
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8202540**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Afocale telescoop.**

⑤1 Int.Cl³.: G02B 23/12, G02B 1/02, G02B 25/00.

⑦1 Aanvrager: Barr & Stroud Limited te Glasgow, Groot-Brittannië.

⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

②1 Aanvraag Nr. 8202540.

②2 Ingediend 23 juni 1982.

③2 Voorrang vanaf 1 juli 1981.

③3 Land van voorrang: Groot-Brittannië (GB).

③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 8120274 .

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 1 februari 1983.

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

De uitvinding heeft betrekking op een afocale telescoop.

De komst van zeer doeltreffende voorwaarts kijkende infraroodstelsels (gewoonlijk bekend onder de afkorting FLIR), heeft geleid tot de vraag naar goed werkende afocale telescopen, die geschikt zijn om bij
5 het FLIR-stelsel te worden toegepast. Er zijn verschillende typen van dergelijke telescopen voorgesteld, doch de praktische eis tot compactheid (d.w.z. een kleine totale lengte) en een groot waarnemveld in de beeldruimte van de telescoop (d.w.z. de aftastruimte) vraagt om geringe veld- en pupilaberraties.

10 Om dit te bereiken is een goed werkend telescoopstelsel voorzien van een ~~van een~~ oculairlens, die geringe veld- en pupilaberraties bezit, en complementaire objectieven nodig.

De uitvinding voorziet in een afocale telescoop, voorzien van een objectiefstelsel en een oculairstelsel met een gemeenschappelijke
15 optische as, waarbij het objectiefstelsel zodanig ingericht is, dat dit straling in de infrarode golfband uit een op een afstand gelegen tafereel opneemt en in de telescoop een reëel beeld daarvan vormt, terwijl het oculairstelsel zodanig is ingericht, dat dit straling uit het beeld ontvangt en bij een reële pupil een versterkte beeld van het tafereel verschaft,
20 waarbij het oculairstelsel is voorzien van een triplet van drie lenselementen, waarvan er twee een positieve sterkte hebben, het oculairlenselement bij het objectiefstelsel een negatieve sterkte heeft en een concaaf brekingsvlak naar het objectiefstelsel en een convex brekingsvlak, dat op een afstand van het objectiefstelsel is gelegen, omvat, waarbij het convexe
25 oppervlak van het naastgelegen brekingsvlak van het centrale lenselement van de triplet is gescheiden door een luchtruimte, die in axiale richting bij de as in hoofdzaak gelijk is aan nul en welke in waarde progressief toeneemt naarmate de afstand tot de as toeneemt.

De oculaire lenselementen omvatten bij voorkeur geen asferische
30 brekingsvlakken, zodat de constructie optisch en mechanisch eenvoudig is; met vier brekingsvlakken, die in hoofdzaak sferisch zijn, en twee brekingsvlakken, die in hoofdzaak sferisch of planair zijn, kunnen de lenselementen op eenvoudige wijze worden vervaardigd; de telescoop kan zodanig worden ingericht, dat het reële beeld daarvan in of bij het oculair-brekings-
35 vlak is gelegen, dat zich het verst van de uittreedpupil bevindt, hetgeen

van voordeel kan zijn. Door aan het centrale oculaire-lenselement een biconvexe configuratie te geven en de centerdikten van alle lenselementen klein te houden, verkrijgt men een maximale transmissie en wordt de hoeveelheid gebruikt lenselementmateriaal tot een minimum teruggebracht.

5 Omdat het oculairstelsel zodanig kan worden ontworpen, dat dit geringe veld- en pupilaberraties vertoont, kan het stelsel bij een groot aantal verschillende objectiefstelsels, hetzij refractief, hetzij reflectief, worden gebruikt voor het verschaffen van een compacte, goed werkende afocale telescoop.

10 Een of meer van de oculaire lenselementen kan asferische brekingsvlakken bezitten teneinde de pupilregeling nog verder te verbeteren en met een mogelijke invloed tot het tot een minimum terugbrengen van de overafmetingen van het objectiefstelsel, doch deze verbeteringen hebben weinig belang en worden verkregen bij een aanzienlijke verhoging van ver-
15 vaardigingskosten van asferische vlakken, zelfs wanneer deze, zoals in het hier beschouwde geval, een grote deviatie en een geringe tolerantie kunnen bezitten.

De drie oculairstelsel-lenselementen kunnen alle worden vervaardigd uit germanium, met een brekingsindex gelijk aan 4,003 en een V-waarde
20 van 1182 heeft en een nuttige spectrale doorlaatband in het golflengtegebied van 8 - 13 micron bezit. De drie lenselementen kunnen ook alle worden vervaardigd uit silicium, dat een brekingsindex van 3,425 en een V-waarde van 524 heeft en een nuttige spectrale doorlaatband in het infrarode golflengtegebied van 3 - 5 micron bezit. Bij voorkeur worden de drie lensele-
25 menten alle uit hetzelfde materiaal vervaardigd en wel uit een materiaal, dat een grote brekingsindex en V-waarde heeft. Teneinde evenwel het evenwicht en de mate van correctie van veldaberraties te variëren is het mogelijk de keuze van optische materialen, die voor de drie oculaire lenselementen worden gebruikt, te variëren.

30 De centerdikte van het, het dichtst bij het reële beeld gelegen lenselement is bij voorkeur groot, doch niet zo groot, dat het lenselement een positieve sterkte verkrijgt, en de kromtestralen van het element kunnen met alle lenselementkromtestralen tezamen zodanig worden gevarieerd, dat men een ander waarnemveld in de aftastruimte verkrijgt.

35 Het middelste of centrale oculairlenselement, dat een positieve sterkte heeft, kan één van vijf gebogen vormen bezitten, welke zijn een meniscus, waarvan het concave oppervlak naar of van het reële beeld is

gekeerd, planoconvex met het platte oppervlak het dichtst bij of het verst van het reële beeld, en biconvex. Bij gebruik bij elk van de uitvoeringsvormen van het centrale lenselement voorziet het oculairstelsel in een iets verschillend evenwicht en iets verschillende mate van correctie van veld- en pupilaberraties. Wanneer het oculairstelsel meer in het bijzonder wordt toegepast bij de biconvexe vorm van het centrale lenselement, vereist het oculairstelsel minder optisch materiaal (d.w.z., dat de gebogen delen van de lenselementen klein zijn en de accumulatie van de lenselementen gering is), waardoor men een oculairstelsel met geringe kosten en grote transmissie verkrijgt, terwijl kleine veld- en pupilaberraties worden onderhouden.

