
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8103505**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Inrichting voor het puntsgewijs aftasten van een voorwerp.**
- ⑤1 Int.CI⁹: G11B 7/12, G11B 7/02.
- ⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦4 Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octroobureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8103505.
- ②2 Ingediend 24 juli 1981.
- ③2 --
- ③3 --
- ③1 --
- ⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 16 februari 1983.

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

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Inrichting voor het puntsgewijs aftasten van een voorwerp.

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het puntsgewijs aftasten van een voorwerp, bevattende een, een aftastbundel leverende, stralingsbron, een objectiefstelsel voor het focuseren van de aftastbundel tot een stralingsvlek op het voorwerp en een
5 stralingsgevoelig detectiestelsel voor het omzetten van de van het voorwerp afkomstige aftastbundel in een electricch signaal voor een electronische verwerkingsschakeling die het signaal geschikt maakt voor weergave, welk detectiestelsel minstens twee stralingsgevoelige detectoren bevat die in de aftastrichting achter elkaar geplaatst zijn.

10 Deze inrichting kan zowel een optische microscoop of een acoustische microscoop als een electronenmicroscoop of een röntgenmicroscoop zijn. De genoemde aftastbundel kan derhalve zowel een bundel electromagnetische straling als een acoustische golfbundel als een deeltjesbundel zijn. Het begrip objectiefstelsel moet ruim opgevat
15 worden en is een stelsel dat een bundel van een van de genoemde stralingsoorten versmalt tot een zeer kleine aftastvlek, van de orde van grootte van de golflengte van de gebruikte straling^{en} van die van de te detecteren details van het voorwerp. Het detectiestelsel moet uiteraard aangepast zijn aan de gebruikte stralingsbron.

20 In de ter inzage gelegde Nederlandse octrooiaanvraag nr. 78 03517 (PHN 9083) ten name van aanvraagster is een inrichting beschreven voor het met een kleine uitleesvlek aftasten van een optische registratiedrager met een informatiestructuur die opgebouwd is uit in sporen gerangschikte informatiegebiedjes. De informatiestructuur
25 heeft de vorm van een fasestructuur, en de naast elkaar gelegen informatiesporen onderscheiden zich van elkaar doordat de informatiegebiedjes van een eerste informatiespoor bestaan uit relatief diepe putjes en de informatiegebiedjes van een naburig spoor uit relatief minder diepe putjes. Om de twee soorten informatiegebiedjes goed te kunnen uitlezen
30 moeten twee verschillende uitleesmethoden gebruikt worden. De uitleesinrichting bevat twee stralingsgevoelige detectoren die in het verreveld van de informatiestructuur gelegen zijn en wel, in de aftastrichting gezien, achter elkaar. Voor het uitlezen van de diepere fasestruc-

8103505

tuur worden de uitgangssignalen van de twee detectoren opgeteld, terwijl voor het uitlezen van de ondiepere fasestructuur deze signalen van elkaar worden afgetrokken. De uitleesmethoden staan bekend als respectievelijk de integrale methode en de differentiële methode.

5 Omdat de twee uitleesmethoden verschillen optische overdrachtsfuncties (Modulation Transfer Function: M.T.F.) hebben, zal het afwisselend gebruik van de twee uitleesmethoden in het door de uitleesinrichting uiteindelijk afgegeven signaal merkbaar kunnen zijn. Is op de registratiedrager een videosignaal opgeslagen, dan zal bijvoorbeeld de ene overdrachtsfunctie andere grijstinten of een andere kleurverzadiging in het uiteindelijke televisiebeeld geven dan de andere overdrachtsfunctie. Bovendien is het beeld dat verkregen wordt door de signalen van de twee detectoren af te trekken de gedifferentieerde van het voorwerp waardoor structuren van lagere ruimtelijke frequenties 10 van het voorwerp niet optimaal worden weergegeven. Het is derhalve gewenst om een optische registratiedrager met twee verschillende fasestructuren met een enkele uitleesmethode te kunnen uitlezen, waarbij liefst de overdrachtsfunctie als functie van de frequentie instelbaar is. 15

De informatieputjes die met de integrale methode uitgelezen 20 worden kunnen een zodanige optische diepte hebben dat zij een faseverschil veroorzaken van 180° tussen de nulde-orde bundel en een der eerste-orde deelbundels, die ontstaan bij projectie van de uitleesvlek op een dergelijk putje. Een dergelijk faseverschil zou ook ontstaan indien de uitleesvlek een amplitude-structuur zou aftasten.

25 Een detector opstelling die gebruikt wordt in de uitleesinrichting volgens de genoemde Nederlandse octrooiaanvraag nr. 78 03517 zou dus gebruikt kunnen worden in een optische microscoop waarmee zowel fase- als amplitude-objecten uitgelezen kunnen worden.

De onderhavige uitvinding heeft ten doel een instelbare detectiefunctie te verschaffen ten behoeve van een inrichting voor het puntsgewijs aftasten van een voorwerp, waardoor een dergelijke inrichting geschikt wordt voor het aftasten van voorwerpen met verschillende structuren, dat wil zeggen een fasestructuur, een amplitudestructuur of een structuur die een combinatie is van een fasestructuur en een amplitudestructuur. 35

De aftastinrichting volgens de uitvinding, met minstens twee in de aftastrichting verschoven detectoren vertoont als kenmerk, dat in minstens een van de verbindingen tussen de detectoren en de

8103505

ingangsklemmen van een optellende ingangstrap van de verwerkingsschakeling een fasedraaiend element met een instelbare fasedraaiing is aangebracht.

5 Door de elektronische fasedraaiing wordt een complexe detectiefunctie verkregen die op eenvoudige manier langs elektronische weg aangepast kan worden. Onder de detectiefunctie wordt verstaan de overdrachtsfunctie van het systeem gevormd door de stralingsgevoelige detectoren en de optellende ingangstrap van de elektronische verwerkingsschakeling.

10 De uitvindingsgedachte kan in alle denkbare soorten van aftastinrichtingen toegepast worden, niet alleen in optische aftastinrichtingen maar ook in de aftastinrichtingen waarin een acoustische bundel, een elektronenbundel of een röntgenbundel als aftastbundel wordt gebruikt.

15 Opgemerkt wordt dat in het artikel: "A detection method for producing phase- and amplitude-images simultaneously in a scanning transmission electron microscope" in "Philips' Technical Review" Vol. 37 No. 1, pag. 1-9 een aftastende elektronenmicroscop met twee in de aftastrichting verschoven detectoren beschreven is, waarmee zowel een
20 fasebeeld als een amplitudebeeld van een voorwerp verkregen kan worden. Een fasebeeld wordt verkregen door de detectorsignalen van elkaar af te trekken en een amplitudebeeld door deze signalen bij elkaar op te tellen. In de bekende elektronenmicroscop zijn de detectoren niet verbonden met een elektronische fasedraaier, waardoor deze micros-
25 cop niet de veelzijdige toepasbaarheid vertoont van de aftastinrichting volgens de uitvinding.

In de aftastinrichting kan tussen slechts één detector en één ingangsklem van de verwerkingsschakeling een fasedraaiend element aangebracht zijn. Een voorkeursuitvoering van de inrichting volgens
30 de uitvinding vertoont, uit symmetrie overwegingen, als verder kenmerk, dat in elk van de verbindingen tussen de detectoren en de bijbehorende ingangsklemmen van de ingangstrap een instelbare fasedraaier is aangebracht, waarbij de door deze fasedraaiers geïntroduceerde fase-
draaiingen even groot zijn doch een tegengesteld teken hebben.

