

---

**Octrooiraad**



**⑩ A Terinzagelegging ⑪ 8004375**

**Nederland**

**⑲ NL**

- 
- ⑤4 **Stralingsdetector met groot oplossend vermogen.**
- ⑤1 Int.Cl<sup>3</sup>.: G01T1/10, G01T1/202, G02B5/14.
- ⑦1 Aanvrager: American Science & Engineering, Inc. te Cambridge, Massachusetts, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.H. Boelsma c.s.  
Octrooibureau Polak & Charlois  
Laan Copes van Cattenburch 80  
2585 GD 's-Gravenhage.

- 
- ②1 Aanvraag Nr. 8004375.
- ②2 Ingediend 30 juli 1980.
- ③2 Voorrang vanaf 30 juli 1979.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 61739 .
- ②3 --
- ⑥1 --
- ⑥2 --

- 
- ④3 Ter inzage gelegd 3 februari 1981.

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

---

Stralingsdetector met groot oplossend vermogen.

De uitvinding heeft betrekking op een stralingsdetectie-inrichting met groot oplossend vermogen, en meer in het bijzonder op een zodanige  
5 inrichting, die middelen omvat om een meting van invallende straling uit te voeren met groot oplossend vermogen en voorts een groot afstopvermogen bezit voor straling en een hoog detectie rendement.

Systemen die hoog energetische straling toepassen, bijvoorbeeld röntgenstraling en gamma-straling voor het onderzoeken van de inwendige  
10 structuur van een vast object zijn algemeen bekend in de techniek. Dergelijke systemen bestralen in een typerend geval een onderzocht wordend object met een hoog energetische bundel en passen detectie-apparatuur toe voor het meten van de intensiteit van de straling, die door het object doorgelaten wordt.

15 Het is bijvoorbeeld bekend in de techniek, in het bijzonder voor medische toepassingen, een film te gebruiken voor het optekenen van een beeld van de röntgenstralen, die door een menselijk lichaam heengegaan zijn. Een dergelijke film omvat in een typerend geval een bovenscherm van fluorescerend materiaal, dat fluoresceert, waarbij een straling van  
20 zichtbaar licht geproduceerd wordt als een reactie op invallende hoog energetische röntgenstralen. De van het bovenscherm afkomstige lichtstraling passeert een foto-gevoelige film, die reageert met het uitgezonden zichtbare licht voor het fysisch optekenen van een beeld. Dergelijke films worden gebruikt voor het verschaffen van een radiograaf of röntgen-  
25 beeld van het bestraalde lichaam, waarbij het röntgenbeeld een resolutie of oplossend vermogen heeft in de orde van 5 lijnen-paren per mm.

De dikte van het fluorescerende bovenscherm bepaalt zowel het oplossend vermogen van het röntgenbeeld als het röntgenstralen-afstopvermogen van de film. Het afstopvermogen van de film neemt toe, naarmate  
30 de dikte van het fluorescerende scherm toeneemt, aangezien een dikker scherm beter in staat is om een wisselwerking aan te gaan met invallende röntgenstralen en overeenkomstig zichtbaar licht op te wekken. Wanneer echter de dikte van het scherm toeneemt, daalt het oplossende vermogen van de film, aangezien het dikkere scherm de neiging heeft de verstrooiing  
35 van het zichtbare licht, waarmee de fotogevoelige film belicht wordt, te vergroten.

Ofschoon een röntgenfilm een röntgenbeeld produceert, met een relatief hoog oplossend vermogen, vereist de film noodzakelijkerwijze een behoorlijke hoeveelheid tijd voor ontwikkeling en daarnaast vereist  
40 de film een betrekkelijk hoog niveau van belichting door röntgenstralen voor het produceren van een bevredigend röntgenbeeld.

800 4375

Eveneens is het filmbeeld niet in een vorm, die zichzelf gemakkelijk leent voor het opslaan in een rekentuij of voor een analyse.

In overeenstemming hiermede zijn systemen ontwikkeld voor een snellere optekening van de intensiteit van röntgenstralen of andere  
5 hoog energetische stralen, die worden doorgelaten door een doel object. Dergelijke systemen passen in een typerend geval een scintillatiekristal toe, om invallende röntgenstralen om te zetten in een overeenkomstige straling van zichtbaar licht. Daarna wordt een foto-detector gebruikt voor het opwekken van een elektrisch signaal dat overeenkomt met de  
10 intensiteit van het zichtbare licht. Het elektrische signaal afkomstig van de foto-detector, kan gemakkelijk worden omgezet in een digitale vorm en opgeslagen worden in een geheugen of op elektronische wijze worden afgebeeld, bijvoorbeeld op een kathodestraalbuis. Uiteraard is het digitale gegeven, dat ontleend wordt aan de detectorsignalen,  
15 geschikt voor gebruik met een rekentuij.

Bekende, met stralingsenergie werkende afbeeldsystemen, hebben een scintillatiekristal toegepast alsmede bijbehorende vaste stof optische detectoren, bijvoorbeeld silicium fotodiode rangschikkingen voor het opwekken van elektrische signalen, die overeenkomen met de intensiteit  
20 van invallende röntgenstralen. Dergelijke elektronische detectie apparatuur is gebruikt in samenhang met aftastende, potlood-dunne bundels of waaivormige bundels van stralings-energie voor het snel verschaffen van een radiograaf of röntgenbeeld van een afgetast doelobject bij relatief lage stralingsniveau's, bijvoorbeeld het MICRO-DOSE systeem,  
25 zoals geopenbaard binnen het Amerikaanse octrooischrift 3,780.291, past een aftastende potlood-dunne stralingsbundel toe en een bijbehorend scintillatiekristal en fotodetector voor het verschaffen van zowel digitale stralings intensiteitsgegevens als een corresponderend beeld van een bestraald doelobject.

30 Er is voorgesteld voor aftast-systemen, zoals toegepast bij met rekentuij werkende axiale tomographie een waaivormige stralings-bundel te gebruiken om een dwarslijn op een doel-lichaam te bestralen en corresponderende stralingsdetectoren te belichten met de waaivormige stralingsbundel, die uit het lichaam uittreedt. De waaivormige bundel  
35 bij een dergelijk systeem wordt geroteerd rondom het lichaam voor het aftasten van een speciale dwarsdoorsnede-plak of schijf van het lichaam, en de stralingsdetectoren worden elektronisch afgetast voor het opwekken van een beeld van de bestraalde plak of schijf.

Bekende elektronische stralingsdetectie-inrichtingen zijn  
40 gebruikt om elektronische radiographische beelden veel sneller te

8004375

produceren dan gedaan kan worden met film en met lagere stralingsdoses dan vereist zijn voor het produceren van beelden op een röntgenfilm. De met dergelijke bekende elektronische stralingsdetectoren geproduceerde röntgenbeelden hebben helaas niet het hoger oplossend vermogen  
5 gehad, dat kenmerkend is voor op film geproduceerde röntgenbeelden. Daarom zijn elektronische afbeeldsystemen tot dusverre niet geschikt geweest voor het produceren van röntgenbeelden met hoog oplossend vermogen.

