



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 5758/84

(51) Int.Cl.⁵ G 02 B 3/04

(22) Indleveringsdag: 04 dec 1984

(41) Alm. tilgængelig: 08 jun 1985

(44) Fremlagt: 28 jan 1991

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 07 dec 1983 NL 8304213

(71) Ansøger: N.V. *Philips' Gloellampenfabrieken; Groenewoudseweg 1; 5621 BA Eindhoven, NL

(72) Opfinder: Josephus Johannes Maria *Braat; NL, Albert *Smid; NL

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Enkeltlinse med en asfærisk flade

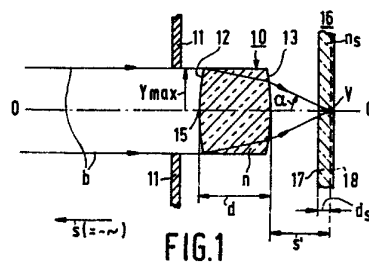
(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammen drag:

5758-84

Enkeltlinse (10) til dannelsen af en skanderingsplet (V) på en informationsflade (18) på en registreringsbærers (16) transparente underlag (17). Linsen (10) har en asfærisk flade (12) og en sfærisk eller eventuelt plan flade (13). Linsefladernes krumning og linsens tykkelse (d) har sådanne værdier, at der opnås kompensering for aberrationer, der forårsages af underlaget (17).

5758-84



Opfindelsen angår en enkeltlinse med en asfærisk flade til dannelselse af en diffraktionsbegrænset strålingsplet til skandering af en informationsflade på en transparent registreringsbærer, der har en tykkelse på ca.

- 5 1,2 mm, og igennem hvilken det strålingsplet-dannende strålebundt passerer. Opfindelsen angår også en optisk skanderingsenhed udstyret med en sådan linse. Når der her tales om en tykkelse på omkring 1,2 mm skal forstås en tykkelse på $1,2 \pm 0,3$ mm.

- 10 Fra beskrivelsen til FR-A 2509478

kender man en enkeltlinse, der har en sfærisk flade og en asfærisk flade, dvs. en såkaldt mono-asfærisk linse, der har et bredt diffraktionsbegrænset felt og en relativt stor numerisk apertur ($N.A. > 0,25$). Udformningen af denne linse beror på den erkendelse, at hvis der kræves stor numerisk apertur, ser man med vilje bort fra coma af tredje orden og kompenserer med coma af højere orden, således at den mono-asfæriske linse stadigvæk kan have et relativt bredt diffraktionsbegrænset felt.

- 20 En relativt stor numerisk apertur og et forholdsvis bredt diffraktionsbegrænset felt kræves især, når den mono-asfæriske linse skal anvendes som objektivlinse i en optisk skanderingsenhed, med hvilken der aflæses eller registreres i informationsfladen på en optisk registreringsbærer. Informationsfladen skal skanderes med
- 25 en meget lille strålingsplet med en diameter på ca. $1 \mu\text{m}$. Objektivet skal dog have et bredt diffraktionsbegrænset felt for at sikre, at der dannes en skarp strålingsplet på punkter, der radialt er forsat for objektivets optiske akse, hvilket er nødvendigt for at tilgodese korrektion af små positionsafvigelser af strålingspletten i forhold til spormønsteret på informationsfladen.
- 30

Ved aflæsning fra og/eller registrering på en optisk registreringsbærer er det hensigtsmæssigt at lade

35 bundtet, der fokuseres på informationsfladen, passere gennem den transparente bærer. Denne bærer, der i sig

selv har en given tykkelse, virker da som beskyttende lag, der holder støvpartikler, fingermærker, ridser og lignende i betydelig afstand fra informationsfladen, således at læse- og/eller registreringsprocessen ikke påvirkes af sådanne partikler m.v.

Den mono-asfæriske linse ifølge det ovenfor omtalte FR-A 2509478 er udformet til billeddannelse i frit rum og er derfor ikke så velegnet til aflæsning fra og/eller registrering i informationsfladen gennem registreringsbæreren.

Opfindelsen tager sigte på en enkeltlinse med en asfærisk flade, der er yderst velegnet til denne funktion. Udformningen af linsen beror på den erkendelse, at når der foretages billeddannelse gennem en transparent plade, må der i krumningerne af linsefladerne og i linsetykkelsen tages højde for den af pladen forårsagede sfæriske aberration.