35 Door de genoemde fasedraaiing wordt ^{de} modulus van het aftastsignaal, geleverd door de optellende ingangstrap geoptimaliseerd. Daarbij wordt, in het geval de fase van slechts één der detectorsignalen wordt gedraaid, ook de fase van het aftastsignaal beïnvloed. De fase

8103505

van het aftastsignaal kan worden hersteld indien de aftastinrichting als verder kenmerk vertoont, dat de uitgang van de optellende ingangstrap is verbonden met een fasedraaier die een fasedraaiing $-\frac{\varphi_e}{2}$ bewerkstelligt, waarin φ_e de fasedraaiing van een enkele in een van
5 de verbindingen tussen de detectoren en de ingangsklemmen van de ingangstrap aangebrachte fasedraaier is.

Indien de aftastinrichting als verder kenmerk vertoont, dat de optellende ingangstrap verbonden is met een fasedraaier die een fasedraaiing introduceert die afhankelijk is van een fase-asymmetrie
10 in de aftastende stralingsvlek, kan gecompenseerd worden voor de genoemde asymmetrie die veroorzaakt kan worden door coma van het optische systeem.

De fasedraaiende elementen kunnen verschillende uitvoeringsvormen hebben, al naar gelang de gewenste toepassing van de aftastinrichting. Een eerste, meest eenvoudige uitvoeringsvorm van de aftastinrichting volgens de uitvinding vertoont als kenmerk, dat de fasedraaiende elementen schakelbaar zijn tussen twee, in hoofdzaak vaste, waarden die corresponderen met een fasebeeld en een amplitudebeeld van het voorwerp.
15

Een tweede uitvoeringsvorm van de aftastinrichting, die meer mogelijkheden biedt, vertoont als kenmerk, dat de fasedraaiende elementen continu instelbaar zijn. Met deze aftastinrichting kunnen zowel ondiepe fase-voorwerpen als amplitude-voorwerpen maar ook voorwerpen wier structuur een combinatie van een fasestructuur en een
20 amplitudestructuur is, optimaal weergegeven worden. Bovendien biedt deze inrichting de mogelijkheid om die details van een voorwerp die een bepaalde fasediepte hebben te onderdrukken, dus de mogelijkheid om een fase-filtering uit te voeren.

Volgens een verder kenmerk van de aftastinrichting zijn de
30 fasedraaiingen van de fasedraaiende elementen een functie van de ruimtelijke frequentie in het voorwerp. Dan kan gecompenseerd worden voor asymmetrie in de aftastvlek tengevolge van fouten in de sfericiteit van de aftastbundel.

Indien, volgens een verder kenmerk van de aftastinrichting,
35 de versterking van de ingangstrap van de verwerkingsschakeling een functie is van de ruimtelijke frequentie in het voorwerp, kunnen bij weergave details met een bepaalde ruimtelijke frequentie worden onderdrukt of juist versterkt worden weergegeven.

8103505

Bij gebruik van een op bovenstaande wijze verkregen complexe detectiefunctie, waarvan de amplitude en fase langs electronische weg als functie van de frequentie ingesteld kunnen worden, kan een ruimtelijke filtering van het voorwerp of een beeldverbetering tot stand ge-
5 bracht worden zonder gebruik te maken van moeilijk te maken optische filters.

De aftastinrichting kan als verder kenmerk vertonen dat de ingangstrap van de verwerkingsschakeling wordt gevormd door afzonderlijke versterkers voor elk der detectorsignalen en een optelschakeling,
10 waarbij de versterkingsfactor van elk der versterkers instelbaar is. Dan kan gecompenseerd worden voor een amplitude-asymmetrie in de aftastbundel of kan een zogenaamde enkele zijband (single sideband) principe toegepast worden.

De uitvinding zal nu, bij wijze van voorbeeld, worden toege-
15 licht aan de hand van een optische aftastinrichting die bijvoorbeeld gebruikt kan worden voor het uitlezen van een optische registratiedrager. Daarbij wordt verwezen naar de tekening. Daarin tonen:

Figuur 1 een eerste uitvoeringsvorm van een aftastinrichting volgens de uitvinding,

20 Figuur 2 een gedeelte van de informatiestructuur van een optische registratiedrager,

Figuur 3 de doorsneden, in het vlak van de detectoren, van de buigingsbundels die ontstaan bij het aftasten van de registratiedrager,

25 Figuur 4 een methode voor de verwerking van de detectorsignalen,

Figuur 5 het principe van een electronenmicroscop volgens de uitvinding,

Figuur 6 het principe van een röntgenmicroscop volgens de uitvinding en

30 Figuur 7 het principe van een acoustische microscop volgens de uitvinding.

In Figuur 1 is het principe van de aftastinrichting aangegeven. De door een stralingsbron S uitgezonden bundel b wordt door een, schematische met een enkele lens L_1 aangegeven, objectiefstelsel gefocusseerd
35 tot een stralingsvlek V op het af te tasten voorwerp O. Dit voorwerp splitst de invallende bundel b in een aantal deelbundels van verschillende buigingsordes, waarvan voor de verdere beschouwingen de, onafgebogen, nulde-orde deelbundel en de in de eerste ordes afgebogen deelbundels het

belangrijkst zijn.

Het voorwerp 0 is in Figuur 1 zeer schematisch weergegeven. Dit voorwerp kan bijvoorbeeld een optische registratiedrager zijn met een informatiestructuur die bestaat uit in informatiesporen gerangschikte informatiegebiedjes. In Figuur 2 is een klein gedeelte van een dergelijke registratiedrager 1 in bovenaanzicht weergegeven. De informatiesporen 2 die hier als rechte sporen getekend zijn, zijn in het geval van een ronde schijfvormige registratiedrager in werkelijkheid concentrische sporen of quasi-concentrische sporen die samen één spiraalvormig spoor vormen. De informatiesporen bevatten zeer kleine informatiegebiedjes 3, waarvan de lengten in de orde van $1 \mu\text{m}$ en de breedte kleiner dan $1 \mu\text{m}$ zijn, die in de spoorrichting t afwisselen met tussengebiedjes 4. Er kan aangenomen worden dat de informatiestructuur in twee, onderling loodrechte, richtingen periodiek is, waarbij de periode in de spoorrichting, of tangentiële richting, t gelijk is aan p en die dwars op de spoorrichting, of radiële richting, r gelijk aan q . In het geval van een registratiedrager waarin een FM-gemoduleerd videosignaal is opgeslagen, wordt de periode p bepaald door het videosignaal. De periode q is gelijk aan de afstand tussen de sporen.

De informatiestructuur kan een zuivere fasestructuur zijn waarbij de informatiegebiedjes bestaan uit in het drageroppervlak geperste putjes of uit boven dit oppervlak uitstekende heuveltjes. De informatiestructuur kan ook een amplitudestructuur zijn. Dan bestaan de informatiegebiedjes bijvoorbeeld uit niet reflecterende gebiedjes in een reflecterend vlak of uit stralingsabsorberende of reflecterende gebiedjes in een doorzichtige registratiedrager.

In Figuur 2 is de uitleesvlek met V aangegeven. De breedte van deze vlek is van de orde van grootte van de afmetingen van de informatiegebiedjes 2. De informatiestructuur gedraagt zich als een tweedimensionaal buigingsraster. De uitleesbundel b wordt door dit raster gesplitst in een nulde-orde deelbundel, een aantal eerste-orde deelbundels en een aantal deelbundels van hogere orden. Voor de uitlezing van de informatiegebiedjes 3 zelf zijn in hoofdzaak de nulde-orde deelbundel $b(0,0)$ en de twee in tangentiële richting t afgebogen eerste-orde deelbundels $b(+1,0)$ en $b(-1,0)$ van belang. In Figuur 1 moet op de plaats van het voorwerp 0 de registratiedrager gedacht worden, waarbij de tangentiële richting t de verticale richting is. Tijdens het uitlezen wordt de registratiedrager geroteerd om een as 7.

