



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

PUBLIKATIENUMMER : 1007993A3
INDIENINGSNUMMER : 09301412
Internat. klassif. : H04N G02B
Datum van verlening : 05 December 1995

De Minister van Economische Zaken,

Gelet op de wet van 28 Maart 1984 op de uitvindingsoctrooien
inzonderheid artikel 22;
Gelet op het Koninklijk Besluit van 2 December 1986, betreffende het aanvragen,
verlenen en in stand houden van uitvindingsoctrooien, inzonderheid artikel 28;

Gelet op het proces-verbaal opgesteld door de Dienst voor Industriële Eigendom op
17 December 1993 te 10u00

BESLUIT :

ARTIKEL 1.- Er wordt toegekend aan : PHILIPS ELECTRONICS N.V.
Groenewoudseweg 1, NL-5621 BA EINDHOVEN(NEDERLAND)

vertegenwoordigd door : STEENBEEK L., INTERNATIONAAL OCTROOIBUREAU, P.O. Box 220 -
NL 5600 AE EINDHOVEN.

een uitvindingsoctrooi voor de duur van 20 jaar, onder voorbehoud van de betaling van
de jaartaksen voor : BELICHTINGSSTELSEL VOOR EEN KLEURENBEELDPROJECTIE-INRICHTING EN
CIRCULAIRE POLARISATOR GESCHIKT VOOR TOEPASSING IN EEN DERGELIJK BELICHTINGSSTELSEL
EN KLEURENBEELDPROJECTIE-INRICHTING BEVATTENDE EEN DERGELIJK BELICHTINGSSTELSEL MET
CIRCULAIRE POLARISATOR.

UITVINDER(S) : Heynderickx Ingrid E.J.R.; Broer Dirk J., alle twee: Groenewoudseweg
1, NL-5621 BA Eindhoven (NL)

ARTIKEL 2.- Dit octrooi is toegekend zonder voorafgaand onderzoek van zijn
octrooieerbaarheid, zonder waarborg voor zijn waarde of van de juistheid van
de beschrijving der uitvinding en op eigen risico van de aanvrager(s).

Brussel, 05 December 1995
BIJ SPECIALE MACHTIGING :

WUYTS L
Directeur

Belichtingsstelsel voor een kleurenbeeldprojectie-inrichting en circulaire polarisator geschikt voor toepassing in een dergelijk belichtingsstelsel en kleurenbeeldprojectie-inrichting bevattende een dergelijk belichtingsstelsel met circulaire polarisator.

De uitvinding heeft betrekking op een belichtingsstelsel voor een kleurenbeeldprojectie-inrichting bevattende in volgorde een stralingsbron voor het leveren van een stralingsbundel en tenminste een cholesterische spiegel voor het splitsen van de stralingsbundel in tenminste twee deelbundels met een andere golflengte.

5 De uitvinding heeft tevens betrekking op een circulaire polarisator geschikt voor toepassing in een dergelijk belichtingsstelsel voor het rechtstreeks omzetten van ongepolariseerde straling in circulair gepolariseerde deelbundels.

De uitvinding heeft verder betrekking op een kleurenbeeldprojectie-inrichting met een dergelijk belichtingsstelsel voorzien van een circulaire polarisator.

10 De term kleurenbeeldprojectie-inrichting dient ruim opgevat te worden en kan gebruikt worden voor een inrichting voor het weergeven van een videobeeld, een grafisch beeld, numerieke informatie of een combinatie daarvan.

Een belichtingsstelsel geschikt voor toepassing in een
15 kleurenbeeldprojectie-inrichting van de in de aanhef genoemde soort is bekend uit het artikel "New Liquid Crystal Polarized Color Projection Principle" door M. Schadt en J. Fünfschilling in Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 29, No. 10, October 1990, pp. 1974-1984. De beeldweergeefpanelen van het in de bekende inrichting gebruikte
20 belichtingsstelsel zijn transmissiepanelen met een laag vloeibaar kristallijn materiaal als beeldvormend element. Deze laag moduleert de polarisatietoestand van invallende straling overeenkomstig de daarin aanwezige beeldinformatie. Daartoe dient de door het belichtingsstelsel geleverde bundel in een bepaalde richting lineair gepolariseerd te zijn of een bepaalde polarisatie-draairichting te hebben, al naargelang het
beeldweergeefpaneel geschikt is om lineair of circulair gepolariseerde straling te
25 moduleren. Onder beeldweergeefpaneel dient te worden verstaan de combinatie van de vloeibaar kristallijne laag met een polarisatie en een analysator.

Het in het artikel beschreven belichtingsstelsel maakt gebruik van cholesterische spiegels voor het opsplitsen van de door de stralingsbron uitgezonden

"witte", ongepolariseerde stralingsbundel in een aantal "gekleurde" deelbundels overeenkomstig het aantal beeldweergeefpanelen en met een welbepaalde polarisatietoestand. De cholesterische spiegels hebben dus een tweeledige functie, enerzijds kleurselectie en anderzijds polarisatieselectie.

5 Een cholesterische spiegel bevat een optische laag van vloeibaar kristallijn materiaal met een spiraal- of helixachtige structuur met spoed p . Wanneer een "witte", ongepolariseerde stralingsbundel op een dergelijke spiegel invalt, zal een circulair gepolariseerde stralingscomponent met een draairichting die correspondeert met de draairichting van de moleculaire helix en met een golflengte die afgestemd is op de
10 spoed p van de helix gereflecteerd worden, terwijl een component met de tegengestelde draairichting en/of met een niet op de spiegel afgestemde golflengte doorgelaten worden.