Ifølge opfindelsen er den mono-asfæriske linse ejendommelig ved, at formfaktoren C_2/C_1 og linsefaktoren $F = \frac{d}{(n-1) \cdot f}$ indbyrdes står i følgende forhold:

$$\frac{C_2}{C_1} = a \cdot F^2 + b \cdot F + c$$

for linseforstørrelser på mellem $M = 0$ og $M = 0,222$, og at værdierne af koefficienterne a , b og c for disse forstørrelser og af linsefaktoren F for forskellige værdier af den numeriske apertur N.A. og af brydningsindekset n for linsematerialet er som angivet i følgende tabeller:

M = 0	N.A. = 0,40			N.A. = 0,45			N.A. = 0,50			F
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
n = 1,50	-0,63	0,75	-0,47	-0,50	0,60	-0,41	-0,25	0,15	-0,16	0,8-1,5
n = 1,75	-2,13	3,60	-1,62	-1,50	2,40	-1,03	-1,25	2,00	-0,85	0,7-1,5
n = 2,00	-4,13	7,50	-3,27	-3,13	5,60	-2,35	-2,50	4,40	-1,76	0,7-1,5
M = -0,222	N.A. = 0,40			N.A. = 0,45			N.A. = 0,50			F
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
n = 1,50	-0,38	0,33	-0,42	-0,38	0,43	-0,45	-0,38	0,53	-0,49	0,8-1,35
n = 1,75	-0,50	0,30	-0,25	-0,38	0,18	-0,19	-0,25	0,05	-0,14	0,6-1,35
n = 2,00	-0,63	0,38	-0,11	-0,63	0,48	-0,16	-0,63	0,53	-0,17	0,4-1,35

hvor d er linsens aksiale tykkelse, f linsens brændvidde, C_1 den asfæriske flades paraxiale krumning og C_2 den anden linseflades krumning, idet den asfæriske flade er udformet således, at linsen er fri for sfærisk aberration.

5 Linsens aksiale tykkelse er tykkelsen målt langs linsens optiske akse. Den asfæriske flades paraxiale krumning er krumningen på det sted, hvor den optiske akse skærer denne flade.

Den asfæriske flade defineres utvetydigt ved den
10 paraxiale krumning. De andre punkter af den asfæriske flade beregnes i henhold til det kriterium, at linsen må være fri for sfærisk aberration, hvilket betyder, at den optiske banelængde er den samme for samtlige stråler fra det på akse beliggende objektpunkt til det på akse
15 beliggende tilsvarende billedpunkt.

I al almindelighed er det ikke muligt at finde analytiske udtryk for koordinaterne for den ønskede asfæriske flade. Med en moderne computer er det imidlertid muligt for et antal stråler i forskellige afstande
20 fra den optiske akse på iterativ måde at sørge for, at banelængderne er ens, dvs. at samtlige billedstråler går igennem ét enkelt punkt.

For at reducere computertiden kan man også bearbejde problemet analytisk så meget som muligt, medens
25 det sidste trin, nemlig løsningen af en transcendent ligning foretages numerisk, jf. E. Wolf Proc. Phys., Soc. 61 494 (1948).

I den sidste ende giver disse metoder en mængde diskrete punkter på den ønskede asfæriske flade. Om ønsket kan man ud fra denne punktmængde tegne en kurve,
30 der repræsenteres af en serieudvikling, hvis koefficienter utvetydigt definerer den asfæriske flade.

En foretrukken udførelsesform for en mono-asfærisk linse i overensstemmelse med opfindelsen med en forstørrelse $M = 0$, en brændvidde $f = 4,5$ mm og en numerisk
35 apertur $N.A. = 0,45$ er ejendommelig ved, at den ikke-asfæriske flade er en plan flade, og at den paraxiale

krumningsradius R for den asfæriske flade opfylder betingelsen

$$\frac{d}{R} = 5,8 n^2 + 23,7n - 22,9.$$

- 5 En yderligere udførelsesform for en mono-asfærisk linse ifølge opfindelsen med en forstørrelse $M = 0$, en brændvidde $f = 4,5$ mm og en numerisk apertur $N.A. = 0,50$ er ejendommelig ved, at den ikke-asfæriske flade er en plan flade, og at den paraxiale krumningsradius R for
10 den asfæriske flade opfylder betingelsen

$$\frac{d}{R} = -5n^2 + 20,5n - 19,8.$$

- Det har overraskende vist sig, at en mono-asfærisk linse med en plan flade i stedet for en sfærisk flade,
15 nemlig en plan-asfærisk linse, også opfylder kravet om en stor numerisk apertur og et bredt diffraktionsbegrænset felt.

- Til sammenligning med en bi-asfærisk linse byder en mono-asfærisk linse på den fordel, at der kun kræves
20 én enkelt asfærisk støbeform til fremstilling af den førstnævnte linse ved presning eller replica-teknik, men en plan-asfærisk linse byder på endnu flere fordele. En plan flade er nemmere at fremstille end en sfærisk flade, og den asfæriske flade på en plan-asfærisk linse nedsæt-
25 ter risikoen for decentrering af linsen. Under samlingen er det kun vinkelpositionen, der skal justeres.

