
Octrooiraad



[10] A **Terinzagelegging** [11] **7709117**

Nederland

[19] NL

[54] Röntgenfotografische inrichting.

[51] Int.Cl.²: A61B6/02, H01J35/24.

[71] Aanvrager: EMI Limited te Hayes, Groot-Brittannië.

[74] Gem.: Ir. G.H. Boelsma c.s.
Octrooibureau Polak & Charlouis
Laan Copes van Cattenburch 80
's-Gravenhage.

[21] Aanvraag Nr. 7709117.

[22] Ingediend 17 augustus 1977.

[32] Voorrang vanaf 17 augustus 1976.

[33] Land van voorrang: Groot-Brittannië (GB).

[31] Nummer van de voorrangsaanvraag: 34120/76.

[23] --

[61] --

[62] --

[43] Ter inzage gelegd 21 februari 1978.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Emi Limited te Hayes, Middlesex, Groot-Brittannie

Röntgenfotografische inrichting.

De uitvinding ligt op het gebied van de röntgenfotografie en heeft meer in het bijzonder betrekking op die tak van de röntgenfotografie, die als gecomputeriseerde axiale tomografie, of C.A.T. bekendheid heeft verkregen. Bij het uitvoeren van C.A.T. gaat het om het produceren van een weergave van de variatie van de absorptie van doordringende straling, zoals röntgenstraling, over een doorsnedegebied van een te onderzoeken lichaam.

Een inrichting voor het uitvoeren van C.A.T. is bekend uit de Nederlandse octrooiaanvraag 6912896. Bij deze inrichting wordt de straling door het te onderzoeken lichaam gezonden volgens vele dunne bundelbanen, die het van belang zijnde doorsnedegebied doorlopen, waarbij de hoeveelheid straling, die het lichaam volgens elk van deze bundelbanen verlaat, wordt gedetecteerd. Elektrische signalen, die representatief zijn voor de aldus gedetecteerde hoeveelheden straling, worden daarbij op een zodanige wijze bewerkt, dat de gewenste weergave wordt verkregen. De genoemde octrooiaanvraag bevat voorbeelden van de aftastinrichting, die kan worden gebruikt om de absorptiegegevens te verkrijgen, als ook een voorbeeld van de wijze van bewerken van de verkregen gegevens om de bedoelde weergave tot stand te brengen.

In de Nederlandse octrooiaanvraag 7407578, 7411418, 7513208 en 7611823 worden alternatieve aftastinrichtingen beschreven, terwijl uit de Nederlandse octrooiaanvraag 7405610 een alternatieve bewerkingstechniek bekend is.

De uitvinding is in het bijzonder van toepassing op een C.A.T.-aftaster met een aftastinrichting van het type volgens de bovengenoemde octrooiaanvraag. In een dergelijke inrichting wordt een röntgenstralingsbuis toegepast, die in staat is een vlakke, waaiervormige stralingsbundel met een waaielhoek van ongeveer 40° uit te zenden, waarmee dus tenminste een aanzienlijk deel van de breedte van het te onderzoeken lichaam wordt bestreken. Men laat de stralingsbron d.m.v. een mechanische aandrijfsysteem rond het te onderzoeken lichaam draaien om een de waaiersnijdende as, terwijl een aantal, bij voorkeur met de stralingsbron meedraaiende detectoren zijn opgesteld om de volgens de baan van de waaiers uit het lichaam

77 09117

tredende straling op te nemen. Daarbij kan de electronenbundel van de röntgenstralingsbuis over de straling-uitzende trefplaat-anode bewegen met een snelheid die aanzienlijk groter is dan die, waarmede de stralingsbron en de detectoren rond het te onderzoeken lichaam worden gedraaid.

5 Hierdoor kunnen, niettegenstaande de draaibeweging, stellen absorptiesignalen worden verkregen, die betrekking hebben op de stralingsabsorptie in stellen van nagenoeg evenwijdig aan elkaar door het lichaam gaande bundelbanen, terwijl het voorts vooral bij een mult-detectoruitvoering van belang is, dat rekening kan worden gehouden met variaties in gevoeligheid
10 tussen de detectoren onderling.

De uitvinding beoogt een verfijning van de in de voorgaande alinea beschreven inrichting.

De uitvinding verschaft daartoe een in het bijzonder voor medische doeleinden te gebruiken röntgenfotografische inrichting met mid-
15 delen voor het vastleggen van de onderzoekplaats van de te onderzoeken doorsnedeschijf van het lichaam van een patient, een röntgenstralingsbron voor het uitzenden van straling door deze onderzoekplaats, middelen voor het bewegen van de stralingsbron rond de onderzoekplaats teneinde de onderzoekplaats vanuit een aantal verschillende hoeken te bestralen,
20 middelen voor het detecteren van de langs een aantal in hoofdzaak lineaire bundelbanen vanuit elk van de hoekposities door de onderzoekplaats heen gaande straling te detecteren, welke detectiemiddelen een aantal detectoren omvatten, die zodanig zijn ingericht, dat zij elektrische uitgangssignalen leveren, die een indicatie vormen voor de erdoor gedetecteerde
25 straling, bewerkingsmiddelen die van de uitgangssignalen gebruik maken voor het evalueren van een variabele stralingskarakteristiek voor een aantal over de doorsnedeschijf verdeelde zônes, middelen voor het vergelijken van uitgangssignalen, die afkomstig zijn van eerste en tweede detectoren en betrekking hebben op nagenoeg dezelfde bundelbaan, ter
30 verkrijging van een vergelijkingssignaal, dat een indicatie geeft van de verschillen in gevoeligheid tussen de detectoren, middelen voor het middelen van het vergelijkingssignaal met andere vergelijkingssignalen die betrekking hebben op dezelfde twee detectoren en verkregen zijn met
35 betrekking tot andere door die twee detectoren gedetecteerde bundelbanen, teneinde aldus een gemiddeld vergelijkingssignaal te verkrijgen, terwijl tenslotte middelen aanwezig zijn, die van dit gemiddelde vergelijkingss-

77 09 117

signaal gebruik maken om de effecten van de verschillen in gevoeligheid op de nauwkeurigheid van de evaluatie te verminderen.

Bij voorkeur bevat de röntgenstralingsbron een röntgenstralingsbuis met een langgerekte trefplaat, waarover een electronenbundel vele malen gedurende de draaibeweging heen en weer wordt bewogen. De hoek, waarover de electronenbundel daarbij wordt afgebogen, is voldoende om tenminste een gedeelte van de straling op bepaalde referentietijdstippen tijdens het onderzoek buiten de te onderzoeken doorsnedeschijf te laten vallen. Bij voorkeur is daarbij een referentieverzwakker aanwezig, die op de bedoelde referentietijdstippen door het buiten het te onderzoeken lichaam vallende stralingsgedeelte wordt bestraald om referentiesignalen op te wekken, die een indicatie vormen voor de werking van de aftastinrichting.