In het bekende belichtingsstelsel gebeurt de kleurscheiding en de polarisatie als volgt. Ongepolariseerd, wit licht valt in op een eerste cholesterische
15 spiegel die onder 45° ten opzichte van de bundel georiënteerd is. De blauwe, linksdraaiend circulair gepolariseerde deelbundel wordt naar een vlakke spiegel gereflecteerd. Aan de spiegel wordt de draairichting geïnverteerd in rechtsdraaiend, zodat de draairichting van deze deelbundel niet meer aangepast is aan de helix van de cholesterische spiegel en bijgevolg zal de deelbundel worden doorgelaten in de richting
20 van het blauwe beeldweergeefpaneel. De rest van de stralingsbundel wordt doorgelaten naar een tweede cholesterische spiegel die de blauwe, rechtsdraaiende circulair gepolariseerde stralingscomponent selecteert en rechtstreeks in de richting van het blauwe beeldweergeefpaneel reflecteert. Op analoge wijze worden met verdere cholesterische spiegels de groene en de rode deelbundel geselecteerd.

25 Een nadeel van het bekende belichtingsstelsel is dat de selectiviteit voor links- en rechtsdraaiend circulair gepolariseerde straling niet altijd voldoende groot is, waardoor de efficiëntie van de omzetting van ongepolariseerde in circulair gepolariseerde straling niet optimaal is.

30 De uitvinding beoogt een belichtingsstelsel voor een kleurenbeeldprojectie-inrichting te verschaffen, waarvan de omzettingsefficiëntie van door de stralingsbron uitgezonden ongepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling optimaal is en deze omzetting bovendien op relatief eenvoudige en goedkope wijze gerealiseerd kan

worden.

Het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft daartoe het kenmerk, dat zich in de weg van de stralingsbundel tussen de stralingsbron en de cholesterische spiegel een samengestelde circulaire polarisator bevindt voor het rechtstreeks omzetten
5 van de ongepolariseerde straling in circulair gepolariseerde deelbundels, welke polarisator bevat een polarisatiegevoelige bundeldeler voor het splitsen van de stralingsbundel in twee onderling loodrecht lineair gepolariseerde deelbundels en een polarisatie-omzetter, waarbij de uit de polarisator tredende circulair gepolariseerde deelbundels samen een bundel vormen.

10 Door in een belichtingsstelsel voor een kleurenbeeldprojectie-inrichting, waarin de kleurscheiding gebeurt met behulp van cholesterische spiegels, gebruik te maken van een dergelijke nieuwe polarisator is de straling, die aangeboden wordt aan de cholesterische spiegels, reeds circulair gepolariseerd zonder dat daarbij absorptie van een gedeelte van de door de stralingsbron uitgezonden straling optreedt. Bovendien
15 gebeurt deze omzetting rechtstreeks met behulp van slechts een enkele component en is de omzettingsefficiëntie van ongepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling niet afhankelijk van de kwaliteit van de cholesterische spiegels. Op die manier wordt de omzettingsefficiëntie van lineair in circulair gepolariseerde straling geoptimaliseerd waardoor de intensiteit van de door de stralingsbron uitgezonden stralingsbundel
20 maximaal benut kan worden. Bovendien kan nu worden volstaan met zes cholesterische spiegels die slechts half zo groot zijn als de zes cholesterische spiegels in het genoemde artikel, waardoor de vervaardiging ervan eenvoudiger wordt en de prijs aanzienlijk wordt gereduceerd. Verder kunnen de vlakke spiegels achterwege worden gelaten. Zowel in het genoemde artikels als in de onderhavige uitvinding zijn er per kleur twee
25 bundelgedeeltes die verschillende weglengtes doorlopen tussen de stralingsbron en het projectielenzenstelsel. Doordat de vlakke spiegels geëlimineerd zijn in de opstelling volgens de uitvinding is het weglengteverschil tussen twee bundelgedeeltes van dezelfde kleur aanzienlijk kleiner geworden, zodat de belichting van de LCD's verbeterd is.

Een uitvoeringsvorm van het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft
30 het kenmerk, dat de polarisatiegevoelige bundeldeler twee doorzichtige elementen bevat waartussen zich een polarisatiescheidende laag bevindt en dat de polarisatie-omzetter bestaat uit twee $\lambda/4$ -platen die elk op een verschillend uittrekvlak van de polarisatiegevoelige bundeldeler in diagonaalstand zijn aangebracht.

Onder diagonaalstand wordt verstaan dat de as van de $\lambda/4$ -plaat en de lineaire polarisatierichting een hoek van 45° met elkaar maken.

Een conventionele $\lambda/4$ -plaat zet lineair gepolariseerde straling om in circulair gepolariseerde straling of omgekeerd, maar is golflengteafhankelijk. Daarom wordt gebruik gemaakt van een breedbandige of achromatische $\lambda/4$ -plaat. Dat is een doorzichtig element dat bijvoorbeeld samengesteld is uit een aantal lagen en dat voor alle golflengten in het zichtbare golflengtegebied een dusdanige fase-draaiing in een bundel bewerkstelligt dat lineair gepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling wordt omgezet of omgekeerd. Opgemerkt wordt dat achromatische $\lambda/4$ -platen op zichzelf bekend zijn uit bijvoorbeeld de publicatie: "Retardation Film for STN-LCD's 'NRF'" van de firma Nitto Denko in SID '92 Exhibit Guide, Society for Information Display, May 17-22, 1992, Boston, Massachusetts, USA.