8103505

In Figuur 3 zijn de doorsneden van de bundels $b(0,0)$, $b(+1,0)$ en $b(-1,0)$ in het vlak van de detector D weergegeven. De x - en y -as in Figuur 3 komen overeen met respectievelijk de tangentiële richting t en de radiële richting r in Figuur 2. De van de registratiedrager afkomstige bundels $b(0,0)$, $b(+1,0)$ en $b(-1,0)$ hebben complexe amplitudes die voorgesteld kunnen worden door:

$$B(0,0)$$

$$B(+1,0) \exp(-i\omega t)$$

$$B(-1,0) \exp(+i\omega t)$$

Er is verondersteld dat de registratiedrager met constante hoeksnelheid beweegt waardoor de tijdsafhankelijke fasefactor $\exp(+i\omega t)$ ontstaat. Daarin is ω een tijdsfrequentie die bepaald wordt door de hoeksnelheid en de ruimtelijke frequentie, in de tangentiële richting, van de informatiegebiedjes. Verder is aangenomen dat er geen fouten in de spoorvolgving optreden. Indien de informatiegebiedjes symmetrisch zijn met betrekking tot de radiële richting en de tangentiële richting, is $B(+1,0)$ gelijk aan $B(-1,0)$.

Tussen de complexe amplitudes $B(+1,0)$ en $B(-1,0)$ enerzijds en de amplitude $B(0,0)$ anderzijds bestaat een bepaald faseverschil ψ_{10} . Dit faseverschil wordt in hoofdzaak bepaald door de fasevertraging die straling afkomstig van de bodem van een informatieputje ondergaan heeft ten opzichte van straling die van het oppervlak van de informatielaag afkomstig is, dus door de optische diepte van informatieputjes of de optische hoogte van informatieheuveltjes.

Zoals beschreven is in de Nederlandse octrooiaanvraag nr. 78 03517 (PHN 9083) kunnen de informatiegebiedjes een zodanige optische diepte hebben dat het genoemde faseverschil $\psi_{10} = 180^\circ$ is, maar ook een zodanige optische diepte dat $\psi_{10} = 90^\circ$ is. Voor $\psi_{10} = 90^\circ$ zijn de putjes zeer ondiep en daardoor zijn de amplitudes van de afgebogen bundels erg klein. Bij voorkeur wordt daarom de optische diepte iets groter gekozen zodat ψ_{10} tussen 110° en 120° ligt. Zoals reeds beschreven is in het artikel: "Position sensing in video-disk read-out" in: "Applied Optics" Vol. 17 No. 13 pag. 2013-2021, gedraagt een amplitudestructuur zich op dezelfde wijze als een fasestructuur waarvan de informatiegebiedjes een faseverschil van $\psi_{10} = 180^\circ$ introduceren.

Zoals hieronder zal worden uiteengezet is de aftastinrichting volgens de uitvinding geschikt voor het uitlezen van zowel een amplitude-informatiestructuur of een diepe fase-informatiestructuur

($\psi_{10} = 180^\circ$) als een ondiepe fase-informatiestructuur ($\psi_{10} = 90^\circ$).
 Daartoe is, zoals Figuur 1 laat zien de detector D verdeeld in twee
 deeldetectoren D_1 en D_2 waarvan de uitgangen zijn verbonden met de
 ingangsklemmen van een sommatoren 9 die de ingangstrap vormt van een op
 5 zichzelf bekende elektronische verwerkingsschakeling 10. Een dergelijke
 schakeling is bijvoorbeeld beschreven in het artikel: "Signal Processing
 in the Philips' VLP system" in: "Philips' Technical Review" Vol. 33 No. 7
 pag. 178-180. In Figuur 3 zijn de deeldetectoren D_1 en D_2 met gestreepte
 halve cirkels aangegeven. Volgens de uitvinding is tussen de detector
 10 D_2 en de sommatoren 9 is een element 8 aangebracht dat de fase van het
 signaal van de detector D_2 over een hoek ψ_e draait.

De faseverschillen $\phi(+1,0)$ en $\phi(-1,0)$ tussen de eerste-orde
 bundels $b(+1,0)$ en $b(-1,0)$ en de nulde-orde bundel kunnen worden
 voorgesteld door :

$$\begin{aligned} 15 \quad \phi(+1,0) &= \psi_{10} + \omega t \\ \phi(-1,0) &= \psi_{10} - \omega t \end{aligned}$$

en de complexe amplitudes kunnen geschreven worden als

$$\begin{aligned} B(0,0) &= |B(0,0)| \\ 20 \quad B(+1,0) &= |B(+1,0)| \exp i (\psi_{10} + \omega t) \\ B(-1,0) &= |B(-1,0)| \exp i (\psi_{10} - \omega t) \end{aligned}$$

De door de interferenties tussen de eerste-orde deelbundels en de nulde-
 orde deelbundel ter plaatse van de detectoren D_1 en D_2 veroorzaakte
 intensiteitsvariatiën worden door deze detectoren omgezet in elektrische
 signalen S_1 en S_2 .

25 Binnen het detector-oppervlak zijn verschillende gebieden
 te onderscheiden namelijk twee, met een enkele arcering aangegeven,
 gebieden d waarin een eerste-orde deelbundel interfereert met de nulde-
 orde deelbundel en twee, met een dubbele arcering aangegeven, gebieden
 c, waarin behalve interferenties tussen een eerste-orde deelbundel
 30 en de nulde-orde deelbundel tevens interferentie tussen de tweede eerste-
 orde deelbundels optreden. De gebieden c en d kunnen worden gerelateerd
 aan de bekende modulatie-overdrachtsfunctie (Engels: Modulation Trans-
 fer Function; MTF) van een optisch systeem zonder aberraties. De
 modulatie-overdrachtsfunctie, hierna afgekort tot M kan gelijk gesteld
 35 worden aan het overlapgebied van twee betreffende ordes.

Daar waar een eerste-orde deelbundel interfereert met de
 nulde-orde deelbundel, dus in een gebied ter grootte van $2c + d$ geldt
 de overdrachtsfunctie $M(v)$ waarin v de ruimtelijke frequentie van de

informatiegebiedjes is. Daar waar de twee eerste-orde deelbundels inter-fereren, dus in een gebied ter grootte van $2c$ in Figuur 3 geldt de overdrachtsfunctie $M(2v)$. Er kan dus gesteld worden dat

$$2c + d = M(v)$$

$$5 \quad 2c = M(2v), \text{ dus}$$

$$d = M(v) - M(2v) \text{ en}$$

$$c = \frac{1}{2} M(v).$$

Voor het bepalen van de signalen S_1 en S_2 moeten de bijdragen van de gebieden c en d opgeteld worden. Binnen het gebied c bevinden
10 zich gedeelten van de nulde-orde deelbundel en gedeelten van beide eerste-orde deelbundels. Binnen het gebied d bevinden zich een gedeelte van de nulde-orde deelbundel en een gedeelte van een der eerste-orde deelbundels. Het signaal S_1 kan daarom voorgesteld worden door:

$$15 \quad S_1 = \left| B(0,0) + B(+1,0) + B(-1,0) \right|_c^2 + \left| B(0,0) + B(+1,0) \right|_d^2$$

15 waarin de indices c en d betekenen dat de betreffende bijdragen gewogen moeten worden met de grootte van de gebieden c en d . Voor het informatiesignaal zelf zijn de gelijkstroomcomponenten van de uitdrukking voor S_1 van minder belang, zodat deze componenten verwaarloosd kunnen
20 worden. Dan gaat het signaal S_1 over in:

$$S_1 = 2\text{Re} \left\{ B(0,0) \cdot B^x(+1,0) \right\}_c + 2\text{Re} \left\{ B(0,0) \cdot B^x(-1,0) \right\}_c + \\ 2\text{Re} \left\{ B(0,0) \cdot B^x(+1,0) \right\}_d$$

Re stelt daarin het reële deel van de betreffende component voor.

