
Octrooiraad



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8500875**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Beelddetector voor hoogenergetische fotonenbundels.**
- ⑤1 Int.Cl⁴.: A61N 5/10, A61B 6/00.
- ⑦1 Aanvrager: Vereniging Het Nederlands Kanker Instituut, Plesmanlaan 121 te 1066 CX Amsterdam.
- ⑦4 Gem.: Geen..

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8500875.
- ②2 Ingediend 26 maart 1985.
- ③2 - -
- ③3 - -
- ③1 - -
- ⑥2 - -

-
- ④3 Ter inzage gelegd 16 oktober 1986.

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

Beelddetector voor hoogenergetische fotonenbundels.

De uitvinding betreft een beelddetector voor het met behulp van een fotonengevoelig element afbeelden van verschillen in intensiteit in hoog-energetische fotonenbundels.

Dergelijke fotonenbundels worden toegepast bij het behandelen van
5 tumoren met ioniserende fotonenstraling. Onder hoogenergetisch wordt in dit verband verstaan: met een energie groter dan 1 MeV.

Beelddetectoren die in de radiotherapie algemeen toepassing vinden, zijn de metaalscherm-röntgenfilm-detectoren, zoals o.a. beschreven in Med. Phys. 6 (6), 1979, blz. 487-493. Tijdens een bestraling, of een deel
10 daarvan, bevindt deze detector zich in de stralenbundel aan de uittree-zijde van de patiënt. Doel van het gebruik van beelddetectoren is om de nauwkeurigheid van de bestraling te kunnen verhogen: de geabsorbeerde dosis van de ioniserende straling reproduceerbaar aan het geplande te bestralen deel af te geven, waardoor het mogelijk is een maximale dosis
15 toe te dienen aan het doelgebied en waardoor bestraling van naastliggende weefsels minimaal gehouden kan worden.

De beeldkwaliteit van de met de bekende detectoren verkregen röntgen-filmbeelden, met name het laag- en hoogcontrastonderscheidend vermogen, gemaakt met hoogenergetische fotonen is aanzienlijk slechter dan de
20 filmbeelden gemaakt met fotonenenergieën zoals toegepast in de conventionele röntgendiagnostiek. De mogelijkheden om de beeldkwaliteit van de röntgenfilms te verbeteren zijn zeer beperkt.

Voor radiotherapie is het gewenst het zogenaamde verifikatiebeeld, gemaakt met de therapeutische fotonenstraling tijdens een geabsorbeerde
25 dosistoediening aan de patiënt, te kunnen vergelijken met het zogenaamde localisatiebeeld, gemaakt van de geplande bundelinstelling met behulp van de laagenergetische fotonenbundel van de localisator.

Nauwkeurig quantificeren van de verschillen tussen de gerealiseerde instelling van de bestralingsbundel ten opzichte van de patiënt, verifi-
30 catiefilm, en van de geplande instelling, localisatie film, aan de hand van de filmbeelden op een lichtkast is niet mogelijk in de dagelijkse klinische praktijk.

De genoemde nadelen van de metaal-scherm-film-detector met betrekking tot beeldkwaliteit en analyse van het beeld, kunnen aanzienlijk geredu-
35 ceerd worden indien, nadat de beelden gedigitaliseerd zijn, gebruik gemaakt wordt van digitale beeldverwerkingsmethodieken, zowel wat betreft

verbetering van de beeldkwaliteit als wat betreft toepassing van patroonherkenningstechnieken. Gebruik van digitale beeldverwerkingsmethoden is bijvoorbeeld beschreven in Phys. Med. Biol. 29 (12), 1984, blz. 1527 t/m 1535 en in Med. Phys. 12 (1), 1985, blz. 111 t/m 113.

- 5 Een belangrijk resterend nadeel is dat nog steeds gebruik gemaakt wordt van een röntgenfilm, welke na ontwikkelen, gedigitaliseerd moet worden, bijvoorbeeld met behulp van een aan een computer gekoppelde TV-camera. Bovendien legt het exposiebereik van de röntgenfilm beperkingen op aan het werken met de bestralingstoestellen, hetgeen een
10 verhoogde werklast betekent.

Het doel van de uitvinding is een digitale beelddetector te verschaffen voor hoogenergetische fotonenbundels waarmee een beeld verkregen kan worden dat verificatie van de instelling van de stralenbundel ten opzichte van de patiënt mogelijk maakt. De constructie moet zodanig zijn dat rou-
15 tinematig gebruik voor radiotherapie mogelijk is.