Het oculairlensstelsel, dat het verst van het objectiefstelsel is gelegen, kan ook een van dezelfde vijf gebogen vormen aannemen als beschreven voor het centrale oculairlenselement, doch in het geval, dat het brekingsvlak, dat bij de uitgangspupil in de beeldruimte is gelegen, planair of bijna planair is, verdient het de voorkeur, dat het wordt bekleed met een anti-reflecterende bekleding, zoals deze door Barr en Stroud Limited op de markt wordt gebracht onder de aanduiding ARG3, waarvan de eigenschappen zijn een grote transmissie, gemiddeld over $7,5 - 11,5 \mu\text{m}$ $\geq 98\%$ bij 20°C en een geringe reflectiviteit, gemiddeld over $8,0 - 11,5 \mu\text{m} \leq 0,2\%$ bij 20°C , waarbij natuurlijk elk vlak van de drie oculairlenselementen op een soortgelijke wijze kan worden bekleed om ongewenste reflecties te vermijden of tot een minimum terug te brengen.

De twee luchtruimten tussen de drie oculairlenselementen kunnen worden gevarieerd, doch om een compacte bouw te verkrijgen worden de twee luchtruimten zo klein gemaakt als voor de vervaardiging aanvaardbaar is en dit is de reden waarom het oculairstelsel wordt betiteld als een "triplet". Verder kan de afstand van het reële beeld ten opzichte van het meest nabij gelegen lenselement zodanig worden gereduceerd, dat het reële beeld geheel of gedeeltelijk bij of in het concave vlak van het lenselement is gelegen. Het reële beeld kan geheel of gedeeltelijk binnen het dichtst bij gelegen element van het oculairstelsel zijn gelegen.

Een kenmerk van het oculairstelsel is, dat het optimaal kan worden uitgevoerd om aan een bepaald objectiefstelsel te worden aangepast, waarna zonder verandering van het oculairstelsel het objectiefstelsel geheel of gedeeltelijk kan worden gewijzigd op een manier, waarbij de paraxiale versterking en het focus van de telescoop bijna constant blijft.

Dit kan van bijzonder nut zijn wanneer de keuze van objectiefstelselmateriaal wordt gevarieerd tengevolge van factoren, zoals kosten, gevaren of bedrijfsvariatiën. Verder kunnen het oculairstelsel en een complementair objectiefstelsel, zoals een uit twee elementen bestaand achromatisch tele-
5 foto-objectieflensstelsel optimaal worden uitgevoerd om over het gehele waarneemveld een tot bij diffractie beperkte optische werking te verkrijgen, waarbij de vrije apertuurdiameter van het primaire objectieflens-
element slechts iets groter is dan vereist wordt door de axiale veldbun-
del en de lúchtruimte tussen het objectiefstelsel en het oculairstelsel
10 voldoende groot is om het mogelijk te maken andere lensgroepen in te brengen, waardoor wordt voorzien in een telescoop met een meervoudig waarneemveld-
vermogen. Er wordt op gewezen, dat het meervoudige waarneemveldvermogen kan worden verkregen door het inbrengen van een extra lensgroep, zonder
dat de oorspronkelijke lenselementen met een enkel waarneemveld worden ver-
15 stoord. Dit maakt een nauwkeurige axiale centrering in de oorspronkelijke optische waarneemveldelementen mogelijk.

Meer in het bijzonder kan het oculairstelsel voorzien in een wat diffractie betreft beperkte afbeelding bij een uittreedpupil in de aftast-
ruimte. De uittreedpupil kan of een kleine diameter en een groot waarneem-
20 veld, of een grote diameter en een klein waarneemveld hebben, bijvoor-
beeld een diameter van 11 mm bij een waarneemveld van 72° of een diameter
van 15 mm bij een waarneemveld van 46° . Verder kan het oculairstelsel wor-
den vergroot of verkleind om plaats te bieden aan verschillende pupildia-
meters bij constant veld.

25 Er bestaat een groot aantal verschillende objectieflensstelsels, waarbij het oculairstelsel kan worden gebruikt voor het verschaffen van
verschillende typen telescopen, waarvan de volgende voorbeelden zijn :

- 1) Geachromatiseerde en niet-geachromatiseerde infrarood telescopen met een grote en kleine versterking.
- 30 b) Infrarood telescopen met dubbel, drievoudig en meervoudig waarneemveld, waarbij de verschillende waarneemvelden worden verkregen door het in-
brengen, verwijderen of vervangen van lensgroepen.
- c) Infrarood telescopen met continu zoemeffect.
- d) Samengestelde infrarood telescopen, die tenminste twee telescopen om-
35 vatten, waarvan er één kan zijn uitgevoerd als beschreven in b) en c).
- e) Elk van de bovenbeschreven stelsels a), b), c) en d), waarbij elk
willekeurig aantal reflecterende of refracterende vlakken een opper-

vlaktevorm, zoals vlak, sferisch, asferisch, toroïdaal, enz. bezit.

De uitvinding zal onderstaand nader worden toegelicht onder verwijzing naar de tekening. Daarbij toont :

fig. 1 schematisch een afocale telescoop met dubbel veld,
5 waarbij de twee versterkingsmodes terwille van de duidelijkheid afzonderlijk zijn weergegeven;

fig. 2 het oculairstelsel van de telescoop volgens fig. 1 tezamen met de toelaatbare variaties in gebogen vorm van de lenselementen daarvan.

10 Zoals aangegeven in fig. 1 wordt een brekingstelescoop 20 met dubbel waarneemveld gevormd door een objectiefstelsel 21 met grote versterking en een oculairstelsel 23, welke stelsels op een gemeenschappelijke optische as 19 zijn gecentreerd. Een objectiefstelsel 22 met geringe versterking is zodanig opgesteld, dat het op de gemeenschappelijke
15 optische as 19 tussen het objectiefstelsel 21 met grote versterking en het oculairstelsel 23 kan worden gecentreerd. De telescoop 20 is van het afocale brekingstype en in elke positie van het stelsel 22 met kleine versterking vormt de telescoop een reëel beeld 24 uit straling, die de telescoop uit de objectruimte 17 binnentreedt. Het objectiefstelsel 21 met
20 grote versterking is een middelmatig telefotostelsel en wordt gevormd door een primair lenselement H en een secundair lenselement G, welk laatste element een negatieve sterkte heeft (d.w.z. divergent is) en kleurcorrectief is, terwijl het eerste element H een positieve sterkte heeft (d.w.z. convergent is). Het element G bezit brekingsvlakken 13, 14 en het element
25 H bezit brekingsvlakken 15, 16. Het stelsel 22 met kleine versterking wordt gevormd door drie lenselementen D, E, F, waarvan de elementen D en F een negatieve sterkte hebben en respectieve brekingsvlakken 7, 8 en 11, 12 bezitten en het element E een positieve sterkte heeft en brekingsvlakken 9, 10 bezit. Het oculairstelsel 23 wordt gevormd door drie lenselementen A, B, C, waarvan de elementen A en B een positieve sterkte hebben en respectieve brekingsvlakken 1, 2 en 3, 4 bezitten en het element C een negatieve sterkte heeft en brekingsvlakken 5 en 6 bezitten. De elementen A, B en C vormen tezamen een stelsel met vast brandpunt, de elementen D, E en F vormen tezamen een stelsel met vast brandpunt en de elementen G en H vormen tezamen een stelsel met vast brandpunt, zodat het
35 objectiefstelsel 21 met grote versterking of stralenbundels uit een ingangspupil met grote diameter, gevormd in de objectruimte 17, opneemt en invendig een omgekeerd reëel beeld 24 vormt wanneer het stelsel