25 Worden de gebieden c en d vervangen door de MTF- en dan wordt S_1 :

$$S_1 = M(2v) \cdot |B(0,0)| |B(+1,0)| \cdot \left\{ \cos(\psi_{10} + \omega t) + \cos(\psi_{10} - \omega t) \right\} + \\ 2 |B(0,0)| |B(+1,0)| [M(v) - M(2v)] \cdot \cos(\psi_{10} + \omega t).$$

Daarbij is verondersteld dat de informatiegebiedjes symmetrisch zijn
30 zodat geldt $|B(-1,0)| = |B(+1,0)|$. Het signaal S_1 is evenredig met (α) :

$$S_1 \propto 2 [M(v) - M(2v)] \cdot \cos(\psi_{10} + \omega t) + 2 M(2v) \cos \psi_{10} \cdot \cos \omega t.$$

Op analoge manier kan het signaal S_2 van de detector D_2 geschreven worden als.

$$S_2 \propto 2 [M(v) - M(2v)] \cos(\psi_{10} - \omega t) + 2 M(2v) \cos \psi_{10} \cos \omega t$$

35 Het signaal S_2 ondergaat een fasedraaiing φ_e waardoor ontstaat het signaal S_2' .

$$S_2' \propto 2 [M(v) - M(2v)] \cdot \cos(\psi_{10} - \omega t - \varphi_e) + 2 M(2v) \cos \psi_{10} \cdot \\ \cos(\omega t + \varphi_e).$$

Het somsignaal S_s wordt gegeven door:

$$S_s \propto 4 [M(v) - M(2v)] \cos(\psi_{10} - \frac{\varphi_e}{2}) \cos(\omega t + \frac{\varphi_e}{2}) +$$

$$4 M(v) \cos(\psi_{10}) \cdot \cos(\frac{\varphi_e}{2}) \cos(\omega t + \frac{\varphi_e}{2}), \text{ of}$$

$$S_s \propto [4M(v) \cdot \cos(\psi_{10} - \frac{\varphi_e}{2}) + 4M(2v) \cdot \sin(\psi_{10}) \cdot \sin(\frac{\varphi_e}{2})] \cos(\omega t + \frac{\varphi_e}{2}).$$

Voor het uitlezen van een amplitudestructuur of een diepe fasestructuur, waarin $\psi_{10} = 180^\circ$, wordt $\varphi_e = 0^\circ$ gekozen. Dan is het somsignaal:

$$S_s \propto -4M(v) \cos \omega t.$$

Voor een over de gehele registratiedrager constant faseverschil ψ_{10} en voor een constante hoeksnelheid van de registratiedrager is het signaal S_s alleen afhankelijk van de ruimtelijke frequentie v van de informatiegebiedjes in de spoorrichting dus van het opgeslagen informatiesignaal.

Voor het uitlezen van een ondiepere fasestructuur met $\psi_{10} = 90^\circ$ wordt voor $\varphi_e = 180^\circ$ gekozen. Dan is

$$S_s \propto -4 [M(v) + M(2v)] \sin \omega t.$$

Ook dit signaal is bij constant faseverschil en constante hoeksnelheid alleen afhankelijk van de ruimtelijke frequentie v . Het beeld van de ondiepe fasestructuur is de eerste gedifferentieerde van de structuur zelf, terwijl het beeld van de amplitudestructuur op de gewone ongedifferentieerde manier verschijnt.

In plaats van de fase van één detectorsignaal over φ_e te draaien wordt uit symmetrie-overwegingen bij voorkeur de fase van S_2 over $+\frac{\varphi_e}{2}$ gedraaid en die van S_1 over $-\frac{\varphi_e}{2}$, zoals in Figuur 4 aangegeven is. De signalen S_1' en S_2' worden dan gegeven door:

$$S_1' \propto 2 [M(v) - M(2v)] \cdot \cos(\psi_{10} + \omega t - \frac{\varphi_e}{2}) + 2M(2v) \cos \psi_{10} \cdot \cos(\omega t - \frac{\varphi_e}{2})$$

$$S_2' \propto 2 [M(v) - M(2v)] \cos(\psi_{10} - \omega t - \frac{\varphi_e}{2}) + 2M(2v) \cos(\psi_{10}) \cdot \cos(\omega t + \frac{\varphi_e}{2})$$

en het somsignaal S_s door

$$S_s \propto 4 [M(v) - M(2v)] \cdot \cos(\psi_{10} - \frac{\varphi_e}{2}) \cdot \cos \omega t + 4M(2v) \cdot \cos \psi_{10} \cdot \cos \omega t \cdot \cos \frac{\varphi_e}{2}, \text{ of}$$

$$S_s \propto [4M(v) \cos(\psi_{10} - \frac{\varphi_e}{2}) + 4M(2v) \sin \psi_{10} \sin \frac{\varphi_e}{2}] \cos \omega t$$

voor $\psi_{10} = 180^\circ$ en $\varphi_e = 0^\circ$ geldt:

$$S_s \propto -4M(v) \cos \omega t \text{ terwijl}$$

voor $\psi_{10} = 90^\circ$ en $\varphi_e = 180^\circ$ geldt

$$S_s \propto [4M(v) + 4M(2v)] \cos \omega t$$

In dit geval verschijnt ook het beeld van de ondiepe fasestructuur op de gewone, ongedifferentieerde manier.

5 Bij de hierboven gegeven beschrijving van het principe van de uitvinding zijn de hogere orden deelbundels buiten beschouwing gelaten. De hogere orde bundels worden grotendeels buiten de detector afgebogen en de amplitudes van deze bundels zijn aanzienlijk kleiner dan die van de eerste-orde bundels, zodat de invloed van hogere orden
 10 bundels in een eerste-orde benadering te verwaarlozen is.

Een informatiestructuur waarvan de informatiegebiedjes een faseverschil $\psi_{10} = 90^\circ$ introduceren is een theoretische structuur. Zoals reeds opgemerkt hebben de afgebogen bundels afkomstig van een dergelijke structuur een kleine amplitude, zodat het signaal S_s erg
 15 zwak is. In de praktijk wordt dan ook gekozen voor een optische diepte zodanig dat de fasehoek iets groter is dan 90° , bijvoorbeeld $110^\circ \leq \psi_{10} \leq 120^\circ$. Voor $\psi_{10} = 120^\circ$ is de term met $M(v)$ in de uitdrukking voor S_s maximaal voor $\varphi_e = 120^\circ$. In het geval de fase van slechts één der detectorsignalen over 120° gedraaid wordt, is de fase van het signaal
 20 S_s over 30° verschoven ten opzichte van het signaal S_s bij $\psi_{10} = 90^\circ$.

De hierboven beschreven inrichting met een of twee fasedraaiers die geschakeld kunnen worden tussen twee standen, welke inrichting omschreven kan worden als een aftastinrichting met een in twee standen schakelbare detectiefunctie, is een bijzondere uitvoeringsvorm van de
 25 algemene uitvindingsgedachte een aftastinrichting te voorzien van een complexe en instelbare detectiefunctie die, binnen het detectoroppervlak, voorgesteld kan worden door:

$$g(x,y) = a \quad \text{voor } x > 0$$

$$g(x,y) = a \cdot \exp(i \varphi_e) \quad \text{voor } x < 0$$

30 of door:

$$g(x,y) = a \cdot \exp(-i \varphi_e/2) \quad \text{voor } x > 0$$

$$g(x,y) = a \cdot \exp(+i \varphi_e/2) \quad \text{voor } x < 0$$

Buiten het detectoroppervlak is $g(x,y) = 0$.