Meer in het bijzonder heeft de dikte van het scintillatiekristal  
10 bij bekende elektronische stralingsdetectoren een aanzienlijk verlies aan oplossend vermogen veroorzaakt als gevolg van de normale spreiding en verstrooiing van het zichtbare licht, dat binnen het kristal wordt opgewekt. Bij dergelijke bekende inrichtingen wordt de fotodetector geplaatst achter een bijbehorend scintillatiekristal en de binnendringende  
15 röntgenstraling wordt toegevoerd om het voorste vlak van het kristal te belichten. Aldus bepaalt de dikte van het scintillatiekristal het afstopvermogen voor straling van het kristal en tast eveneens het oplossend vermogen van het zichtbare licht aan, dat gemeten wordt door de fotodetector. Daardoor wordt bij bekende stralingsdetectie-inrichtingen  
20 het oplossend vermogen van de detector verminderd door de dikte van het scintillatiekristal, ofschoon een bevredigend afstopvermogen tegen straling verkregen wordt.

Dienovereenkomstig is het een oogmerk van de onderhavige uitvinding een effectief middel te verschaffen om zowel het afstopvermogen  
25 voor straling van een elektronische stralingsdetector te vergroten en het bijbehorende oplossende vermogen van de detector eveneens te vergroten.

Een verder oogmerk van de uitvinding is het verschaffen van een zodanige detector met groot oplossend vermogen, die werkzaam zal kunnen zijn bij lagere stralingsniveaus dan die, welke vereist zijn voor het  
30 belichten van een röntgenfilm.

Een ander oogmerk van de uitvinding is het verschaffen van een verbeterde, met stralingsenergie werkende afbeeld-inrichting, waarbij gebruik gemaakt wordt van de detectoren volgens de uitvinding, met groot oplossend vermogen, voor het produceren van röntgenbeelden, met  
35 een oplossend vermogen van ten minste 5 lijnenparen per mm.

Deze en andere oogmerken van de onderhavige uitvinding zullen duidelijk worden uit een overzicht van de gedetailleerde beschrijving, die hieronder volgt en uit een beschouwing van de bijbehorende tekeningen.

Teneinde de oogmerken van de uitvinding te bereiken en de  
40 problemen van de bekende stand der techniek te overwinnen omvat de hoge

800 4375

resolutie detectoren volgens de uitvinding een scintillatiekristal, dat zich uitstrekt in de voortplantingsrichting van invallende röntgenstralen om wisselwerking aan te gaan met de röntgenstralen voor het opwekken van overeenkomstige zichtbare lichtstraling. Het zichtbare licht wordt  
5 geleid door een zijdelings gedeelte van het kristal en treedt uit aan een zijdelings emissievlak van het kristal aan de boven- en onderzijde.

Vaste stof detector rangschikkingen, voorzien van een aantal detectorelementen, zijn geplaatst langs de zijdelingse emissievlakken van het kristal voor het ontvangen van het zichtbare licht, dat wordt  
10 uitgezonden en voor het opwekken van overeenkomstige elektrische signalen. Een optisch koppelend vetlaagje is aangebracht tussen de vaste stof detectoren en de zijdelingse emissievlakken van het kristal. Successieve vaste stof detector rangschikkingen wisselen in positie af tussen de zijdelingse emissievlakken en overlappen elkaar ter verschaffing van een  
15 continue straling ontvangende zone langs het kristal. De detectorelementen van de detector-rangschikkingen strekken zich uit vanaf de voorzijde van het scintillatiekristal in de voortplantingsrichting van de invallende röntgenstralen.

De lengte van de detectorelementen bepaalt het röntgenstralings-  
20 afstopvermogen van de hoge resolutie-detector. De hoogte van het voorste vlak van het kristal en de kritische hoek, bepaald door de verhouding van brekingsindices van het kristal en het koppelende vetlaagje bepalen de maximale lengte van het zijdelingse emissiepad van het zichtbare licht en bepalen daardoor het oplossende vermogen van de detector.

25 Een alternatieve uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat fluorescerende optische vezels die worden gebruikt voor het opwekken van zichtbaar licht, als reactie op toegepaste röntgenstralen. Een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat optische vezels voor het optisch verbinden van de zijdelingse emissievlakken van het kristal met  
30 corresponderende detector-rangschikkingen.

De hoge resolutie detector volgens de uitvinding kan worden gebruikt in afbeeld systemen van stralings energie in potlood dunne bundel en waaiervormige bundel voor het produceren van elektronische radiographische beelden van hoog oplossend vermogen.

35 De uitvinding zal hieronder aan de hand van enige in de figuren der bijgaande tekeningen weergegeven uitvoeringsvoorbeelden nader worden toegelicht.

Fig. 1 toont een aanzicht in perspectief van een scintillatiekristal en bijbehorende photodiode rangschikking volgens de uitvinding;

40 Fig. 2 toont een aanzicht in perspectief van een scintillatie-

kristal en een aantal photodiode rangschikkingen volgens de uitvinding;

Fig. 3 toont een aanzicht in perspectief van een gewijzigde uitvoeringsvorm van de uitvinding onder toepassing van optische vezels voor het verbinden van emissievlakken van het scintillatiekristal en samenwerkende photodiode-rangschikkingen;

Fig. 4 geeft een aanzicht in perspectief van een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding onder toepassing van fluorescerende optische vezels;

Fig. 5 geeft een aanzicht in perspectief van een afbeeldsysteem met potlood-dunne bundel in overeenstemming met de uitvinding; en

Fig. 6 geeft een aanzicht in perspectief van een afbeeldsysteem volgens de uitvinding met waaivormige bundel.

Het komende gedeelte van de beschrijving zal een aantal voorkeursuitvoeringsvormen van de uitvinding omschrijven, die gelezen moeten worden in samenhang met de bijgaande tekeningen, waarin gelijke verwijzingscijfers identieke onderdelen van de apparatuur aanduiden.

Fig. 1 geeft een illustratie in perspectief van een gedeelte van een stralingsdetector met hoog oplossend vermogen volgens de uitvinding. In bedrijf wordt invallende straling R, bijvoorbeeld röntgenstralen, gericht op het voorvlak 1 van een scintillatiekristal 3. Het zal duidelijk zijn voor een deskundige op dit vakgebied, dat als de röntgenstralen het scintillatiekristal doorlopen, het materiaal van het kristal een wisselwerking zal aangaan met röntgen-fotonen, onder het opwekken van overeenkomstige optische of zichtbare lichtfotonen. Een dergelijk scintillatiekristal kan bijvoorbeeld worden gemaakt van cesium-iodide.