Een beelddetector volgens de uitvinding vertoont daartoe het kenmerk dat het fotonengevoelige element een ionisatiekamer is, in hoofdzaak bestaande uit twee, in hoofdzaak gelijkwaardige platen van elektrisch isolerend materiaal, die met een elektrisch isolerend ringvormig deel als
20 afstandstuk ertussen tegen elkaar zijn bevestigd, terwijl de buitenwanden van beide platen zijn bedekt met elektrisch geleidend materiaal, waarbij de ene plaat over een centraal deel van zijn binnenwand is voorzien van een aantal hoogspanningselectroden en de andere plaat over een centraal deel van zijn binnenwand van een aantal evenwijdige, zich loodrecht op de
25 richting van de hoogspanningselectroden uitstrekkende ionisatiestroom elektroden, terwijl de binnenwanden van beide platen rond de centrale delen zijn bedekt met elektrisch geleidend materiaal en zich in de ruimte tussen de plaatdelen een vloeibaar diëlectricum bevindt.

In de met vloeistof gevulde matrix-ionisatiekamer worden de elektrische signalen, genaamd ionisatiestromen, van de afzonderlijke cellen, corresponderend met punten in de digitale beeldmatrix, in zeer korte tijd bemonsterd, doordat afzonderlijke lijnen van de matrix-ionisatiekamer zeer snel door een hoogspanningsschakelcircuit van spanning voorzien worden én doordat de ionisatiestromen van afzonderlijke kolommen van de matrix-
35 ionisatiekamer zeer snel door een multikanaals-electrometerversterker bemonsterd worden, waarbij de sturing van de hoogspanningschakelelectronica en van de bemonsteringselectronica geschiedt door een microprocessor-systeem en waarbij integratie van gemeten ionisatiestromen digitaal ge-

8500375

schiedt.

In een uitvoeringsvorm van een matrix-ionisatiekamer volgens de uitvinding, bestaat het deel daarvan waarin de gemeten ionisaties gegenereerd worden uit een rechthoekig parallellepipedum. Deze holte is gevuld met een vloeistofdiëlectricum waarin door ioniserende electronen, ontstaan na interactie van fotonen met de detector, vrije ladingsdragers geïnduceerd worden.

In het algemeen worden aan de vloeistof de volgende eisen gesteld: ze moet a-polair zijn, een goede elektrische isolator zijn, voldoende mobiliteit van vrije ladingdragers hebben en zeer zuiver zijn. Onder zeer zuiver wordt verstaan een verontreiniging minder dan ongeveer 50 p.p.m. Zuivere verzadigde hydrocarbonaten van de $C_n H_{2n+2}$ groep, cyclopentaan, cyclohexaan en tetramethylsilaan voldoen bijvoorbeeld aan deze eigenschappen. Eigenschappen van dergelijke vloeistof diëlectrica staan o.a. nader beschreven in Brit. J. Appl. Phys., 16, 1965, blz. 759 t/m 769 en in Nuclear Instruments and Methods 39, 1966, blz. 339 t/m 342.

De bovenzijde van de holte wordt begrensd door een dunne plaat isolatiemateriaal welke aan de vloeistofzijde voorzien is van een aantal langwerpige, parallelle hoogspanningelektroden, terwijl de onderzijde van de holte begrensd wordt door een identieke dunne plaat isolatiemateriaal welke eveneens aan de vloeistofzijde voorzien is van een aantal langwerpige parallelle ionisatiestroomelectroden. Beide elektrodenvlakken lopen evenwijdig aan elkaar, gescheiden door de vloeistof, terwijl de lengterichting van beide series elektroden loodrecht op elkaar staan, zodat elk kruispunt van een hoogspanningelektrode en van een ionisatiestroomelectrode overeenkomt met een matrixcel.

De bemonsterde ionisatiestromen worden na digitalisatie gebruikt om een beeld te reconstrueren, waarbij gecorrigeerd wordt voor verschillen in nulinstelling van de kanalen van de electrometer, voor verschillen in gevoeligheid van afzonderlijke matrix-ionisatiekamerzellen en waarbij het beeld gerestaureerd wordt door een beeldbewerking welke corrigeert voor het beeldvervagingseffect van de detector (convolutie met de inverse punt-spreidingsfunctie).

Op deze wijze is een digitaal megavolt fotonenbeeld verkregen met een detector welke uitwendige afmetingen heeft vergelijkbaar met die van de cassette waarin gewoonlijk de röntgenfilm en de metaalschermen van de tot op heden veelvuldig gebruikte detector aangebacht zijn.