De afbeeldingsfunctie van een aftastinrichting volgens
 35 de uitvinding is het product van de zogenaamde optische afbeeldingsfunctie (Optical Transfer Function, OTF) van het optische systeem en een extra overdrachtsfunctie F waarvan de modulus en fase zijn:

$$|F| = a \left[\cos\left(\psi_{10} - \frac{\varphi_e}{2}\right) + \sin \psi_{10} \cdot \sin \frac{\varphi_e}{2} \right].$$

$\arg \{F\} = \frac{\varphi_e}{2}$ voor de asymmetrische situatie

$\arg \{F\} = 0$ voor de symmetrische situatie.

In de asymmetrische situatie wordt de fase van slechts één der detectorsignalen gedraaid en wel over φ_e , terwijl in de symmetrische situatie de fasen van beide detectorsignalen gedraaid worden respectievelijk over $+\frac{\varphi_e}{2}$ en $-\frac{\varphi_e}{2}$.

De elektronische fasedraaiing φ_e wordt gebruikt om de modulus van het signaal S_s :

$$\cos(\psi_{10} - \frac{\varphi_e}{2}) + \sin \psi_{10} \sin \frac{\varphi_e}{2}$$

te optimaliseren. In de symmetrische situatie zal het argument geen verandering ondergaan tengevolge van de modulus-optimalisatie. Een dergelijke verandering treedt wel op in de asymmetrische situatie. De verandering van het argument kan ongedaan gemaakt worden door achter de somator 9 een extra fasedraaiier 11 die een fasedraaiing over $-\frac{\varphi_e}{2}$ introduceert aan te brengen zoals in Figuur 1 getoond wordt.

Zowel in de asymmetrische situatie als in de symmetrische situatie kan de fase van het signaal S_s beïnvloed worden door een fase-asymmetrie in de aftastvlek V. De voornaamste oorzaak van een dergelijke asymmetrie is coma van het optische systeem. Voor deze fasefout kan gecompenseerd worden door de fase van het signaal S_s over θ te draaien, waarbij θ een functie is van de genoemde fase-asymmetrie. In de voorkeurs-uitvoeringsvorm volgens Figuur 4 is dan een extra fasedraaiier 12 achter de somator 9 aangebracht. In de asymmetrische situatie van Figuur 1 is dan de fasedraaiier 11 zodanig uitgevoerd dat deze een fasedraaiing over $\theta - \frac{\varphi_e}{2}$ bewerkstelligt.

De fasedraaiing φ_e is in het algemeen instelbaar tussen 0 en 360° . Voor een uitleesinrichting die zowel registratiedragers met een fasestructuur als registratiedragers met een amplitudestructuur, of registratiedragers met fasestructuren van verschillende dieptes moet kunnen uitlezen is er niet zo'n behoefte aan de mogelijkheid om de elektronische fasedraaiing continu over een groot gebied te kunnen instellen. Dat zal echter anders zijn voor een lichtmicroscopie die men wil gebruiken voor het zichtbaar maken van niet alleen ondiepe fasestructuren of amplitudestructuren maar ook van allerlei tussenstructuren, dat wil zeggen structuren die noch zuivere fasestructuren noch zuivere amplitudestructuren zijn.

Van de voorwerpen, bijvoorbeeld biologische weefsels. of

organismen, die men met een dergelijke microscoop wil waarnemen, hoeft de fasediepte niet van te voren bekend te zijn. Men kan het voorwerp enige malen achter elkaar aftasten met telkens een andere waarde voor φ_e totdat een goede beeldkwaliteit verkregen is.

5 De met de voorgestelde microscoop waar te nemen voorwerpen behoeven niet zo'n constante fasediepte te hebben als de hierboven genoemde optische registratiedragers. Deze voorwerpen mogen bestaan uit onderdelen die allemaal een andere fasediepte hebben. Het voorwerp kan dan een aantal malen afgetast worden met telkens een andere waarde
10 voor de elektronische fasedraaiing φ_e . Tijdens elke aftasting wordt een bepaalde fasediepte met maximaal contrast weergegeven. Uit het totaal van de deelbeelden kan het oorspronkelijke voorwerp gereconstrueerd worden.

De fasedraaiers, 8 in Figuur 1 en 8' en 8" in Figuur 4, kunnen
15 inrichtingen zijn waarvan de fasedraaiing een functie van de tijdsfrequentie is. Bij een constante aftastingsnelheid correspondeert een bepaalde ruimtelijke frequentie (ν) in het voorwerp met een bepaalde tijdsfrequentie (ω). Frequentie-afhankelijke fasedraaiers in de vorm van transversaal digitale filters zijn op zichzelf, voor andere doeleinden,
20 bekend, bijvoorbeeld uit het boek: "Theory and application of digital Signal processing" Rabiner and Gold Prentice-Hall Inc. 1975, onder andere pag. 40. Bij gebruik van dergelijke fasedraaiers kan er voor gezorgd worden dat alleen voor bepaalde ruimtelijke frequenties de elektronische fasedraaiing de voor de aftasting optimale waarde heeft.
25 Daardoor worden alleen deelstructuren van het voorwerp met een bepaalde ruimtelijke frequentie goed weergegeven, terwijl deelstructuren met een andere ruimtelijke frequentie verzwakt in het beeld verschijnen.

Ook de versterking van de optelschakeling 9 kan frequentie-afhankelijk gemaakt worden waardoor de gewenste ruimtelijke frequentie
30 nog verder opgehaald kan worden en de ongewenste frequenties nog verder onderdrukt kunnen worden.

Door gebruik van frequentie-afhankelijke fasedraaiers en een frequentie-afhankelijke versterker kan een ruimtelijke filtering van het voorwerp of een beeldverbetering tot stand gebracht worden
35 zonder dat optische filters nodig zijn. De tot nu toe bij optisch filteren te vervullen moeilijke opgave: geschikte optische filters te vervaardigen, is vervangen door de beter hanteerbare opgave, elektronische filters met de gewenste fase- en amplitude-karakteristieken

te ontwerpen.

In de aftastinrichting kunnen twee aparte versterkers voor de detectorsignalen S_1 en S_2 aanwezig zijn. In Figuur 4 zijn deze versterkers met 13' en 13'' aangegeven. De detectiefunctie van een aftastinrichting met twee aparte, frequentie-afhankelijke, versterkers en frequentie-afhankelijke fasedraaiers kan worden geschreven als:

$$g(x,y) = a_1(v) \cdot \exp(-i \frac{\varphi_e(v)}{2}) \text{ voor } x > 0$$

$$g(x,y) = a_2(v) \cdot \exp(+i \frac{\varphi_e(v)}{2}) \text{ voor } x < 0$$

10 waarin v de ruimtelijke frequentie in het voorwerp voorstelt. De twee aparte versterkers kunnen gebruikt worden om te compenseren voor een eventuele amplitude-asymmetrie in de aftastbundel. Bij gebruik van twee aparte versterkers is het mogelijk een detectorsignaal te versterken en het andere te onderdrukken, zodat een zogenaamd enkel zijband
15 principe (single side band) wordt toegepast.

Voor het aftasten volgens de uitvinding van een voorwerp in twee, bijvoorbeeld onderling loodrechte, richtingen kan men de aftastvlek eerst een aantal lijnen volgens een eerste richting laten beschrijven. De zo verkregen gegevens kunnen worden opgeslagen in een beeld-
20 geheugen. Daarna kan men de aftastvlek een aantal lijnen in de tweede richting laten beschrijven. De gegevens van de aftastingen in de twee richtingen kunnen tenslotte worden gecombineerd.

Voor het aftasten in twee richtingen kunnen twee detectoren gebruikt worden waarbij bij de overgang van de ene aftastrichting naar de
25 andere de detectoren en het voorwerp over 90° ten opzichte van elkaar gedraaid worden. Er kunnen ook vier detectoren gebruikt worden waarvan een stel voor de ene aftastrichting en een stel voor de andere aftastrichting bedoeld is.