Het zichtbare licht, dat door het scintillatiekristal 3 wordt afgegeven, wordt daarna gedetecteerd door een fotodetector, die een elektrisch signaal opwekt, dat overeenkomt met de intensiteit van het zichtbare licht. De in figuur 1 weergegeven detector bevat een photodiode rangschikking 5, die vele vaste stof licht aftastende dioden 7 bezit, die opgesteld zijn op een chip. Een dergelijke photodiode rangschikking kan in de handel verkregen worden, bijvoorbeeld zoals geproduceerd door Reticon.

Onder verwijzing thans naar fig. 1 ziet men dat de photodiode rangschikking 5 hele kleine photodiode-elementen 7 omvat, die elk op in de techniek bekende wijze ingericht zijn om een elektrisch signaal op te wekken, dat overeenkomt met de intensiteit van licht, gezien langs het oppervlak van het photodiode-element, dat het bovenste zijdelingse oppervlak 9 van het scintillatiekristal 3 treft.

Aldus wanneer een röntgenphoton XP door een schijf 11 van het

scintillatiekristal 3 loopt en een wisselwerking aangaat met het materiaal van het scintillatiekristal onder het opwekken van overeenkomstige optische photonen OP, zal tenminste een gedeelte van de optische photonen of lichtphotonen door het materiaal van het scintillatiekristal 3  
5 lopen naar het bovenste zij-oppervlak 9 en zal gedetecteerd worden door een corresponderend photodiode 7A. Uiteraard zal het photodiode-element 7A een electrisch signaal opwekken, dat overeenkomt met de licht photonen OP, die ontvangen zijn.

De andere photodiode-elementen 7 in de photodiode-rangschikking  
10 5, zullen op de zelfde wijze reageren op lichtphotonen, die worden uitgezonden door röntgenphotonen, die door bijbehorende schijven van het scintillatiekristal 3 lopen.

Het zal duidelijk zijn dat de stralings-detectors van fig. 1 zowel een hoog oplossend vermogen als een hoog afstopvermogen voor  
15 röntgenstralen bezit. Het hoge afstopvermogen voor röntgenstraling is het gevolg van de relatief lange röntgenstralenpenetratiediepte D corresponderend met de lengte van de photodiode-elementen 7. De photodiode-elementen 7 zijn uitgericht in de voortplantingsrichting van de invallende röntgenstralen R en elk photodiode-element is langs zijn  
20 lengte D gevoelig voor lichtphotonen, die geproduceerd worden door een passerend röntgenphoton. Aldus bepaalt de lengte van de photodiode-elementen 7 het bereik van de penetratie-diepten van röntgenstraling, die tot een meetbaar optisch signaal aanleiding zullen geven. Uiteraard is het belangrijk een voldoende penetratie-diepte voor röntgenstraling  
25 te hebben om er zeker van te zijn dat een aanzienlijk aantal invallende röntgenphotonen meetbare wisselwerkingen produceren, met het scintillatiekristal 3.

De röntgendetector bezit een hoog oplossend vermogen aangezien de afstand H, die de opgewekte lichtphotonen OP moeten afleggen, betrek-  
30 kelijk klein is. Het zal duidelijk zijn, dat in het algemeen de dikte T van het scintillatiekristal 3 de afstand bepaalt, die elk lichtphoton moet afleggen om een bijbehorend photodiode-element 7 te bereiken. Daarom, indien de dikte van het scintillatiekristal klein gemaakt wordt, bijvoorbeeld in de orde van 0,3 mm is er een overeenkomstige vermindering in de versstrooiing of verzwakking van de lichtphotonen OP die worden  
35 opgewekt door de wisselwerking van röntgenphotonen en het materiaal van het scintillatiekristal 3.

Het zal duidelijk zijn aan een deskundige op dit vakgebied, dat de straling uit een emitterend lichtpunt binnen het scintillatie-  
40 kristal kan worden uitgezonden vanuit een zijdelings emissievlak van

800 4375

het kristal, binnen een zône bepaald door de afstand van het punt vanuit het emissievlak maal de tangens van de kritische hoek op het grensvlak tussen het kristal en de photodiode rangschikkingen. Uiteraard wanneer de afmeting van de emissiezône van een stralingspuntbron wordt vergroot, wordt het oplossende vermogen van de detector volgens de uitvinding 5 dienovereenkomstig verminderd. Aldus kan het oplossende vermogen van de detector worden vergroot indien de brekingsindex op het grensvlak tussen het kristal en de photodetectoren wordt verkleind.

Een koppelend vetlaagje 10, bijvoorbeeld een koppelingsvet van Dow Corning dat een brekingsindex bezit, die kleiner is dan die van het kristal, kan worden geplaatst op het grensvlak tussen het kristal en de photodioderangschikkingen om de brekingsindex op het grensvlak te verkleinen. In bedrijf kan het vet 10 worden aangebracht op de zijdelingse emissievlakken van het kristal, waarna de photodioderangschikking- 15 en aangedrukt kunnen worden, totdat zij in contact komen met het ingevette oppervlak van het kristal. Capillaire werking en de hoge viscositeit van het vet voorkomen een kruipen of vloeien van het vet na verloop van tijd.

Aldus licht, dat invalt op het zijdelingse emissievlak van het 20 kristal onder een hoek, die groter is dan de kritische hoek, bepaald door de verhouding van de brekingsindices van het kristal en het koppelingsvet, zal totaal gereflecteerd worden aan het grensvlak. De gereflecteerde straling zal zich binnen het kristal voortplanten door verdere reflecties totdat zij uiteindelijk geabsorbeerd is.

Het zal duidelijk zijn dat de opstelling van de photodiode rangschikking 5 en het scintillatiekristal 3 in overeenstemming met de uitvinding het mogelijk maakt de penetratiediepte van röntgenstraling zodanig te vergroten, dat het afstopvermogen van de detector vergroot wordt zonder het oplossende vermogen van de detector aan te tasten. 25 Het zal duidelijk zijn voor een deskundige op dit vakgebied, dat de bekende stralings detectoren photodetectoren bezitten, die geplaatst zijn achter een samenwerkend scintillatiekristal. Bij dergelijke detectoren resulteert de toename van de dikte van het scintillatiekristal ter verkrijging van een groter afstopvermogen noodzakelijkerwijze in 35 een dalend oplossend vermogen, aangezien de lichtphotonen in het algemeen een grotere afstand hebben af te leggen om een bijbehorende photodetector te kunnen bereiken. Aldus wordt het afstopvermogen en het oplossend vermogen van bekende detectoren bepaald door een enkele afmeting van het samenwerkende scintillatiekristal.

40 In overeenstemming echter met de uitvinding, zijn het scintillatie-

800 4375

kristal en de bijbehorende photodetector zodanig geplaatst dat de ene dimensie van het kristal het oplossende vermogen van de detector bepaalt, en een andere dimensie van het kristal het afstopvermogen van de detector bepaalt.