Daarbij is het met de detector volgens de uitvinding mogelijk de

85 00 875

detector gedurende de gehele tijd van dosisafgifte door een bestralingsveld tijdens een bestralingszitting in de stralenbundel te laten, waarbij het mogelijk is data-acquisitie van een aantal beelden te plegen, welke afzonderlijk gereconstrueerd kunnen worden of welke tesamen tot een beeld met minder ruis gereconstrueerd kunnen worden.

Het hoogcontrastoplossend vermogen en de mate van ruis in het beeld hangen nauw samen met de afmetingen van een ionisatiekamer cel. Een 128 x 128 matrix met 2.0 x 2.0 mm celoppervlak geeft een beeldvlak van 260 x 260 mm en een beeldkwaliteit geschikt voor het afbeelden van relatief kleine bestralingsvelden terwijl dezelfde matrixgrootte met 3.5 x 3.5 mm celoppervlak een beeldvlak geeft van 450 x 450 mm, geschikt voor het afbeelden van relatief grote bestralingsvelden.

Als belangrijkste voordelen van een detector volgens de uitvinding worden genoemd:

- het ontwerp van de matrix-ionisatiekamer is zeer eenvoudig, zodat een detector, bijvoorbeeld 128 x 128 cellen of 256 x 256 cellen, relatief gemakkelijk geconstrueerd kan worden;
- alle cellen zijn gevuld met dezelfde homogene vloeistof, zodat de verschillen in stralingsgevoeligheid van de afzonderlijke matrixcellen gering zijn;
- de detector bevat geen mechanisch bewegende componenten;
- zeer snelle bemonstering van de ionisatiestromen van de cellen is mogelijk;
- de ionisatiestromen kunnen gemeten worden gedurende de gehele bestralingstijd, zodat de signaal-ruis verhouding verbeterd kan worden door het gemiddelde te nemen van een aantal beeldmatrices.

Wat betreft andere toepassingsgebieden dan radiotherapie kan gesteld worden dat de uitvinding gebruikt kan worden voor alle doeleinden van beeldvorming met hoogenergetische fotonenbundels. Factoren welke de toepasbaarheid in het bijzonder bepalen, zijn de fluxdichtheid van de bundel, de beschikbare exposietijd van het af te beelden object en de bewegingspatronen van het object dat afgebeeld dient te worden.

Een uitvoeringsvoorbeeld van een beelddetector voor hoogenergetische fotonenbundels volgens de uitvinding heeft een matrix-ionisatiekamer met 32 x 32 cellen, met elektrodenplaten gemaakt van dubbelzijdig printplaat zoals toegepast voor gedrukte elektronische schakelingen met een isolatiemateriaaldikte van 1.6 mm en aan beide zijden een geleidende koperlaag met een dikte van 0.04 mm, met een elektrodenlengte van 90 mm, een elec-

8500375

trodenbreedte van 1.25 mm en met een hartafstand tussen de electroden van 2.54 mm. De ionisatiekamerholte is gevuld met 2.2.4 trimethylpentaan als vloeistofdiëlectricum, terwijl een afdichtring van siliconenrubber tussen de hoogspanningselectrodenplaat en de ionisatiestroomelectrodenplaat de holte vloeistofdichtheid maakt en terwijl de plaatafstand op 1.0 mm is ingesteld. Het 32-kanaals-hoogspanningschakelcircuit kan een hoogspanningselectrode omschakelen van een potentiaal van 0 V naar een potentiaal van maximaal 300 V binnen 1 ms. De 32-kanaals-electrometerversterker kan 32 ionisatiestromen binnen 320 μ s bemonsteren. De resultaten van afbeeldingen van testobjecten toont dat het hoogcontrastoplossend vermogen ongeveer 1.5 x de celgrootte bedraagt en dat de ruis in het beeld ongeveer 0.5% bedraagt voor een fotonen-fluxdichtheid van $0.5 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$ en voor een opnametijd van 1 s.

De uitvinding zal nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin:

- Figuur 1 in perspectief een uitvoeringsvorm van een vloeistof-matrix-ionisatiekamer toont en
- Figuur 2 en figuur 3 schematisch de binnenkanten van de boven- en onderplaten van de kamer tonen.

In Figuur 1 zijn 1 en 2 twee platen van electrisch isolerend materiaal, die onder tussenvoeging van het eveneens electrisch isolerende ringvormige afstandstuk 3, de matrix-ionisatiekamer vormen.

De platen 1 en 2 zijn ieder aan hun buitenkant bedekt met een electrisch geleidende laag 4. De plaat 1 is aan zijn binnenkant voorzien van hoogspanningselectroden, die verbonden zijn met een connector 5. Met 6 wordt aangegeven de connector voor de ionisatiestroomelectroden, die aan de binnenkant van plaat 2 zijn aangebracht.