dig een omgekeerd reëel beeld 24 vormt wanneer het stelsel 22 met kleine versterking inoperatief is of wanneer het stelsel 22 met kleine versterking operatief is, stralenbundels opneemt, welke afkomstig zijn uit de objectruimte 17 en een ingangspupil met kleine diameter in de telescoop 5 (d.w.z. een virtuele pupil) vormen, die door het stelsel 22 met kleine versterking wordt opgevangen en waarbij inwendig het omgekeerde reële beeld 24 wordt gevormd. De twee reële beelden 24 zijn identiek behalve wat betreft kleine verschillen in optische aberraties en de twee uitgangsstralenbundels worden opgevangen door het oculairstelsel 23, dat bundels 10. evenwijdige stralen levert om een uittreedpupil $\emptyset$ in de beeldruimte 18 te vormen, waarbij de bundels van evenwijdige stralen in de beeldruimte 18 identiek zijn behoudens kleine verschillen in optische aberraties. De optische sterkte van en de afstand tussen de verschillende lenselementen A, B, C, D, E, F, G, H is zodanig, dat in de modus met grote versterking 15. het beeld 24 tussen de brekingsvlakken 5 en 13 is gelegen en in de modus met kleine versterking het beeld 24 tussen de brekingsvlakken 5 en 7 is gelegen.

De brekingsvlakken 1 - 6 en 8 - 16 zijn in hoofdzaak sferisch, d.w.z. indien zij niet echt sferisch zijn, zij sferisch zijn in de betekenis van het woord, terwijl het oppervlak 7 een vlak of planair profiel bezit. 20.

De telescoop 20 is bestemd om te worden toegepast in het infrarode golflengtegebied (d.w.z. 3 - 13 micron) en derhalve zijn de brekingsindices van de lenselementen betrekkelijk groot, doch voor het verkrijgen 25 van een voldoende goede optische werking is het lenselement G kleurcorrectief, bezit het element een negatieve sterkte en heeft het element een kleinere brekingsindex dan het element H. Dit wordt voor het gebied van 8 - 13 micron verkregen door de lenselementen A, B, C, D, E, F en H uit germanium te vervaardigen waarvan de brekingsindex 4,00322 is, en het 30 lenselement G te vervaardigen uit een Barr & Stroud Type 1 chalcogenide glas, waarvan de brekingsindex 2,49158 is, gemeten bij een golflengte van 10 micron en bij een temperatuur van 20° C. In dit geval heeft het element G een dispersief vermogen of een V-waarde van 152, waarbij de V-waarde wordt bepaald als de verhouding van de brekingsindex bij 10,0 micron minus 1 tot de brekingsindex bij 8,5 micron minus de brekingsindex bij 11,5 35 micron. Deze materialen, die geschikt zijn om met een antireflectielaag te worden bekleed, voorzien bij de aanwezigheid van een dergelijke anti-

reflectielaag in een telescoop met een transmissie van tenminste 65% in de beide versterkingsmodi bij een invallende straling in het gebied van 8,5 - 11,5 micron.

Het lenselement G is bij voorkeur beweegbaar langs de optische as 19, terwijl de andere lenselementen A, B, C, D, E, F en H niet beweegbaar zijn, waardoor de telescoop kan worden gecompenseerd ten aanzien van bewegingen in de positie van het beeld 24, welke worden geïnduceerd door omgevingstemperatuurveranderingen, meer in het bijzonder binnen het gebied van -10°C tot $+50^{\circ}\text{C}$. Voorts kan voor een vaste positie van het beeld 24 de telescoop worden gefocusseerd op verwijderde objecten, meer in het bijzonder binnen het gebied van 100 meter tot oneindig voor de modus met grote versterking en 25 meter tot oneindig voor de modus met kleine versterking en wel door beweging van het element G.

Een voorbeeld van de telescoop 20 is gedetailleerd omschreven in de tabellen I en II, waarin de kromtestraal van elk brekingsvlak wordt gegeven tezamen met de apertuurdiameter van elk oppervlak en van de pupil ϕ , waarvan de positie wordt gebruikt als een referentie ten opzichte waarvan de afstand van opeenvolgende brekingsvlakken wordt vastgelegd, tezamen met de aard van het materiaal, dat voor een dergelijk scheidingsinterval relevant is. Zo heeft bijvoorbeeld het oppervlak 15 een kromtestraal van -269,04 mm, waarbij het minteken aangeeft, dat het kromtemiddelpunt aan de rechterzijde van het vlak 15 is gelegen; het vlak 15 is door een luchtruimte van 47,29 mm gescheiden van het voorafgaande oppervlak, No. 14, in de richting van de pupil ϕ ; het oppervlak heeft een apertuurdiameter van 127,69 mm; en het oppervlak is van het volgende oppervlak No. 16 gescheiden over een afstand van 11,35 mm bij germanium. Tabel I geeft details omtrent de telescoop 20 wanneer deze zich in de modus met grote versterking bevindt en tabel II geeft details omtrent de telescoop 20 wanneer deze zich in de modus met kleine versterking bevindt. Het blijkt, dat de som van alle afstanden in tabel I gelijk is aan de som van alle afstanden in tabel II. De benaderde coördinaten van het rotatiepunt X zijn 132,06 mm vanaf de pupil ϕ langs de optische as 19 (naar links) en 6,00 mm loodrecht op de optische as (naar beneden).

Deze telescoop voorziet in een grote versterking van $\times 11,5$ en een kleine versterking van $\times 4,0$ en heeft in de modus met grote versterking een inwendig f-getal van 1,33 in de luchtruimte tussen de lenselementen G en H. Over het gebied van 8,5 tot 11,5 micron wordt een kleurcorrectie onderhouden en waa

onderhouden en waar het element G beweegbaar is, kan men in de modus met grote versterking focussering verkrijgen over het gebied van 100 meter tot oneindig, terwijl deze in de modus met kleine versterking mogelijk is over een gebied van 25 meter tot oneindig, terwijl in beide versterkingsmodes thermische compensatie mogelijk is over het gebied van -10°C tot $+50^{\circ}\text{C}$ met een minimale degradatie van de totale werking. Voor praktische doeleinden kan, indien een werkingsdegradatie aanvaardbaar is, het gebied voor focussering bij de modes met grote en kleine versterking worden vergroot tot 40 meter tot oneindig respectievelijk 10 meter tot oneindig, en kan voor beide versterkingsmodes het gebied voor thermische compensatie worden vergroot tot -40°C tot $+70^{\circ}\text{C}$. Bepaalde waarden van de beeldkwaliteit voor deze telescoop vindt men in de onderstaande tabellen III en IV, waarbij eerstgenoemde tabel informatie verschaft, welke betrekking heeft op de modus met grote versterking bij een focussering op een afstand van bij benadering 1000 meter en de andere tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met kleine versterking, bij focussering op een afstand van bij benadering 550 meter.

