



(11) FREMLÆGGELSESSKRIFT 141184

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 11 B 7/08



(21) Ansøgning nr. 795/76 (22) Indleveret den 25. feb. 1976

(23) Løbedag 25. feb. 1976

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggeskriftet offentliggjort den 28. jan. 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den
28. feb. 1975, 7502373, NL

-
- (71) N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, Emmasingel 29, Eindhoven, NL.
- (72) Opfinder: Gijsbertus Bouwhuis, Emmasingel, Eindhoven, NL: Josephus Johannes Maria Braat, Emmasingel, Eindhoven, NL: Peter Ferdinand Greve, Emmasingel, Eindhoven, NL: Kornelis Antonie Immink, Emmasingel, Eindhoven, NL.

- (74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Internationalt Patent-Bureau.

-
- (54) Apparat til aflæsning af en plan registreringsbærer med en optisk læsbar informationsstruktur.

Opfindelsen angår et apparat til aflæsning af en flad registreringsbærer, hvorpå information, f.eks. video- og/eller audioinformation, er registreret i en optisk aflæselig informationsstruktur, der omfatter et antal spor, hvilket apparat indeholder en strålekilde, et objektivsystem til at overføre strålingen fra strålekilden via registreringsbæreren til et strålingsfølsomt informationsdetektor-system, der omdanner det fra strålekilden kommende og med informationsstrukturen modulerede aflæsestrålebundt til et elektrisk signal, hvilket apparat endvidere indeholder et opto-elektronisk system til detektering af fokuserings- og centreringsfejl, hvorhos mindst to strålingsfølsomme detektorer i detektorsystemet er forbundet til elektroniske kredsløb til afledning af styresignaler til korrigering af henholdsvis fokuseringen af objektivsystemet og centreringen af aflæsepletten i forhold til den spordel, der skal aflæses.

Ved en "fokuseringsfejl" skal forstås en afvigelse mellem brændplanen for objektivsystemet og planen for den informationsstruktur, der skal aflæses. Med en "centreringsfejl" menes en afvigelse mellem midten af en aflæsestråleplet, som projiceres på informationsstrukturen, og midterlinien i det spor, der skal aflæses.

I beskrivelsen til dansk patent nr. 132.596 er beskrevet et apparat til aflæsning af en rund, pladeformet registreringsbærer. I registreringsbæreren er der registreret et farvefjernsynsprogram. Informationsstrukturen består af et spiralformet spor, som indeholder en mængde fordybninger, der er presset ind i registreringsbæreren, hvorved luminansinformationen er indeholdt i frekvensen af fordybningerne, og krominans- og lydinformationen er indeholdt i en variation af længderne af fordybningerne. Et aflæsestrålebundt fokuseres på informationsstrukturen, så at der dannes en stråleplet, hvis dimensioner er af samme størrelsesorden som dimensionerne af fordybningerne. Ved at bevæge registreringsbæreren i forhold til aflæsestrålebundtet intensitetmoduleres dette i overensstemmelse med den registrerede information. En strålingsfølsom informationsdetektor omdanner modulationen af aflæsestrålebundtet til et elektrisk signal. I et elektronisk kredsløb behandles dette signal på en sådan måde, at det er egnet til at tilføres en farvefjernsynsmodtager.

Ved aflæsning af registreringsbæreren må man sørge for, at midten af aflæsepletten altid projiceres tilnærmelsesvis nøjagtigt på midterlinien af det spor, der skal aflæses, da der ellers kan optræde krydstale mellem ved siden af hinanden liggende spor, og modulationsdybden af det signal, som afgives fra informationsdetektoren bliver for lille. Følgelig skal positionen af strålepletten detekteres og korrigeres kontinuerligt. Objektivsystemet, der anvendes i aflæseapparatet, har høj numerisk apertur og en lille fokuseringsdybde. Derfor er det altid nødvendigt at fokusere skarpt på informationsstrukturen. Afvigelser mellem den ønskede position af fokuseringsplanen og den faktiske position af denne plan, som for eksempel kan skyldes konstruktionstolerancer i lejringen af registreringsbæreren eller kastning af registreringsbæreren eller vibrationer i dele af aflæseapparatet, skal bestemmes kontinuerligt, og fokuseringen skal genindstilles ved hjælp af denne detektering.

Apparatet ifølge ovennævnte danske patent nr. 132.596 indeholder et optoelektronisk system til detektering af fokuseringsfejl og centreringsfejl. I dette apparat frembringes der ud over læsestrålen to hjælpestråler, som fokuseres af objektivsystemet i hjælpepletter ved kanterne af det spor, der skal aflæses. Hver af hjælpepletterne er konjugeret til en separat hjælpedetektor. Forskellen mellem de to hjælpedetektorers udgangssignaler er proportional med en centreringsfejl. Der kan herigennem sørges for, at hjælpepletterne falder sammen på registreringsbæreren under en skrå vinkel. Hvis en af hjælpedetektorerne opdeles i to under-

detektorer, vil differensen mellem disse underdetektorers udgangssignaler være proportional med en fokuseringsfejl. I dette kendte apparat er strålingsenergien således fordelt over tre stråler, således at der er mindre energi til rådighed for læsestrålen. Endvidere kræves yderligere midler til frembringelse af de to hjælpestråler.

Opfindelsen har til formål at frembringe et aflæseapparat, i hvilket centrerings- og fokuseringsfejl kan detekteres uden anvendelse af hjælpestråler og ekstra optiske elementer. Apparatet ifølge opfindelsen er ejendommeligt ved, at det opto-elektroniske detekteringsystem er anbragt i fjernfeltet for informationsstrukturen ved den ene side af en plan, som er dannet af den optiske akse for objektivsystemet og en linie, som er parallel med midterlinien på den spordel, der skal aflæses, hvorhos detekteringsystemet er beliggende i et område omkring det punkt, hvori den linie, som danner en vinkel på $\beta/2$ med den optiske akse, skærer detektorernes plan, hvor β er den vinkel, i hvilken strålebundtet af første orden bøjes ved diffraktion i retning på tværs af sporene.

Detektorerne kan anbringes i den faktiske udgangspupil for objektivsystemet, hvis denne pupil er let tilgængelig, eller i et billede dannet af en hjælpelinse, eller af et skyggebillede af den faktiske pupil, hvis denne pupil ikke er let tilgængelig. Detektorerne er altid beliggende i en plan, hvori de forskellige diffraktionsordener kan skelnes tilfredsstillende, dvs. i en plan, som ligger tilstrækkeligt langt fra billedet af informationsstrukturen. Dette er det, som forstås med angivelsen af, at detektorerne er anbragt i "fjernfeltet" for informationsstrukturen.

Opfindelsen er baseret på den erkendelse, at ved aflæsningen af registreringsbæreren, som kan betragtes som et todimensionalt diffraktionsgitter, vil centrerings- og fokuseringsfejl resultere i faseforskydninger mellem strålebundtet af nul'te orden og strålebundter af højere orden. De nævnte faseforskydninger er synlige i det nævnte "fjernfelt" som et mønster af interferenslinier, hvis periode, der er bestemt af fokuseringen, og hvis fase, der er bestemt af centreringen, kan måles. Centrerings- og fokuseringsfejl kan detekteres alene ved hjælp af ekstra detektorer og uden yderligere optiske elementer eller hjælpestrålebundter. Ved hjælp af de resulterende fejlsignaler kan centreringen og fokuseringen af aflæsestrålebundtet efterindstilles, så at interferenslinierne ikke længere optræder, og stråleintensiteten i detektorernes plan har et specifikt niveau.

Det bemærkes, at der fra tysk offentliggørelsesskrift nr. 2.409.893 kendes et apparat til aflæsning af en registreringsbærer, i hvilket centreringsfejl kan detekteres ved hjælp af to i informationsstrukturens fjernfelt anbragte detektorer. Disse detektorer benyttes imidlertid ikke til detektering af fokuseringsfejl og er desuden anbragt på hver sin side af den plan, som dannes af objektivsystemets optiske akse og en linie parallel med midterlinien i den spordel, som skal aflæses.

Opfindelsen forklares i det følgende nærmere under henvisning til den skematiske tegning, hvor

fig. 1 viser en foretrukken udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen,

fig. 2-11 figurer til illustration af opfindelsen, og

fig. 12-17 forskellige detektorarrangementer ifølge opfindelsen.

Fig. 1 viser en rund, pladeformet registreringsbærer 1 i radiale snit. Informationsstrukturens plan 2 antages at være reflekterende. Informationssporene er betegnet med henvisningen 3. En strålekilde 6, f.eks. en helium-neonlaser, udsender et aflæsestrålebundt b. Dette strålebundt reflekteres af et spejl 9 mod et objektivsystem 11, der er skematisk repræsenteret med en enkelt linse. Aflæsestrålebundtets vej indeholder en hjælpelinse 7, der sikrer, at aflæsestrålebundtet fuldstændigt fylder pupillen af objektivsystemet. I dette tilfælde projiceres der en stråleplet af minimale dimensioner på informationsstrukturens plan.