De uitvinding wordt hieronder aan de hand van de tekening met een uitvoeringsvoorbeeld nader toegelicht.

Fig. 1 toont een schematisch eindaanzicht van een roterende aftastinrichting met bundelafbuiging van het type volgens de hierboven genoemde Nederlandse octrooiaanvraag 7513208;

fig. 2 toont een röntgenstralingsbron en enige stuurcircuits, bestemd voor de aftastinrichting volgens fig. 1 en

fig. 3 toont enkele door een aftastinrichting van het type volgens fig. 1 bestraalde bundelbanen.

Het te onderzoeken lichaam 1 is in fig. 1 in dwarsdoorsnede weergegeven en wordt ondersteund op een eveneens in dwarsdoorsnede getekend steunbed 2. De ruimte tussen het lichaam 1 en het steunbed 2 is opgevuld met een vulmateriaal 3 waarvan de stralingsabsorptiecoëfficiënt overeenkomt met die van het lichaamsweefsel. Dit vulmateriaal 3 strekt zich gedeeltelijk rond het te onderzoeken lichaam uit ter verkrijging van een nagenoeg cirkelvormige dwarsdoorsnedeschijf, die aan de röntgenstralen wordt blootgesteld. Het te onderzoeken lichaam wordt d.m.v. een gordel 4 stevig in de onderzoekpositie op het steunbed vastgehouden. Eventueel kan hiertoe gebruik worden gemaakt van de twee-delige vasthoudring volgens de Nederlandse octrooiaanvraag 7407578.

Het bed 2 met het lichaam 1 wordt zodanig door een opening 5 in een draaibaar element 3 gestoken, dat het te onderzoeken gedeelte van het lichaam in de opening gecentreerd komt te liggen. Het element 6 is

77 09117

draaibaar om een as 7, die zich evenwijdig aan de lengteas van het lichaam 1, loodrecht op het vlak van tekening, uitstrekt en door het middelpunt van de opening 5 gaat. Het element 6 is hiertoe ondersteund op een drietal tandwielen 8a, b, c, die in ingrijping zijn met een tandkrans langs de omtrek van het element 6. De tandwielen 8 zijn draaibaar gemonteerd in een hoofdframe 8d van de inrichting. Het tandwiel 8a wordt aangedreven door een eveneens op het hoofdframe gemonteerde electromotor 9.

Het draaibare element 6 draagt voorts een röntgenstralingsbron 10, een reeks detectoren 11 en de bijbehorende collimatoren 12. De detectoren, die in een aantal van bijvoorbeeld 400 aanwezig zijn, kunnen van elk geschikt type zijn, bijvoorbeeld scintillatiekristallen met bijbehorende fotovermenigvuldigers of fotodiodes.

De stralingsbron 10 bevat een langgerekte trefplaat-anode 13, die hieronder nader zal worden beschreven, en levert een waaivormig verspreide bundel 14 van röntgenstralen vanuit een in hoofdzaak puntvormige oorsprong, die langs electronische weg tussen de posities 14a en 14b heen en weer kan worden bewogen. In het beschouwde voorbeeld vindt de aftastbeweging van de nagenoeg puntvormige oorsprong van de röntgenstralen langs de trefplaat 13 plaats over een afstand in de orde van grootte van 5 cm. Deze afstand kan ook groter of kleiner of kleiner worden verkozen. De lengteassen van de collimatoren snijden elkaar in het midden van de trefplaat 13 en liggen op onderlinge hoekafstanden van ongeveer $1-6^{\circ}$. De afstand tussen de bron 10 en de centrale as 7 bedraagt ongeveer 40 cm, terwijl de detectoren 11 op een afstand van 80 cm aan de andere zijde van de as 7 zijn gelegen, zodat zij de uitgezonden straling van de stralingswaaier 14 bij elke positie van de oorsprong van de röntgenstralen tijdens de zijdelingse aftastbeweging langs de trefplaat 13 kunnen opvangen. De detectoren en de stralingsbron zijn bij voorkeur gelegen op bogen van een enkel cirkel, die in het beschouwde voorbeeld niet concentrisch is met de as 7. De afmetingen van de collimatoren 12 zijn zodanig, dat zij het opvangen van de uitgezonden straling door de detectoren toelaten, terwijl het opvangen van schaduwstraling zoveel mogelijk wordt tegengegaan. Hoewel in het beschouwde voorbeeld de afstand tussen de bron en de as 7 de helft is van die tussen de detectoren 11 en de as 7, is deze verhouding niet kritisch en is deze in de praktijk gekozen om aan verschillende ontwerpcriteria en technische criteria te

77 09117

kunnen voldoen. Zo kunnen de bron-asafstand en detectoren-asafstand ook 60 cm resp. 100 cm bedragen, terwijl de bron en detectoren eventueel ook op gelijke afstanden van de as kunnen liggen, dan wel in elke andere gewenste verhouding kunnen worden geplaatst.

5 Even afgezien van de hierboven genoemde rotatiebeweging, is de inrichting zodanig, dat het oorsprongpunt van de röntgenstralen konstant langs de trefplaat 13 beweegt, daarbij de stralingswaaier van 14a naar 14b meeneemt en snel naar het beginpunt terugkeert alvorens de volgende aftastbeweging uit te voeren. Gedurende één zo'n aftastbeweging levert 10 elke detector van de reeks 11 een uitgangssignaal, dat een maat is voor de intensiteit van de erdoor ontvangen straling. Deze uitgangssignalen worden versterkt in versterkers 15 en daarna toegevoerd aan integratoren 16. Hierin worden de uitgangssignalen geïntegreerd over perioden, die 15 bepaald worden door een reeks impulsen uit impulsvormingsketens 17. In het beschouwde voorbeeld is de tijdsbepaling van de impulsen zodanig, dat er 50 integratieperioden vallen in de duur van één zijdelingse af- 20 tastung van de stralingswaaier 14 van 14a naar 14b. Elke detector meet daardoor in feite de straling langs vijftig smalle bundels, die de detector verbinden met vijftig over onderling gelijke afstanden langs de trefelectronen 13 gelegen plaatsen.