Door de polarisatiegevoelige bundeldeler wordt de door de stralingsbron uitgezonden ongepolariseerde stralingsbundel opgesplitst in twee onderling loodrecht lineair gepolariseerde deelbundels. Beide deelbundels treden vervolgens elk een $\lambda/4$ -plaat binnen en worden omgezet in circulair gepolariseerde bundels. De $\lambda/4$ -platen kunnen zodanig georiënteerd worden dat beide deelbundels circulair gepolariseerd zijn in dezelfde draairichting.

Een voorkeursuitvoeringsvorm van het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de polarisatiegevoelige bundeldeler twee doorzichtige elementen bevat waartussen zich een polarisatiescheidende laag van vloeibaar kristallijn materiaal bevindt waarvan de moleculen onder een azimuthale hoek van nagenoeg 45° met het vlak van inval en onder een tilthoek die gelijk is aan de invalshoek α van de ongepolariseerde stralingsbundel op die laag georiënteerd zijn en dat de polarisatie-omzetter bestaat uit een derde en een vierde doorzichtig element, elk voor het geleiden van een door de bundeldeler geleverde lineair gepolariseerde deelbundel en die elk tenminste een reflectievlak bevatten, waaraan bij reflectie van de betreffende deelbundel tussen de deelbundel component met een polarisatierichting evenwijdig met en de deelbundelcomponent met een polarisatierichting loodrecht op het vlak van inval een faseverschuiving optreedt, waarbij de totale faseverschuiving in zowel het derde als het vierde element 90° bedraagt.

In de optica is het bekend dat bij totale interne reflectie van een stralingsbundel een relatieve faseverschuiving optreedt tussen de component van de

bundel met een polarisatierichting evenwijdig met en de bundelcomponent loodrecht op het vlak van inval van de bundel. De relatieve faseverschuiving $\delta = \delta_{\parallel} - \delta_{\perp}$ die daarbij optreedt wordt zoals bekend gegeven door

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\cos \theta_i \sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\sin^2 \theta_i}$$

waarin n de relatieve brekingsindex is aan het scheidingsoppervlak tussen het optische
 5 ijl en het optisch dicht medium en θ_i de invalshoek. Door nu de moleculen van polarisatiescheidende laag in de bundeldeler zodanig te oriënteren dat de polarisatierichting van de door de bundeldeler geleverde lineair gepolariseerde
 10 deelbundels een hoek van 45° maakt met het vlak van inval van die lineair gepolariseerde bundel, zullen de amplitudes van de polarisatiecomponenten evenwijdig met en loodrecht op dat invalsvlak gelijk zijn aan elkaar. Verder kan met behulp van de
 15 gegeven formule de gewenste faseverschuiving van 90° tussen de twee polarisatiecomponenten, die nodig is om lineair gepolariseerd licht om te zetten in circulair gepolariseerd licht, gerealiseerd worden door de relatieve brekingsindex n en de invalshoek θ_i aan te passen. Hiervoor zijn tenminste twee totale interne reflecties nodig.

Een verdere uitvoeringsvorm van het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat het derde en het vierde element Fresnel prisma's, elk met een eerste reflectievlak en een tweede reflectievlak die respectievelijk een hoek β_1 en een hoek β_2 insluiten met de polarisatiescheidende laag, waarbij geldt dat:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_1}{2} = \frac{\cos \theta_{i,1} \sqrt{\sin^2 \theta_{i,1} - n^2}}{\sin^2 \theta_{i,1}}$$

20

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_2}{2} = \frac{\cos \theta_{i,2} \sqrt{\sin^2 \theta_{i,2} - n^2}}{\sin^2 \theta_{i,2}}$$

met δ_1 en δ_2 de faseverschuivingen tussen de component met polarisatierichting evenwijdig met en de component met polarisatierichting loodrecht op het vlak van inval

van de in het derde respectievelijk vierde element binnentredende lineair gepolariseerde
 deelbundel tengevolge van de totale interne reflecties aan de respectieve
 reflectievlakken, n de relatieve brekingsindex van de Fresnel prisma's, $\theta_{i,1} = \alpha - \beta_1$ de
 invalshoek voor de eerste totale interne reflectie en $\theta_{i,2} = \alpha - 2\beta_1 - \beta_2$ de invalshoek voor de
 5 tweede totale interne reflectie, waarbij α de invalshoek van de ongepolariseerde
 stralingsbundel op de polarisatiescheidende laag van de bundeldeler is.

In een Fresnel prisma ondervindt de invallende bundel achtereenvolgens
 twee totale interne reflecties, waarbij een relatieve faseverschuiving van 90° wordt
 veroorzaakt tussen de polarisatiecomponent evenwijdig met en de polarisatiecomponent
 10 loodrecht op het vlak van inval. Bij de eerste reflectie wordt de lineair gepolariseerde
 bundel elliptisch gepolariseerd en bij de tweede reflectie wordt de elliptisch
 gepolariseerde bundel omgezet in een circulair gepolariseerde bundel, op voorwaarde
 dat de amplitudes van beide componenten van de invallende bundel aan elkaar gelijk
 zijn. Opdat deze omzetting zou kunnen plaatsvinden dienen daarbij echter de
 15 brekingsindexverhouding n van de polarisator en de invalshoek θ_i van de om te zetten
 stralingsbundel aan bovenstaande relatie te voldoen.