- Det skal bemærkes, at idéen om at anvende en enkelt linse med én asfærisk flade og én plan flade allerede er blevet foreslået tidligere. I denne forbindelse
30 kan der henvises til US patentskrift nr. 2.530.397, der beskriver en linse med en plan frontflade og en bagflade i form af en anden orden-frembragt flade. Denne linse må imidlertid kombineres med en åbning i en vis afstand fra selve linsen. Hovedformålet med asfæriciteten er at gøre
35 linsen ikke-astigmatisk. Foranstaltninger for at gøre linsen fri for coma eller sfærisk aberration er ikke om-

talt. Desuden har linsen i henhold til nævnte US patent-skrift nr. 2.530.397 en lille numerisk apertur. Et andet eksempel kendes fra DE AS nr. 1.278.131, der vedrører en linse med en asfærisk flade og en sfærisk flade, og hvori
5 det anføres, at den sfæriske aberration hos en linse, der har én plan flade, kan fjernes, når den anden flade gøres asfærisk, men hvori det også anføres, at dette kun kan lade sig gøre for en linse, der har en lille numerisk apertur.

10 De kendte linser er ikke udformede til billeddannelse gennem en transparent bærer, og de udviser ikke kombinationen af en stor numerisk apertur og et forholdsvis bredt diffraktionsbegrænset felt, hvilken kombination
15 gør linsen ifølge opfindelsen yderst velegnet til brug som læse/skrive-objektiv i apparater til aflæsning eller registrering på en optisk registreringsbærer. De fleste af disse apparater, nemlig de apparater, der er beregnede til aflæsning af registreringsbærere med video- eller audioprogram, er først og fremmest beregnede til for-
20 brugsmarkedet og skal derfor være så billige som muligt, dvs. indeholde et minimalt antal optiske komponenter, og de skal kunne samles på en nem måde.

Opfindelsen angår også en optisk skanderingsenhed. Ifølge opfindelsen er en optisk skanderingsenhed omfat-
25 tende en strålingskilde, en kollimatorlinse og et objektiv til fokusering af bundtet fra strålingskilden til dannelse af en strålingsplet på en informationsflade på en transparent registreringsbærer ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at objektivet omfatter en enkeltlinse,
30 der er udformet i overensstemmelse med de ovenfor angivne specifikationer og har en forstørrelse $M = 0$, og at objektivets asfæriske flade er rettet mod strålingskilden.

En anden udførelsesform for en optisk skanderings-
35 enhed omfattende en strålingskilde og et objektiv til fokusering af det fra strålingskilden divergerende

strålebundt til dannelse af en strålingsplet på en informationsflade på en transparent registreringsbærer er ejendommelig ved, at objektivet omfatter en enkeltlinse, der er udformet i overensstemmelse med de ovenfor angiv-
5 ne specifikationer og har en forstørrelse $M = -0,222$, og at objektivets asfæriske flade er rettet mod strålingskilden.

Denne udførelsesform anvender ikke en separat kollimatorlinse, men funktionerne af kollimatorlinse og objektivilinse kombineres i én enkelt linse, der har en asfærisk flade, hvilket resulterer i en overraskende kombination af funktioner, som denne linse kan udføre.
10

For at sikre, at objektivet har et tilstrækkeligt bredt felt, er den asfæriske flade vendt imod strålingskilden. Det er særlig hensigtsmæssigt at udforme linsen med et glaslegeme, på hvis krumme flade der er påført et lag plastmateriale. Dette plastmateriale er blødere end glasset og er derfor mere udsat for beskadigelse, og hvis plastlaget danner yderfladen på en skanderingsenhed,
15 er der større risiko for, at brugeren kommer til at beskadige objektivet, hvis han f.eks. ønsker at fjerne støvpartikler fra objektivet.
20

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

25 fig. 1 viser et snit gennem en linse i overensstemmelse med opfindelsen med en forstørrelse $M = 0$ og med angivelse af strålebanerne gennem linsen i retning mod billedplanet,

fig. 2 et snit gennem en linse ifølge opfindelsen med en forstørrelse $M = -0,222$ med angivelse af strålebanerne gennem linsen,
30

fig. 3 et snit gennem en plan-asfærisk linse i overensstemmelse med opfindelsen,

fig. 4 og 5 mono-asfæriske linser med et glaslegeme og et plastlag, og
35

fig. 6 og 7 optiske skanderingsenheder i overensstemmelse med opfindelsen.