Hierna wordt de term "bundel" gebruikt voor een stralingsbundel, die op een detector valt en met de stralingsbron en de detectoren wordt afgetast. Daarentegen wordt de baan door het lichaam, die bestraald wordt door een bundel en die een vaste stand ten opzichte van het te onderzoeken 25 lichaam heeft, met de term "bundelbaan" aangeduid. De bundelbanen hebben uiteraard een breedte, die wordt bepaald door de integratie-intervallen en de vorm ervan wordt bepaald door de geometrie van de aftastbewegingen in deze intervallen. Zij worden echter eenvoudig afgebeeld in de vorm van enkele lijnen, die in feite de hartlijnen van de bundels voorstellen. 30 De lijnen, die de grenzen van de stralingswaaier 14 aangeven, zijn in feite de hartlijnen van de buitenste bundels van de waaier. Signalen, die de intensiteit van de langs deze bundelbanen ontvangen straling aangeven, worden in convertoren 18 omgezet in numerieke vorm en worden vervolgens in convertoren 19 in logaritmische vorm gebracht, teneinde 35 bij 20 voor verdere bewerking te worden afgegeven. Het is duidelijk dat voor elke detector een versterker 15, een integrator 16, een analoog/

77 09117

numeriek-converter 18 en een logaritmische converter 19 aanwezig zijn, die alle synchroon werken. De bewerking sorteert de signalen tot stellen, die de absorptie langs stellen evenwijdige banen aangeven, zoals hierna zal worden toegelicht, teneinde te worden bewerkt volgens een geschikte methode, als b.v. beschreven in de Nederlandse octrooiaanvraag 7405610, om de gewenste weergave te verkrijgen. De circuits 15 t/m 19 zijn van een bekende uitvoering.

Teneinde het gewenste effect te verkrijgen, dat hierna verder zal worden toegelicht, draagt de motor zorg voor een continue draaibeweging van het element 6 en alle daarop gemonteerde apparatuur in de pijl-richting om de as 7, en derhalve rond het lichaam 1 van de patient op het bed 2. De draaibeweging en de zijdelingse aftasting van de stralingswaaier 14 moeten aan een strenge betrekking voldoen teneinde het gewenste resultaat te verkrijgen. De synchrone motor 9 wordt vanuit een voedingsbron 21 bekrachtigd met een periodieke sinusoidale spanning en stabiliseert zich na een geschikte tijd synchroon met die sinusoidale spanning. Het is duidelijk dat onder belasting de beweging van de motor 9 najlt op de fase van de sinusoidale spanning, maar dit is niet van betekenis, mits de belasting niet verandert en de najling derhalve konstant is. De sinusoidale spanning uit de voedingsbron 21 wordt toegevoerd aan een tijdbasisgenerator 28 (fig. 2) die een periodieke zaagtandspanning levert voor de aftasting van de bron 10 en wordt tevens geleverd aan de eenheid 17, die voor de sinusoidale spanning omzet in rechthoekimpulsen met dezelfde fase en daaruit de impulsreeks in nauwkeurige fasebetrekking tot de sinusoidale spanning opwekt voor het vrijmaken en aflezen van de integratoren 16. De impulsvormende keten 17 werkt op de gebruikelijke wijze en is van een bekende uitvoering. De terugslag van de zaagtandgolfvorm treedt op tijdens geselecteerde groepen van terugstelperioden van de integratoren.

De röntgenstralingsbron 10 is nader afgebeeld in figuur 2 en bestaat in dit uitvoeringsvoorbeeld uit een door een niet getekende voedingsbron gevoede elektronenkanon 22, dat een elektronenbundel 23 levert, die valt op een trefelektrode/anode 13 om een waiervormige bundel röntgenstraling 14 te leveren. In figuur 2 staat de lengterichting van de trefelektrode 13 loodrecht op het vlak van tekening, zodat de waiervormige bundel röntgenstraling 14 eveneens loodrecht staat op het vlak van tekening. Door de broncollimator 24 wordt de röntgenstraling nagenoeg

77 09117

begrensd tot het vlak van de waaivormige bundel, dat bij 25 met streep-
lijnen is aangegeven en samenvalt met het vlak van de te onderzoeken
doorsnede door het lichaam 1. Het elektronenkanon en de trefelektrode
zijn opgesloten in een luchtledige omhulling 26 met een hals, waaromheen
5 de aftastspoelen 27 zijn aangebracht. Tijdens het bedrijf wordt enige
tijd, nadat de voedingsbron 21 is ingeschakeld met de schakelaar 21s uit
fig. 1 is ingeschakeld en de motor 9 op gang is gekomen, de tijdbasis-
generator 28 ingeschakeld door een vertraagd signaal uit de voedingsbron
21. Dit signaal schakelt tevens het elektronenkanon 22 in. De zaagtand-
10 spanning uit de generator 28 tast het trefpunt van de elektronenbundel
23 langs de trefelektrode 13 af vanaf het ene uiteinde, gezien in een
richting loodrecht op het vlak van tekening, teneinde het punt van oor-
sprong van de röntgenstraling af te tasten volgens figuur 1. Hoewel een
smalle cilindrische elektronenbundel is aangegeven, kan dit een ook lint-
15 vormige bundel zijn, indien de trefelektrode 13 een daarvoor geschikte
vorm heeft. Verder wordt bij voorkeur op de gebruikelijke wijze oliekoe-
ling van de trefelektrode 13 toegepast. Hoewel in figuur 2 aftastspoelen
zijn afgebeeld, kunnen desgewenst aftastplaten worden toegepast; voorts
is elke uitvoering van de bron 10, die een aftasting van de waaivormige
20 bundel röntgenstraling 14 mogelijk maakt, geschikt voor het doel van de
uitvinding. Als alternatief kan elke andere geschikte inrichting worden
toegepast om de waaivormige bundel röntgenstraling volgens de beschre-
ven principes af te tasten.

Zoals hierboven vermeld, levert de tijdbasisgenerator 28 de
25 aftastende zaagtandspanning, die op de gebruikelijke wijze in fase is
met de sinusoidale spanning die wordt geleverd door de voeding 21 van
de synchrone motor en dit handhaaft de gewenste betrekking tussen de
zijdélingse aftasting en de draaibeweging. De precise betrekking die
wordt verkregen wordt bepaald door de overbrenging van de motor 9,
30 waardoor het element 6 over een vooraf bepaalde hoek draait voor elke
periode van de sinusoidale spanning. Daar de sinusoidale spanning tevens
wordt toegevoerd aan de impulsvormers 17 staan de integratietijden in
de gewenste betrekking tot de aftasting van de waaivormige bundel
röntgenstraling 14, om de vereiste effectieve bundelbanen te verkrijgen.