Aflæsestrålebundtet reflekteres af informationsstrukturen, og når registreringsbæreren drejes om en spindel 5, der rager gennem et midterhul 4, moduleres strålebundtet som funktion af tiden i overensstemmelse med den information, som er registreret i det spor, der aflæses. Det modulerede aflæsestrålebundt passerer igen gennem objektivsystemet og reflekteres af spejlet 9 i retning mod strålebundtet, som udsendes fra kilden. Strålevejen for aflæsestrålebundtet indeholder elementer til adskillelse af vejene for de modulerede og umodulerede aflæsestrålebundter. Disse elementer kan for eksempel indeholde en samling af et polarisationsfølsomt deleprisme og en $\lambda/4$ -plade. I fig. 1 antages det for enkeltheds skyld, at disse midler udgøres af et halvgennemsigtigt spejl 8. Dette spejl reflekterer en del af det modulerede aflæsestrålebundt mod en strålingsfølsom detektor 12. På udgangen af denne detektor fås et elektrisk signal i overensstemmelse med informationen, der er registreret i det spor, som aflæses. Dette signal afkodes i et elektronisk kredsløb 16, så at der fås et informationssignal S_i , som kan tilføres en sædvanlig fjernsynsmodtager 17.

De optiske detaljer i informationsstrukturen er meget små. Som eksempel er bredden af et spor $0,5 \mu\text{m}$, afstanden mellem sporene $1,1 \mu\text{m}$ og gennemsnitslængden af informationsområderne, som i det følgende antages at være fordybninger, er $1,5 \mu\text{m}$ for en pladeformet registreringsbærer, hvorpå et fjernsynsprogram med 30 minutters varighed er registreret i et ringformet bånd med en indre diameter på 12 cm og en ydre diameter på 27 cm. Aflæsepletten skal derfor forblive meget nøjagtigt centreret på det spor, der skal aflæses, og aflæsestrålebundtet skal altid forblive skarpt fokuseret på informationsstrukturens plan.

For at kunne detektere centrerings- og fokuseringsfejl findes der foruden detektoren 12 to andre detektorer 13 og 14. Disse tre detektorer er for eksempel anbragt i den plan u, hvori den faktiske udgangsåbning for objektivsystemet afbildes ved hjælp af en hjælpelinse 23, således som vist med punkterede linier. For

nemheds skyld er kun billedet a' af et punkt a af udgangspupillen angivet i fig. 1 med punkterede linier. Detektorerne kan også være anbragt i en anden plan, forudsat at de forskellige diffraktionsordener kan skelnes tilstrækkeligt godt i planen. Generelt antages det, at detektorerne er anbragt i "fjernfeltet" for informationsstrukturen.

Signalerne, der afgives fra detektorerne 13 og 14 kan adderes og behandles videre i et elektronisk kredsløb 21. På udgangen af dette kredsløb fås et styresignal S_r , som tilføres et skematisk vist drivorgan 22, der kan være af i og for sig kendt art, og som er i stand til at vippe spejlet 9, som angivet med pilen 10 i fig. 1.

De elektriske signaler fra detektorerne 13 og 14 kan også tilføres en elektronisk kreds 18, hvori de subtraheres og behandles videre til et styresignal S_f . Dette styresignal kan for eksempel tilføres et organ 19, som også er vist skematisk og kan være af i og for sig kendt art, til at bevæge objektivsystemet i vertikal retning, således som angivet med pilen 20 i fig. 1.

I det følgende omtales indflydelsen af fokuserings- og centreringsfejl på signalerne, der afgives fra detektorerne 13 og 14. For enkelhedens skyld antages det, at registreringsbæreren er strålingstransmitterende. De efterfølgende betragtninger gælder imidlertid også for en strålingsreflekterende registreringsbærer.

Registreringsbærerens informationsstruktur, som består af spor, der igen består af en mængde korte områder, kan betragtes som et todimensionalt diffraktionsgitter. Fig. 2 viser en del af dette gitter i overensstemmelse med et tværsnit i retning på tværs af sporene 3.

Gitteret g deler aflæsestrålebundtet b i et bundt $b(0,0)$ af nul'te orden og to bundter $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$ af første orden samt et antal bundter af højere orden, hvilket ikke er vist. Bundtet af nul'te orden indeholder i sig selv ingen information om positionen af gitteret. Denne information er fordelt over bundterne af de andre ordener. Når pupillen af linsen L er tilstrækkelig stor, danner alle ordenerne tilsammen et nøjagtigt billede g' af gitteret g i billedplanen for denne linse. I nævnte billedplan kan de enkelte ordener ikke skelnes. I planen v for udgangspupillen for linsen L er ordenerne imidlertid mere eller mindre adskilt. Fig. 3 viser situationen i denne plan.

Cirklen 30 med sit centrum 33 i fig. 3 repræsenterer tværsnittet af strålebundtet $b(0,0)$ i planen for udgangspupillen, og cirklerne 31 og 32 repræsenterer tværsnittene af bundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$. Afstandene mellem centrene 34 og 35 for cirklerne 31 og 32 fra centret 33 er bestemt af perioden p_r af informationsgitteret dannet af sporene. Vinklen β , (fig. 2) mellem hovedstrålen i strålebundtet $b(0,0)$ og hovedstrålerne i strålebundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$ er bestemt ved

$$\sin \beta = \frac{\lambda}{p_r}$$

hvor λ repræsenterer bølgelængden af strålingen i aflæsestrålebundtet.

I de skraverede områder i fig. 3 overlapper strålebundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$ delvis strålebundtet $b(0,0)$, og der optræder interferens. Som følge af fokuseringsfejl og centreringsfejl optræder der variationer i faserne af strålebundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$. Dette resulterer i intensitetsvariationer i den effektive udgangspupil, hvilke variationer kan måles med passende anbragte detektorer.

Foruden de bundter, der er vist i fig. 2, vil der optræde bundter af ordenen $(+1,0)$ og $(-1,0)$, når informationsstrukturen belyses. Tværsnittene af disse strålebundter i planen for udgangspupillen er cirkler med centre 36 og 37 og med samme radius som cirklerne 30, 31 og 32. Disse strålebundter forårsages af informationsområderne i sporene. Fasevariationerne i disse strålebundter som følge af bevægelsen af områderne i forhold til aflæsestrålebundtet har høj frekvens, f.eks. 1-10 MHz, og deres indflydelse på de lavfrekvente fokuserings- og centreringsfejlsignaler i f.eks. frekvensområdet 0-30 KHz er ubetydelig.

Fig. 3 er en forholdsvis god repræsentation af situationen, når en informationsstruktur med en periode p_r på $1,66 \mu\text{m}$ aflæses med helium-neonlaserstråling med en bølgelængde på $0,63 \mu\text{m}$, og hvor der anvendes et objektiv med en numerisk apertur $N.A. = 0,4$. Overlappingsområdet for de tre ordener omkring punktet 33 er forholdsvis lille.

Fig. 4a, 4b, 4c og 4d viser variationen af faserne for bundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$ i forhold til fasen af strålebundtet $b(0,0)$. Den elektriske feltvektor $\vec{E}_{0,0}$ af strålebundtet $b(0,0)$ drejer med lysets frekvens, hvilket også er tilfældet for den elektriske feltvektor for strålebundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$. For en specifik position af centret af aflæsepletten i forhold til midten af det spor, der skal aflæses, har strålebundtet $b(0,+1)$ en fasevektor $\vec{p}$, der danner en vis vinkel med vektoren $\vec{E}_{0,0}$. Strålebundtet $b(0,-1)$ har så en fasevektor $\vec{q}$ med samme vinkel som vektoren $\vec{p}$. Når aflæsepletten bevæges hen over informationsmønsteret på tværs af sporene, f.eks. fra venstre mod højre i fig. 2, vil fasevinklen for bundtet $b(0,+1)$ aftage, medens fasevinklen for bundtet $b(0,-1)$ vil stige. Følgelig vil vektorerne $\vec{p}$ og $\vec{q}$ dreje i modsatte retninger.

Idet man går ud fra en begyndelsessituation som vist i fig. 4a, vil den situation, der er vist i fig. 4b, optræde, efter at aflæsepletten er bevæget et stykke, som svarer til en fjerdedel af sporperioden p_r . Fig. 4c viser situationen, efter at aflæsepletten er bevæget et stykke lig med det halve af en sporperiode p_r , og fig. 4d viser situationen, efter at en afstand er tilbagelagt, som er lig med tre fjerdedele af sporperioden p_r . Efter at aflæsepletten er bevæget en hel sporperiode p_r , genoprettes den situation, der er vist i fig. 4a.

Komponenten af vektoren $\vec{p}$ i retning af vektoren $\vec{E}_{0,0}$ stiger fra et minimum til

0, fig. 4b, bliver så et maksimum, fig. 4c, og bliver til slut 0 igen. Komposanten af vektoren $\vec{q}$ i retning af vektoren $\vec{E}_{0,0}$ udviser samme variation. Når aflæsepletten bevæges i retning på tværs af sporene, vil der skiftevis optræde konstruktiv og destruktiv interferens i de fælles områder for cirklerne 30 og 31 og for cirklerne 30 og 32. Ved måling af strålingsintensiteten med en strålingsfølsom detektor, der er anbragt i et af de fælles områder og ved sammenligning med en referenceværdi, kan centreringsgraden for aflæsepletten bestemmes.