Fig. 1 viser en mono-asfærisk linse 10 ifølge opfindelsen. Linsen fokuserer et parallelbundt, dvs. et bundt, der ankommer fra et objekt i det uendelige ($s = -\infty$), på informationsfladen 18 på en registreringsbærer 16, idet bundtet passerer igennem den transparente bærer. Tegningen viser kun de yderste stråler af bundtet b, der strækker sig parallelt med den optiske akse O-O'. Det skal her forstås, at de yderste stråler er de stråler, der lige netop passerer kanten af pupillen 11. De yderste stråler, der muligvis brydes af den asfæriske flade 12, går igennem linsen 10, der har en aksial tykkelse d, og de brydes igen af den sfæriske flade 10 i retning mod den optiske akse, og endelig brydes disse stråler af frontfladen på bærerens underlag 17. Strålerne i bundtet b møder den optiske akse i informationsplanet 18, der udgør billedplanet for den mono-asfæriske linse. Afstanden fra overfladen 13 på linsen til billedplanet 18 betegnes s'. Pupillen 11's diameter og dermed linsen 10's effektive diameter betegnes $2 Y_{\max}$. Det diffraktionsbegrænsede billede, dvs. strålingspletten V i billedplanet 18 har en lille diameter. Vinklen mellem den optiske akse O-O' og de yderste stråler, der brydes af overfladen 13, betegnes α . Den numeriske apertur N.A. er proportional med $\sin \alpha$.

I relation til aksen defineres den asfæriske flade 12 af den paraxiale krumning C_1 , dvs. krumningen på det sted 15, hvor den optiske akse går igennem denne flade. Den sfæriske flade 13 har en krumning C_2 .

For en linse med et bredt diffraktionsbegrænset felt, hvori der på optimal måde er kompenseret for coma af tredje orden med coma af højere ordener, og hvor den eneste aberration er astigmatisme, udtrykkes forholdet C_2/C_1 , dvs. formfaktoren, ved følgende udtryk:

$$\frac{C_2}{C_1} = a \left[\frac{d}{(n-1)f} \right]^2 + b \left[\frac{d}{(n-1)f} \right] + c.$$

Med en forstørrelse $M = 0$ i den foreliggende udførelses-

form angives koefficienterne a , b og c og linsefaktoren $F = d/(n-1) \cdot f$ for forskellige værdier af brydningsindekset n for linsematerialet og af linsens numeriske apertur N.A. af følgende tabel:

5

	N.A. = 0,40			N.A. = 0,45			N.A. = 0,50			F
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
n = 1,50	-0,63	0,75	-0,47	-0,50	0,60	-0,41	-0,25	0,15	-0,16	0,8-1,5
n = 1,75	-2,13	3,60	-1,62	-1,50	2,40	-1,03	-1,25	2,00	-0,85	0,7-1,5
n = 2,00	-4,13	7,50	-3,27	-3,13	5,60	-2,35	-2,50	4,40	-1,76	0,7-1,5

De ovenfor angivne værdier gælder for eksempel for et underlag af plastmateriale med en tykkelse $d_s = 1,2$ mm og med et brydningsindeks n_s i området fra ca. 1,48 til ca. 1,7.

- 5 For en mono-asfærisk linse af den ovenfor angivne type er formfaktoren

$$\frac{C_2}{C_1} = -0,20$$

- medens brydningsindekset $n = 1,75$ og den aksiale tykkelse $d = 3,7$ mm. Afstanden s' mellem linsen 10 og billedplanet 18 er på 3,05 mm. Linsens effektive diameter $2Y_{\max}$ er på 4,1 mm. Pupillen er beliggende ved overfladen 12. I billedplanet 18 har strålingspletten V en bredde (halveret lysstyrke: FWHM) på ca. 1 μm , medens
15 feltet har en radius på 100 μm .

- Når den i fig. 1 viste mono-asfæriske linse med $M = 0$ bruges som et objektiv i en optisk skanderingsenhed, skal der anbringes en kollimatorlinse foran denne linse. Det har vist sig, at den mono-asfæriske linse kan
20 udformes således, at et divergerende bundt fra en strålingskilde kan fokuseres til dannelsen af en meget lille diffraktionsbegrænset strålingsplet, hvorved kollimatorlinsen gøres overflødig, hvilket indebærer en væsentlig besparelse i den optiske skanderingsenhed.

- 25 Fig. 2 viser strålebanen gennem en sådan linse med en forstørrelse forskellig fra nul. I fig. 2 antages det, at strålingskilden 19 eksempelvis er en halvlederlaserdiode. Det fra kilden divergerende strålebundt b' , hvoraf fig. 3 kun viser de yderste stråler, der opfanges,
30 brydes successivt af den asfæriske flade 12, den sfæriske flade 13 og frontfladen på underlaget 17 og fokuseres på informationsfladen 18, hvor det danner en diffraktionsbegrænset strålingsplet V , der har en halvstyrkebredde på ca. 1 μm .