Figuur 2 toont de binnenkant van plaat 1. Op een centraal gedeelte 7 daarvan, dat in het getekende voorbeeld rechthoekig is, zijn de onderling evenwijdige hoogspanningselectroden 8 gemonteerd. De rand 9 rond het centrale gedeelte is bedekt met een electrisch geleidende laag. De rand is voorzien van middelen 10 voor bevestiging van plaat 1 aan afstandstuk 3 en plaat 2.

Figuur 3 toont de binnenkant van plaat 2. Plaat 3 ziet er net zo uit als plaat 1: een centraal middendeel 11, een rand 12, die met een electrische geleidende laag is bedekt, en bevestigingsmiddelen 13. Het centrale gedeelte 11 is bij deze plaat voorzien van de, onderling evenwijdige, ionisatiestroomelectroden 14. De richting van deze electroden, die gelegen

zijn in een vlak evenwijdig aan dat waarin de hoogspanningselectroden liggen, is loodrecht op die van de hoogspanningselectroden.

De electroden 8 en 14 bevinden zich in de holte die wordt gevormd binnen het ringvormige afstandstuk 3 en die aan boven- en onderkant wordt
5 begrensd door de centrale gedeelten 7 en 11 van de platen 1 en 2. In deze holte bevindt zich ook het vloeibare diëlectricum.

85 00875

CONCLUSIES.

1. Beelddetector voor het met behulp van een fotonengevoelig element afbeelden van verschillen in intensiteit in hoogenergetische fotonenbundels,

met het kenmerk dat het fotonengevoelige element een ionisatiekamer is, in
 5 hoofdzaak bestaande uit twee, in hoofdzaak gelijkvormige platen van een electrisch isolerend materiaal, die met een electrisch isolerend ringvormig deel als afstandstuk ertussen, tegen elkaar zijn bevestigd, terwijl de buitenwanden van beide platen zijn bedekt met electrisch geleidend materiaal, waarbij de ene plaat over een centraal deel van zijn binnenwand is
 10 voorzien van een aantal evenwijdige hoogspanningselectroden en de andere plaat over een centraal deel van zijn binnenwand van een aantal evenwijdige, zich loodrecht op de richting van de hoogspanningselectroden uitstrekkende, ionisatiestroomelectroden, terwijl de binnenwanden van beide platen rond de centrale delen zijn bedekt met electrisch geleidend mate-
 15 riaal en zich in de ruimte tussen de platen een vloeibaar diëlectricum bevindt.

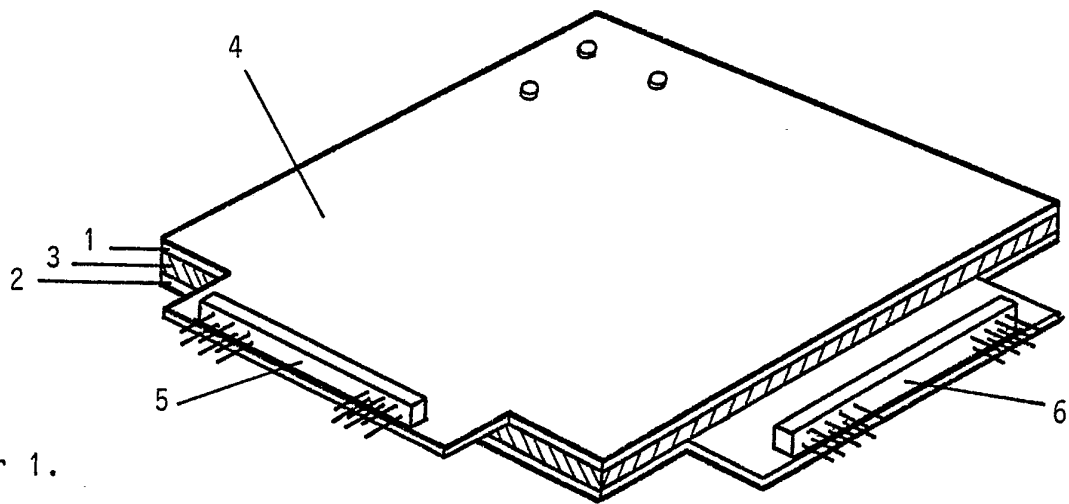
2. Beelddetector volgens conclusie 1,
 met het kenmerk dat het vloeibare diëlectricum een verzadigd hydrocar-
 bonaat van het type $C_n H_{2n+2}$, cyclopentaan, cyclohexaan of tetramethylsi-
 20 laan is.