Opgemerkt werd reeds, dat een bewerking geschikt voor toepassing
35 bij het röntgentoestel van de beschreven soort, zoals beschreven in de

7709117

Nederlandse octrooiaanvraag 7405610, bij voorkeur plaatsvindt op gegevens die representatief zijn voor de absorptie langs een reeks stellen evenwijdige bundelbanen in het te onderzoeken vlak. De wijze waarop volgens de uitvinding deze gegevens ondanks de continue draaibeweging, worden geleverd, wordt thans beschreven aan de hand van de fig. 3.

De trefelektrode 13 en de centrale detector van de detectorensreeks 11 zijn volgens cirkels 29 resp. 30 rond de as 7 draaibaar opgesteld, waarbij de diameter van de cirkel 30 tweemaal zo groot is als die van de cirkel 29. Het lichaam van de te onderzoeken patient bevindt zich uiteraard geheel binnen de cirkel 29. Aangenomen wordt, dat in een beginstand van de trefelektrode 13 en de detectoren 11 ten opzichte van het te onderzoeken lichaam, de trefelektrode 13 zich bevindt op een plaats op de cirkel 29, die door de kruis-merktekens S_F en S_R is gemarkeerd. Aangenomen wordt voorts, dat de draairichting rond de as 7 rechtsom is. De corresponderende positie van de reeks detectoren 11 is aangegeven door de beide kruis-merktekens D_1 en D_n , welke de eerste en laatste detectoren in de reeks voorstellen. Het is duidelijk, dat de detectoren D_1 en D_n niet op de cirkel 30 zijn gelegen, daar deze cirkel alleen de baan van de centrale detector van de reeks voorstelt. De reeks detectoren is opgesteld volgens een boog, waarvan de radius het gemiddeld vormt van de stralen van de cirkels 29 en 30. De trefelektrode 13 is eveneens gebogen, doch in verband met de slechts korte lengte ervan, komt de afwijking van de straal van de cirkel 29 in de tekening niet duidelijk tot uitdrukking. In deze positie, met de elektronenbundel van de röntgenstralingsbuis geheel naar rechts afgebogen zodat de straling uitgaat van het punt S_F , wordt de op de reeks detectoren 11 vallende stralingswaaier voorgesteld door de lijnen 31 en 32, die het punt S_F verbinden met D_1 en D_n . De lijn 31 is te beschouwen als een eerste bundelbaan van een stel evenwijdige bundelbanen die met het toestel moeten worden onderzocht. Het is duidelijk, dat de andere detectoren in de reeks 11 bundelbanen van andere evenwijdige stellen bundelbanen onderzoeken.

Verondersteld wordt nu, dat de trefelektrode 13 en de reeks detectoren langzaam om de as 7 worden gedraaid, waarbij de elektronenbundel van de röntgenstralingsbuis periodiek langs de trefelektrode beweegt in een richting tegengesteld aan die van de draaibeweging. De inrichting zodanig, dat, indien de trefelektrode 13 ten opzichte van de

7709117

as 7 een booglengte van drie θ bestrijkt, na een draaibeweging van de trefelektrode over een hoek θ - waardoor deze elektrode in de door de merktekens $S_{F'}$ en $S_{R'}$ gemarkeerde positie geraakt, de elektronenbundel naar het linkereinde van de trefelektrode, aangegeven door het merkteken $S_{R'}$ is afgebogen. Terwijl de bron over de genoemde hoek θ draait, voeren de detectoren uiteraard tegelijkertijd dezelfde draaibeweging uit en komen deze laatsten in de positie, die gemarkeerd wordt door de merktekens $D_{1'}$ en $D_{n'}$. In deze positie bevindt zich het bron-oorsprongpunt in $S_{R'}$ en men kan vaststellen, dat een lijn 33, die de posities $S_{R'}$ en $D_{1'}$ verbindt, evenwijdig loopt aan de verbindingslijn 31 tussen $S_{F'}$ en $D_{1'}$. Gedurende een draaibeweging van de stralingsbron en de detectoren over een eerste hoek θ rond de as 7, levert de eerste detector (bij beweging van $D_{1'}$ naar $D_{1'}$) dus uitgangssignalen die betrekking hebben op verscheidene, (bijvoorbeeld vijftig) evenwijdige bundelbanen tussen en met inbegrip van de lijnen 31 en 33. Het aantal bundelbanen wordt, zoals eerder werd beschreven, bepaald door het aantal integratie-intervallen gedurende de tijd, waarin de genoemde draaibeweging over een hoek θ plaatsvindt.

De elektronenbundel zwaait vervolgens snel naar het rechter-einde van de trefelektrode 13 terug. Eenvoudigheidshalve kan worden aangenomen, dat deze teruggaande beweging binnen een verwaarloosbare tijd plaatsvindt, zodat de positie van het bron-oorsprongpunt zich van $S_{R'}$ in $S_{F'}$ wijzigt zonder merkbare draaibeweging van de bron en de detectoren om de as 7. In deze positie loopt de streeplijn 34, die de eerste detector in positie $D_{1'}$ met $S_{F'}$ verbindt, niet meer evenwijdig aan de lijnen 31 en 33. De eerste detector zal nu dus uitgangssignalen leveren, die betrekking hebben op een ander stel bundelbanen. Een andere detector in de reeks is echter, en wel die met de rangorde T, die zich dan bevindt in de door het merkteken $D_{T'}$ gemarkeerde positie, ontvangt straling van de bron vanuit de positie $S_{F'}$, volgens een lijn 35 die wel evenwijdig loopt aan de lijnen 31 en 33. Gedurende een draaibeweging van de stralingsbron en de detectoren over een tweede hoek θ rond de as 7, naar de positie aangegeven door de merktekens $S_{F''}$ en $S_{R''}$, en de corresponderende afbuiging van de elektronenbundel van de röntgenstralingsbuis van het ene einde naar het andere einde van de trefelektrode, levert de detector met rangorde T dus uitgangssignalen, die betrekking hebben op bundelbanen van het stel bundelbanen, dat eerder door de eerste detector is onderzocht.

77 09 117

Aan het einde van de tweede draaibeweging over een hoek θ , neemt de detector met rangorde T de positie in welke gemarkeerd wordt door het merkteken D_T (de posities, die op dat tijdstip door de eerste en laatste detectoren worden ingenomen, zijn aangegeven met de merktekens D_1 en D_n). De positie van het bron-oorsprongpunt op dit tijdstip wordt gemarkeerd door het merkteken S_R en het is duidelijk, dat de lijn 36, die S_R met D_T verbindt, evenwijdig loopt aan de lijnen 31, 33 en 35. De bundelbanen die gedurende de tweede draaibeweging over θ door de detector met rangorde T worden onderzocht, worden dus gevormd door de lijnen 35 en 36, alsmede alle lijnen daartussen.