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op de verdeling
30 van een detector in twee deeldetectoren en op de wijze waarop de door de deeldetectoren geleverde signaal elektronisch verwerkt worden. De uitvinding is niet beperkt tot een bepaald soort aftaststraling zoals licht. Van belang is alleen dat de aftaststraling in een klein aftastvlekje geconcentreerd kan worden. De uitvinding is behalve in een licht-
35 microscoop ook toepasbaar in een elektronenmicroscoop, een röntgenmicroscoop of een acoustische microscoop mits deze microscopen voldoende aberratie vrij zijn. Met deze microscopen worden details bekeken waarvan

de grootte op de grens van het oplossend vermogen van de betreffende microscopie ligt.

In Figuur 5 is schematisch een electronenmicroscopie weergegeven. De electronenbron ES zendt een electronenbundel b_e uit. Deze bundel wordt door een electronenlens EL gefocusseerd in het vlak van het voorwerp O, dat bijvoorbeeld een zwak faseobject is. Het voorwerp splitst de bundel b_e in een nulde-orde deelbundel $b_e(0,0)$ en in onder andere twee eerste-orde deelbundels $b_e(+1,0)$ en $b_e(-1,0)$. De nulde-orde bundel en gedeelten van de eerste-orde bundels worden opgevangen door twee detectoren DE_1 en DE_2 die de electronenstraling omzetten in een elektrisch signaal. De hoek β_e waarover de eerste-orde deelbundels worden afgebogen is van dezelfde orde van grootte als de numerieke apertuur, die gelijk is aan $\sin \alpha_e$, van de electronenlens, net zoals dat het geval was bij de lichtmicroscopie. De signalen S_1 en S_2 van de detectoren DE_1 en DE_2 worden behandeld op de wijze zoals beschreven is aan de hand van de Figuren 1 en 4.

In Figuur 6 is, zeer schematisch, een uitvoeringsvorm van een röntgenmicroscopie aangegeven. XS is de röntgenbron die, omdat het een heldere bron moet zijn, bij voorkeur bestaat uit een synchrotron. De röntgenbundel b_x wordt gefocusseerd op het voorwerp, bijvoorbeeld een biologisch specimen of een kristalstructuur. Het focusseersysteem XF kan gevormd worden door een zone-plaat, zoals in Figuur 6 aangegeven is, of uit een of meerdere spiegels. De van het voorwerp afkomstige röntgenbundel wordt opgevangen door twee röntgendetectoren DX_1 en DX_2 . De signalen S_1 en S_2 van deze detectoren kunnen weer behandeld worden op de wijze zoals beschreven aan de hand van de Figuren 1 en 4. Voor bijzonderheden omtrent de röntgenbron XS, het focusseersysteem XF en de röntgendetectoren DX_1 en DX_2 , welke onderdelen geen deel uitmaken van de onderhavige uitvinding, kan worden verwezen naar het artikel: "The scanning X-ray microscope" pag. 365-391 van het boek: "Scanned image microscopy" E.A.Ash, Academic Press 1980.

In Figuur 7 is het principe van een acoustische microscopie volgens de uitvinding weergegeven. Een dergelijke microscopie bevat een piezo-electrische omzetter PEC, die een uniforme response over zijn hele oppervlak heeft. Met deze omzetter wordt een geluidsgolf opgewekt die naar het te onderzoeken voorwerp, bijvoorbeeld een reflecterende laag, gericht is. Indien de omzetter vlak is en de geluidsgolf een vlakke golf, kan tussen het voorwerp en de omzetter een acoustische lens

aangebracht zijn die de geluidsgolf omzet in een sferische, convergerende golf. Zoals in Figuur 7 getoond wordt, kan ook de omzetter zelf gekromd zijn zodat de uitgezonden geluidsgolf al convergerend is. De geluidsgolf wordt door het voorwerp gereflecteerd en keert naar de omzetter
5 terug, die de geluidsgolf omzet in een elektrische spanning. Daarbij wordt geïntegreerd over het hele oppervlak van de omzetter. De omzetter PEC fungeert dus als bron en als detector. De ingangsspanning en de uitgangsspanning zijn van elkaar gescheiden doordat gewerkt wordt met korte impulsen.

10 De uitgangsspanning is afhankelijk van de fasen van de afzonderlijke bundelgedeelten. Indien een reflector geplaatst is in het focusvlak dan doorlopen alle bundelgedeelten eenzelfde weglengte en zijn de bundelgedeelten in de punten 15 en 16 in fase. Verplaatst de reflector zich echter in verticale richting, dat wil zeggen ver-
15 plaatst zich het te onderzoeken, verticale uitwijkingen vertonend, oppervlak 0 in de x-richting, dan doorlopen de verschillende bundelgedeelten verschillende weglengten en vertonen de bundelgedeelten in 15 en 16 een bepaalde faseverschuiving, waardoor de uitgangsspanning verandert.

20 Voor verdere bijzonderheden over de acoustische microscoop, die op zichzelf geen deel uitmaakt van de onderhavige uitvinding, kan worden verwezen naar het artikel: "Scanning acoustic microscopy", pag. 24-55 van het reeds genoemde boek: "Scanned image microscopy". Volgens de uitvinding is de omzetter in twee gedeelten DA_1 en DA_2 ver-
25 deeld, waarbij DA_1 rechtstreeks en DA_2 via een fasedraaiend element 8 met een somator 9 is verbonden. De signaal behandeling is gelijk aan die volgens Figuur 1 of die volgens Figuur 4.

30

35

8103505

Conclusies:

1. Inrichting voor het puntsgewijs aftasten van een voorwerp, bevattende een, een aftastbundel leverende, stralingsbron, een objectiefstelsel voor het focuseren van de aftastbundel tot een stralingsvlek op het voorwerp en een stralingsgevoelig detectiestelsel voor het omzetten van de van het voorwerp afkomstige aftastbundel in een electricisch signaal voor een electronisch verwerkingsschakeling die het signaal geschikt maakt voor weergave, welk detectiestelsel minstens twee stralingsgevoelige detectoren bevat die in de aftastrichting achter elkaar geplaatst zijn, met het kenmerk, dat in minstens een van de verbindingen tussen de detectoren en de ingangsklemmen van een optellende ingangstrap van de verwerkingsschakeling een fasedraaiend element met een instelbare fasedraaiing is aangebracht.
2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat in elk van de verbindingen tussen de detectoren en de bijbehorende ingangsklemmen ^{van} de ingangstrap een instelbare fasedraaiing is aangebracht, waarbij de door deze fasedraaiers geïntroduceerde fasedraaiingen even groot zijn doch een tegengesteld teken hebben.
3. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de uitgang van de optellende ingangstrap is verbonden met een fasedraaiing die een fasedraaiing $-\frac{\varphi_e}{2}$ bewerkstelligt, waarin φ_e de fasedraaiing van een enkele in een van de verbindingen tussen detectoren en de uitgangsklemmen van de ingangstrap aangebrachte fasedraaiing is.
4. Inrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de uitgang van de optellende ingangstrap verbonden is met een fasedraaiing die een fasedraaiing θ bewerkstelligt die afhankelijk is van een asymmetrie in de aftastende stralingsvlek.
5. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de uitgang van de optellende ingangstrap verbonden met een fasedraaiing die een fasedraaiing $\theta - \frac{\varphi_e}{2}$ bewerkstelligt, waarin φ_e de fasedraaiing van een enkele in een van de verbindingen tussen de detectoren en de ingangsklemmen van de ingangstrap aangebrachte fasedraaiing is, terwijl θ afhankelijk is van een asymmetrie in de aftastende stralingsvlek.
6. Inrichting volgens conclusie 1, 2, 3, 4 of 5, met het kenmerk, dat de fasedraaiende elementen schakelbaar zijn tussen twee, in hoofdzaak vaste, waarden die corresponderen met een fasebeeld en een amplitudebeeld van het voorwerp.
7. Inrichting volgens conclusie 1, 2, 3, 4 of 5, met het kenmerk,

8103505

dat de fasedraaiende elementen continu instelbaar zijn.