De zojuist beschreven telescoop voorziet in de modus met grote versterking in een bijzonder goede werking over het volle veld, waarbij de primaire objectiefapertuurdiameter met slechts 4,0% is vergroot om rekening te houden met pupilaberraties, en voorziet in de modus met kleine versterking in een bijzonder goede werking over tenminste negen-tiende van het volle veld. Voor de modes met grote en kleine versterking bezit de telescoop een hoekvervorming bij de maximale veldhoek van ongeveer 0,2% respectievelijk -9,1%, waarbij het plusteken een grotere versterking bij toenemende veldhoek aangeeft en het minteken een afnemende versterking bij toenemende veldhoek aangeeft.

Zoals aangegeven in fig. 1, zijn van het objectiefstelsel 21 met grote versterking de lenselementen G en H permanent op de optische as 19 gecentreerd, terwijl het stelsel 22 met kleine versterking uitcentrerend met de optische as 19 naar een werkzame positie kan worden bewogen onder gebruik van een mechanisme van het carousseltype, dat het stelsel 22 met kleine versterking om het punt X kan laten roteren. Omdat de telescoop compact is met een inwendig f-getal voor de modus met grote versterking van minder dan 2,0 in de luchtruimte tussen de lenselementen G en H en omdat het waarneemveld in de beeldruimte 18 rechthoekig is, waarbij het grootste veld horizontaal en het kleinste veld vertikaal is, kan het stelsel

22 met kleine versterking het gemakkelijkst in het verticale vlak worden geroteerd. Dit heeft het voordeel, dat de maximale veldhoek van de stralenbundel en de vrije apertuur van het lenselement F wordt gereduceerd, waardoor de ruimtebeperkingen worden verzacht. Opgemerkt wordt, dat het

5 stelsel 22 met kleine versterking, wanneer dit op de optische as 19 is gecentreerd, is gelegen tussen het objectiefstelsel 21 met grote versterking en het oculairstelsel 23 en derhalve maakt de configuratie van de drie lensstelsels 21, 22 en 23 het gebruik van eenvoudige mechanische middelen mogelijk. De telescoop 20 kan verder ook als een stelsel met een

10 enkel waarneemveld werken, door eenvoudig het stelsel 22 met kleine versterking volledig te verwijderen, of kan als een stelsel met een drievoudig of meervoudig waarneemveld werken, door eenvoudig verdere lensstelsels te introduceren, welke stelsels al dan niet optisch en mechanisch, wat configuratie en constructie betreft, kunnen overeenkomen met het stel-

15 sel 22 met kleine versterking.

Het tweede voorbeeld van de telescoop 20 is gedetailleerd omschreven in de tabellen V - VIII, waarbij tabel V details geeft van de telescoop 20 wanneer deze zich in de modus met grote versterking bevindt, en tabel VI details geeft van de telescoop 20 wanneer deze zich in de

20 modus met kleine versterking bevindt. Het blijkt, dat de som van alle afstanden in de tabel V gelijk is aan de som van alle afstanden in de tabellen VI, I en II. Verder blijkt, dat het stelsel 22 met kleine versterking in de tabellen III en VI identiek is, het oculairstelsel 23 in de tabellen I, II, V en VI identiek is en de positie van het rotatiepunt X identiek is.

25

Het objectiefstelsel 21 met grote versterking is slechts gedeeltelijk gewijzigd, waarbij het secundaire element G', dat uit germanium bestaan, andere kromtestralen bezit voor de brekingsvlakken 13' en 14', de centerdikte, gemeten tussen de brekingsvlakken 13' en 14' blijkt

30 te zijn gereduceerd en de luehtruimte, gemeten tussen de brekingsvlakken 14' en 15' blijkt te zijn vergroot.

Deze telescoop komt in andere opzichten overeen met die, waarvan details zijn opgegeven in tabellen I - IV, zoals de grote en kleine versterkingen, de thermische en focusseringsaspecten, de objectiefopertuur

35 overafmeting tengevolge van pupilaberraties en de regeling van veldaberraties. Omdat bij deze telescoop geen gebruik wordt gemaakt van een kleurcorrectiemateriaal in het objectiefstelsel met grote versterking is de

telescoop niet geachromatiseerd en omdat de telescoop tevens compact is, wordt de resolutie meer in het bijzonder bij de modus met grote versterking gedegradeerd. Bepaalde waarden voor de beeldkwaliteit van deze telescoop vindt men in tabel VII en VIII, waarbij eerstgenoemde tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met grote versterking bij focussering op een afstand van bij benadering 555 meter, en de andere tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met kleine versterking bij een focussering op een afstand van bij benadering 172 meter.

10 Een derde voorbeeld van de telescoop 20 is gedetailleerd aangegeven in de tabellen IX - XII, waarbij tabel IX details geeft omtrent de telescoop 20 wanneer deze zich in de modus met grote versterking bevindt, en de tabel X details geeft van de telescoop wanneer deze zich in de modus met kleine versterking bevindt. Het stelsel 21 met grote versterking en
15 het stelsel met kleine versterking komen overeen met die waarvan men details vindt in de tabellen I en II, terwijl het oculairstelsel 23 en de afstand tussen het oculairstelsel 23 en zowel het stelsel 21 met grote versterking als het stelsel 22 met kleine versterking, verschilt. Deze telescoop voorziet in een grote versterking van $\times 8,6$ en een kleine versterking van $\times 2,9$ en bezit in de modus met grote versterking een inwendig f-getal van 1,28 in de luchtruimte tussen de lenselementen G en H. Deze telescoop komt in thermisch en focusseringsaspect overeen met de telescoop, waarvan details zijn aangegeven in de tabellen I en IV en het oculairstelsel biedt plaats aan een pupildiameter van 15 mm en een waarneem-
25 veld van $46,4^\circ$ (diagonaal) $\times 38,1^\circ$ (horizontaal) $\times 26,5^\circ$ (vertikaal). Bepaalde waarden van de beeldkwaliteit voor deze telescoop vindt men in de tabellen XI en XII, waarbij de eerste tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met grote versterking en de andere tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met kleine versterking, waarbij de beide modes een brandpunt op bij benadering oneindig bezitten. Omdat deze telescoop in de beide versterkingsmodes ongeveer
30 17% minder waarneemveld in de objectruimte opneemt dan de telescoop, waarvan details zijn aangegeven in de tabellen I en II en een bijna gelijke primaire objectuurdiameter onderhoudt en, behalve wat betreft de afstand
35 1, een overeenkomstige totale lengte bezit, wordt de resolutie in hoofdzaak gedegradeerd door een onder-gecorrigeerde sferische aberratie. De telescoop vertoont, wanneer deze zich in de modes met grote versterking bevindt, een redelijke w

bevindt, een redelijke werking over het volle veld met een primaire objectiefapertuurdiameter, die met minder dan 0,8% is vergroot om rekening te houden met pupilaberraties en bezit, wanneer de telescoop zich in de modus met kleine versterking bevindt, een acceptabele werking over ten-
5 minste negen-tiende van het volle veld. Voor de modes met grote en kleine versterking bezit de telescoop een hoekvervorming bij de maximale veldhoek van ongeveer -0,3% respectievelijk -7,6%, waarbij de tekens dezelfde betekenis hebben als boven is toegelicht.