In de onderhavige uitvinding wordt voorgesteld om in een
 belichtingsstelsel voor een kleurenbeeldprojectie-inrichting een op zichzelf bekende
 bundeldeler die ongepolariseerde straling omzet in lineair gepolariseerde straling te
 20 combineren met Fresnel prisma's zodanig dat met behulp van een enkel element, dat
 bovendien achromatisch in een relatief groot golflengtegebied, ongepolariseerde straling
 rechtstreeks in circulair gepolariseerde straling kan worden omgezet. Daartoe dienen
 echter de vormen van de Fresnel prisma's en de bundeldeler aan elkaar aangepast te
 worden.

25 Opgemerkt wordt dat Fresnel prisma's op zichzelf bekend zijn voor het
 omzetten van lineair gepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling, onder
 andere uit het boek "Principles of Optics" door M. Born en E. Wolf, 6de editie,
 Pergamon Press, p. 47-51.

Een uitvoeringsvorm van het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft
 30 als het kenmerk, dat het eerste en het tweede doorzichtige element elk met een Fresnel
 prisma geïntegreerd zijn een enkel element.

Door de Fresnel prisma's te combineren met de bundeldeler gebeurt de
 rechtstreekse omzetting van lineair in circulair gepolariseerde straling met behulp van

een enkel element. Hierdoor wordt de constructie van de polarisator aanzienlijk vereenvoudigd.

Een alternatieve uitvoeringsvorm van het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat tenminste het derde of het vierde element tenminste
5 aan een reflectievlak voorzien is van een reflecterende laag.

Een golflengte-onafhankelijke faseverschuiving van 90° tussen de polarisatiecomponent evenwijdig met en de polarisatiecomponent loodrecht op het vlak van inval kan tevens gerealiseerd worden door een enkele reflectie van een van de lineair gepolariseerde deelbundels aan een metallische spiegel. Het realiseren van een
10 bepaalde faseverschuiving aan de hand van een reflectie aan een metallische laag is op zichzelf bekend en wordt bijvoorbeeld beschreven in het reeds genoemde boek "Principles of Optics", p. 615-618. Op die manier kan het aantal reflecties aanzienlijk gereduceerd worden.

Bij de tot hertoe beschreven uitvoeringsvormen van het belichtingsstelsel
15 volgens de uitvinding zijn er nog steeds, om totale omzetting te realiseren in straling die geschikt gepolariseerd is om door de beeldweergeefpanelen gemoduleerd te kunnen worden, per te scheiden kleur twee cholesterische spiegels nodig. Dit resulteert in relatief veel losse componenten die bovendien tegenover elkaar uitgericht dienen te worden om een zo efficiënt mogelijke omzetting te verkrijgen.

20 Een uitvoeringsvorm van het belichtingsstelsel volgens de uitvinding heeft echter het kenmerk, dat een van de uittreevlakken van de polarisator voorzien is van een polarisatiedraaiend element.

In het bekende belichtingsstelsel is de door de polarisator circulair gepolariseerde bundel deels rechtsdraaiend en deels linksdraaiend circulair
25 gepolariseerd. Door nu de polarisator op een van zijn uittreevlakken te voorzien van een polarisatiedraaiend element dat de polarisatierichting van de betreffende deelbundel over 180° draait ten opzichte van de polarisatierichting van de andere deelbundel, zullen beide deelbundels circulair gepolariseerd zijn met dezelfde draairichting bij het verlaten van de polarisator. Het voordeel daarvan is dat in het belichtingsstelsel kan volstaan
30 worden met slechts drie cholesterische spiegels.

Als polarisatiedraaiend element zijn er verschillende mogelijkheden. Een eerste uitvoeringsvorm van de kleurenbeeldprojectie-inrichting volgens de uitvinding heeft daartoe het kenmerk, dat het polarisatiedraaiend element een $\lambda/2$ -plaat is.

Een $\lambda/2$ -plaat is op zichzelf bekend als polarisatiedraaiend element.

Een alternatieve uitvoeringsvorm van de kleurenbeeldprojectie-inrichting volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat het polarisatiedraaiend element een dubbel Fresnel prisma is.

5 Onder een dubbel Fresnel prisma dient te worden verstaan een prisma waarin achtereenvolgens vier totale interne reflecties plaatsvinden.

Door een van de circulair gepolariseerde deelbundels door een dergelijk prisma te sturen zal een faseverschuiving van 180° bereikt zijn, zodanig dat de draairichting van de betreffende deelbundel nu gelijk is aan de draairichting van de
10 andere circulair gepolariseerde deelbundel.

De uitvinding zal nu nader worden toegelicht aan de hand van de tekening.