I fig. 4a er en specifik udgangsposition antaget for fasevektorerne $\vec{p}$ og $\vec{q}$. Denne udgangsposition er bestemt af en optisk egenskab ved informationsstrukturen - i tilfælde af en fasestruktur hovedsageligt ved differencen i optisk vejlangde i aflæsestrålebundtet forårsaget af informationsområderne og således også af sporene. Fasevektordiagrammet i fig. 4a gælder for det tilfælde, hvor der aflæses en registreringsbærer, hvis spor forårsager en forskel i optisk vejlangde på en halv bølgelængde af aflæsestrålingen. For en strålingsreflekterende informationsstruktur, som består af fordybninger, og som støder op til luft, vil dette sige, at fordybningerne skal være en kvart bølgelængde dybe. Endvidere skal det bemærkes, at vektordiagrammer som fig. 4a-4d også gælder, når der aflæses en registreringsbærer med et såkaldt sort-hvidt informationsmønster, dvs. et absorptionsmønster.

Faseforskellen mellem strålebundtet $b(0,0)$ og bundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$ i overlappingsområderne i fig. 3 er bestemt ikke alene af naturen af informationsstrukturen og af centreringsgraden, men også af den grad, hvori aflæsestrålebundtet er fokuseret på informationsstrukturens plan. Dette vil blive forklaret under henvisning til fig. 5.

I fig. 5 er vist en del af informationsmønsteret i radiale snit. Aflæsebundtet fokuseres i en plan, der er anbragt i en afstand Δz fra informationsmønsteret. Som følge af denne manglende fokusering fås en yderligere vejlangdeforskel mellem bundtet $b(0,0)$ og bundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$. Kun hovedstrålerne i disse bundter er vist i fig. 5. For en retning, som danner en vilkårlig vinkel med hovedstrålen i bundtet $b(0,0)$, er vejlangdeforskellen mellem bundtet $b(0,0)$ og bundterne $b(0,+1)$ givet ved

$$\Delta w = \Delta z \cos \alpha - \Delta z \cos (\beta - \alpha)$$

For små vinkler α og for en lille vinkelforskel $(\beta - \alpha)$ er vejlangdeforskellen stærkt tilnærmet, dvs. med en nøjagtighed af tredje orden, udtrykt ved

$$\Delta w = \Delta z \left[1 - \frac{\alpha^2}{2} - \left(1 - \frac{(\beta - \alpha)^2}{2} \right) \right]$$

eller

$$\Delta w = \Delta z \frac{\beta^2}{2} - 2\alpha\beta + \frac{\alpha^2}{2}$$

Faseforskellen forårsaget af manglende fokusering i en retning, der danner en

vinkel α med den optiske akse af objektivsystemet er så

$$\Delta\varphi_{\Delta z} = 2\pi \frac{\Delta w}{\lambda} = 2\pi \frac{\Delta z}{\lambda} \beta \left(\frac{\beta}{2} - \alpha\right)$$

Faseforskellen $\Delta\varphi_{\Delta z}$ er en lineær funktion af vinklen α og kan repræsenteres af en ret linie, der går gennem nul for $\alpha = \frac{\beta}{2}$. I fig. 6 er $\Delta\varphi_{\Delta z}$ vist for en specifik værdi af Δz . Hældningen af linien er givet ved: $\text{tg } \gamma = c \cdot \Delta z$, hvor konstanten $c = \frac{2\pi}{\lambda} \beta$. Som følge af fasevariationen, der er vist i fig 6, fås en intensitetsfordeling I, som vist i fig. 7, i udgangspupillen for objektivsystemet. Den rumlige frekvens af den periodiske intensitetsvariation er en funktion af Δz . Afstanden d er omvendt proportional med Δz . Ved stigende fokuseringsfejl vil den rumlige frekvens af intensitetsmønstret stige. Virkningen af en fokuseringsfejl Δz på strålingsintensiteten varierer for forskellige positioner i udgangspupillen.

Fig. 8 viser den totale faseforskel $\Delta\varphi_t$ mellem strålebundtet $b(0,0)$ og strålebundtet $b(0,+1)$ som funktion af vinklen α . Denne totale faseforskel er summen af:

1. den konstante faseforskel $\Delta\varphi_s$ som følge af informationsstrukturens natur (dybden af fordybningerne),
2. faseforskellen $\Delta\varphi_{\Delta r}$, som afhænger af centreringsgraden, hvilken forskel er uafhængig af vinklen α ,
3. faseforskellen $\Delta\varphi_{\Delta z}$, som afhænger af fokuseringsgraden og af vinklen α .

Ved aflæsning af en registreringsbærer må man sørge for, at faseforskellen mellem strålebundtet $b(0,0)$ og strålebundtet $b(0,+1)$ i hele overlappingsområdet så tæt som muligt tilnærmes $\Delta\varphi_s$, dvs. at $\Delta\varphi_{\Delta z}$ og $\Delta\varphi_{\Delta r}$ skal være så tæt ved nul som muligt, fordi aflæsestrålebundtet så er centreret og fokuseret optimalt. En specifik faseforskel $\Delta\varphi_s$ svarer til en specifik strålingsintensitet i overlappingsområdet for disse strålebundter. Om den ønskede fokuserings- og centreringsindstilling er opnået kan i det foreliggende tilfælde, hvor fordybningerne forårsager en faseforskel på π rad, fastslås ved at måle strålingsintensiteten i den ene halvdel af fjernfeltet. Fig. 9 viser et detektorarrangement til dette formål.

I denne figur er - som i fig. 3 - den effektive udgangspupil fra objektivsystemet repræsenteret ved cirklen 30, medens cirklerne 31 og 32 repræsenterer tværnittene af strålebundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$ i udgangspupillens plan. Hvis en reflekterende registreringsbærer aflæses, og objektivsystemet er anbragt i banen for det modulerede strålebundt, vil kun de dele af strålebundterne $b(0,+1)$ og $b(0,-1)$, som falder inden for cirklen 30, overføres. Ifølge en ejendommelighed ved opfindelsen er en første strålingsfølsom detektor D_1 anbragt i fjernfeltet for informationsstrukturen på stedet $p(\beta/2)$, hvilket sted er bestemt af vinklen $\beta/2$. Strålingsintensiteten på denne detektor er uafhængig af fokuseringsgraden. Så længe perioden d er tilstrækkelig stor i forhold til bredden af detektoren D_1 ,

dvs. så længe Δz er lille, vil udgangssignalet fra denne detektor kun afhænge af centreringen af aflæsepletten i forhold til det spor, der skal aflæses. Udgangssignalet fra detektoren D_1 kan sammenlignes med den værdi, som dette signal ville have, hvis der kun var en faseforskel $\Delta \varphi_s$ mellem strålebundterne $b(0,0)$ og $b(0,+1)$. Med det herved dannede styresignal S_r (fig. 1) kan positionen af aflæsepletten korrigeres i forhold til det spor, der skal aflæses, f.eks. ved hjælp af det hældende spejl 9, på en sådan måde, at signalet S_r bliver nul.

Faseforskellen i udgangspupillen er så alene bestemt af $\Delta \varphi_s$ og $\Delta \varphi_{\Delta z}$, som angivet med stiplet linie i fig. 8. Faseforskellen, der hidrører fra manglende fokusering, kan detekteres i overensstemmelse med opfindelsen ved hjælp af en anden detektor (en fokuseringsdetektor) D_2 , som er anbragt ved siden af den første detektor D_1 . Udgangssignalet fra detektoren D_2 kan sammenlignes med den værdi, som dette signal ville have, hvis der kun var en faseforskel $\Delta \varphi_s$ mellem strålebundterne $b(0,0)$ og $b(0,+1)$. Det således opnåede styresignal S_f muliggør korrektion af fokuseringen, f.eks. på den måde, der er vist i fig. 1, indtil signalet S_f er nul. Aflæsestrålebundtet er så også skarpt fokuseret på informationsstrukturen.

En anden fokuseringsdetektor D_3 kan anbringes på den anden side af detektoren D_1 . Ved at addere udgangssignalerne fra detektorerne D_3 og D_2 kan fokuseringsfejlsignalet forøges med en faktor 2, så at der fås et bedre signal/støjforhold.

Den beskrevne fejldetektering kan forbedres væsentligt, når der anvendes en registreringsbærer, hvis spor svinger i informationsstrukturens plan, dvs. udviser periodiske udsving i en retning på tværs af sporene. Amplituden af disse udsving skal være mindre end sporbredden, og perioden i udsvingene skal være væsentligt større end gennemsnitsperioden for fordybningerne i sporene. En sådan registreringsbærer er allerede blevet beskrevet i patentansøgning nr. 5376/74. Som følge af sporenes udsving påtrykkes en ekstra modulation på udgangssignalerne fra detektorerne D_1 , D_2 og D_3 , så at dynamisk detektering er mulig.

