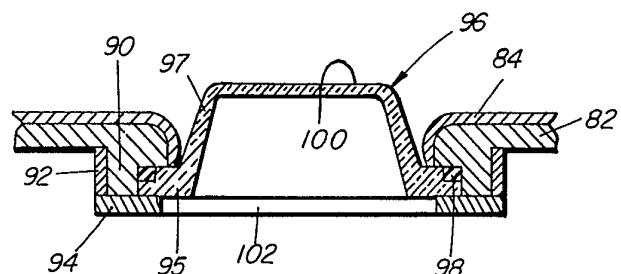


FIG. 7

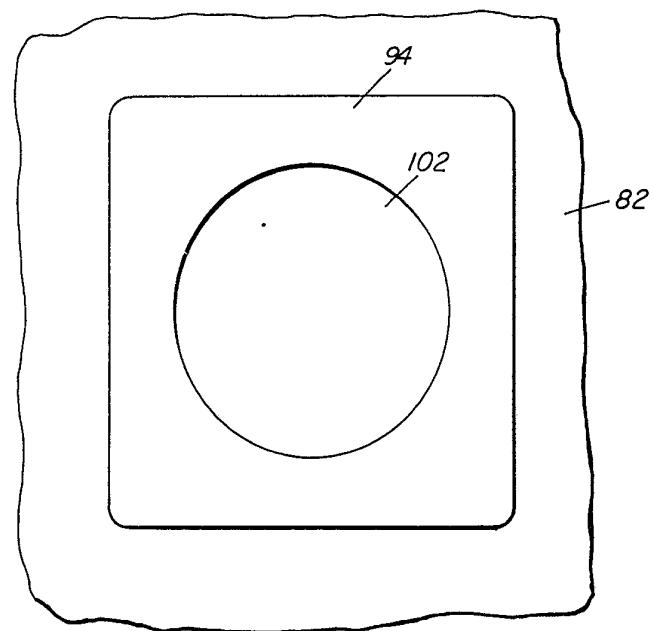


FIG. 8

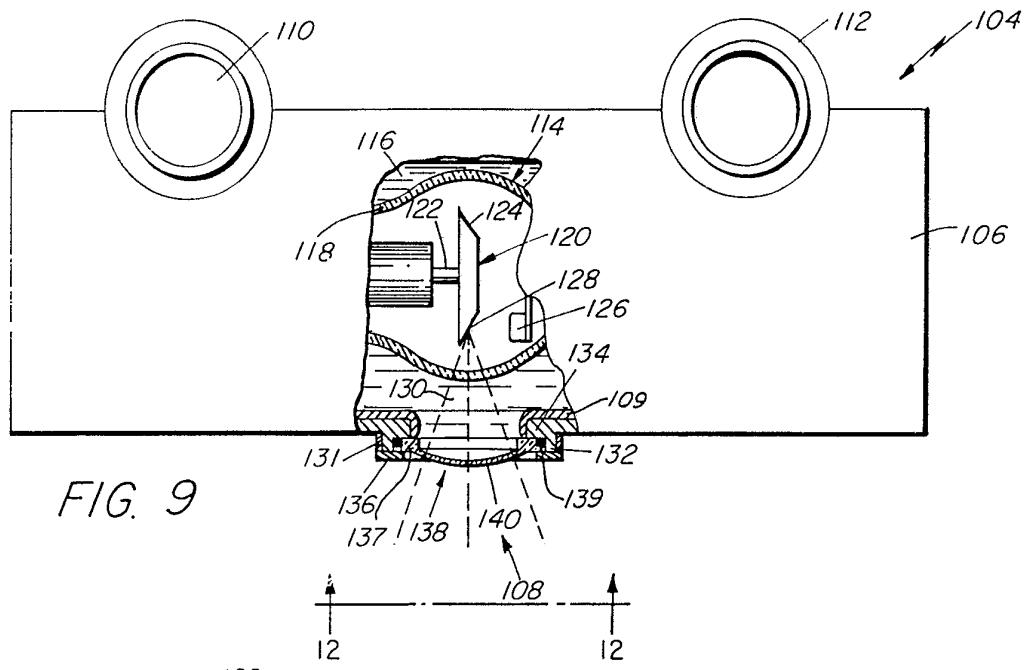


FIG. 9

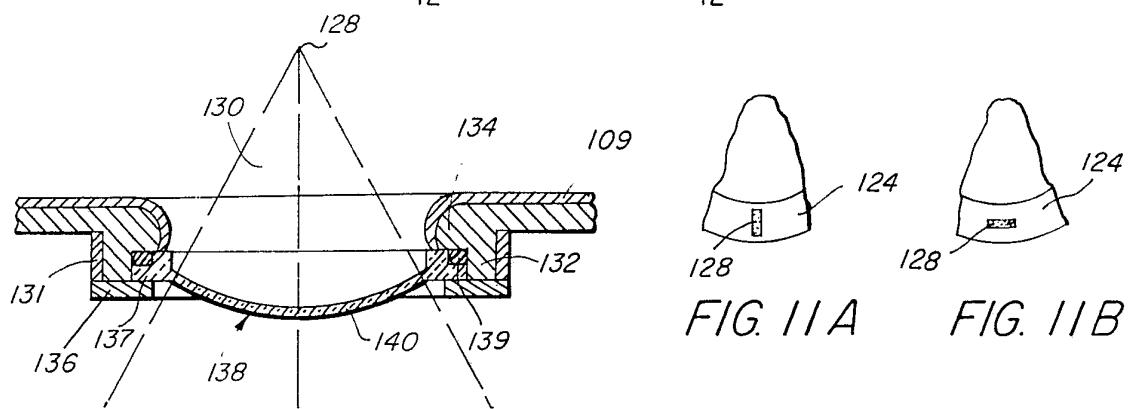


FIG. 10

FIG. 11A

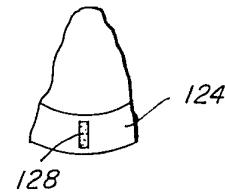


FIG. 11B

FIG. 12

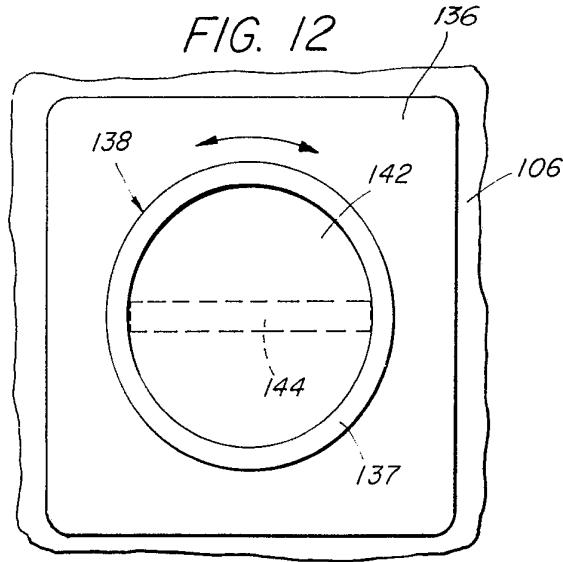


FIG. 13