- 35 Den ovenfor angivne relation mellem formfaktoren C_2/C_1 og linsefaktoren F gælder også for denne linse.

Imidlertid har forstørrelsen $M = -0,222$, koefficienterne a , b og c og linsefaktoren følgende værdier:

	N.A. = 0,40			N.A. = 0,45			N.A. = 0,50			F
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
n = 1,50	-0,38	0,33	-0,42	-0,38	0,43	-0,45	-0,38	0,53	-0,49	0,8-1,35
n = 1,75	-0,50	0,30	-0,25	-0,38	0,18	-0,19	-0,25	0,05	-0,14	0,6-1,35
n = 2,00	-0,62	0,38	-0,11	-0,63	0,48	-0,16	-0,63	0,53	-0,17	0,4-1,35

Disse værdier gælder igen for et underlag, der har en tykkelse $d_s = 1,2$ mm og et brydningsindeks n_s i området fra ca. 1,48 til ca. 1,7.

I den udførelsesform for linsen er formfaktoren:

5

$$\frac{C_2}{C_1} = -0,18$$

medens brydningsindekset n er på 2,0 og den aksiale tykkelse d på 3,2 mm. Afstanden s mellem linsen 10 og billedplanet 18 er på ca. 3,9 mm. Linsens effektive diameter $2Y_{\max}$ er på 4,4 mm. Pupillen befinder sig ved overfladen 12. Halvstyrkebredden af strålingspletten V i billedplanet 18 er på ca. 1 μm , medens feltet har en radius på ca. 200 μm .

15 Det bemærkes, at man med tabellerne for $M = 0$ og $M = -0,222$ har specificeret to hovedudførelsesformer for opfindelsen. For værdier af M mellem $M = 0$ og $M = -0,222$ og for en specifik værdi af n kan de tilsvarende værdier for a , b , c og F opnås ved lineær interpolation mellem de to i tabellerne angivne specifikke værdier for n . Eksempelvis vil man for $M = -0,15$, $N.A. = 0,40$ og $n = 1,50$ have følgende værdier: a på ca. -0,46, b på ca. +0,63 og c på ca. -0,45. Desuden er det i hver tabel, dvs. for en given værdi af M , muligt 25 at opnå de tilsvarende værdier for a , b , c og F for andre end de tre for n specificerede værdier ved kvadratisk interpolation mellem disse tre værdier i tabellen.

De i nævnte to tabeller angivne værdier for a , b , c og F er idéelle værdier. Man kan acceptere små afvigelser fra disse værdier under forudsætning af, at variationen af forholdet C_2/C_1 som følge af disse afvigelser er på mindre end ca. 0,03.

Når man udformer linserne i henhold til tabellerne for $M = 0$ og $M = -0,222$, antages det, at underlaget har 35 en tykkelse på 1,2 mm. De beskrevne linser kan imidlertid også anvendes til aflæsning og/eller registrering

på registreringsbærere, hvis underlag har en tykkelse, der er ca. 0,3 mm større eller mindre end 1,2 mm. Inden for disse grænseværdier kan der kompenseres for en større eller mindre tykkelse af underlaget ved en mindre eller
 5 større aksial tykkelse af linsen. Hvis tykkelsen af underlaget afviger fra 1,2 mm, kan linsens brændvidde ændres tilsvarende, idet den nye brændvidde f' udtrykkes ved:

$$10 \quad f' = f \cdot x \frac{d'}{1,2}$$

hvor d' er den nye tykkelse af underlaget, og f er den brændvidde, der svarer til en tykkelse for underlaget på $d = 1,2$ mm. Har underlaget en mindre eller større tykkelse, skal linsens brændvidde tilsvarende have en mindre, henholdsvis større tykkelse. For de her beskrevne
 15 linser ligger brændvidden i området fra 4-5 mm.

En med hensyn til fremstilling og samling særlig hensigtsmæssig linse ifølge opfindelsen er en linse, hvori den ikke-asfæriske flade er plan, dvs. en såkaldt
 20 plan-asfærisk linse. Fig. 3 viser strålebanen gennem en sådan linse, der samvirker med en kollimatorlinse. Efter beskrivelsen under henvisning til fig. 1, kræver fig. 3 ingen yderligere forklaring.

Den mono-asfæriske linse i arrangementet ifølge
 25 fig. 2 kan erstattes med en plan-asfærisk linse.