3. Beelddetector volgens conclusie 2,
 met het kenmerk dat het diëlectricum 2.2.4 trimethylpentaan is.

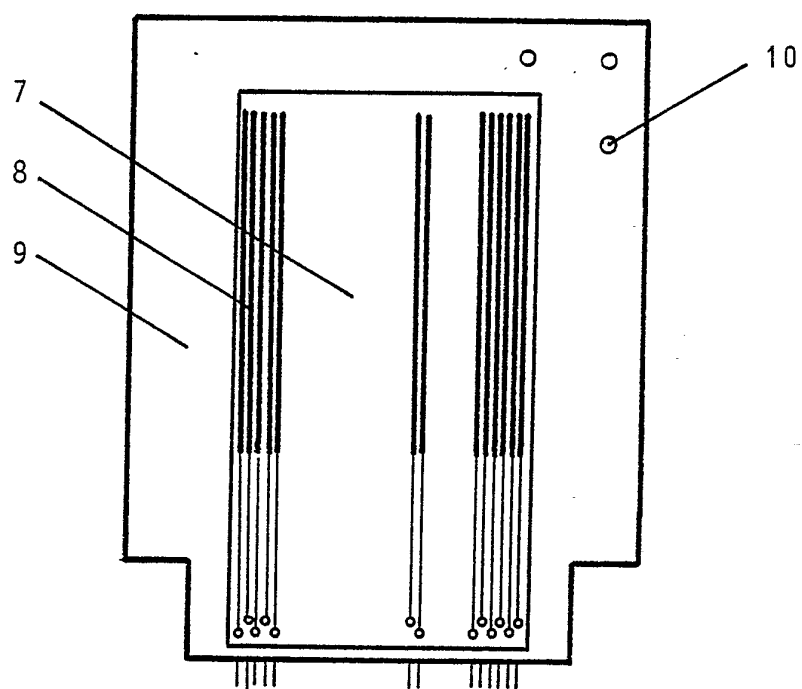
4. Werkwijze voor het afbeelden van verschillen in intensiteiten in hoogenergetische fotonenbundels met behulp van een beelddetector volgens
 25 conclusie 1 of 2,
 met het kenmerk dat de hoogspanningselectroden afzonderlijk en in een vooraf bepaalde serie elektrodencombinaties met behulp van een gestuurd hoogspanningsschakelcircuit, van spanning worden voorzien, waarbij stromen door de ionisatiestroomelectroden afzonderlijk worden gemeten met behulp
 30 van een multikanaals-electrometerversterker-circuit en waarbij de ionisatiestromen digitaal worden geïntegreerd.

5. Werkwijze volgens conclusie 3,
 met het kenmerk dat de gemeten ionisatiestromen worden gecorrigeerd voor een verschil in nulinstelling van de kanalen van de electrometerversterker
 35 tijdens bestraling van de matrix-ionisatiekamer bij uitgeschakelde hoogspanning, en dat de gemeten ionisatiestromen worden gecorrigeerd voor verschillen in gevoeligheid van de afzonderlijke matrixcellen.

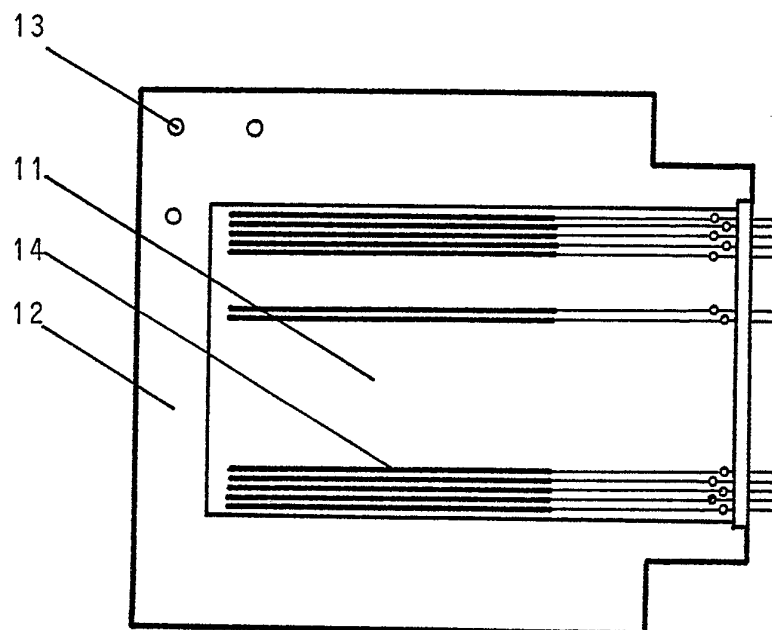
85 00 875



Figuur 1.



Figuur 2.



Figuur 3.

8500875