Er vindt uiteraard een aanzienlijke mate van overlapping plaats tussen het gebied, dat begrensd wordt door de lijnen 31 en 33, en dat, begrensd door de lijnen 35 en 36. Dit is van belang, omdat het hierdoor mogelijk is de werkingen van de eerste detector en die met rangorde T te vergelijken met betrekking tot in het overlappingsgebied gelegen bundelbanen, waarbij de beide detectoren nagenoeg dezelfde uitgangssignalen zouden moeten verschaffen. Bij verder draaien om de as 7 zullen verdere detectoren uitgangssignalen leveren, die op hetzelfde stel evenwijdige bundelbanen betrekking hebben; daarbij zal bij elke overgang van de ene naar de andere detector een overlappingsgebied optreden, zodat de werkingen van de betreffende detectoren door opeenvolgende vergelijkingen kunnen worden genormaliseerd aan de hand van die van de eerste detector.

Uiteraard leveren andere detectoren in de reeks 11 tegelijkertijd uitgangssignalen, die betrekking hebben op bundelbanen in andere evenwijdige stellen bundelbanen. Na een draaibeweging van in totaal ongeveer 220° (namelijk 180° , vermeerderd met de door de reeks detectoren 11 ten opzichte van het midden van de trefelektrode 13 bestreken boog-lengt, die in dit voorbeeld 40° bedraagt) zal een groot aantal stellen evenwijdige en over het te onderzoeken lichaam verdeeld liggende bundelbanen 1 zijn onderzocht, waarbij elk stel een bijbehorende hoek ten opzichte van het te onderzoeken lichaam in het vlak van onderzoek inneemt, terwijl de stellen over 180° verdeeld liggen.

Zoals in fig. 3 is te zien, verdient het aanbeveling het lichaam 1 zo ten opzichte van de stralingsbron en de detectoren te plaatsen, dat tenminste op sommige tijdstippen gedurende het onderzoek, één of meer detectoren (bijvoorbeeld de detector met rangorde n, als weergegeven)

77 09 117

straling van de stralingsbron ontvangt, die niet door het lichaam heen is gegaan. De lijn 32 stelt bijvoorbeeld een dergelijk geval voor. In verband hiermede is volgens de uitvinding een op geschikte wijze gevormde verzwakker, bijvoorbeeld bestaande uit koolstof, toegepast, die bestemd is om volgens bepaalde banen, zoals de baan 32, te worden bestraald en is ingericht om de straling te verzwakken in een mate, overeenkomende met de gemiddelde verzwakking, die de straling bij het doorlopen van het te onderzoeken lichaam ondergaat. Hierdoor is een referentieaflezing mogelijk, welke een indicatie vormt voor de absolute werking van de betrokken detector (in dit geval de detector met rangorde n), die kan worden verkregen.

In fig. 3 is een dergelijke verzwakker met 37 aangegeven. Deze verzwakker is zo gevormd, dat een compensatie wordt bereikt voor de verschillende baanlengten, waarover de straling het lichaam bij verschillende zijdelingse posities doorloopt. De verzwakker zou echter slechts twee delen buiten het door het lichaam ingenomen gebied kunnen bevatten. De verzwakker 37 draait met de bron rond de as 7 mee. In een verfijnde uitvoering worden een op de verzwakker aangebrachte lamp 38 en een bij de betrokken detector aangebrachte fotocel 39 toegepast (welke beide buiten het stralingsvlak zijn gelegen) om aan te geven dat het lichaam van de patient de betreffende stralingsbaan binnentreedt en de referentieaflezings dus niet kunnen worden gebruikt. Zolang er een directe - doorzichtlijn tussen de lamp 38 en de fotocel 39 is, kunnen de verkregen referentieaflezings worden benut.

Het nulniveau en de mate van fosforescentie in de detectoren kan worden gecontroleerd door de straling gedurende de genoemde terugslagperioden te onderbreken. Een complete aftastbeweging rond het lichaam vindt plaats in bijvoorbeeld 1 sec., terwijl bij een afgetaste lengte van de trefelektrode 13 van b.v. 5 cm, de afbuigfrequentie van de elektronenbundel ongeveer 200 Hz bedraagt, of 400 Hz bij een afgetaste lengte van de trefelektrode van 2,5 cm. De terugslagperiode bedraagt bijvoorbeeld 10% van de voorwaartse afbuigtijd. Het is derhalve duidelijk, dat de mate van overlapping tussen de lijnen, zoals de lijnen 31 en 36, beperkt is als gevolg van de tijd die voor de terugslag nodig is. De bestraling kan gedurende de terugslag worden onderbroken door de elektronenbundel van de röntgenstralingsbuis uit te schakelen ofwel door deze elektronen-

bundel van de trefelektrode af te buigen en naar een geschikt opgestelde absorberende plaat of andere elektrode te richten.

In sommige gevallen kan het voorkomen, dat de vergelijking tussen twee detectoren (bijvoorbeeld de eerste en die met rangorde T) in het overlappingsgebied bij een bepaalde hoek, bijvoorbeeld die tussen de lijnen 31 en 36, wordt beïnvloed door de aanwezigheid van een scherpe botrand, of andere discontinuïteit in het lichaam, indien de corresponderende banen voor de beide detectoren, die identiek zouden moeten zijn, juist aan weerszijden van de rand c.q. andere discontinuïteit zijn gelegen.

Aan dit probleem kan volgens de uitvinding worden tegemoetgekomen door vergelijkingen tussen dezelfde twee detectoren welke uit verscheidene evenwijdige bundelstellen worden verkregen, te middelen. Zo wordt bijvoorbeeld de vergelijking tussen de eerste detector en die met rangorde T verkregen in het gebied tussen de lijnen 31 en 36 niet op zich gebruikt, doch na middelen met overeenkomstige vergelijkingswaarden bij andere hoeken, bijvoorbeeld evenwijdig aan lijn 34.

In de praktijk kan een stel evenwijdige banen, die zijdelings over het te onderzoeken lichaam verspreid liggen, worden verkregen met een totaal van 12 detectoren.