Hvis aflæsestrålebundtet ikke er helt centreret på sporet, der skal aflæses, indeholder udgangssignalet fra detektoren D_1 en første komponent med en frekvens på f.eks. 30 kHz, som svarer til den rumlige frekvens af udsvingene. Når aflæsestrålebundtet derimod er korrekt centreret, vil denne første komponent ikke længere findes i det detekterede signal, men der vil være en anden komponent med en frekvens, som svarer til det dobbelte af den rumlige frekvens af udsvingene. Når der anvendes en registreringsbærer med udsvingende spor, kan centreringen af aflæseapparatet i fig. 1 korrigeres, således at den nævnte første komponent forsvinder fra signalet fra detektoren D_1 . Der udføres da såkaldt synkron detektering i kredsløbet 18.

Retningen eller fortegnet for en centreringsfejl kan bestemmes ved at sammenligne faserne af den første komponent med en referencefase. I tilfælde af et fjern-

synsprogram registreret på registreringsbæreren kan man sikre, at sporene kun har udsving på de steder, som svarer til liniesynkroniseringsimpulserne i fjernsynssignalet. Referencefasen til bestemmelse af retningen af en centreringsfejl kan så afledes fra fjernsynssignalet.

Anvendelsen af en registreringsbærer med udsvingende spor muliggør også dynamisk detektering af fokuseringsfejl. Dette kan forklares under henvisning til fig. 10. I denne figur viser kurven 40 intensitetsvariationen $\Delta I_{\Delta z}$ i fjernfeltet for informationsstrukturen for en specifik værdi af manglende fokusering Δz og som en funktion af positionen p i fjernfeltet. Kurven 41 viser intensitetsvariationen i fjernfeltet hidrørende fra svingningen af sporet t . For en strålingsfølsom detektor, der er anbragt til venstre for positionen $p (\beta/2)$, er detektorsignalet s_1 tidsmoduleret i overensstemmelse med kurven 42, medens detektorsignalet s_2 for en detektor, som er anbragt til højre for positionen $p (\beta/2)$ vil variere med tiden i overensstemmelse med kurven 43. Signalerne s_1 og s_2 udviser en faseforskel på 180° . Denne faseforskel vedvarer, så længe aflæsestrålebundtet ikke er skarpt fokuseret på informationsstrukturen, dvs. så længe Δz ikke er nul. Størrelsen og retningen af fokuseringsfejlen kan afledes fra forskellen mellem s_1 og s_2 . Dette differenssignal vil være større for en stor værdi af Δz , idet s_1 og s_2 så er store, og deres forskel vil blive dobbelt så stor som s_1 eller s_2 , når detektorerne anbringes symmetrisk i forhold til positionen $p(\beta/2)$. For små værdier af Δz vil differenssignalet aftage. Differenssignalet vil være nul, når informationsstrukturen er i fokus, for i så tilfælde vil kurven 40 skifte til en ret linie parallel med p -aksen. En fordel ved dette er, at der findes et forholdsvis stort fejlsignal også i tilfælde af små fokuseringsfejl, fordi signalerne s_1 og s_2 trækkes fra hinanden.

Ved aflæsning af en registreringsbærer med udsvingende spor under anvendelse af et detektorarrangement som i fig. 9, korrigeres centreringen først på en sådan måde, at signalet fra detektoren D_1 ikke indeholder nogen komponent med en frekvens, som svarer til den rumlige frekvens af udsvingene. Derefter korrigeres fokuseringen, indtil forskellen mellem signalerne, der afgives fra detektorerne D_2 og D_3 , er nul.

Dynamisk detektering af fokuserings- og centreringsfejl kan også opnås ved periodisk at bevæge aflæsepletten over informationsstrukturen i en retning på tværs af sporene, hvor amplituden af bevægelsen igen skal være lille i forhold til bredden af sporene. En sådan bevægelse, som kan opnås ved periodisk at bevæge det hældende spejl 9 i det i fig. 1 viste apparat, har samme virkning som udsving af sporene.

I den ovenstående beskrivelse af fokuserings- og centreringsdetekteringen er der kun nævnt strålebundter af første orden. Det er klart, at den gitterlignende informationsstruktur også vil forårsage højere ordens diffraktioner af strålingen. Strålingsenergien i strålebundterne af højere orden er imidlertid forholdsvis

lille, og diffraktionsvinklerne er sådanne, at kun en lille del af strålebundterne af højere orden falder inden for objektivets pupil. For de beskrevne detekteringsmetoder kan man se bort fra strålebundter af højere orden.

Ved det indtil nu beskrevne arrangement skal fordybningerne eller informationsområderne fortrinsvis have en fasedybde π , dvs. forårsage en faseforskel på π radian i aflæsestrålebundtet. Hvis fordybningerne har en anden dybde, kan der optræde en afvigelse i centreringen, uden at nogen fejl detekteres af detektorerne D_1 , D_2 og D_3 . Servosystemet for centreringen udfører da en sådan styring, at centeret af aflæsepletten forbliver i konstant afstand fra midterlinjen i det spor, der skal aflæses.

Ifølge opfindelsen er det muligt at detektere, om informationsområderne har den rette fasedybde π ved, at der i fjernfeltet anbringes en ekstra detektor D_4 , der er vist punkteret i fig. 9. I den højre del af fig. 11 angiver N_1 intensitetsniveauet i den højre del af fjernfeltet, hvis detektorerne D_1 , D_2 og D_3 ingen fejl angiver. Når fordybningerne i informationsstrukturen har en fasedybde, som afviger fra π , vil der findes et andet intensitetsniveau i den venstre del af fjernfeltet, angivet med N_2 . Den punkterede linie 44 gennem punktet 33 angiver skillelinjen mellem de nævnte venstre og højre dele. Forskellen mellem niveauerne N_1 og N_2 giver en angivelse af afvigelsen mellem den faktiske fasedybde og fasedybden π for fordybningerne. Denne forskel i intensitetsniveau kan anvendes til ændring af en styrespænding i det centrerende elektroniske servostyringskredsløb på en sådan måde, at aflæsepletten anbringes således i forhold til det spor, der skal aflæses, at intensitetsniveauerne i de venstre og højre dele af fjernfeltet er ens, således som angivet med niveauet N_3 i fig. 11.

Afvigelsen mellem den faktiske fasedybde af fordybningerne og størrelsen π kan efter en sådan styring, at detektorerne D_1 , D_2 og D_3 ikke længere angiver fejl, måles ved at sammenligne udgangssignalerne fra detektorerne D_4 og D_1 . Hvis registreringsbæreren, som aflæses, har svingende spor, eller hvis aflæsepletten under aflæsningen periodisk bevæges i retning på tværs af sporene, kan den nævnte afvigelse også afledes fra signalet fra detektoren D_4 alene, nemlig fra kvotienten $c(\Omega)/c(2\Omega)$. Størrelserne $c(\Omega)$ og $c(2\Omega)$ er komponenterne af detektorsignalet med frekvensen Ω og 2Ω , hvor Ω svarer til den rumlige frekvens af sporudsvingene eller til den frekvens, hvormed aflæsepletten bevæges.

Den ekstra styring ved hjælp af detektoren D_4 vil ikke være strengt nødvendig, når der kun skal aflæses registreringsbærere af en specifik type, som alle antages at have en specifik fasedybde. Forholdsvis store afvigelser i fasedyberne for fordybningerne kan optræde, uden at aflæseprocessen forringes. Kun når disse afvigelser nærmer sig det halve af den ønskede fasedybde, vil korrekt aflæsning ikke længere være mulig. Sådanne store afvigelser vil næsten aldrig optræde med den moderne teknik, der anvendes ved fremstillingen af registreringsbærere. Den ekstra

styring er derfor bestemt til at muliggøre aflæsning ikke alene af registreringsbærere med en fasedybde π , men også andre registreringsbærere, som har en bevidst afvigende fasedybde. Når registreringsbæreren først aflæses, bestemmes fasedybden først på den tidligere beskrevne måde, og styrespændingen i servosystemet for centreringen indstilles. Denne indstilling forbliver derefter uændret under aflæsningen af hele informationsstrukturen.

Det er klart, at de samme situationer fås i de venstre og de højre dele af fjernfeltet. Følgelig kan det i fig. 9 viste arrangement ændres på en sådan måde, at detektorerne D_1 , D_2 og D_3 er anbragt i den venstre del, og detektoren D_4 i den højre del. Positionen af detektoren D_4 i sin halvdel af fjernfeltet og dennes dimensioner er ikke kritiske. I fig. 9 er denne detektor blot vist i positionen $p(-\beta/2)$ som et eksempel.

Indtil nu er det antaget, at detektorerne har rektangulær form, f.eks. som i fig. 12a. Med disse detektorer detekteres en intensitetsvariation i overensstemmelse med fig. 7, hvor den rumlige frekvens af intensitetsvariationen er en funktion af Δz og således variabel. Responsen eller Fourier-transformationen for en rektangulær detektor med en bredde e over for en sådan intensitetsvariation som funktion af den rumlige frekvens ($1/d$) er vist med kurven 45 i fig. 12b af $\frac{\sin x}{x}$ -form. Ved en frekvens $1/e$ går kurven gennem nul, idet detektoren så altid vil "se" én periode af intensitetsvariationen og vil altid modtage den samme mængde stråling uafhængigt af fasen af intensitetsmønsteret og således uafhængigt af centreringen. Når den rumlige frekvens af intensitetsmønsteret i fig. 7 bliver mindre end $1/e$, fås en negativ del af kurven 45 i fig. 12b. Dette vil sige, at det centrerede servosystem vil styre i den forkerte retning, og at en eventuel centreringsfejl forøges. Det er muligt, at servosystemet kan holde midten af aflæsepletten i fast afstand fra midterlinien af det spor, der aflæses.