8. Inrichting volgens conclusie 1, 2, 3, 4 of 5, met het kenmerk, dat de fasedraaiingen van de fasedraaiende elementen instelbaar zijn als functie van de frequentie.

5 9. Inrichting volgens conclusie 1, 2, 3, 4, 5 of 8, met het kenmerk, dat de versterking van de ingangstrap van de verwerkingsschakeling instelbaar is als functie van de frequentie.

10. Inrichting volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de ingangstrap van de verwerkingsschakeling wordt gevormd door afzonderlijke versterkers voor elk der detectorsignalen/^{en} een optel-
10 schakeling, waarbij de versterkingsfactor van elk der versterkers instelbaar is.

15

20

25

30

35

8103505

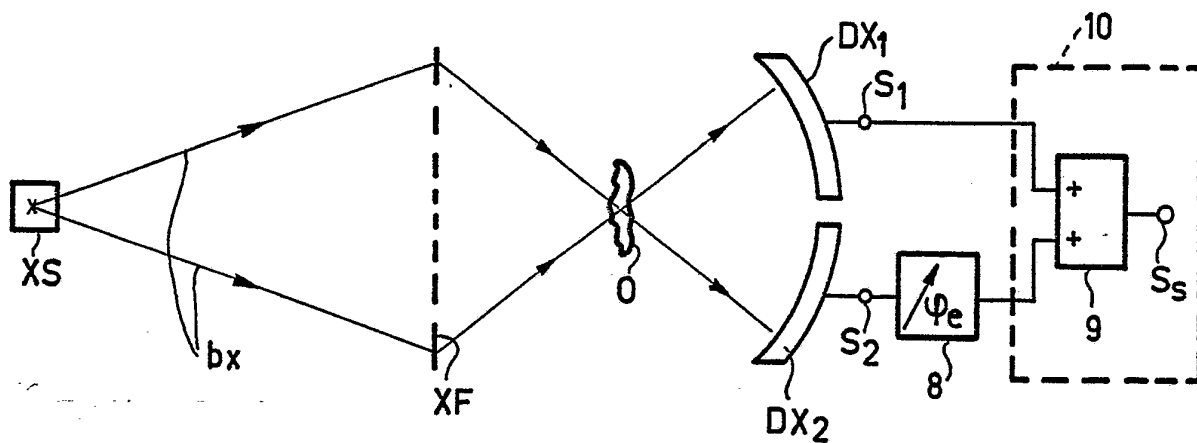


FIG. 6

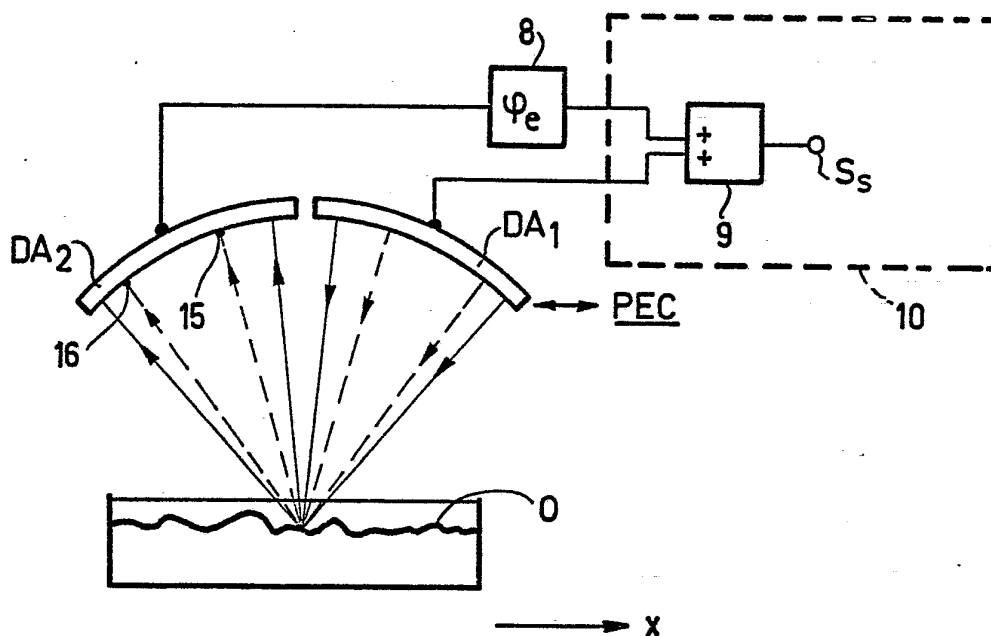
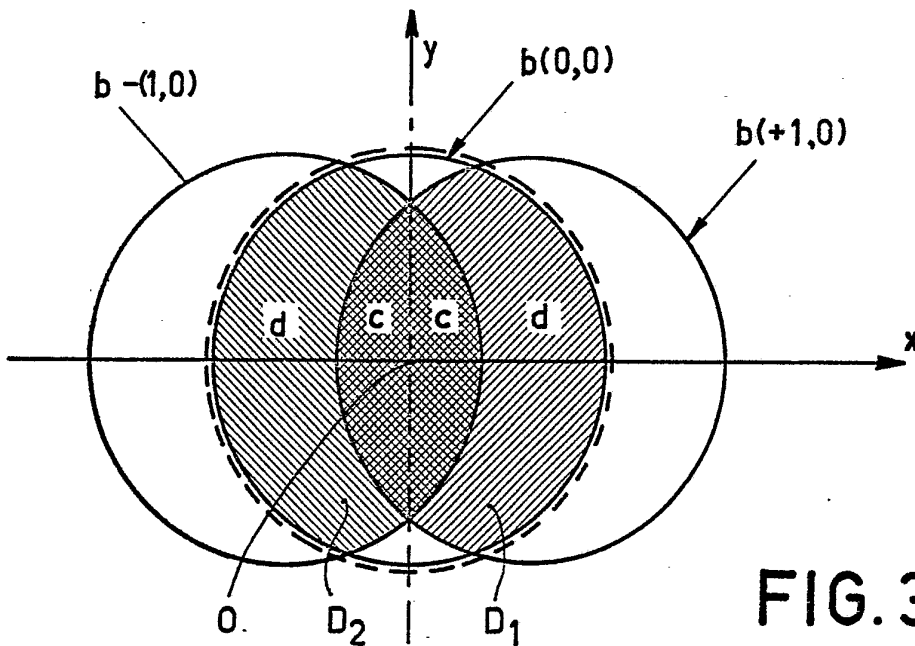
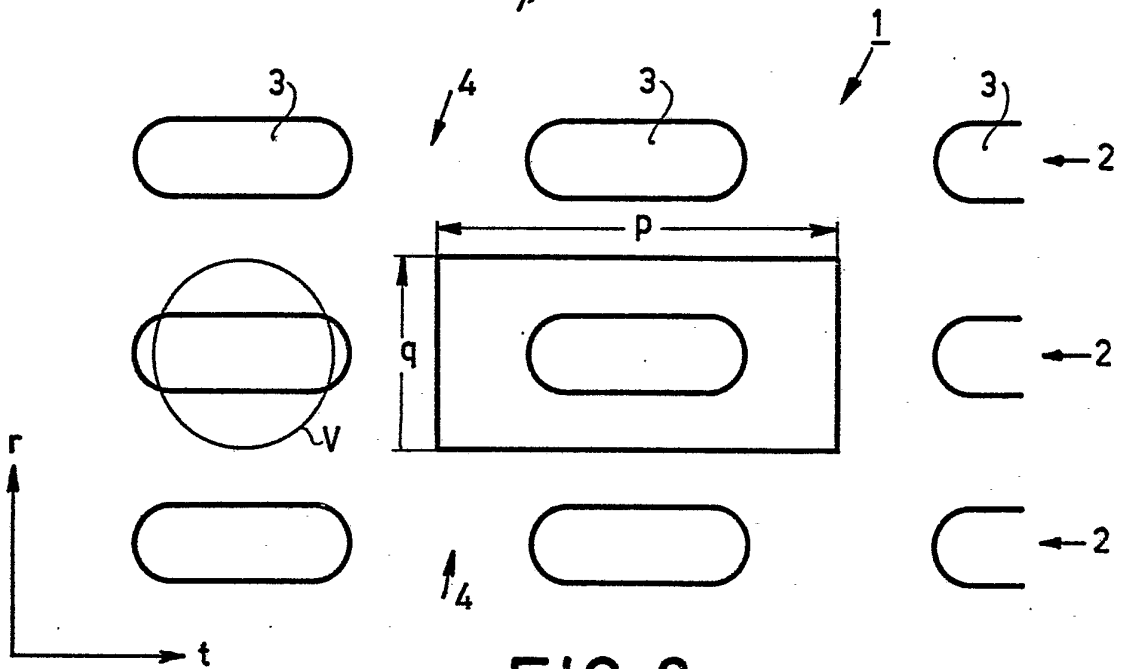
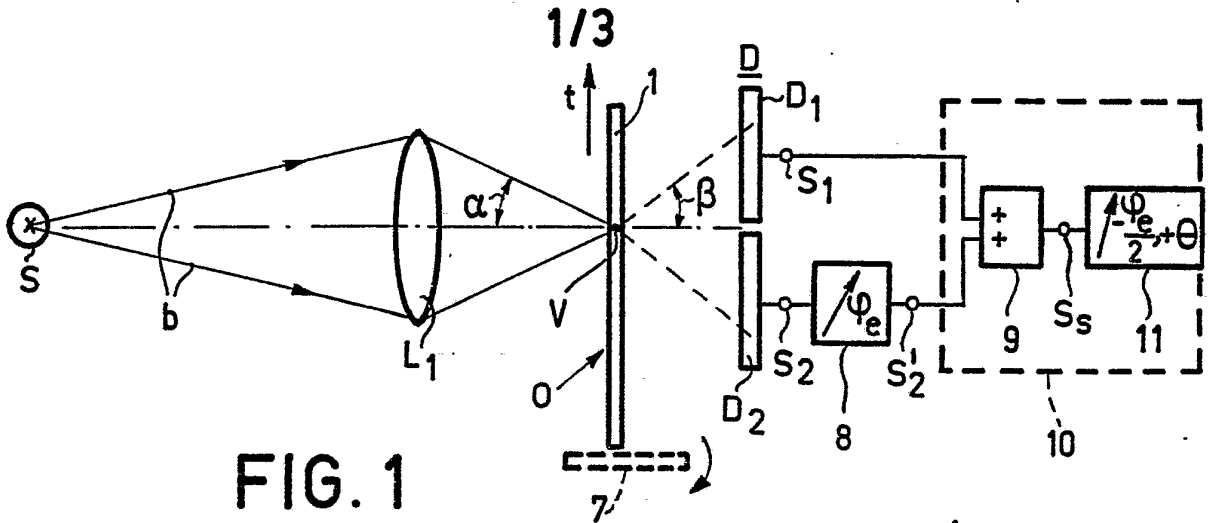