5                   fig. 2 geeft een illustratie in perspectief van een voorkeurs uitvoeringsvorm van de uitvinding voor het meten van de intensiteit van röntgenstralen of andere hoog energetische straling, die wordt toegepast over een zone die aanzienlijk groter is dan de lengte L van een photodiode rangschikking 5. In overeenstemming met de  
10 uitvinding worden photodioderangschikkingen 5 geplaatst op het bovenste zijdelingse oppervlak 9 en op het onderste zijdelingse oppervlak 17 van het scintillatiekristal 3. Het is noodzakelijk, een aantal photodioderangschikkingen op deze wijze toe te passen aangezien photodiode rangschikkingen met grotere dimensies niet gemakkelijk beschikbaar  
15 zijn. Het dient echter duidelijk te zijn dat een enkelvoudige photodiode rangschikking kan worden gebruikt, indien de lengte L van de photodiode rangschikking 5 overeenkomt met de lengte L index 1 van het scintillatiekristal 3.

De in de handel verkrijgbare photodiode rangschikkingen 5  
20 volgens de voorkeurs uitvoeringsvorm van fig. 2 hebben een lengte L van ca. 25,4 mm en omvatten 1024 photodiode elementen, die elk lichtgevoelig zijn langs een lengte D van ca. 2 mm. Het scintillatiekristal 3 heeft een dikte T van ca. 0.3 mm. Zoals eerder uiteengezet, zijn de dikte T en de kritische hoek aan het grensvlak tussen het kristal en photodioden  
25 bepalend voor het oplossend vermogen van de stralingsdetector. De lengte D van de photodiode elementen 7 van de photodioderangschikkingen 5 is bepalend voor het afstop vermogen of maximale röntgenstralings penetratiediepte van de röntgen meetinrichting volgens de uitvinding.

De photodiode elementen binnen elke rangschikking strekken  
30 zich niet uit naar de rand van de bijbehorende monolitische chip als gevolg van de praktische beperkingen in het vervaardigingsproces. Daarom is het niet praktisch om alle photodiode rangschikkingen 5 tegen elkaar aanliggend op een lijn te plaatsen aan het ene zijvlak van het scintillatiekristal 3, aangezien de eindgedeelten van de rangschikkingen  
35 dan onaanvaardbare spleten zouden vormen in de lijn van lichtgevoelige elementen van de rangschikkingen.

Aldus ter verschaffing van een gelijkvormige lijn van stralings detectie elementen kunnen successieve photodiode rangschikkingen worden geplaatst in posities, die afwisselen tussen het bovenste zijvlak 9  
40 en het onderste zijvlak 17 van het scintillatiekristal 3.

800 4375

Het zal duidelijk zijn dat elke photodiode rangschikking 5 zodanig geplaatst wordt, dat zij enigszins de bijbehorende randzone overlapt van de voorafgaande photodiode rangschikking, zodat de photodiode elementen aan de aangrenzende randen van de rangschikkingen op de juiste wijze uitgericht kunnen zijn. De photodiode rangschikkingen 5, kunnen in deze afwisselende, overlappende relatie geplaatst worden langs de lengte van het scintillatiekristal 3, ter verschaffing van een stralingsmeetzone van een bepaalde lengte.

Het zal duidelijk zijn, dat het niet noodzakelijk is om de photodiode elementen nauwkeurig uit te richten van de ene zijde naar de andere zijde, aangezien de maximale verplaatsing hart-op-hart van ongeveer 0,012 mm d.w.z. een halve pixel, weinig effect zal hebben op de kwaliteit van een röntgenbeeld dat opgewekt is uit de elektrische signalen van de photodiode rangschikkingen. Het zal eveneens duidelijk zijn voor een deskundige op dit vakgebied, dat een rekentuing correctie kan worden aangebracht, teneinde de gegevens af te vlakken die worden ontvangen uit de overlappingszones van de rangschikkingen.

In bedrijf wordt een hoog energetische stralingsbron 4, bijvoorbeeld een gecollimeerde waaivormige stralingsbundel 13, gericht op de voorrand 1 van het kristal 3. De röntgenfotonen doorlopen de afstand D in het scintillatiekristal 3 en gaan een wisselwerking aan met het kristal onder het produceren van bijbehorende lichtfotonen, die gedetecteerd worden door de elementen 7 van de photodiode rangschikkingen 5. De elektrische signalen van de photodiode elementen worden afgetast en vervolgens opgeslagen of afgebeeld op een afbeeld-inrichting, bijvoorbeeld een kathodestraal oscillograaf. Het zal duidelijk zijn, dat een aftastende potlood-dunne bundel van röntgenstralen of een willekeurige gecollimeerde of ongecollimeerde bron van röntgenstralen kan worden gebruikt voor het bestralen van het voorvlak 1 van het kristal 3. In het algemeen is de dimensie D van de photodetector elementen 7 voldoende klein om te waarborgen dat het verlies aan oplossend vermogen klein is, indien röntgenstralen, die invallen op het voorvlak 1 divergerend zijn, zoals wanneer een bron met een waaivormige bundel wordt gebruikt.

Fig. 3 illustreert in perspectief een inrichting volgens de uitvinding, waarbij lichtpijpen of bundels van optische vezels worden gebruikt om lichtfotonen uit te zenden vanaf de zijdelingse emissieoppervlakken 9 en 17 van het scintillatiekristal 3 naar de bijbehorende photodiode rangschikkingen 5. Uiteraard wordt de werking van de inrichting volgens de uitvinding door het gebruik van dergelijke vezel-optische elementen niet in materiële zin veranderd.

800 4375

Zoals hiervoor toegelicht, en wel voor de uitvoeringsvorm van figuren 1 en 2, wordt invallende primaire straling van hoge energie, bijvoorbeeld röntgenstraling omgezet in secundaire lichtstraling door een scintillatiekristal en wordt de lichtstraling ontvangen door  
5 een photodiode rangschikking, die een corresponderende hoeveelheid electronen uitzendt, voor het opwekken van een electrisch signaal. Het zal echter duidelijk zijn voor een deskundige op dit vakgebied, dat de photodiode rangschikkingen van fig. 1 kunnen worden toegepast voor het rechtstreeks ontvangen van de primaire röntgenstraling en voor het  
10 uitzenden als "secundaire straal" de corresponderende electronen die evenredige electrische signalen definiëren.

Aldus in overeenstemming met de uitvinding, kunnen de photodiode rangschikkingen op zichzelf worden gebruikt voor het opwekken van signalen, die evenredig zijn met de intensiteit van de invallende röntgenstraling,  
15 ofschoon een dergelijk gebruik kan resulteren in een verminderde werkdurenduur voor de rangschikkingen. Uiteraard worden de rangschikkingen door een dergelijke uitvoeringsvorm geplaatst om straling te ontvangen aan een voorvlak, en zijn gedimensioneerd om een voldoende afstand D af te leggen in de voortplantingsrichting van de straling, teneinde een  
20 meetbaar gedeelte van de röntgenstralen af te stoppen.