Figuur 1 toont schematisch een uitvoeringsvoorbeeld van een
15 kleurenbeeldprojectie-inrichting volgens de stand van de techniek;

Figuur 2 toont schematisch een uitvoeringsvoorbeeld van een kleurenbeeldprojectie-inrichting volgens de uitvinding;

Figuur 3 toont een eerste uitvoeringsvoorbeeld van een samengestelde circulaire polarisator voor toepassing in een belichtingsstelsel voor een
20 kleurenbeeldprojectie-inrichting volgens de uitvinding;

Figuur 4 toont de faseverschuiving tussen de component loodrecht op en de component evenwijdig met de normaal loodrecht op het vlak van inval van de stralingsbundel in functie van de invalshoek van de lineair gepolariseerde deelbundel op het lucht-prisma scheidingsvlak;

25 Figuren 5a en 5b tonen twee uitvoeringsvoorbeelden van een samengestelde circulaire polarisator volgens de uitvinding, waarbij een faseverschuiving van 90° wordt verkregen door middel van twee verschillende reflecties;

Figuur 6 toont een uitvoeringsvoorbeeld van een samengestelde circulaire polarisator volgens de uitvinding die tenminste gedeeltelijk voorzien is van een
30 metallische laag;

Figuren 7 en 8 tonen twee uitvoeringsvoorbeelden van een samengestelde circulaire polarisator volgens de uitvinding die twee deelbundels met dezelfde circulaire polarisatiedraairichting levert;

Figuur 9 toont schematisch een uitvoeringsvoorbeeld van een kleurenbeeldprojectie-inrichting met een polarisator die twee in dezelfde draairichting circulair gepolariseerde deelbundels levert; en

Figuur 10 toont schematisch een uitvoeringsvoorbeeld van een zwart-wit
5 of monochrome beeldprojectie-inrichting.

De in figuur 1 schematisch voorgestelde kleurenbeeldprojectie-inrichting 1 bevat een belichtingsstelsel 7 bestaande uit een stralingsbron 3, een spiegelstelsel 8 en drie beeldweergeefpanelen 27, 29 en 31, één voor elk der primaire kleuren rood, blauw
10 en groen. Elk van deze beeldweergeefpanelen is bijvoorbeeld een vloeibaar kristal paneel, verder LCD-paneel genoemd in combinatie met een polarisator en een analysator. Een LCD paneel bevat een laag van vloeibaar kristallijn materiaal dat ingesloten is tussen twee doorzichtige platen en welke laag is opgedeeld in beeldelementen of pixels. Het paneel kan zowel actief als passief aangestuurd worden.
15 Beide typen van direct gestuurde beeldweergeefpanelen zijn beschreven bijvoorbeeld in de Europese octrooiaanvraag EP 0 266 184. Door aansturing van een beeldelement, door aanleggen van een lokaal elektrisch veld wordt een verandering veroorzaakt in de effectieve brekingsindex van het vloeibaar kristallijn materiaal ter plaatse van dat beeldelement, zodanig dat de straling die door dit beeldelement heengaat een
20 verandering van polarisatierichting ondergaat. Door de beeldelementen van het paneel, volgens een bepaald patroon bepaald door de aangeboden informatie, al dan niet aan te sturen wordt een "polarisatiebeeld" gevormd dat door de analysator wordt omgezet in een zichtbaar beeld.

De op de beeldweergeefpanelen invallende straling dient dus gepolariseerd
25 te zijn. Er bestaan zowel beeldweergeefpanelen die lineair gepolariseerde straling moduleren als panelen die circulair gepolariseerde straling moduleren, afhankelijk van de keuze van de polarisator en analysator. De stralingsbron levert echter ongepolariseerde straling die bijgevolg alvorens op de beeldweergeefpanelen in te vallen omgezet dient te worden in straling met de gewenste polarisatietoestand. Daartoe bevat
30 het uit het artikel van M. Schadt en J. Fünfschilling bekende en in figuur 1 weergegeven belichtingsstelsel cholesterische spiegels. Een cholesterische spiegel bevat een optische laag van vloeibaar kristallijn polymeer materiaal met een spiraal- of helixachtige structuur met spoed p . Wanneer een "witte", ongepolariseerde

stralingsbundel op een dergelijke spiegel invalt, zal een circulair gepolariseerde stralingscomponent met een draairichting die correspondeert met de draairichting van de moleculaire helix en met een golflengte die afgestemd is op de spoed p van de helix gereflecteerd worden, terwijl een component met de tegengestelde draairichting en/of met een niet op de spiegel afgestemde golflengte doorgelaten worden.

Het bekende belichtingsstelsel 7 wordt gevormd door een stralingsbron 3, die een witte, ongepolariseerde stralingsbundel 5 uitzendt, en verder door een reeks van bijvoorbeeld zes cholesterische spiegels 9, 10, 11, 12, 13, 14 en drie vlakke spiegels 15, 17, 19 voor het opsplitsen van de stralingsbundel 5 in bijvoorbeeld drie gekleurde deelbundels 21, 23, 25 overeenkomstig het aantal beeldweergeefpanelen 27, 29, 31.

In het bekende belichtingsstelsel gebeurt de kleurscheiding en de polarisatie als volgt. Ongepolariseerd, wit licht valt in op de eerste cholesterische spiegel 9 die onder 45° ten opzichte van de bundel 5 gepositioneerd is. De blauwe, linksdraaiende circulair gepolariseerde deelbundel $b_{b,l}$ wordt naar een vlakke spiegel 15 gereflecteerd. Aan de spiegel 15 wordt de polarisatierichting geïnverteerd in rechtsdraaiend, zodat de draairichting van deze bundel niet meer aangepast is aan die van de helix van de cholesterische spiegel 9 en deze bundel bijgevolg zal worden doorgelaten in de richting van het blauwe beeldweergeefpaneel 27. De rest van de stralingsbundel wordt doorgelaten naar een tweede cholesterische spiegel 10 die de blauwe, rechtsdraaiende stralingscomponent $b_{b,r}$ selecteert en rechtstreeks in de richting van het blauwe beeldweergeefpaneel 27 reflecteert. Op analoge wijze worden de groene deelbundels $b_{g,r}$, $b_{g,l}$ en de rode deelbundels $b_{r,r}$ en $b_{r,l}$ geselecteerd. De cholesterische spiegels hebben hier dus een tweeledige functie: kleurscheiding en polarisatie. De spiegel kan geschikt gemaakt worden voor het polariseren binnen een bepaalde golflengteband door de breedte en de positie van de reflectieband van de spiegel aan te passen.