De bundelbanen, die worden vergeleken, behoeven niet evenwijdig te lopen of elkaar geheel te overlappen. Vooropgesteld dat verschillende detectoren door het lichaam uitgezonden straling ontvangen volgens nagenoeg soortgelijke bundelbanen, kunnen voldoende nauwkeurige vergelijkingen worden gemaakt, en wel in het bijzonder door in het oog te houden, dat de vergelijkingen niet afzonderlijk worden gebruikt. Normalisatie van de detectorwerking wordt veeleer verkregen op de basis van het gemiddelde van een aantal afzonderlijke vergelijkingen. De afzonderlijke vergelijkingen kunnen, zoals in het boven beschreven voorbeeld, betrekking hebben op onder verschillende hoeken door het lichaam verlopende banen, ofwel kunnen zij betrekking hebben op evenwijdige banen, zoals die in het gebied tussen de lijnen 31 en 36 in fig. 3. Zoals reeds opgemerkt, behoeven de voor de individuele vergelijkingen gebruikte bundelbanen elkaar niet geheel te overlappen.

Het is duidelijk, dat de individuele vergelijkingen voor elke betrokken bundelbaan zouden kunnen worden geëvalueerd en dat vervolgens de gemiddelde vergelijkingswaarde zou kunnen worden verkregen door de

77 09 117

individuele vergelijkingen op te tellen en te delen door het aantal vergelijkingen. Ook zouden uiteraard de aflezingen voor de individuele bundelbanen afzonderlijk voor de beide betrokken detectoren bij elkaar kunnen worden opgeteld, om vervolgens de vergelijking te evalueren als het verschil tussen de beide sommen.

Benadrukt wordt, dat de bijzondere betrekking tussen de elektronenbundelafbuiging van de röntgenstralingsbuis 10 en de rotatiebeweging van het element 6 met toebehoren niet van direct belang is voor de onderhavige uitvinding. Deze betrekking kan ook zo zijn, dat aan elkaar grenzende bundelbanen niet evenwijdig zijn, zoals overeenkomstig de hierboven genoemde Nederlandse octrooiaanvraag 7611823.

Ook is het niet noodzakelijk, de detectorvergelijkingen en het middelen over het gehele te onderzoeken gebied uit te voeren. Dit kan bijvoorbeeld worden beperkt tot het centrale gedeelte van het lichaam 1. Zoals reeds is opgemerkt, kan de detectorenreeks 11 vele detectoren bevatten. Bij toepassing van een stralingswaaier met een waaierhoek van 40° worden bijvoorbeeld 400 detectoren toegepast. Het oplossend vermogen behoeft niet voor alle detectoren hetzelfde te zijn. Bij voorkeur worden 240 detectoren met hoog oplossend vermogen toegepast in het centrale, 20° beslaande gebied van de stralingswaaier, terwijl nog eens 120 detectoren worden toegepast om de aan weerszijden van dit centrale gebied gelegen 10° van de stralingswaaier te bestrijken. Aan weerszijden buiten de randen van de stralingswaaier kunnen dan nog twintig detectoren van laag oplossend vermogen worden geplaatst voor referentiedoeleinden.

In deze omstandigheden zal het duidelijk zijn, dat de door aangrenzende detectoren onderzochte bundelbanen niet aanmerkelijk van elkaar verschillen, in het bijzonder wanneer men ermede rekening houdt dat, tenminste voor de detectoren met hoog oplossend vermogen, het aantal integratie-intervallen per zijdelingse bundelafasting kan worden vergroot tot meer dan 100. Om dus de hoeveelheid te bewerken informatie te beperken, kan het doelmatig zijn uitgangssignalen van aangrenzende detectoren en betrekking hebbend op onder geringe hoeken ten opzichte van elkaar gelegen en elkaar in een central zone van het lichaam 1 snijdende bundelbanen te combineren. Dit kan bijvoorbeeld worden verwezenlijkt met behulp van een inrichting van het type als beschreven in de Nederlandse octrooiaanvraag 7602701. In essentie vindt het combineren van uitgangs-

77 09 117

signalen plaats om signalen te produceren, die betrekking hebben op "vernauwde" bundelbanen, d.w.z. bundelbanen, die in het midden van het lichaam 1 smaller zijn dan aan de randen daarvan.

5 Bij de beschouwing tot dusver van een combinatie van uitgangssignalen van aangrenzende detectoren is men uitgegaan van de veronderstelling, dat de gecombineerde signalen betrekking hebben op bundelbanen, die een hoek met elkaar maken, doch op een nagenoeg constante loodrechte afstand van de rotatieas 7 zijn gelegen. Dit behoeft niet noodzakelijkerwijs het geval te zijn en in sommige omstandigheden kunnen de gecombineerde signalen betrekking hebben op bundelbanen die niet alleen een
10 hoek met elkaar maken doch bovendien op verschillende loodrechte afstanden van de as 7 zijn gelegen. Dit kan worden gedaan om een geschikte beperking van de aftastinrichting, hetzij in alle delen van de stralingswaaier dan wel in sommige geselecteerde gebieden daaruit, door te voeren en wordt verwezenlijkt door een geschikte tijdbepalingen en vertragingen.
15

Tot dusver is het te onderzoeken gebied van het lichaam beschouwd als een nagenoeg vlak gebied loodrecht op de draaiingsas van de aftastinrichting. Eventueel kan de inrichting echter ook worden gebruikt voor het onderzoeken van schijfvormige gebieden, die een schuine stand
20 in het lichaam innemen, dan wel voor het onderzoeken van minder vlakke gebieden, wanneer gebruik wordt gemaakt van de aftastmethoden, zoals beschreven in de Britse octrooiaanvragen 17204/76 en 31365/76.

Bovendien kan, om de bestraling van de patient te beperken en de effecten van strooi-straling te beperken, hetzij in een stralingsbroncollimator, hetzij in een detectorcollimator dan wel in beide, gebruik
25 worden gemaakt van één of meer schotten, die in hoofdzaak evenwijdig aan het stralingsvlak lopen, zoals beschreven in de Britse octrooiaanvraag 41582/75.

In plaats van de tijdbepalingsimpulsen op de in verband met
30 fig. 1 beschreven wijze te doen vormen, verdient het in sommige gevallen aanbeveling een aan het element 6 bevestigde schaalverdeling toe te passen en deze langs een fotocel-detectoreenheid te bewegen. In dit geval kan de aandrijving van het element 6 met toebehoren worden vereenvoudigd tot bijvoorbeeld een door een elektromotor aangedreven aandrijfsnaar,
35 die om een aan het element 6 bevestigde flens loopt.