Een vierde voorbeeld van de telescoop 20 is gedetailleerd aan-
10 gegeven in de tabellen XIII - XVI, waarbij de tabel XIII details geeft van de telescoop 20 wanneer deze zich in de modus met grote versterking bevindt, en de tabel XIV details geeft van de telescoop 20 wanneer deze zich in de modus met kleine versterking bevindt. Het stelsel 21 met grote versterking en het stelsel 22 met kleine versterking komen overeen met die
15 waarvan details zijn aangegeven in de tabellen V - VI, terwijl het oculairstelsel 23 en de afstand tussen het oculairstelsel 23 en zowel het stelsel 21 als het stelsel 22 verschilt. Het oculairstelsel 23 komt overeen met het stelsel waarvan details zijn aangegeven in de tabellen IX en X en het blijkt, dat de som van alle afstanden in de tabel XIII gelijk is
20 aan de som van alle afstanden in elk van de tabellen XIV, IX en X.

Deze telescoop komt in andere opzichten overeen met de telescoop, waarvan details zijn aangegeven in de tabellen IX - XII, zoals grote en kleine versterkingen, de thermische en focusseringsaspecten, de objectiefapertuuroverafmeting tengevolge van pupilaberraties en de regeling van
25 veldaberraties. Omdat bij deze telescoop geen gebruik wordt gemaakt van kleurcorrectiemateriaal in het objectiefstelsel met grote versterking is de telescoop niet geachromatiseerd en omdat de telescoop tevens compact is wordt de resolutie in hoofdzaak in de modus met grote versterking gedegradeerd. Bepaalde waarden van de beeldkwaliteit voor deze telescoop
30 vindt men in de tabellen XV en XVI, waarbij de eerste tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met grote versterking en de andere tabel voorziet in informatie, welke betrekking heeft op de modus met kleine versterking, waarbij de beide modes focussering van bij benadering oneindig bezitten.

35 De in de tabellen IX - XVI gedetailleerd omschreven telescopen hebben een niet zo grote resolutie als de telescopen, waarvan details zijn aangegeven in de tabellen I - VIII, doch men verkrijgt kleine pupil-
en

en veldaberraties. De twee oculairstelsels, die behoudens kleine veranderingen in afstand, onderling verwisselbaar zijn en voorzien in een verandering van pupildiameter en waarneemveld in de beeldruimte, maken derhalve een opstelling van de telescoop in de beeldruimte van twee verschillende optische instrumenten mogelijk, waarbij de telescoop is voorzien van ongewijzigde stelsels met grote en kleine versterking, waarbij het stelsel met grote versterking het nuttige kenmerk vertoont van een uitwisselbaarheid van één lenselement.

De infrarode golfband (d.w.z. 1 - 13 micron), waar optische materialen duur zijn, en de kwaliteit en kwantiteit variabel zijn, is een telescoop, welke het nuttige kenmerk van de uitwisselbaarheid van lenselementen bezit, bijzonder attractief. Voor de eerste twee voorbeelden van de telescoop, welke boven zijn beschreven, is de onderlinge verwisselbaarheid van één lenselement aangegeven in een extreem geval, waarbij één telescoop is geachromatiseerd en de andere telescoop niet is geachromatiseerd. Tabel XVII somt enige andere optische materialen op, waaruit een meer geschikte verandering van optisch materiaal van het element G kan worden gekozen.

Het oculairstelsel 23, dat boven is beschreven, voorziet in kleine veld- en pupilaberraties, waardoor men een telescoop met minimale objectiefapertuuroverafmeting en goede afbeelding over het waarneemveld verkrijgt. Bovendien maakt het oculairstelsel 23 het mogelijk, dat de lenselementen in het objectiefstelsel een zodanige configuratie kunnen hebben, dat een groot aantal verschillende telescopen met een enkel, dubbel en meervoudig waarneemveld kan worden ontworpen. Voorts maakt het oculairstelsel 23 het mogelijk, dat het objectiefstelsel van de telescoop een of meer onderling verwisselbare lenselementen kan bezitten.

Zoals aangegeven in fig. 2 kunnen de lenselementen A en B van het oculairstelsel 23 elk een groot aantal verschillende vormen aannemen, waarbij elk van de lenselementen A en B zijn positieve sterkte behoudt en het lenselement C een negatieve sterkte behoudt. Er wordt evenwel op gewezen, dat elke configuratie leidt tot variaties van de veld- en pupilaberraties, de kwantiteit van optisch materiaal, dat door het buigen wordt gebruikt, en veranderingen in lenselementcenterdikten, vervorming, narcissus-effect en andere ondergeschikte aspecten.

Ofschoon de bovenbesproken uitvoeringsvormen slechts spreken over een oculairstelsel, dat gebruikt wordt bij een afocale telescoop met

dubbele versterking, die in het golflengtegebied van 8 - 13 micron werkt, kan het oculairstelsel 23 worden toegepast bij andere objectieflensstelsels, zoals stelsels met een aantal configuraties en zoemstelsels, welke werkzaam kunnen zijn over het golflengtegebied van 8 - 13 micron, het golflengtegebied van 3 - 5 micron, het golflengtegebied van 3 - 13 micron en zelfs over het golflengtegebied van 1 - 13 micron. Verder kan ook een groot aantal verschillende lensmaterialen worden gebruikt voor het vervaardigen van de lenselementen van het oculairstelsel. Voor alle oppervlakteconfiguraties kan het oculairstelsel (wanneer gebruik wordt gemaakt van zeer effectieve anti-reflectiebekledingen) met een FLIR-stelsel worden gecombineerd zonder dat een waarneembaar narcissus-effect wordt geïntroduceerd. Er wordt op gewezen, dat de tabellen I - IX gelden voor 20° C en het daarin gespecificeerde f-getal afkomstig is uit de formule $(2 \sin \theta)^{-1}$, waarbij θ de halve hoek is van de kegel, welke wordt gevormd door de axiale veldstraal na breking door het lenselement waarop de straal invalt.