De reeds bekende cholesterische spiegels zijn werkzaam als polarisator binnen een beperkte golflengteband, bijvoorbeeld 50 nm. Straling met een golflengte buiten die golflengteband wordt doorgelaten. De golflengtebandbreedte van het volledige zichtbaar licht gebied bedraagt ongeveer 380 nm, wat betekent dat voor een kleurenbeeldprojectiesysteem, zoals hier beschreven een breedte van bijvoorbeeld 100 à 150 nm per kleur zeer geschikt is.

De breedte van de reflectiegolflengteband $\Delta\lambda$ van de spiegel wordt

gegeven door $\Delta\lambda = \lambda_0 \Delta n / \bar{n}$, waarbij $\Delta n = n_e - n_o$ de dubbelbreking is, waarbij n_e en n_o respectievelijk de extra-ordinaire en ordinaire brekingsindex van het cholesterisch materiaal zijn en $\bar{n} = (n_e + n_o)/2$ de gemiddelde brekingsindex is. λ_0 is de centrale golflengte van de selectieve reflectiegolflengteband bij loodrechte inval van de straling

5 en wordt gegeven door
$$\lambda_0 = \bar{n}p = \frac{(n_e + n_o)}{2} p$$
, waarin p de spoed van de moleculaire helix van de spiegel is.

Aangezien echter de verschuiving van de reflectiegolflengteband als functie van de invalshoek bijvoorbeeld 2 nm per graad bedraagt, dient bij de vervaardiging van de spiegel rekening gehouden te worden met een bredere
10 reflectiegolflengteband dan noodzakelijk om het volledige zichtbare golflengtegebied van 380nm breed af te dekken.

Door nu als vloeibaar kristallijne laag een polymeer te gebruiken kan de spoed p van de moleculaire helix gevarieerd worden over de betreffende laag, waardoor de golflengteband verbreed kan worden. Een werkwijze voor het vervaardigen van een
15 dergelijke spiegel is uitvoerig beschreven in de niet-voorgepubliceerde Europese octrooiaanvraag nr. 93203057.0 (PHN 14.629).

Door het verbreden van de reflectieband per spiegel kan namelijk de totale lichtintensiteit verhoogd worden, aangezien de drie spiegels nu de voor het zichtbare golflengtegebied benodigde golflengteband samen kunnen afdekken.

20 Een nadeel van de huidige cholesterische spiegels is dat de selectiviteit tussen links- en rechtsdraaiend circulair gepolariseerd licht echter nog niet optimaal is. Daarom wordt in de onderhavige uitvinding voorgesteld om de door de stralingsbron 3 uitgezonden ongepolariseerde stralingsbundel 5 om te zetten in circulair gepolariseerde straling alvorens deze aan te bieden aan de cholesterische spiegels. Deze omzetting
25 wordt gerealiseerd met behulp van een nieuwe samengestelde circulaire polarisator.

De door de beeldweergeefpanelen 27, 29 en 31 gemoduleerde bundels worden vervolgens door een set van drie cholesterische spiegels 69, 71 en 73 gecombineerd tot één bundel 6 die op het projectielenzenstelsel 33 invalt. Eenvoudigheidshalve is het projectielenzenstelsel 33 voorgesteld door een enkele lens.
30 Het beeld wordt geprojecteerd op een projectiescherm 34.

Het voordeel van voor de kleurscheiding gebruik te maken van

cholesterische spiegels in plaats van gebruik te maken van dichroïtische spiegels is dat cholesterische spiegels in een enkele laag kunnen gemaakt worden, wat eenvoudiger en goedkoper is. Dichroïtische spiegels zijn opgebouwd uit een aantal opeenvolgende dunne lagen met een van elkaar verschillende brekingsindex, wat dergelijke spiegels
5 technologisch relatief duur maakt.

De stralingsbundels afkomstig van de cholesterische spiegels zijn dus circulair gepolariseerd. Dan kunnen beeldweergeefpanelen 27, 29 en 31 die geschikt zijn om circulair gepolariseerde straling te moduleren gebruikt worden. In geval echter de polarisator en de analysator van de beeldweergeefpanelen 27, 29 en 31 afgestemd
10 zijn om lineair gepolariseerde straling te moduleren dient in elke deelbundel tussen de betreffende cholesterische spiegel en het beeldweergeefpaneel een $\lambda/4$ -plaat 63, 65, 67 aangebracht te worden om de circulair gepolariseerde straling om te zetten in lineair gepolariseerde straling. Alvorens de door de beeldweergeefpanelen 27, 29 en 31 gemoduleerde deelbundels weer door de cholesterische spiegels 69, 71 en 73 kunnen
15 worden gecombineerd tot één bundel 8, dienen de deelbundels eerst omgezet worden in circulair gepolariseerde bundels door een tweede set van $\lambda/4$ -platen 75, 77 en 79. De $\lambda/4$ -platen zijn telkens in stippellijn voorgesteld aangezien ze, in het geval dat de beeldweergeefpanelen circulair gepolariseerde straling moduleren, achterwege kunnen worden gelaten.