FIG. 7



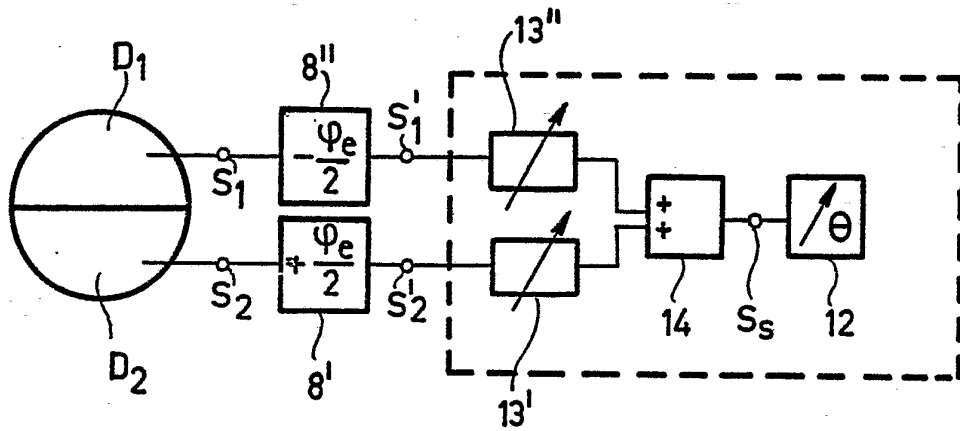


FIG. 4

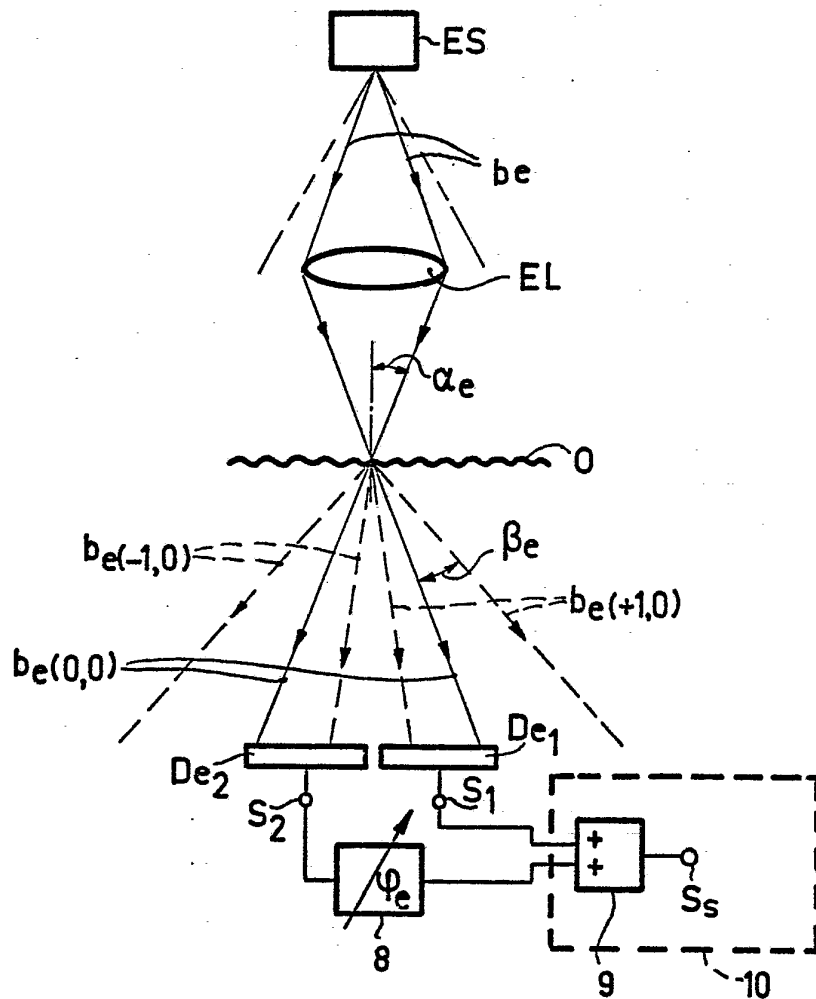


FIG. 5