For at undgå dette problem er det ifølge opfindelsen muligt at anvende en detektor D' med trekantet form, se fig. 13a. Responsen af en sådan detektor over for det i fig. 7 viste intensitetsmønster er en firkantfunktion, specielt en $\left(\frac{\sin x}{x}\right)^2$ -funktion, se fig. 13b. Kurven 46 har ingen negative dele, og der er ingen risiko for, at servostyringen til centreringen vil arbejde i den forkerte retning.

Detektorsystemet til bestemmelse af fokuserings- og centreringsfejl behøver ikke at bestå af særskilte fokuseringsdetektorer og særskilte centreringsdetektorer. Fig. 14a og 14b viser forskellige foretrukne udførelsesformer for rektangulære og trekantformede detektorer. Systemet består af to over for hinanden anbragte detektorer 50-51 og 52-53, som er anbragt i eller næsten i position $p(\beta/2)$. Signalerne fra detektorerne 50, 51 og 52, 53 tilføres både en additionskreds 54 og en differensforstærker 55. På udgangen af kredsen 54 fås et signal s' , hvor-

med centreringen kan korrigeres, og på udgangen af differensforstærkeren 55 fås et signal s'' , hvormed fokuseringen kan korrigeres.

Som tidligere angivet bør bredden e af detektoren i fig. 12a ikke være lig med den rumlige periode d for intensitetsmønstret, idet centreringsstyringen i så tilfælde ikke længere vil fungere. For store fokuseringsfejl er d lille, og for et stort styreområde skal der vælges en smal detektor. For små fokuseringsfejl er d imidlertid stor, og for nøjagtig detektering bør detektoren være bred. For at opfylde disse modstridende krav er det ifølge opfindelsen muligt at anvende et detektorsystem som vist i fig. 15. Dette system, der er en særlig udførelsesform for det i fig. 14b viste detektorsystem, består af to detektorer 52 og 53, som hver er delt i to underdetektorer A_1 og a_1 samt A_r og a_r . Signalerne fra detektorerne a_1 og A_1 samt signalerne fra detektorerne a_r og A_r kan adderes til hinanden eller holdes adskilt, hvilke muligheder skematisk er repræsenteret med afbrydere 56 og 57.

Når en stor fokuseringsfejl måles, afbryder afbryderne 56 og 57 kredsløbet, og styringen sker ved hjælp af signalerne fra detektorerne a_1 og a_r alene. Når fokuseringsfejlen aftager under en vis værdi, slutter afbryderne 56 og 57, og hele det strålingsfølsomme område for detektorerne 52 og 53 udnyttes.

Ved anvendelsen af et detektorsystem som vist i fig. 15, hvor den største bredde af detektorerne 52 og 53 var $850 \mu\text{m}$ og for underdetektorerne a_1 og a_r $425 \mu\text{m}$, kunne fokuseringsfejl op til et maksimum på $45 \mu\text{m}$ detekteres ved hjælp af detektorerne a_1 og a_r . Når fokuseringsfejlen blev mindre end $10 \mu\text{m}$, blev delene A_1 og A_r indkoblet.

Det er klart, at et rektangulært detektorsystem som vist i fig. 14a også kan opdeles på samme måde som vist i fig. 15.

Fokuserings- og centreringsdetektorerne dækker kun en lille del af fjernfeltet for informationsstrukturen. Den øvrige del af dette fjernfelt kan dækkes med den detektor, hvormed den registrerede information, f.eks. et fjernsynsprogram, aflæses, eller med andre ord af den detektor, hvormed interferensen mellem strålebundtet $b(0,0)$ og strålebundterne $b(+1,0)$ og $b(-1,0)$ måles. I fjernfeltet for informationsstrukturen kan der så anbringes en rund strålingsfølsom detektor, hvis diameter er lig med eller større end strålebundtets diameter på det sted, hvor detektoren er placeret, hvilken detektor har adskilte strålingsfølsomme sektioner D_1 og D_c , som vist i fig. 16. Sektionen D_1 tjener til aflæsning af informationen, der er registreret på registreringsbæreren, og sektionen D_c , der kan have form som det i fig. 15 viste detektorsystem, afgiver fokuserings- og centreringsfejl-signaler. Som en anden mulighed kan der findes en anden særskilt detektorsektion D_4 .

Detektorsektionen D_1 har et forholdsvis stort areal. For at muliggøre aflæsning af højfrekvensinformation med en detektor, der har stor kapacitet pr. flade-

enhed, kan der vælges et arrangement som vist i fig. 17. Systemet 52, 53 til detektering af fokuserings- og centreringsfejl er anbragt i fjernfeltet for informationsstrukturen, medens højfrekvensinformationsdetektoren 12 er anbragt i eller tilnærmelsesvis i den plan, hvori informationsstrukturen afbildes. Det er imidlertid også muligt at anvende en såkaldt PIN-fotodiode som detektor i det i fig. 16 viste arrangement. Denne diode har en lav kapacitet pr. fladeenhed. Fordelen ved en stor detektor er, at den ikke skal indstilles så nøjagtigt som en lille detektor.

I det i fig. 17 viste arrangement kan der være indskudt et halvgennemsigtigt spejl i strålegangen til detektoren 12, og detektorerne 52 og 53 kan anbringes i vejen for den stråling, som reflekteres af spejlet.

P A T E N T K R A V

1. Apparat til aflæsning af en flad registreringsbærer (1), hvorpå information, f.eks. video- og/eller audioinformation, er registreret i en optisk aflæselig informationsstruktur, der omfatter et antal spor (3), hvilket apparat indeholder en strålekilde (6), et objektivsystem (11) til at overføre strålingen fra strålekilden via registreringsbæreren til et strålingsfølsomt informationsdetektorsystem (12), der omdanner det fra strålekilden kommende og med informationsstrukturen modulerede aflæsestrålebundt til et elektrisk signal, hvilket apparat endvidere indeholder et opto-elektronisk system til detektering af fokuserings- og centreringsfejl, hvorhos mindst to strålingsfølsomme detektorer (13, 14) i detektorsystemet er forbundet til elektroniske kredsløb (18, 21) til afledning af styresignaler til korrigerende af henholdsvis fokuseringen af objektivsystemet (11) og centreringen af aflæsepletten i forhold til den spordel, der skal aflæses, k e n d e t e g n e t ved, at det opto-elektroniske detekteringssystem er anbragt i fjernfeltet for informationsstrukturen ved den ene side af en plan, som er dannet af den optiske akse for objektivsystemet (11) og en linie, som er parallel med midterlinjen af den spordel, der skal aflæses, hvorhos detekteringssystemet er beliggende i et område omkring det punkt, hvori den linie, som danner en vinkel på $\beta/2$ med den optiske akse, skærer detektorernes plan, hvor β er den vinkel, i hvilken strålebundtet af første orden bøjes ved diffraktion i retning på tværs af sporene.

2. Apparat ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der i fjernfeltet for informationsstrukturen er anbragt en yderligere strålingsfølsom detektor (D_4) på den anden side af den nævnte plan, som er dannet af den optiske akse for objektivsystemet (11) og en linie parallel med midterlinjen i den spordel, der skal aflæses.

3. Apparat ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at det opto-elektroniske detekteringssystem omfatter en første strålingsfølsom detektor (D_1), som er anbragt i hovedsagen i det punkt (p ($\beta/2$)), hvori den linie, som danner en vinkel på $\beta/2$ med den optiske akse, skærer detektorernes plan, hvilken første detektors udgangssignal angiver en centreringsfejl, og en anden strålingsfølsom detektor (D_2), som er anbragt ved siden af den første detektor, og hvis udgangssignal angiver en fokuseringsfejl.

4. Apparat ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at det opto-elektroniske detekteringssystem omfatter en tredje strålingsfølsom detektor (D_3), hvis udgangssignal angiver en fokuseringsfejl, hvorhos den anden og den tredje detektor (D_2 , D_3) er anbragt på hver sin side af den førstnævnte detektor (D_1) og har deres udgange forbundet til en additionskreds.

5. Apparat ifølge krav 4, hvor aflæsepletten og sporene under aflæsningen

periodisk bevæges i forhold til hinanden i retning på tværs af sporene, k e n - d e t e g n e t ved, at udgangene af den anden og den tredje strålingsfølsomme detektor er forbundet til en differensforstærker.