20 Figuur 2 toont schematisch een uitvoeringsvoorbeeld van een kleurenbeeldprojectie-inrichting volgens de uitvinding. Vóór een set van zes relatief kleine cholesterische spiegels 16, 18, 20, 22, 24 en 26 die nu samen het spiegelstelsel 8 vormen, is een samengestelde circulaire polarisator 35 aangebracht die de ongepolariseerde stralingsbundel 5 van de stralingsbron 3 rechtstreeks omzet in circulair
25 gepolariseerde straling. Doordat er nu reeds circulair gepolariseerd licht aan de cholesterische spiegels wordt aangeboden kan worden volstaan met twee relatief kleine cholesterische spiegels per kleur, één voor elke draairichting en kunnen de vlakke spiegels achterwege gelaten worden. Dergelijke kleine cholesterische spiegels zijn op relatief goedkope wijze relatief eenvoudig te vervaardigen.

30 Figuur 3 toont in detail een uitvoeringsvoorbeeld van de samengestelde circulaire polarisator 35. De polarisator 35 bevat een bundeldeler 43 die de van de stralingsbron 3 afkomstige ongepolariseerde straling omzet in twee onderling loodrecht lineair gepolariseerde stralingsbundels. Een dergelijke polarisatiegevoelige bundeldeler

is op zichzelf bekend uit het Amerikaanse octrooischrift US-A 5,042,925 van dezelfde aanvraagster. De bundeldeler 43 bestaat uit twee glazen prisma's 45 en 47, waartussen zich een laag 49 van dubbelbrekend materiaal bevindt, waarvan de extra-ordinaire brekingsindex gelijk is aan de brekingsindex van het materiaal van de prisma's. De
5 ordinaire brekingsindex van de dubbelbrekende laag 49 is kleiner dan de extra-ordinaire brekingsindex, en dus ook kleiner dan die van prisma's.

Een binnenkomende lichtstraal 5 wordt gesplitst in een buitengewone lichtstraal 5b, die volgens het uitvoeringsvoorbeeld rechtdoor gaat, en in een gewone lichtstraal 5a die totaal wordt gereflecteerd aan het grensvlak met de
10 polarisatiescheidende laag 49. De lichtstralen 5a en 5b zijn in onderling loodrechte richtingen lineair gepolariseerd. In tegenstelling tot polarisatoren die berusten op absorptie van een van de principale lichtstralen, gaat er geen licht verloren. Ook is van belang dat er in de polarisatiegevoelige bundeldeler 43 geen opwarming als gevolg van zulke absorptie optreedt.

15 Geschikte dubbelbrekende lijmsamenstellingen zijn vloeibaar kristallijne acrylaten, epoxiden en vinyl ethers, zoals bijvoorbeeld beschreven in de Nederlandse octrooiaanvraag NL 8802683. In het bijzonder zijn netwerkvormende monomeersamenstellingen geschikt, bijvoorbeeld diacrylaten, zoals beschreven in het genoemde Amerikaanse octrooischrift. Voor verdere informatie aangaande deze
20 bundeldeler wordt naar het betreffende octrooischrift verwezen.

In de onderhavige uitvinding wordt de bundeldeler 43 uitgebreid tot circulaire polarisator zodanig dat rechtstreeks omzetting van ongepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling plaatsvindt. Om dit te realiseren wordt aan elk van de prisma's 45 en 47 een doorzichtig element 51 en 53 toegevoegd dat een lineair
25 gepolariseerde deelbundel omzet in een circulair gepolariseerde deelbundel. Op die manier zet de circulaire polarisator 35 de ongepolariseerde stralingsbundel 5 van de stralingsbron 3 rechtstreeks om in twee circulair gepolariseerde deelbundels 2 en 4 die samen een bundel vormen. In figuur 2 zijn de doorzichtige elementen voorgesteld als $\lambda/4$ -platen die elk op een naar het modulatiesysteem 7 gericht, op uittree-oppervlak 55
30 en 57 van de bundeldeler 43 aangebracht zijn. Een $\lambda/4$ -plaat is een doorzichtig element dat bijvoorbeeld samengesteld is uit een aantal lagen die samen voor alle golflengten in het zichtbare golflengtegebied een dusdanige fase-draaiing in een bundel bewerkstelligt dat lineair gepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling wordt omgezet of

omgekeerd. Een conventionele $\lambda/4$ -plaat zet lineair gepolariseerde straling om in circulair gepolariseerde straling of omgekeerd, maar is echter golflengteafhankelijk. Daarom wordt hier gebruik gemaakt van breedbandige $\lambda/4$ -platen. Achromatische of breedbandige $\lambda/4$ -platen zijn bijvoorbeeld bekend uit de publicatie: "Retardation Film
 5 for STN-LCD's 'NRF'" van de firma Nitto Denko in SID '92 Exhibit Guide, Society for Information Display, May 17-22, 1992, Boston, Massachusetts, USA. De $\lambda/4$ -platen
 51 en 53 kunnen zodanig georiënteerd worden dat de twee deelbundels 2 en 4 met dezelfde draairichting circulair gepolariseerd zijn.

Voor de doorzichtige elementen 51 en 53 worden echter bij voorkeur
 10 Fresnel prisma's gebruikt. Met dergelijke elementen is het mogelijk op een goedkope manier een golflengte-onafhankelijke polarisatie-omzetting te realiseren.