77 09 117

C O N C L U S I E S

1. In het bijzonder voor medische doeleinden te gebruiken röntgenfotografische inrichting met middelen voor het vastleggen van de onderzoekplaats van de te onderzoeken doorsnedeschijf van het lichaam van een patient, een röntgenstralingsbron voor het uitzenden van straling door deze onderzoekplaats, middelen voor het bewegen van de stralingsbron rond de onderzoekplaats teneinde de onderzoekplaats vanuit een aantal verschillende hoeken te bestralen, middelen voor het detecteren van de langs een aantal in hoofdzaak lineaire bundelbanen vanuit elk van de hoekposities door de onderzoekplaats heen gaande straling te detecteren, welke detectiemiddelen een aantal detectoren omvatten, die zodanig zijn ingericht, dat zij elektrische uitgangssignalen leveren, die een indicatie vormen voor de erdoor gedetecteerde straling, bewerkingsmiddelen die van de uitgangssignalen gebruik maken voor het evalueren van een variable stralingskarakteristiek voor een aantal over de doorsnedeschijf verdeelde zônes, middelen voor het vergelijken van uitgangssignalen, die afkomstig zijn van eerste en tweede detectoren en betrekking hebben op nagenoeg dezelfde bundelbaan, ter verkrijging van een vergelijkings signaal, dat een indicatie geeft van de verschillen in gevoeligheid tussen de detectoren, middelen voor het middelen van het vergelijkings signaal met andere vergelijkings signalen die betrekking hebben op dezelfde twee detectoren en verkregen zijn met betrekking tot andere door die twee detectoren gedetecteerde bundelbanen, teneinde aldus een gemiddeld vergelijkings signaal te verkrijgen, terwijl tenslotte middelen aanwezig zijn, die van dit gemiddelde vergelijkings signaal gebruik maken om de effecten van de verschillen in gevoeligheid op de nauwkeurigheid van de evaluatie te verminderen.

2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk dat de stralingsbron een röntgenstralingsbuis met een langgerekte trefelektrode bevat, terwijl middelen aanwezig zijn voor het heen en weer bewegen van een elektronenbundel over de trefelektrode gedurende de rondgaande beweging van de stralingsbron.

3. Inrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de middelen voor het door verschillende detectoren door detecteren van langs tenminste sommige van de bundelbanen uitgezonden straling worden gevormd door een combinatie van de genoemde middelen voor het heen en

77 09117

weer bewegen van de elektronenbundel over de trefelektrode, en een ten opzichte van een de onderzoekplaats snijdende as beweegbare draagconstructie voor de stralingsbron en de detectiemiddelen, waarbij de stralingsbron enerzijds, en de detectiemiddelen anderzijds gedurende de rondgaande beweging op verschillende afstanden van de as worden gehouden.

4. Inrichting volgens conclusie 2 of 3, met het kenmerk, dat de aan de elektronenbundel medegedeelde aftastbeweging over een voldoende afstand plaatsvindt om tenminste een gedeelte van de uitgezonden straling op bepaalde referentietijdstippen gedurende de rondgaande beweging buiten het te onderzoeken lichaam te houden.

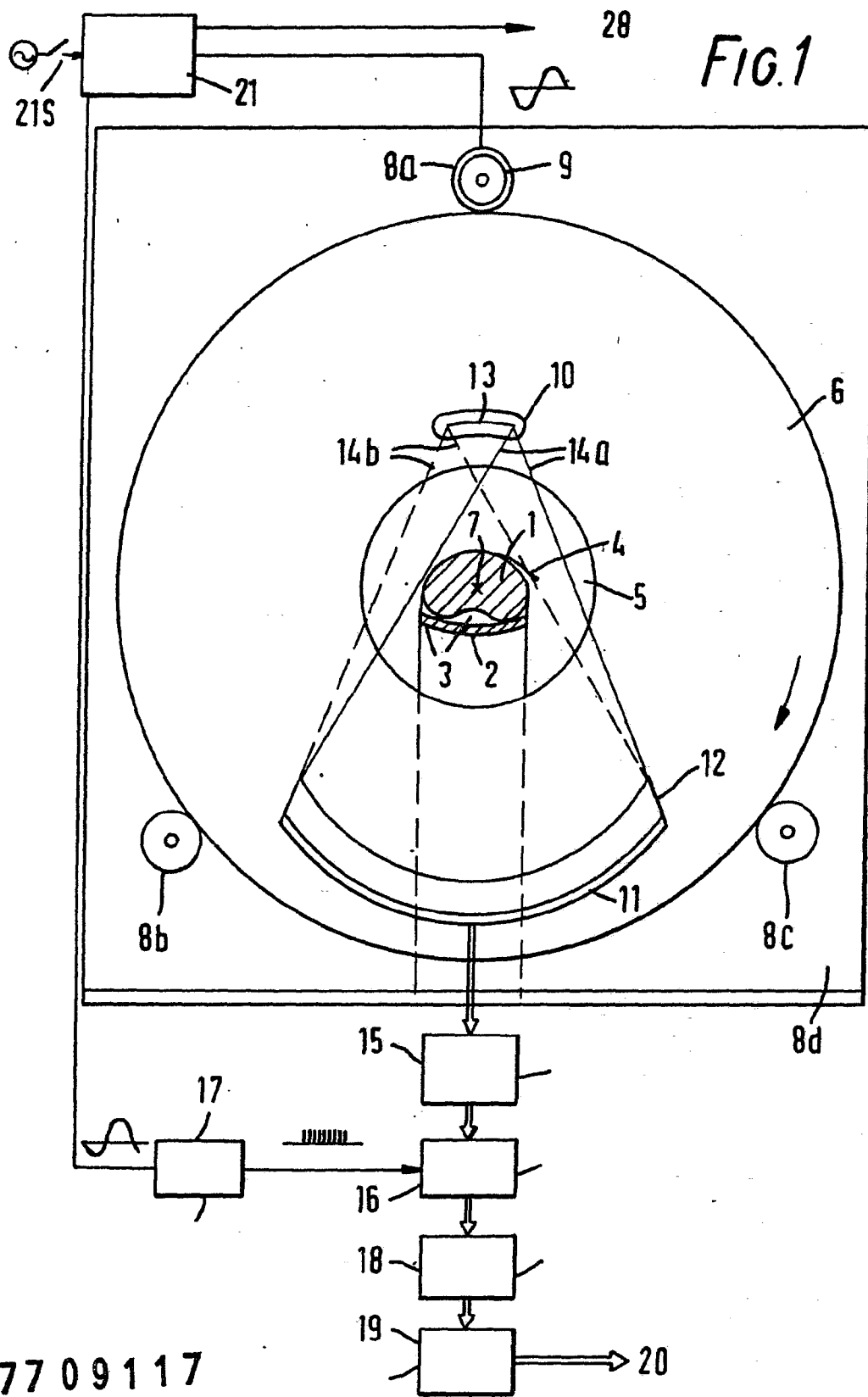
5. Inrichting volgens conclusie 4, gekenmerkt door een referentieverzwakker, die zo is opgesteld, dat hij tijdens genoemde referentietijdstippen wordt bestraald om tenminste één van de detectorenreferentiesignalen te doen produceren.