TABEL I

Lens	Oppervlak	Afstand	frontoestraal kromtestraal materiaal	Materiaal	Apertuur (*) diameter
Ingangs- pupil	ø	0	vlak	Lucht	11,00
A	1	23,86	-70,13	lucht	337,34
	2	5,25	-47,97	Ge	39,73
B	3	1,00	344,97	lucht	40,19
	4	5,00	482,88	Ge	39,92
E	5	1,00	35,65	lucht	36,44
	6	13,95	24,97	Ge	24,20
G	13	152,11	-610,07	lucht	94,21
	14	9,00	-1432,15	As/Se/Ge(BS1)	97,48
H	15	47,29	-269,04	lucht	127,69
	16	11,35	-184,85	Ge	131,52

* Maximale veldhoek bij de ingangspupil = 60°

(*) Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL II

Lens	Oppervlak	Afstand	Kromtestraal	Materiaal	Apertuur diameter ^(*)
Ingangspupil *	Ø	0	Vlak	Lucht	11,0
A	1	23,86	-70,13	lucht	37,34
	2	5,25	-47,97	Ge	39,73
B	3	1,00	344,97	Lucht	40,19
	4	5,00	-482,88	Ge	39,92
C	5	1,00	35,65	Lucht	36,44
	6	13,95	24,97	Ge	24,20
D	7	40,00	vlak	lucht	34,22
	8	3,50	594,41	Ge	34,68
E	9	5,25	-61,88	lucht	36,30
	10	4,80	-41,62	Ge	38,15
F	11	71,313	179,52	lucht	42,45
	12	4,75	121,31	Ge	42,08
G	13	22,50	-610,07	lucht	59,66
	14	9,00	-1432,15	As/Se/Ge(BS1)	63,32
H	15	47,29	-269,04	lucht	105,39
	16	11,35	-184,85	Ge	109,80

* Maximale veldhoek bij ingangspupil = 60°.

(*) Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL III

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = 60°)	Monochromatisch bij 10,0 micron	*Chromatisch over 8,5 - 11,5 micron
Axiaal	0,049	0,062
$\frac{1}{2}$	0,051	0,074
$\frac{3}{4}$	0,047	0,076
Vol	0,061	0,091

*

Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengte-meting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL IV

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = 60°)	Monochromatisch bij 10,0 micron	*Chromatisch over 8,5 - 11,5 micron
Axiaal	0,062	0,111
$\frac{1}{2}$	0,415	0,449
$\frac{3}{4}$	0,457	0,492
Vol	0,602	0,630

*

Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengte-meting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL v

Lens	Oppervlak	Afstand	Kromtestraal	Materiaal	Apertuur- diameter ^(x)
Ingangs- pupil *	Ø	0	vlak	lucht	11,00
A	1	23,86	-70,13	lucht	37,34
	2	5,25	-47,97	Ge	39,73
B	3	1,00	344,97	lucht	40,19
	4	5,00	-482,88	Ge	39,92
C	5	1,00	35,65	lucht	36,44
	6	13,95	24,97	Ge	24,20
G'	13'	152,11	-1108,90	lucht	94,69
	14'	7,50	-2232,29	Ge	96,36
H	15'	48,79	-269,04	lucht	127,41
	16	11,35	-184,85	Ge	131,24

* Maximale veldhoek bij de ingangspupil = 60°.

(x) Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL VI

Lens	Oppervlak	Afstand	Kromtestraal	Materiaal	Apertuur- diameter ^(x)
Ingangs- pupil *	Ø	0	vlak	lucht	11,00
A	1	23,86	-70,13	lucht	37,34
	2	5,25	-47,97	Ge	39,73
B	3	1,00	344,97	lucht	40,19
	4	5,00	-482,88	Ge	39,92
C	5	1,00	35,65	lucht	36,44
	6	13,95	24,97	Ge	24,20
D	7	40,00	vlak	lucht	34,22
	8	3,50	594,41	Ge	34,68
E	9	5,25	-61,88	lucht	36,30
	10	4,80	-41,62	Ge	38,15
F	11	71,313	179,51	lucht	42,45
	12	4,75	121,31	Ge	42,08
G' 14'	13'	22,50	-1108,90	lucht	59,94
	14'	7,50	-2232,29	Ge	61,82
H	15'	48,79	-269,04	lucht	105,19
	16	11,35	-184,85	Ge	109,60

* Maximale veldhoek bij de ingangspupil = 60°.

(x) Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL VII

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = 60°)	Monochromatisch bij 10,0 micron	* Chromatisch over 8,5 - 11,5 micron
Axiaal	0,054	0,168
$\frac{1}{2}$	0,077	0,195
$\frac{3}{4}$	0,093	0,202
Vol	0,113	0,214

* Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengtemeting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL VIII

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = 60°)	Monochromatisch bij 10,0 micron	* Chromatisch over 8,5 - 11,5 micron
Axiaal	0,104	0,183
$\frac{1}{2}$	0,391	0,445
$\frac{3}{4}$	0,417	0,478
Vol	0,641	0,692

* Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengtemeting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL IX

lens	Oppervlak	Afstand	Kromtestraal	Materiaal	Apertuur diameter ^X
Ingangs- pupil [≠]	∅	0	Vlak	Lucht	15,00
A	1	33,46	-60,72	lucht	41,82
	2	5,25	-49,49	Ge	44,61
B	3	1,00	250,34	Lucht	45,27
	4	4,75	-2087,25	Ge	44,87
C	5	1,00	38,68	Lucht	41,09
	6	14,70	27,57	Ge	27,81
G	13	156,23	-610,07	Lucht	93,00
	14	9,00	-1432,15	As/se/Ge/(BS1)	96,00
H	15	47,29	-269,04	Lucht	126,59
	16	11,35	-184,85	Ge	130,66

[≠] Maximale veldhoek bij de ingangspupil = 46.4°.

^X Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL X

Lens	Oppervlak	afstand	kromtestraal	materiaal	Apertuur ^X diameter
Ingangs- [#] pupil	Ø	Ø	Vlak	lucht	15,00
A	1 2	33,46 5,25	-60,72 -49,49	lucht Ge	41,82 44,61
B	3 4	1,00 4,75	250,34 -2087,25	lucht Ge	45,27 44,87
C	5 6	1,00 14,70	38,68 27,57	lucht Geacht	41,09 27,80
D	7 8	44,53 3,50	vlak 594,41	lucht Ge	35,06 35,53
E	9 10	5,25 4,80	-61,88 -41,62	lucht Ge	37,08 38,92
F	11 12	71,31 4,75	179,52 121,31	lucht Ge	42,94 42,58
G	13 14	22,09 9,00	-610,07 -1432,15	lucht As/Se/Ge(BS1)	60,27 64,02
H	15 16	47,29 11,35	-269,04 -184,85	lucht Ge	107,19 111,64

[#] Maximale veldhoek bij de ingangspupil = 46,4°.