Fig. 4 illustreert een uitvoeringsvorm van de uitvinding, waarbij fluorescerende optische vezels 20 kunnen worden gebruikt in plaats van een scintillatiekristal voor het opwekken van lichtphotonen als reactie op hoog energetische straling R. Dergelijke fluorescerende  
25 optische vezels zijn in de techniek bekend en omvatten middelen voor het inwendig fluoresceren als reactie op aangelegde röntgenstraling.

In bedrijf wordt een hoog energetische stralingsbron, bijvoorbeeld een gecollimeerde waaiervormige stralingsbundel R gericht voor het bestralen van de voorste einden van de optische vezels 20.  
30 Naarmate de röntgenphotonen de as van de vezels 20 passeren, treden de photonen in wisselwerking met het fluorescerende materiaal van de vezels onder het opwekken van corresponderende photonen van zichtbaar licht. De photonen van het zichtbare licht worden gedragen door de optische vezels naar photodiode rangschikkingen 5, die optisch verbonden zijn met  
35 de emitterende einden van de optische vezels. De photonen van zichtbaar licht worden door de optische vezels gedragen naar photodiode rangschikkingen 5, die optisch verbonden zijn met de emitterende einden van de optische vezels. De photonen van zichtbaar licht worden afgetast door de photodiode elementen van de photodiode rangschikkingen op de zelfde  
40 wijze als werd beschreven voor het scintillatiekristal van fig. 2.

800 4375

De detector van fig. 4 bezit een hoog oplossend vermogen aangezien het inwendig opgewekte licht zich bevindt in de vezels wanneer het overgaat naar de photodiode rangschikkingen.

Fig. 5 illustreert een met een potlood-dunne bundel aftastende stralingsenergie afbeeldende inrichting, waarin de hoge resolutie detector volgens de uitvinding kan worden toegepast. Een dergelijke afbeeld inrichting is in de handel verkrijgbaar in de vorm van het MICRO-DOSE röntgenstralensysteem, dat wordt geopenbaard in het Amerikaanse octrooi nr. 3.780.291.

Onder verwijzing thans naar figuur 5 zal het duidelijk zijn dat in bedrijf een doel of trefplaat 21 wordt geplaatst tussen een stralingsdetector 6 volgens de uitvinding en een röntgenstralingsbron 23 en bijbehorende onderbrekingsplaat of chopper 25. De röntgenstralingsbron 23 wekt een waaivormige stralingsbundel op en de onderbrekingsplaat 25 wordt geroteerd om de waaivormige bundel te onderbreken en daardoor een potlood-dunne bundel 26 van röntgenstralen op te wekken. De potlood-dunne bundel 26 beweegt in een dwarsrichting ten opzichte van trefplaat 21, teneinde een doorsnede van de trefplaat 21 af te tasten. Wanneer de bundel in dwarsrichting beweegt, wordt de straling, die door de trefplaat doorgelaten wordt, geleid naar de voorste rand van het scintillatiekristal 3 en de intensiteit van de doorgelaten straling wordt gemeten door de photodiode elementen van de bijbehorende photodiode rangschikkingen 5 op de wijze zoals beschreven voor de detector van fig. 2. Het elektrische signaal van de photodiode rangschikkingen wordt afgetast en representaties van de elektrische signalen worden opgeslagen en afgebeeld op een wijze, zoals bekend in de techniek.

Het zal duidelijk zijn, dat het scintillatiekristal 3 en bijbehorende photodiode rangschikkingen 5 van de stralingsdetector 6 van fig. 5 stationair zijn, terwijl de bundel in dwarsrichting aan het aftasten is, zodat successieve zônes langs de lengte van de detector 6 de straling ontvangen, die wordt doorgelaten door de trefplaat 21. Na elke dwarslijn aftasting van de bundel 26 over de trefplaat 21, worden de detector 6 en de bundel naar voren bewogen over een kleine toename in een richting haaks op de dwars afgetaste richting, en voert de bundel een nieuwe lijn-aftasting van de trefplaat uit. Aldus worden successieve lijnen of dwarsdoorsneden van de trefplaat afgetast en worden de successieve lijnaftastingen gecombineerd op een wijze bekend in de techniek voor het produceren van een röntgenbeeld van het afgetaste gedeelte van de trefplaat.

Fig. 6 illustreert een met stralingsenergie werkende afbeeld-

inrichting, die een stralingsbron 22 met waaivormige bundel toepast voor het aftasten van de trefplaat 21. In bedrijf wordt een waaier-vormige bundel van hoog energetische straling opgewekt op een wijze, zoals bekend uit de techniek en wordt gericht om een doorsnede  
5 schijf van de trefplaat 21 te doorlopen en de voorste rand van het scintillatiekristal 3 van de detector 6 met groot oplossend vermogen te bestralen.

Het zal duidelijk zijn, dat voor de inrichting van fig. 6 een gehele lijn of doorsnede van de trefplaat 21 wordt bestraald op een bepaald  
10 tijdstip en de corresponderende doorgelate straling de gehele lengte van het scintillatiekristal 3 van de detector 6 met groot oplossend vermogen bestraalt. De corresponderende elektrische signalen opgewekt door de photodiode rangschikkingen 5 geplaatst over de lengte van het kristal 3, worden afgetast, opgeslagen en desnoods afgebeeld.

15 De waaivormige bundel kan snel worden bewogen om de gehele lengte van de trefplaat 21 af te tasten door de ondersteuning 27 te bewegen, die de stralingsdetector 20 stevig vasthoudt en de stralingsbron 6 voor waaivormige bundels. Uiteraard als de waaivormige bundel aftast over de lengte van de trefplaat 21, worden de photodiode rang-  
20 schikkingen van de stralingsdetector 6 continue afgetast om de stralings-absorptie gegevens te verschaffen voor successieve lijnen of dwarsdoorsneden van de trefplaat 21. Zoals eerder vermeld dient een op deze wijze geproduceerd röntgenbeeld het zelfde oplossende vermogen te verschaffen als een röntgenbeeld geproduceerd met rasterfilm ("screen  
25 film"). Aangezien echter het scintillatiekristal 3 efficiënter is bij het detecteren van röntgenstralen, dan de rasterfilm, kan het elektronisch geproduceerde röntgenbeeld verkregen worden met lagere belichtingsniveaus van röntgenstraling.