6. Apparat ifølge krav 1 eller 2, hvor det opto-elektroniske detekterings-system udgøres af to detektorer, k e n d e t e g n e t ved, at de to detektorer (52, 53) hver er trekantformede, og at en grænselinie for detektorerne er effektivt parallel med midterlinien i den spordel, der skal aflæses, og er beliggende i et område omkring det punkt, hvori den linie, som danner en vinkel $\beta/2$ med den optiske akse, skærer detektorernes plan, medens de to andre grænselinier for detektorerne effektivt danner en spids vinkel med midterlinien af den spordel, der skal aflæses, hvorhos udgangene fra hver af detektorerne (52, 53) er forbundet til en differensforstærker (55) og til en sumforstærker (54), hvor differensforstærkeren afgiver et fokuseringsfejlsignal og sumforstærkeren et centreringsfejlsignal.

7. Apparat ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at hver af detektorerne (52, 53) er delt i to underdetektorer ($A_1, a_1; A_r, a_r$), hvor delelinierne effektivt danner en mere spids vinkel med midterlinien i den spordel, der skal aflæses, end grænselinierne for den sammensatte detektor.

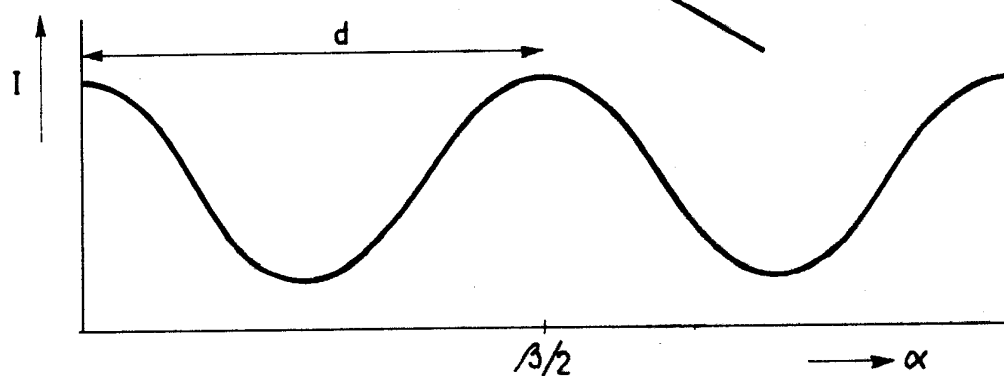
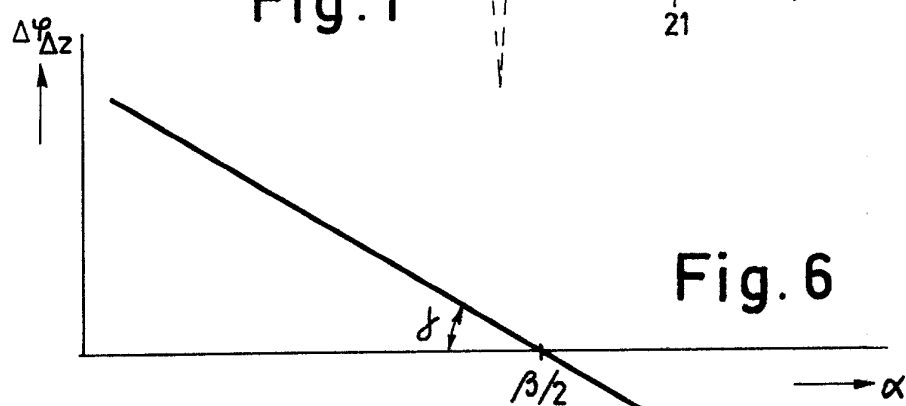
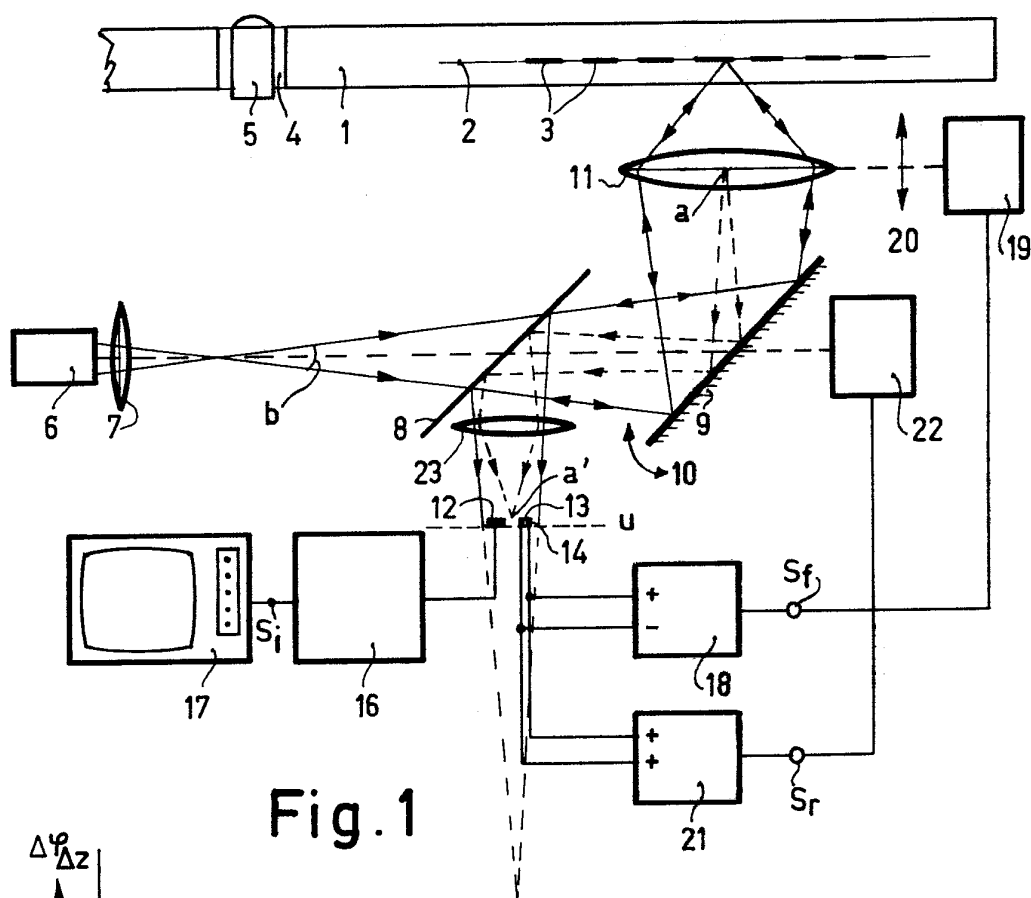
8. Apparat ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, k e n d e t e g n e t ved, at der i fjernfeltet for informationsstrukturen er anbragt en integreret strålingsfølsom detektor, som har dimensioner, der i det mindste er lig med stråletværsnittet på det sted, hvor detektoren er anbragt, hvilken detektor indeholder indbyrdes adskilte detektorsektioner (D_1, D_c), hvoraf en første, forholdsvis stor sektion (D_1) udgør informationsdetektorsystemet, og en anden, mindre sektion (D_c) afgiver fokuserings- og centreringsfejlsignaler.

9. Apparat ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t ved, at den integrerede detektor udgøres af en PIN-fotodiode.

10. Apparat ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, k e n d e t e g n e t ved, at detektorerne (52, 53) i det opto-elektroniske detekteringsystem er anbragt i en plan, som ligger nærmere ved objektivsystemet (11) end den plan, hvori informationsdetektoren (12) er anbragt.

Fremdragne publikationer:

Danske ans.nr. 1071/72 (patent 132974), 2530/73 (patent 132596)
Tysk offentliggørelsesskrift nr. 2409893.