De her tilsigtede plan-asfæriske linser er versioner af de mono-asfæriske linser, der er definerede i det foregående ved hjælp af de to tabeller. Hvis de specificerede værdier for koefficienterne a , b og c , brydningsindekset n og brændvidden f indsættes i ligningen for
 30 formfaktoren C_2/C_1 , kan man faktisk opnå et antal kurver i et Y-Y-plan, hvor linsens tykkelse d afsættes på X-aksen og formfaktoren på Y-aksen. Nogle af disse kurver, navnlig kurverne for de højere brydningsindeksværdier,
 35 skærer X-aksen. På dette sted er den sfæriske flades krumning C_2 lig med nul, dvs. at fladen med andre ord er en plan flade.

I relation til akse defineres den plan-asfæriske linse 10 ved den paraksiale krumningsradius R , der for overskueligheds skyld i fig. 3 er tegnet lidt decentreret fra akse, men som i realiteten falder sammen med denne, samt af den aksiale tykkelse d og af brydningsindekset n . For en plan-asfærisk linse med en forstørrelse $M = 0$ og med et bredt diffraktionsbegrænset felt, og for hvilken der på optimal måde er kompenseret for coma af tredje orden ved hjælp af coma af højere orden, og som kun udviser en vis astigmatisme, må forholdet d/R som funktion af brydningsindekset i overensstemmelse med opfindelsen opfylde et specifikt krav. Dette krav afhænger blandt andet af linsens numeriske apertur og brændvidde. For en linse, hvor $f = 4,5$ mm og $N.A. = 0,45$, skal følgende betingelse opfyldes:

$$\frac{d}{R} = -5,8n^2 + 23,7n - 22,9$$

For en linse, hvor $f = 4,5$ mm og $N.A. = 0,50$, er betingelsen:

$$\frac{d}{R} = -5n^2 + 20,5n - 19,8$$

Plan-asfæriske linser med afvigelser af d/R af størrelsesordenen ca. 0,05 i de ovenfor angivne udtryk kan stadigvæk accepteres.

Overfladen 12 defineres utvetydigt af den givne værdi for den paraksiale krumningsradius R , der definerer beliggenheden af skæringspunktet 15 og krumningsradien ved dette skæringspunkt på fladen 12, samt af det krav, at linsen skal være fri for sfærisk aberration. Som allerede nævnt i det foregående er det muligt ud fra dette punkt 15 at beregne de andre punkter på fladen 12 i henhold til det kriterium, at den optiske banelængde for samtlige stråler fra objektpunktet s på akse 00' til det tilsvarende billedpunkt s' på akse 00' skal være den samme som gennem punktet 15. En sådan metode til asfærisk korrektion kendes eksempelvis fra værket E. Wolf, Proc. Phys. Soc. 62 (1948) 494.

I en version for en plan-asfærisk linse i overensstemmelse med opfindelsen og med et brydningsindeks n på 1,83196 er den aksiale tykkelse d på 3,50 mm og den paraksiale krumningsradius R på 3,75 mm. Linsen har
5 en brændvidde f på 4,5 mm og en numerisk apertur N.A. på 0,45. Afstanden s' mellem linsen 10 og billedplanet 18 er på 3,05 mm. Linsens effektive diameter $2Y_{\max}$ er på 4,05 mm. Pupillen er beliggende ved overfladen 12. Halvstyrkebredden af den diffraktionsbegræn-
10 sede strålingsplet V i billedplanet 18 er på ca. 1 μm .

Den i fig. 1 viste linse 10 kan helt bestå af glas. En sådan linse har tilfredsstillende optiske egenskaber, men dannelsen af en asfærisk flade på en glaslinse er en besværlig og tidskrævende operation. Til
15 masseproduktion er en sammensat plan-asfærisk linse som vist i fig. 4 og 5.

Denne linse 10 består af et glaslegeme 20 med en plan flade 13 og en sfærisk flade 21, hvilket glaslegeme nemt kan fremstilles med de konventionelle
20 metoder, samt at lag af transparent plastmateriale, der er tilvejebragt på fladen 21 og har en asfærisk yderprofil. Som plastmateriale kan der eksempelvis anvendes materialer, der polymeriserer under ultraviolet lys. Dette plastmateriale påføres glaslegemet 20 i tilstræk-
25 kelig blød tilstand, hvorpå der anbringes en støbeform, hvis støbeformprofil er det negative af den ønskede profil. Derefter eksponeres plastmaterialet, hvorpå støbeformen fjernes, således at linsen opnås uden yderligere operationer.

30 Plastlaget 22 på den i fig. 4 viste plan-asfæriske linse har en tykkelse, der varierer forholdsvis kraftigt. Ved skæringspunktet 15 er tykkelsen lig med nul eller praktisk taget lig med nul, medens den ved kanterne er på f.eks. 50-60 μm . Teknologisk set er det
35 til duplikering af overfladeprofiler i plastmaterialer ønskeligt, at der er minimale, relative tykkelsesfor-

skelle i plastlaget. For at opnå dette kan en del af glaslegemet erstattes med en plastdel som vist i fig. 5, således at plastlaget i sin helhed er tykkere, og at de relative tykkelsesforskelle reduceres.