Ofschoon silicium photodiode rangschikkingen worden gebruikt  
30 als photodetectors in de voorkeurs uitvoeringsvorm van de uitvinding, zal het duidelijk zijn, dat andere photodetectiemiddelen kunnen worden gebruikt zonder buiten de beschermingsomvang van de uitvinding te gera-  
ken, mits zulke andere detectiemiddelen een voldoende kleine stralings meetzone bezitten. Daarnaast zal het duidelijk zijn, dat ofschoon  
35 metingen van de afmetingen van het scintillatiekristal en de photodiode-rangschikkingen voorzien zijn voor de voorkeursuitvoeringsvorm van de uitvinding, kunnen andere afmetingen worden gebruikt zonder buiten de beschermings omvang van de uitvinding te geraken. Eveneens zal het duidelijk zijn, dat in overeenstemming met de uitvinding het aantal  
40 scintillatiekristallen en bijbehorende photodiode rangschikkingen op

800 4375

elkaar gestapeld kunnen worden ter verschaffing van de rangschikking van detectoren met hoog oplossend vermogen voor het gelijktijdig meten van de straling over een bestraalde zône van grotere breedte.

Indien een dergelijke afbeeld inrichting wordt gebruikt in combinatie met de detector volgens de uitvinding, kan een röntgenbeeld of radiografisch beeld (röntgen- en gammastraling) met zeer hoog oplossend vermogen van een trefplaat 21 worden verkregen. Meer in het bijzonder zal een dergelijke afbeeldinrichting een radiografisch beeld produceren met een oplossend vermogen van ten minste 5 lijnen paren per mm. Een dergelijk oplossend vermogen is equivalent met het thans voor een rasterfilm beschikbare oplossende vermogen, ofschoon een afbeeldsysteem volgens de uitvinding een electronisch beeld met hoog oplossend vermogen zal verschaffen bij een veel lager belichtingsniveau dan vereist is voor het produceren van een vergelijkbaar beeld met een rasterfilmsysteem. Daarenboven heeft een dergelijk electronisch afbeeldsysteem met hoog oplossend vermogen het extra voordeel van het verschaffen van digitale gegevens, die op efficiënte wijze kunnen worden opgeslagen, geanalyseerd of afgebeeld door electronische middelen.

Aldus kan de uitvinding worden belichaamd in andere specifieke vormen, zonder buiten de beschermingsomvang van de uitvinding te geraken. Daarom zijn de onderhavige uitvoeringsvoorbeelden te beschouwen in alle opzichten in illustratieve zin en niet in beperkende zin.

## C O N C L U S I E S

1. Stralingsdetectie inrichting met groot oplossend vermogen voor het ontvangen van primaire straling uit een stralingsbron en voor het opwekken van ten minste één signaal dat correspondeert met de intensiteit van de invallende primaire straling, bevattende:
  - 5 een stralingsomzetter-middel, ingericht om de primaire straling te ontvangen en deze te laten lopen over een bepaalde afstand voor het aangaan van een wisselwerking met de primaire straling en het opwekken van een corresponderende secundaire straling;
  - een detectormiddel voor het ontvangen van de secundaire straling en het  
10 opwekken van ten minste één signaal, dat overeenkomt met de intensiteit van de secundaire straling; en
  - resolutiemiddelen voor het reduceren van de laterale spreiding van de secundaire straling, die loopt van het stralings omzettermiddel naar het detectormiddel.
- 15 2. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het resolutiemiddel tenminste een optische vezel omvat, en het stralings omzettermiddel fluorescerend materiaal omvat, dat ingebed is in die tenminste ene optische vezel.
- 20 3. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat het detectormiddel tenminste een photodiode omvat aanliggend tegen een emissie-einde van die ten minste ene optische vezel.
- 25 4. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het stralings omzettermiddel een scintillatiekristal omvat, voorzien van een voorste vlak voor het ontvangen van de primaire straling en het laten uitlopen over een bepaalde afstand in de voortplantingsrichting van de primaire straling, welk scintillatiekristal tenminste één zijdelings emissievlak bezit voor het laten passeren van de secundaire straling.
- 30 5. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat het resolutiemiddel optische koppelingsmiddelen omvat, aangebracht tussen het scintillatiekristal en het detectormiddel, welk koppelingsmiddel een berekeningsindex bezit, die kleiner is dan de berekeningsindex van het scintillatiekristal.
- 35 6. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat het optische koppelingsmiddel een koppelend vetlaagje is.
7. Stralingsdetectie inrichting met hoog oplossend vermogen voor het ontvangen van primaire straling uit een stralingsbron en het opwekken van tenminste een elektrisch signaal dat overeenkomt met de intensiteit

8004375

van de invallende primaire straling, bevattende:  
een omzetmiddel voorzien van een voorste vlak voor het ontvangen van de  
primaire straling en zich uitstrekt over een bepaalde afstand in de  
voortplantingsrichting van de primaire straling voor het aangaan van een  
5 wisselwerking met de primaire straling en het opwekken van een correspon-  
derende secundaire straling, die een zijdelings gedeelte van het stralings-  
omzettermiddel doorloopt, waarbij de lengte van het zijdelings gedeelte  
kleiner is dan de bepaalde afstand; en  
een middel om ten minste dat ene elektrische signaal te bepalen uit de  
10 secundaire straling.

8. Stralingsdetectieinrichting volgens conclusie 7, met het  
kenmerk, dat het stralingsomzettermiddel ten minste één fotodiode omvat,  
en de secundaire straling bestaat uit elektronen.

9. Stralingsdetectie-inrichting volgens conclusie 7, met het  
15 kenmerk, dat het omzettermiddel een scintillatiekristal is, en de secun-  
daire straling lichtstraling is.

10. Stralingsdetectie-inrichting met hoog oplossend vermogen  
voor het ontvangen van primaire straling uit een stralingsbron en het  
opwekken van ten minste één elektrisch signaal dat overeenkomt met de  
20 intensiteit van de invallende primaire straling, bevattende:  
een omzetmiddel voorzien van een voorste vlak voor het ontvangen van de  
primaire straling en het laten lopen over een bepaalde afstand in de  
voortplantingsrichting van de primaire straling om een wisselwerking aan  
te gaan met de primaire straling en het opwekken van een corresponderende  
25 secundaire straling, die een zijdelings gedeelte van het stralingsomzetter-  
middel doorloopt en uittreedt uit ten minste één zijdelings emissievlak  
van het stralingsomzettermiddel; en  
een detectormiddel ingericht voor het ontvangen van ten minste een ge-  
deelte van de secundaire straling, die zijdelings wordt geëmitteerd uit  
30 het omzettermiddel en het opwekken van ten minste één elektrisch signaal  
dat overeenkomt met de intensiteit van de secundaire straling, die ont-  
vangen is.

11. Stralingsdetectie-inrichting volgens conclusie 10, met  
het kenmerk, dat het omzettermiddel zich uitstrekt in de voortplantings-  
35 richting van de primaire straling over een afstand, die voldoende is  
om wisselwerking aan te gaan met een behoorlijk gedeelte van de primaire  
straling, en de resulterende secundaire straling wordt doorgelaten in  
een zijdelingse richting door het omzettermiddel over een afstand, die  
voldoende klein is om verstrooiing en verzwakking van de secundaire stra-  
40 ling minimaal te houden.