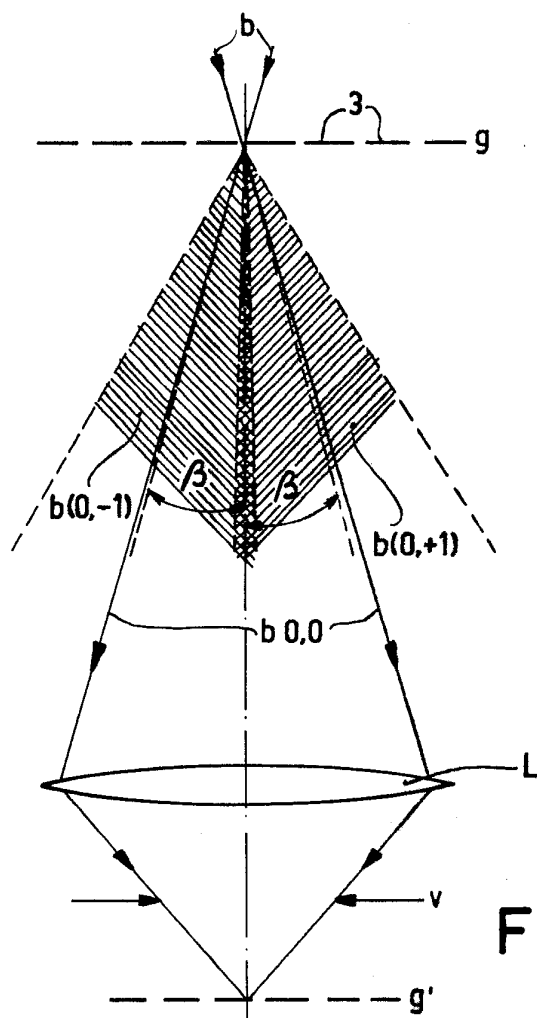


Fig. 2

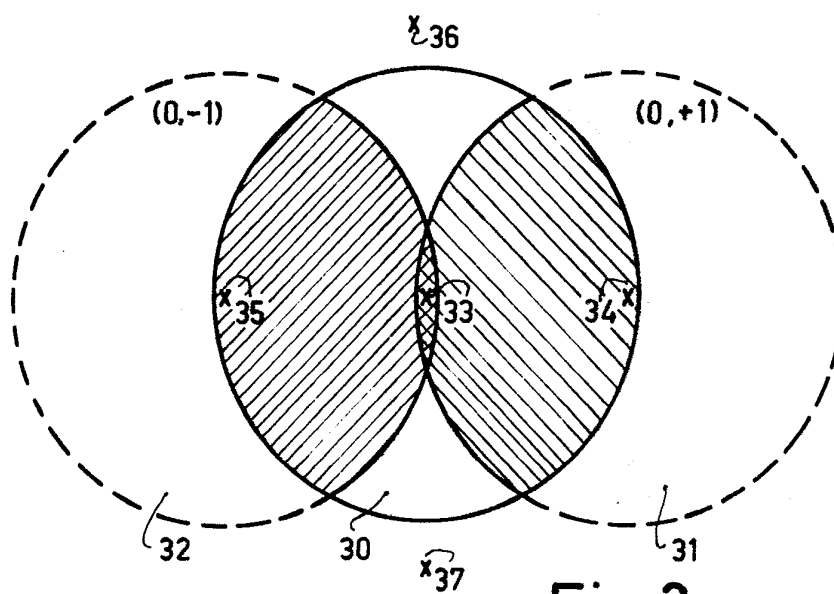


Fig. 3

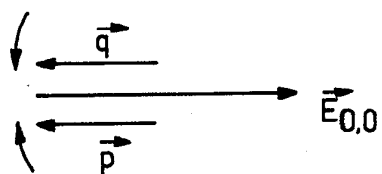


Fig. 4a

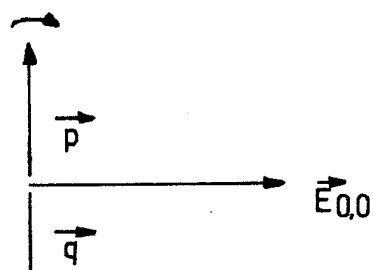


Fig. 4b

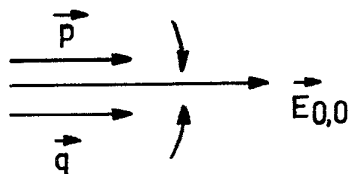


Fig. 4c

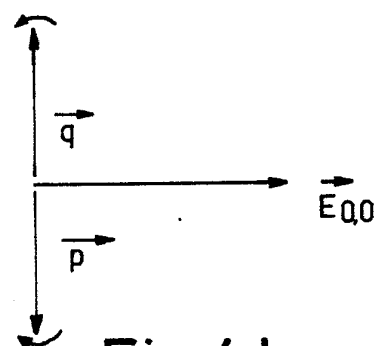


Fig. 4d

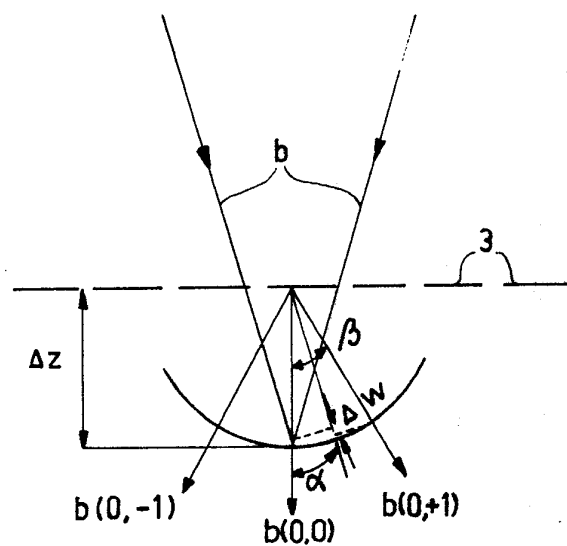


Fig. 5

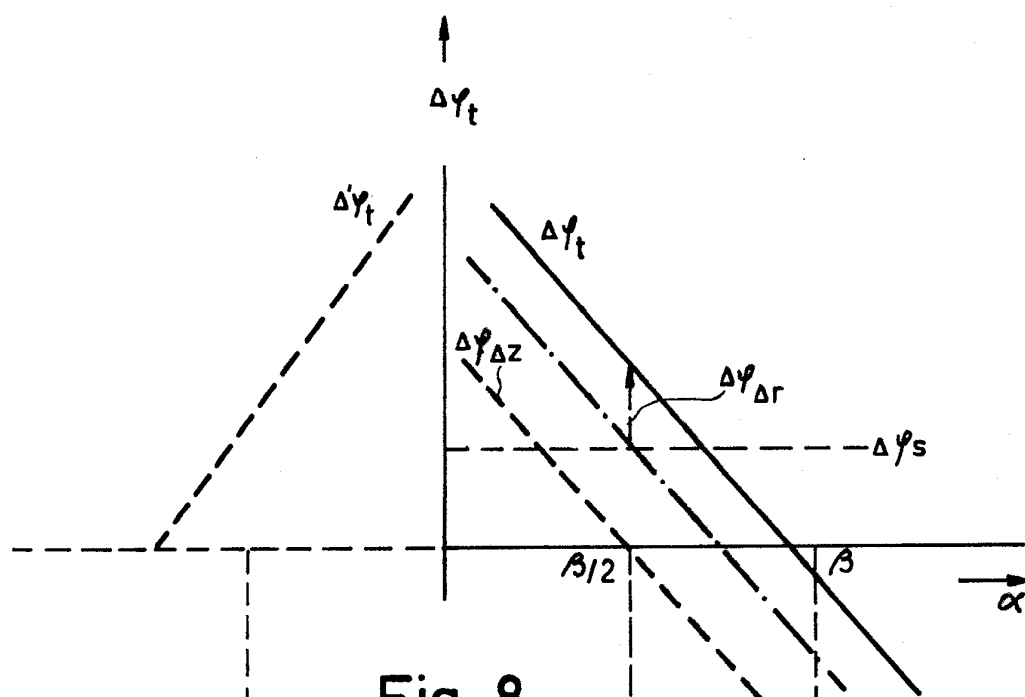


Fig. 8

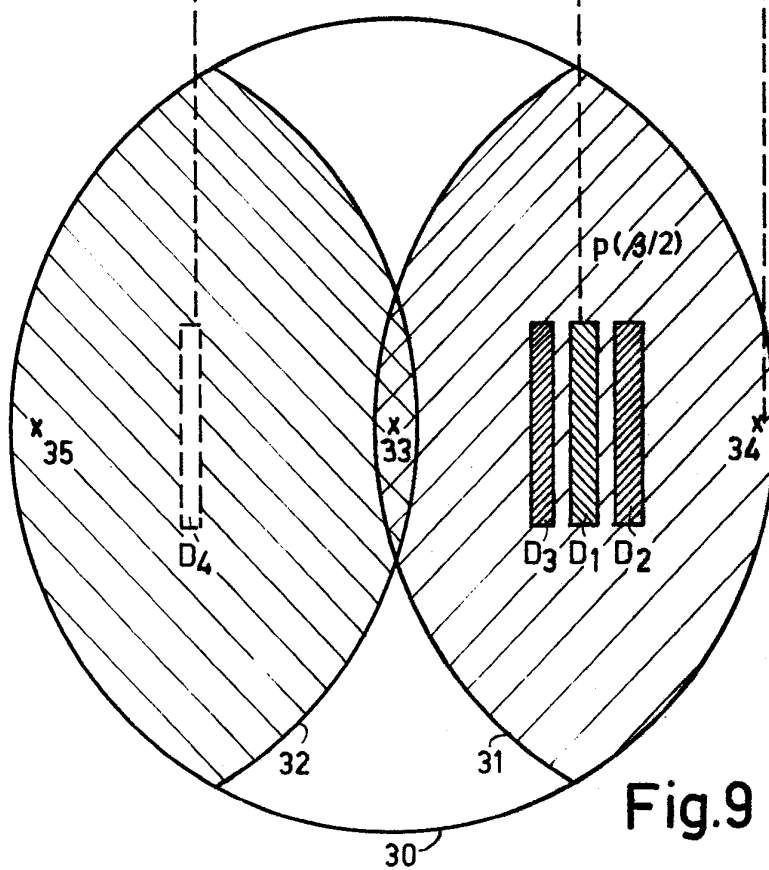


Fig.9

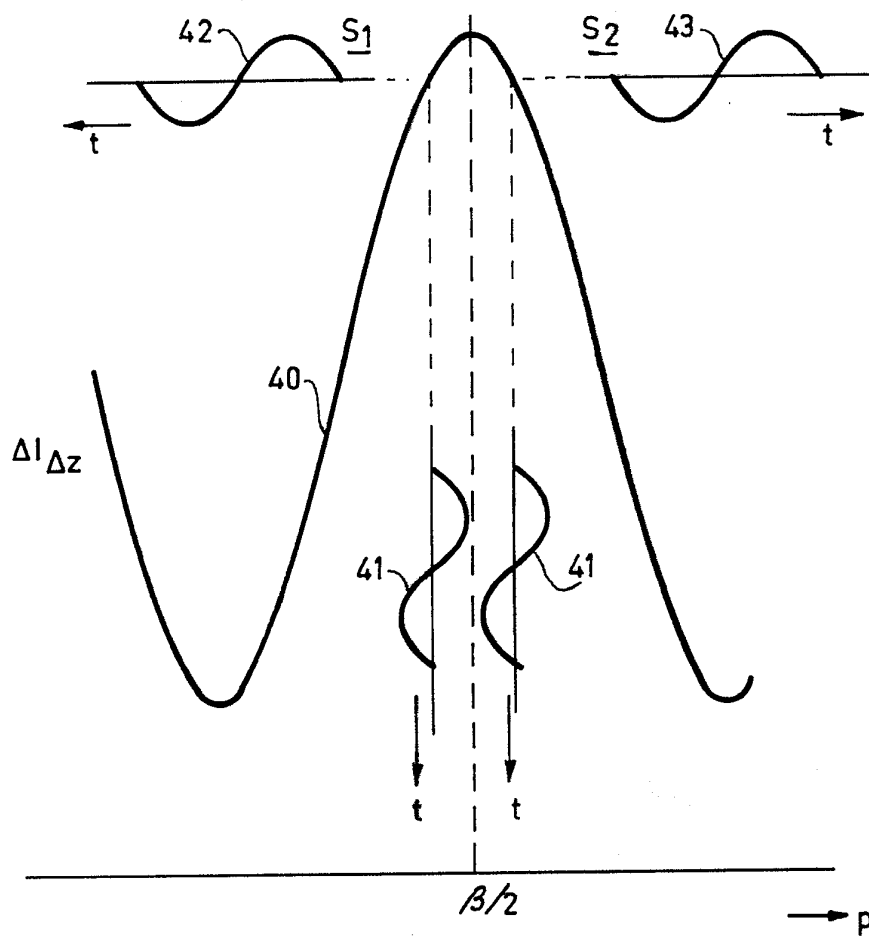