6. Inrichting volgens conclusie 5, gekenmerkt door een lichtbron en een fotodetector, welke resp. nabij de referentieverzwakker en nabij tenminste één van de detectoren zijn aangebracht voor het tot stand brengen van een doorzichtlijncontrole, zodanig, dat een onderbreking van de doorzichtlijn een indicatie vormt, dat de referentiesignalen onbruikbaar zijn.

7. Inrichting volgens conclusies 1-6, met het kenmerk, dat de bewerkingsmiddelen circuits en inrichting bevatten voor het bewerken van de uitgangssignalen of daarvan afgeleide signalen volgens de convolutiemethode.

8. Inrichting volgens conclusies 1-7, met het kenmerk dat de stralingsbron is ingericht voor het uitzenden van een in hoofzaak waaivormige bundel.

77 09117



77 09117

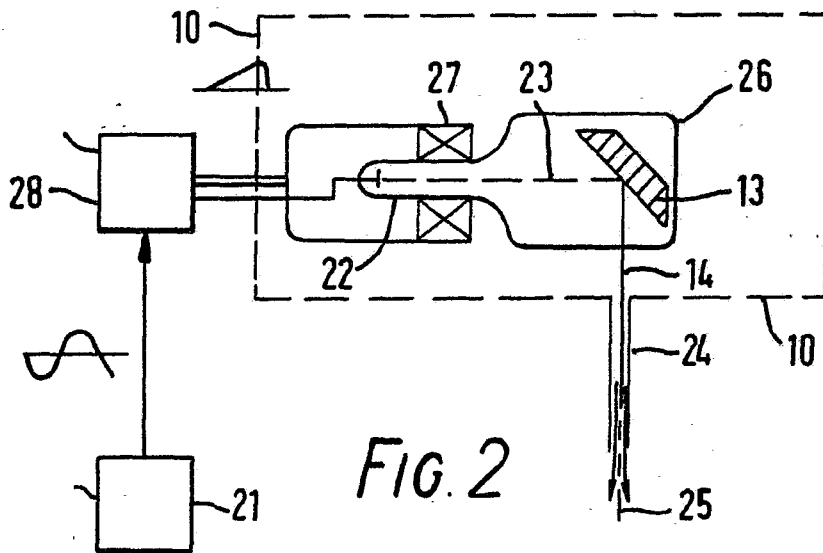
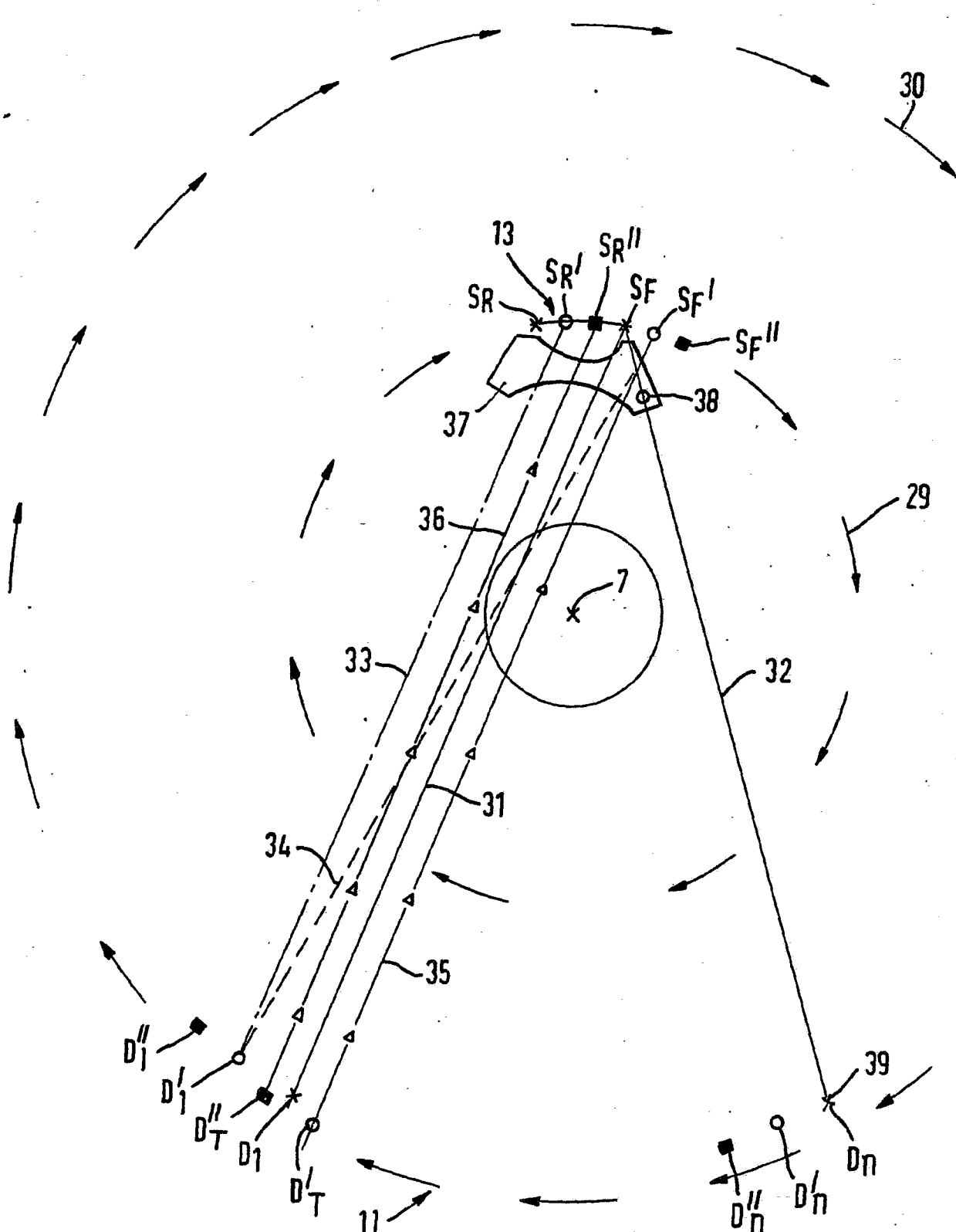


FIG. 2

77 09117



77 09117

FIG. 3