800 4375

12. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat het omzettermiddel een scintillatiekristal omvat.

13. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 12, omvattende een optisch koppelingsmiddel aangebracht tussen het detectormiddel  
5 en het scintillatiekristal, welk koppelingsmiddel een brekingsindex bezit, die kleiner is dan de brekingsindex van het scintillatiekristal voor het verminderen van de zijdelingse spreiding van de secundaire straal, die gaat van het scintillatiekristal naar het detectormiddel.

14. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 13, met  
10 het kenmerk, dat het optische koppelingsmiddel een koppelende vetlaag heeft.

15. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 10, omvattende optische vezels voor het optisch verbinden van het detector  
middel en een bijbehorende zône van tenminste één zijdelings emissievlak  
15 van het omzettermiddel.

16. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat het omzettermiddel tenminste een scintillatiekristal omvat voor het ontvangen van primaire röntgenstralen en het opwekken van corresponderende, secundaire optische stralen.

20 17. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 10 met het kenmerk, dat het detectormiddel tenminste een vaste stof detector bevat, voorzien van een aantal detectie-elementen, voor het ontvangen van secundaire optische stralen en het opwekken van een corresponderend elektrisch signaal.

25 18. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat het omzettermiddel twee zijdelingse emissievlakken omvat voor het doorlaten van secundaire stralen en het detectormiddel een aantal vaste stof stralingsdetectoren omvat, die elk geplaatst zijn voor het ontvangen van secundaire stralen uit een zône uit een der twee zijdelingse emissievlakken en het opwekken van corresponderende elektrische  
30 signalen, waarbij successieve vaste stof detectoren geplaatst zijn om afwisselend een overlappende betrekking te bewerkstelligen tussen twee zijdelingse emissievlakken.

19. Stralingsdetectieinrichting volgens conclusie 18, met het  
35 kenmerk, dat elk der vaste stof stralingsdetectoren een aantal detectie elementen omvat voor het ontvangen van de secundaire stralen uit een gedeelte van het bijbehorende zijdelingse emissievlak en het opwekken van een corresponderend elektrisch signaal.

20. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 18,  
gekenmerkt door optische koppelingsmiddelen, aangebracht tussen elk  
der vaste stof detectoren en het oppervlak van het bijbehorende  
zijdelingse emissievlak, ter vermindering van de zijdelingse  
5 spreiding van de secundaire straling, die loopt vanaf het zijdelingse  
emissievlak naar de vaste stof detectoren.

21. Stralingsdetectie inrichting volgens conclusie 18,  
gekenmerkt door vezel optische middelen voor optische verbinding van  
elk der vaste stof detectoren met een corresponderende zône op een  
10 bijbehorend zijdelings emissievlak.

22. Met stralingsenergie werkende afbeeldinrichting van een type, waarbij een stralingsbron van hoge energie een bijbehorende stralingsbundel opwekt en de bundel wordt bewogen om successieve doorsneden van een trefplaatlichaam te bestralen en de straling die wordt doorge-  
5 laten door het lichaam omgezet wordt in video-signalen voor afbeelding, gekenmerkt door een stralingsomzettermiddel geplaatst nabij het lichaam voor het ontvangen van de doorgelaten straling en zich uitstrekt over een bepaalde afstand in de voortplantingsrichting van de doorgelaten straling om een wisselwerking aan te gaan met de doorgelaten straling,  
10 en voor het opwekken van corresponderende zichtbare lichtstraling, die gaat door een zijdelings gedeelte van het stralingsomzettermiddel en uittreedt van ten minste één zijdelings emissievlak van het stralingsomzettermiddel, en een detectormiddel geplaatst voor het ontvangen van ten minste een gedeelte van de zijdelings uitgezonden zichtbare licht-  
15 straling en voor het opwekken van corresponderende elektrische signalen voor afbeelding.

23. Met stralingsenergie werkende afbeeldinrichting volgens conclusie 22, gekenmerkt door middelen voor het opwekken van een waaier-  
vormige bundel van hoog energetische straling om die te laten gaan door  
20 een doorsnede-gedeelte van het lichaam en voor het bestralen over de lengte van het stralingsomzettermiddel.

24. Met stralingsenergie werkende afbeeldinrichting volgens conclusie 22, gekenmerkt door middelen voor het opwekken van een potlood-  
dunne bundel van hoog energetische straling en het in dwarsrichting de  
25 potlooddune bundel een baan te laten beschrijven over het lichaam en langs de lengte van het stralingsomzettermiddel voor het produceren van een doorsnede-aftasting van het lichaam.

25. Met stralingsenergie werkende afbeeldinrichting volgens conclusie 22, met het kenmerk, dat het stralingsomzettermiddel een scintil-  
30 latiekristal is en het detectormiddel een aantal vaste stof detectoren omvat, waarbij een eerste groep vaste stof detectoren geplaatst is over de lengte van het bovenste zijdelingse vlak van het scintillatiekristal, dat daar tegenaan ligt, waarbij successieve detectoren gescheiden zijn door een spleet, en een tweede groep detectoren opgesteld is langs de  
35 lengte van het onderste zijvlak van het scintillatiekristal en aanligt tegen het onderste zijdelingse vlak op plaatsen die overeenkomen met de spleten en aan elke zijde van de spleten elkaar overlappen.

26. Met stralingsenergie werkende afbeeldinrichting volgens conclusie 25, met het kenmerk, dat elk der vaste stof detectoren een aantal  
40 detectie-elementen omvat voor het detecteren van uitgezonden lichtstraling

en het opwekken van een corresponderend elektrisch signaal, waarbij elk detectie-element zich uitstrekt vanaf de voorzijde van het bijbehorende zijdelingse emissievlak in de voortplantingsrichting van een invallende röntgenstraal.

- 5            27. Met stralingsenergie werkende afbeeldinrichting volgens conclusie 25, gekenmerkt door een optisch koppelingsmiddel aangebracht tussen de vaste stof detectoren en het scintillatiekristal voor het verminderen van de zijdelingse spreiding van de zichtbare lichtstraling die gaat van het scintillatiekristal naar de vaste stof detectoren.