5 I den i fig. 5 viste linse er tykkelsen af plastlaget kun en brøkdel af tykkelsen af glaslegemet. Som følge heraf påvirkes linsens optiske kvalitet næsten ikke af plastlaget, som har mindre tilfredsstillende optiske egenskaber end glasset.

10 Fig. 6 viser en første udførelsesform for en skanderingsenhed, der anvender en plan-asfærisk linse som objektiv. Aflæseenheden omfatter et rørformet hus 30, der rummer en diodelaser 31, et strålesplittende prisme 32, en kollimatorlinse 33 og et objektiv i form af en
15 plan-asfærisk linse 34. Ved 16 betegnes en lille del af et radiale tværsnit gennem en skiveformet registreringsbærer. Den informationsstruktur, der i det foreliggende tilfælde er strålingsreflekterende, befinder sig på oversiden af registreringsbæreren og omfatter et
20 stort antal ikke viste informationsområder, der er opstillede i informationsspor 36.

Informationsstrukturen skanderes af et aflæsebundt b fra diodelaseren 31. Kollimatorlinsen omdanner det divergerende bundt til et parallelbundt, der har et så-
25 dant tværmål, at det fylder pupillen på objektivet 34. Dette objektiv danner en diffraktionsbegrænset strålingsplet V på informationsstrukturen.

Aflæsebundtet reflekteres af informationsstrukturen, og da registreringsbæreren bevæger sig i forhold til
30 aflæsebundtet, tidsmoduleres bundtet med den information, der er registreret på registreringsbæreren. Ved hjælp af prismet 32 separeres det modulerede bundt fra det bundt, der hidrører fra diodelaseren, og det rettes mod et strålingsfølsomt detektorsystem 39. Dette system
35 frembringer et elektrisk signal, der er moduleret i overensstemmelse med den information, som findes på registreringsbæreren.

Med henblik på frembringelse af et fokuseringsfejlssignal, der angiver en indikation om størrelsen og retningen af en afvigelse mellem fokuseringsplanet for objektivet 34 og planet for informationsstrukturen 5 er der på prismet 32's udgangsflade anbragt et prisme 38, der har form som et hustag, medens detektorsystemet 39 eksempelvis omfatter fire detektorer. Dette prisme, der har form som et hustag, splitter det reflekterede bundt op i to underbundter b_1 og b_2 i planet for de- 10 tektorsystemet. Til hver strålingsplet er der tilknyttet to detektorer. For yderligere detaljer om dette fokuseringsfejl-detekterende system og om aflæsning af informationsstrukturen kan der henvises til GB patentansøgning nr. 2.107.483.

15 Røret 30 er monteret på en her skematisk vist slæde 40, der er bevægelig i radial retning som antydnet ved pilen 41, således at samtlige informationsspor 36 kan skanderes sekventielt. Bortset fra yderfladen 35 på objektivet 34 er samtlige bestanddele således an- 20 bragt, at brugeren ikke kan have adgang til disse bestanddele. Yderfladen på linsen 34 består af glas og har derfor stor modstandsdygtighed mod ridsning og kan af brugeren renses uden risiko for beskadigelser.

Som en anden mulighed kan det plan-asfæriske ob- 25 jektiv placeres uden for huset 30. Dette kan være tilfældet, hvis objektivet skal kunne forskydes over små afstande af størrelsesordenen en snes μm i radial retning med henblik på undertrykkelse af sporingsfejl. Med denne linse i overensstemmelse med opfindelsen er 30 der et tilstrækkelig bredt felt til dette formål. En anden mulighed ligger i, at det plan-asfæriske objektiv placeres således, at det er radiale bevægeligt inden for røret 30. I den i fig. 6 viste udførelsesform er denne finjustering af strålingspletten V i radial retning 35 opnået ved radial forskydning af røret 30.

Fig. 7 viser et eksempel på en optisk skanderings-
 enhed, der anvender en mono-asfærisk linse med en sfærisk
 yderflade til fokusering af et divergerende bundt b'
 til dannelse af en diffraktionsbegrænset strålingsplet
 5 på informationsstrukturen. Denne skanderingsenhed funge-
 rer på samme måde som den i fig. 6 viste. Fordelen ved
 den i fig. 7 viste skanderingsenhed er, at man kan af-
 skaffe den ene linse, hvilket har betydning, når skande-
 ringsenheden skal være velegnet til masseproduktion.