^X Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL XI

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = $46,4^\circ$)	Monochromatisch bij 10,00 micron	*Chromatisch over 8,5-11,5 micron
Axiaal	0,094	0,104
$\frac{1}{2}$	0,115	0,134
$\frac{3}{4}$	0,131	0,152
Vol	0,154	0,175

* Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengtemeting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL XII

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = $46,4^\circ$)	Monochromatisch bij 10,0 micron	*Chromatisch over 8,5 - 11,5 micron
Axiaal	0,439	0,450
$\frac{1}{2}$	0,698	0,741
$\frac{3}{4}$	0,740	0,782
Vol	0,970	1,010

* Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengtemeting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL XIII

Lens	Oppervlak	Afstand	Kromtestraal	Materiaal	Apertuur- ^X diameter
Ingangs- [*] pupil	Ø	0	Vlak	lucht	15,00
A	1 2	33,46 5,25	-60,72 -49,49	lucht Ge	41,82 44,61
B	3 4	1,00 4,75	250,34 -2087,25	lucht Ge	45,27 44,87
C	5 6	1,00 14,70	38,68 27,57	lucht Ge	41,09 27,81
G	13 14	156,23 7,50	-1108,90 -2232,29	lucht Ge	93,47 95,11
H	15 16	48,79 11,35	-269,04 -184,85	lucht Ge	126,34 130,41

* Maximale veldhoek bij de ingangspupil = $46,4^{\circ}$.

X Zoals door deze versterkingsmodus is vereist.

TABEL XIV

Lens	Oppervlak	Afstand	Kromtestraal	Materiaal	Apertuur- ^X diameter
Ingangs- [⊗] pupil	∅	∅	vlak	lucht	15,00
A	1 2	33,46 5,25	-60,72 -49,49	lucht Ge	41,82 44,61
B	3 4	1,00 4,75	250,34 -2087,25	lucht Ge	45,27 44,87
C	5 6	1,00 14,70	38,68 27,57	lucht Ge	41,09 27,80
D	7 8	44,53 3,50	vlak 594,41	lucht Ge	35,06 35,53
E	9 10	5,25 4,80	-61,88 -41,62	lucht Ge	37,08 38,92
F	11 12	71,31 4,75	179,52 121,31	lucht Ge	42,94 42,58
G	13 14	22,09 7,50	-1108,90 -2232,29	lucht Ge	60,57 62,49
H	15 16	48,79 11,35	-269,04 -184,85	lucht Ge	107,01 111,46

[⊗] Maximale veldhoek bij de ingangspupil = 46,4°.

^X Zoals door deze versterkingsmodus ks vereist.

TABEL XV

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = $46,4^\circ$)	Monochromatisch bij 10,00 micron	* Chromatisch over 8,5-11,5 micron
Axiaal	0,097	0,203
$\frac{1}{2}$	0,116	0,232
$\frac{3}{4}$	0,136	0,244
Vol Vol	0,164	0,261

* Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengtemeting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL XVI

Benaderde effectieve vlekafmetingen in de objectruimte (in milliradialen)		
Veld (maximum = $46,4^\circ$)	Monochromatisch bij 10,0 micron	* Chromatisch over 8,5-11,5 micron
Axiaal	0,439	0,478
$\frac{1}{2}$	0,683	0,741
$\frac{3}{4}$	0,715	0,778
Vol	1,024	1,086

* Gegeven als een gelijkelijk gewogen, geaccumuleerde drie-golflengtemeting, waarbij de golflengten 8,5, 10,0 en 11,5 micron zijn.

TABEL XVII

Materiaal	Brekingsindex ^x	V-waarde [#]
BS2	2,856	248
BSBSA	2,779	209
TI 1173	2,600	142
AMTIR	2,497	169
BS 1	2,492	152
TI 20	2,492	144
KRS 5	2,370	260

^x De brekingsindex geldt voor 10,0 micron.

[#] Over het golflengtegebied van 8,5 - 11,5 micron.

CONCLUSIES :

1. Afocale telescoop voorzien van een objectiefstelsel en een oculairstelsel, welke stelsels een gemeenschappelijke optische as hebben, waarbij het objectiefstelsel zodanig is opgesteld, dat dit straling in de infrarode golfband uit een op een afstand gelegen tafereel ontvangt en
5 daarvan een reëel beeld binnen de telescoop vormt, terwijl het oculairstelsel zodanig is opgesteld, dat dit straling uit het genoemde beeld ontvangt en bij een reële pupil een versterkt beeld van het tafereel verschaft met het kenmerk, dat het oculairstelsel (23) bestaat uit een triplet van drie lenselementen (A, B, C), waarvan er twee (A, B) een positieve sterkte hebben, het oculairlenselement (C) bij het objectiefstelsel
10 (21) een negatieve sterkte heeft en een concaaf brekingsvlak (6) naar het objectiefstelsel (21) en een convex brekingsvlak (5) op een afstand van het objectiefstelsel (21) bezit, waarbij het convexe vlak (5) van het naastgelegen brekingsvlak (4) van het centrale lenselement (B) van de
15 triplet is gescheiden door een luchtruimte, die in axiale richting op de genoemde hartlijn in hoofdzaak nul is en welke progressief in grootte toeneemt, naarmate de afstand tot de hartlijn toeneemt.
 2. Telescoop volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat de zes brekingsvlakken (1 - 6) van het oculairstelsel (23) vrij zijn van asferische
20 invloeden.
 3. Telescoop volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk, dat van de zes brekingsvlakken (1 - 6) van het oculairstelsel (23) tenminste het vlak (1), dat het dichtst bij de reële pupil ($\emptyset$) is gelegen, met een anti-reflectiebekleding is bedekt.
 - 25 4. Telescoop volgens een der conclusies 1 - 3 met de karakteristieken, welke zijn aangegeven in de tabellen I - IV.
 5. Telescoop volgens een der conclusies 1 - 3 met de karakteristieken, welke zijn aangegeven in de tabellen V - VIII.
 6. Telescoop volgens een der conclusies 1 - 3 met de karakteristieken, welke zijn aangegeven in de tabellen IX - XII.
30
 7. Telescoop volgens een der conclusies 1 - 3 met de karakteristieken, welke zijn aangegeven in de tabellen XIII - XVI.
-