===

FIG. 1

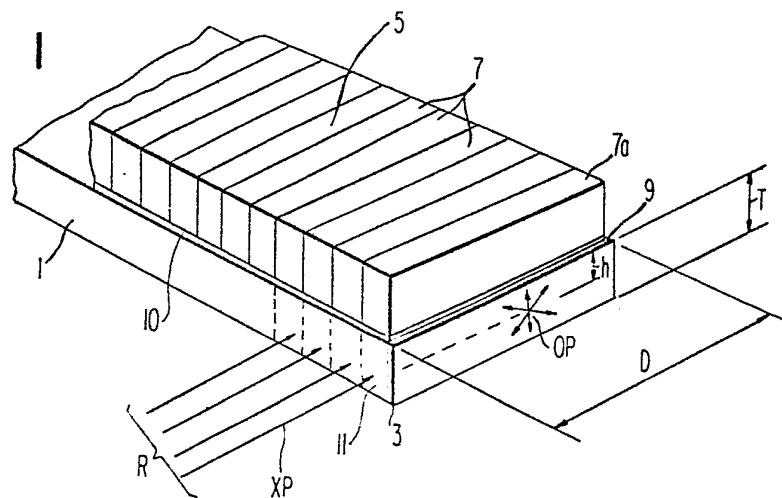


FIG. 2

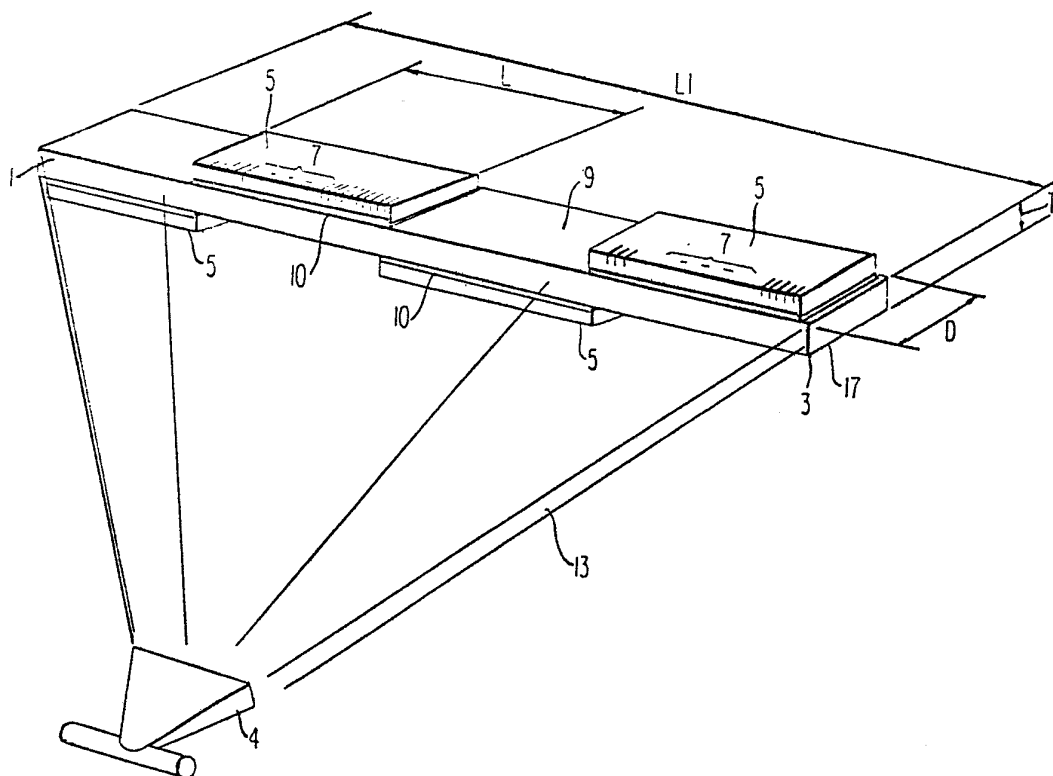


FIG. 3

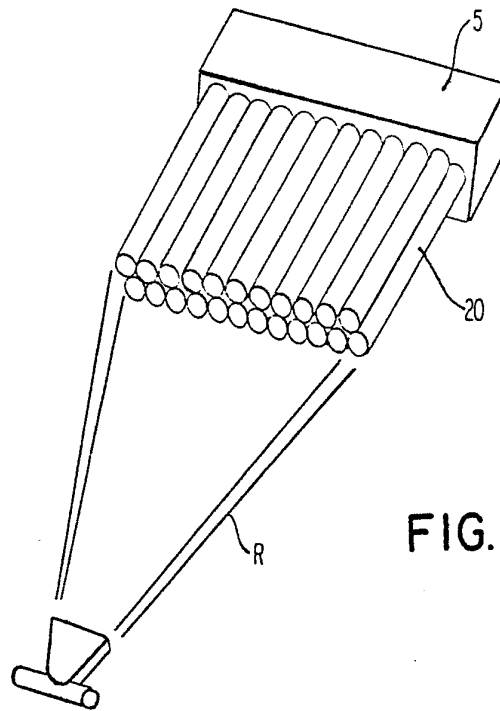
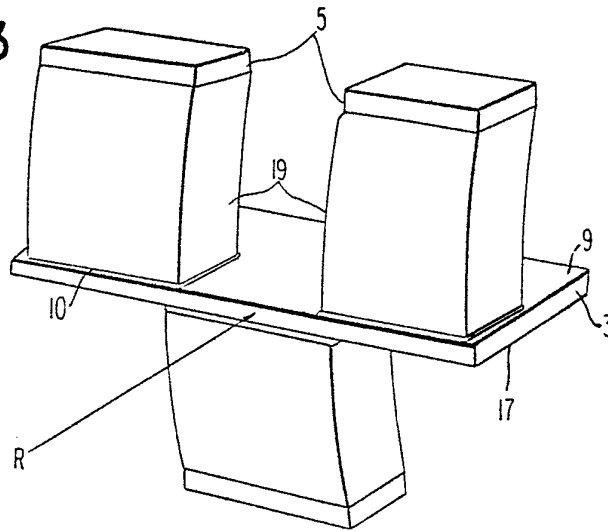


FIG. 4

FIG. 5

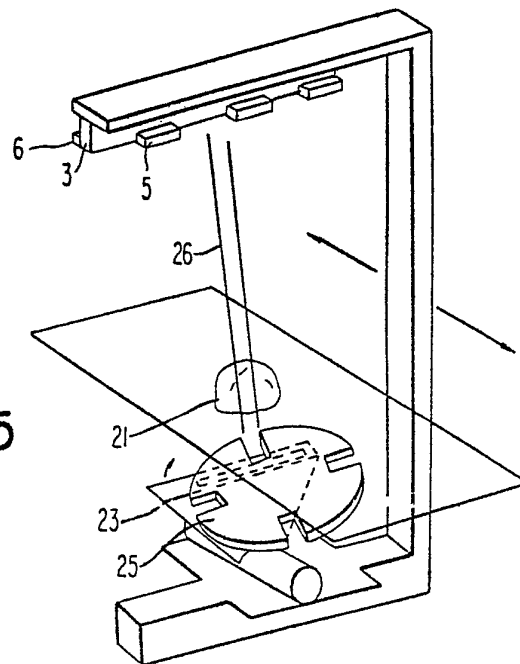


FIG. 6