10

P A T E N T K R A V

1. Enkeltlinse med en asfærisk flade til dannelse
 af en diffraktionsbegrænset strålingsplet til skandering
 af en informationsflade på en transparent registrerings-
 bærer, der har en tykkelse på ca. 1,2 mm, og igennem
 15 hvilken det strålingsplet-dannende strålingsbundt passe-
 rer, k e n d e t e g n e t ved, at formfaktoren C_2/C_1
 og linsefaktoren

$$F = \frac{d}{(n-1) \cdot f}$$

20 indbyrdes står i følgende forhold:

$$\frac{C_2}{C_1} = a \cdot F^2 + b \cdot F + c$$

for linseforstørrelser på mellem $M = 0$ og $M = -0,222$, og
 25 at værdierne af koefficienterne a , b og c for disse for-
 størrelser og af linsefaktoren F for forskellige værdier
 af den numeriske apertur N.A. og af brydningsindekset n
 for linsematerialet er som angivet i følgende tabeller:

	35	30	25	20	15	10	5
M = 0	N.A. = 0,40	N.A. = 0,45	N.A. = 0,50	F			
n = 1,50	a	b	c	a	b	c	
	-0,63	0,75	-0,47	-0,50	0,60	-0,41	-0,25 0,15 -0,16 0,8-1,5
n = 1,75	a	b	c	a	b	c	
	-2,13	3,60	-1,62	-1,50	2,40	-1,03	-1,25 2,00 -0,85 0,7-1,5
n = 2,00	a	b	c	a	b	c	
	-4,13	7,50	-3,27	-3,13	5,60	-2,35	-2,50 4,40 -1,76 0,7-1,5
M = -0,222	N.A. = 0,40	N.A. = 0,45	N.A. = 0,50	F			
n = 1,50	a	b	c	a	b	c	
	-0,38	0,33	-0,42	-0,38	0,43	-0,45	-0,38 0,53 -0,49 0,8-1,35
n = 1,75	a	b	c	a	b	c	
	-0,50	0,30	-0,25	-0,38	0,18	-0,19	-0,25 0,05 -0,14 0,6-1,35
n = 2,00	a	b	c	a	b	c	
	-0,61	0,38	-0,11	-0,63	0,48	-0,16	-0,63 0,53 -0,17 0,4-1,35

hvor d er linsens aksiale tykkelse, f linsens brændvidde, C_1 den asfæriske flades paraxiale krumning og C_2 den anden linseflades krumning, idet den asfæriske flade er udformet således, at linsen er fri for sfærisk aberration.

- 5 2. Enkeltlinse ifølge krav 1, og hvor $M = 0$, den numeriske apertur $N.A. = 0,45$ og brændvidden $f = 4,5$ mm, k e n d e t e g n e t ved, at den ikke-asfæriske flade er en plan flade, og at den paraxiale krumningsradius R for den asfæriske flade opfylder betingelsen:

10
$$\frac{d}{R} = -5,8n^2 + 23,7n - 22,9.$$

3. Enkeltlinse ifølge krav 1, og hvor $M = 0$, den numeriske apertur $N.A. = 0,50$, og brændvidden $f = 4,5$ mm, k e n d e t e g n e t ved, at den ikke-asfæriske flade er en plan flade, og at den paraxiale krumningsradius R 15 for den asfæriske flade opfylder betingelsen:

$$\frac{d}{R} = -5n^2 + 20,5n - 19,8.$$

4. Enkeltlinse ifølge et eller flere af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at linsen består af et 20 glaslegeme.

5. Enkeltlinse ifølge krav 1, 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at linsen består af et glaslegeme, hvoraf den ene flade har et lag af transparent plastmateriale med asfærisk yderflade.

- 25 6. Optisk læse- og/eller skriveenhed, omfattende en strålingskilde, en kollimatorlinse og et objektiv til fokusering af bundtet fra strålingskilden til dannelse af en strålingsplet på en informationsplade på en transparent registreringsbærer, k e n d e t e g n e t ved, 30 at objektivet består af en enkeltlinse ifølge et eller flere af de foregående krav, hvor $M = 0$, og hvor objektivets asfæriske flade er rettet mod strålingskilden.

7. Optisk læse- og/eller skriveenhed, omfattende en strålingskilde og et objektiv til fokusering af et 35 fra strålingskilden hidrørende, divergerende bundt til dannelse af en diffraktionsbegrænset strålingsplet på

en informationsflade på en transparent registrerings-
bærer, k e n d e t e g n e t ved, at objektivet består
af en enkeltlinse ifølge et eller flere af de foregående
krav, hvor $M = -0,222$, og at objektivets asfæriske flade
5 er rettet mod strålingskilden.