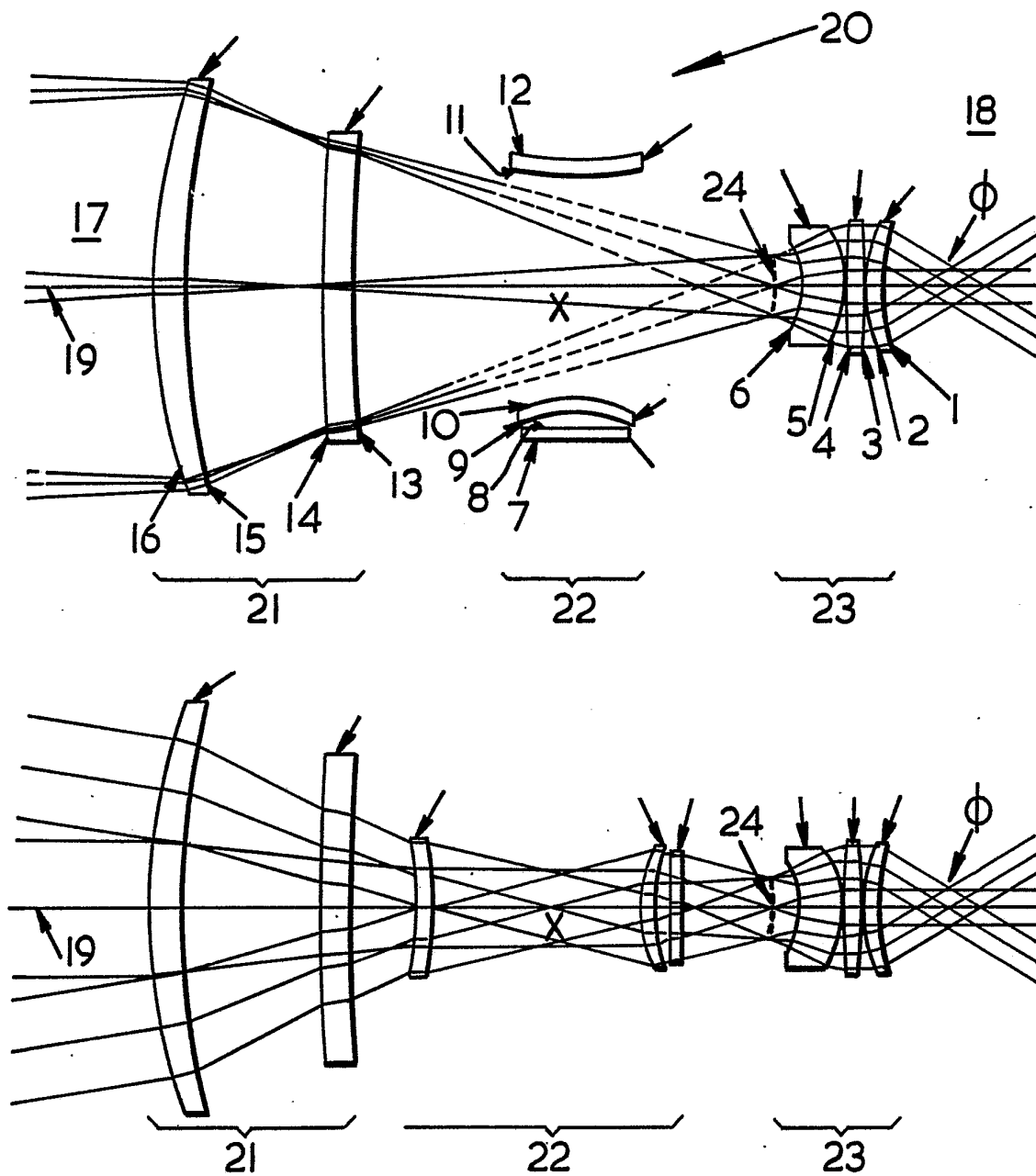


FIG. 1

8202540

Barr & Stroud Limited

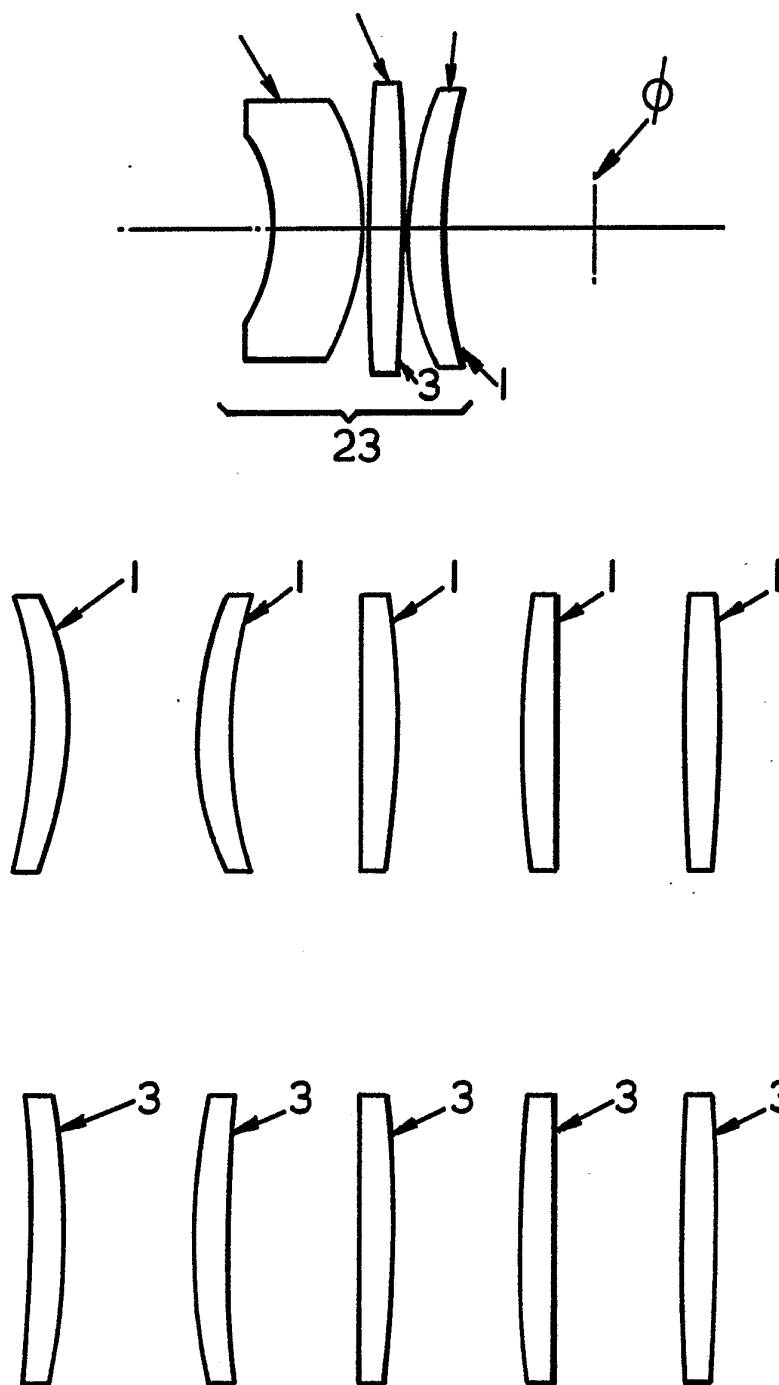


FIG. 2

8202540

Barr & Stroud Limited