Fig. 10

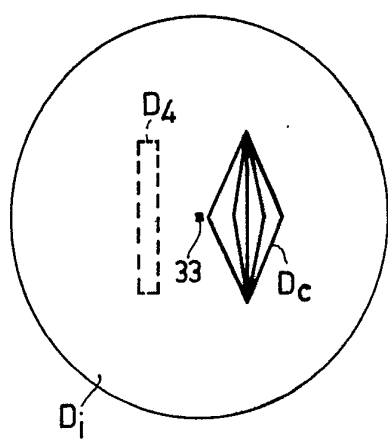


Fig. 16

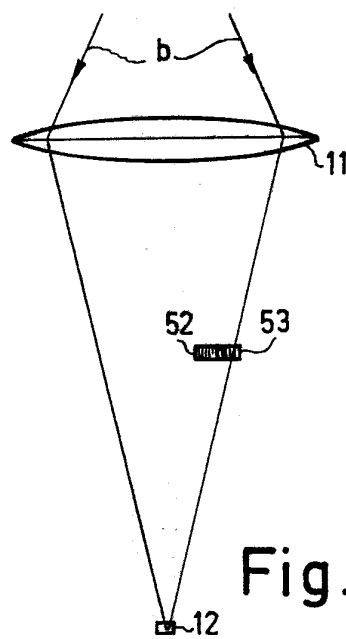


Fig. 17

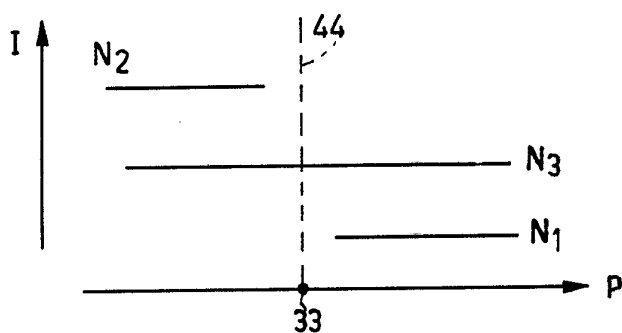


Fig. 11

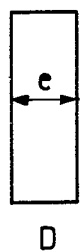


Fig. 12a

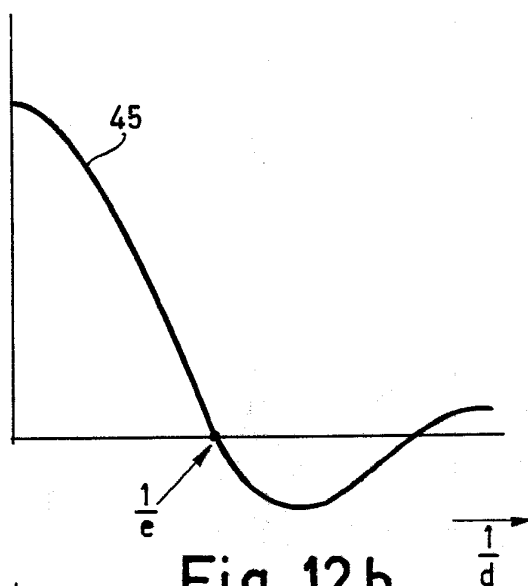


Fig. 12b



Fig. 13a

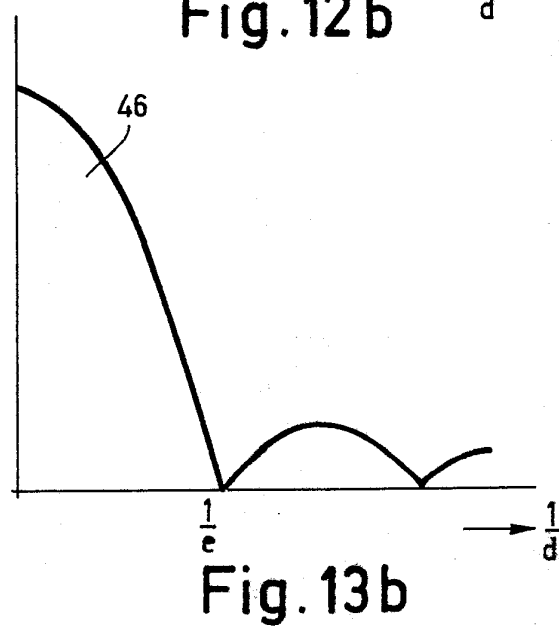


Fig. 13b

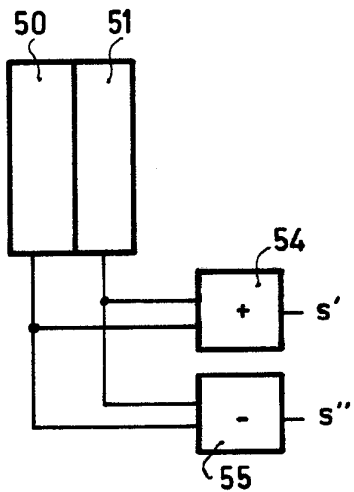


Fig. 14a

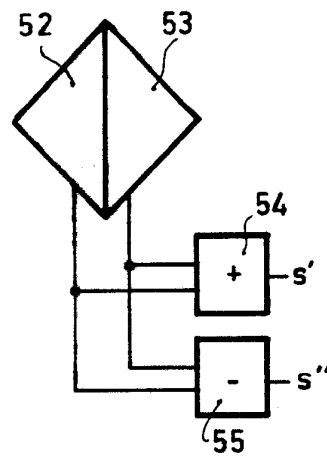


Fig. 14b

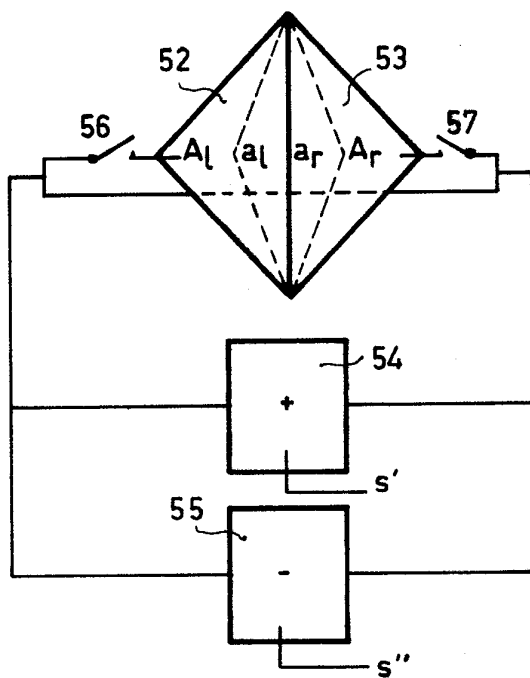


Fig. 15