Figuur 3 toont een eerste uitvoeringsvoorbeeld van een samengestelde circulaire polarisator 35 waarin de doorzichtige elementen Fresnel prisma's 59 en 61
 zijn. Duidelijkheidshalve zijn van de binnentredende bundel 5 de deelbundels 5a en 5b
 15 en van de uittredende deelbundels 2 en 4 enkel de hoofdstralen weergegeven.

Een Fresnel prisma is een op zichzelf bekend element en wordt uitvoerig beschreven bijvoorbeeld in het boek "Principles of Optics" door M. Born en E. Wolf, 6de editie, Pergamon Press, p. 47-51. Onder een Fresnel prisma wordt verstaan een prisma waarin een bundel achtereenvolgens twee totale interne reflecties ondergaat.
 20 Indien de polarisatierichting van de bundel een hoek van 45° maakt met het invalsvlak van de bundel ter plaatse van het eerste reflecterend prismavlak 58a, 60a, en bij een bepaalde hoek van inval van deze bundel op dit prismavlak, veroorzaken de twee opeenvolgende reflecties samen een faseverschuiving van 90° tussen de componenten van de invallende bundel die een polarisatierichting loodrecht op, respectievelijk
 25 evenwijdig aan, het genoemde invalsvlak hebben. Dit vlak is het vlak van tekening van figuur 3.

Een dergelijke faseverschuiving komt neer op een omzetting van lineair gepolariseerde straling in circulair gepolariseerde straling. De faseverschuiving δ die per reflectie optreedt, wordt gegeven door:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\cos \theta_i \sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\sin^2 \theta_i}$$

met $n = n_2/n_1$ waarbij n_2 de brekingsindex van het het prisma omgevende medium is en n_1 de brekingsindex van het prisma. Uit de voorwaarde dat per reflectie een faseverschuiving van 45° optreedt en uit de brekingsindices n_1 en n_2 kan vervolgens de hoek θ_i bepaald worden. θ_i is de invalshoek van de door de bundeldeler 43 gegenereerde
 5 lineair gepolariseerde deelbundels op het prisma-lucht scheidingsvlak 58a of 60a.

Figuur 4 toont voor het geval het prisma zich in lucht bevindt, $n_2 = 1$, de faseverschuiving δ in functie van de invalshoek θ_i . Uit de figuur volgt dat, bijvoorbeeld voor een prisma met brekingsindex $n_1 = 1.7$ de gewenste faseverschuiving van 45° kan verkregen worden voor twee waarden van de invalshoek, namelijk $\theta_i = 39.2^\circ$ en $\theta_i =$
 10 60.5° .

De polarisatierichting van de lineair gepolariseerde deelbundels 5a, 5b dient een hoek van 45° te maken met hun invalsvlak ter plaatse van de reflecterende vlakken 58a en 60a. Dit kan gerealiseerd worden door de moleculen van de vloeibaar kristallijne laag 49 in de grenslaag zodanig te oriënteren dat ze een azimuthale hoek van
 15 45° maken met het invalsvlak van de bundel 5 en een tilhoek hebben die gelijk is aan de invalshoek α van de stralingsbundel 5 op de dubbelbrekende laag 49. De moleculen kunnen op die manier georiënteerd worden door bijvoorbeeld op de oppervlakken van de prisma's die in contact komen met de dubbelbrekende laag 49 een oriëntatielaag aan te brengen. De oppervlakken worden gewreven met een doek, waarna de moleculen van
 20 de dubbelbrekende laag zich oriënteren in de wrijfrichting. De oriëntatie kan desgewenst ook verkregen worden door het samenstel van prisma's in een magnetisch veld te plaatsen. Licht dat gepolariseerd is in een richting evenwijdig met de moleculen ziet geen breking, terwijl licht met een polarisatierichting loodrecht op de richting van de moleculen totale reflectie ondergaat. Opdat de door de bundeldeler 43 lineair
 25 gepolariseerde deelbundels onder de hoek θ_i op een lucht-prisma scheidingsvlak zouden invallen dienen, gezien de haalbare waarden voor de brekingsindices, de reflectievlakken van de Fresnel prisma's onder een bepaalde hoek ten opzichte van de dubbelbrekende laag gelegen te zijn. Deze hoek wordt bepaald door $\beta = \alpha - \theta_i$, waarbij α de invalshoek op de dubbelbrekende laag is en bepaald wordt door de brekingsindex

van het materiaal van de bundeldeler 43.

De polarisator 35 zet dus de ongepolariseerde stralingsbundel 5 van de stralingsbron 3 rechtstreeks om in een links en een rechts circulair gepolariseerde deelbundel 2 en 4 die samen één bundel vormen. Op die manier kan de efficiëntie van de omzetting van ongepolariseerde in circulair gepolariseerde straling aanzienlijk verhoogd worden en wordt de intensiteit van de stralingsbron optimaal benut. Zoals reeds vermeld kan worden volstaan met zes relatief kleine cholesterische spiegels. Bovendien wordt het verschil in weglengte tussen de tegengesteld circulair gepolariseerde deelbundels 2 en 4, gemeten tussen de stralingsbron 3 en het projectielenzestelsel 33, gereduceerd, zodat de LCD's gelijkmatiger belicht worden.

De in figuur 3 getoonde circulaire polarisator kan qua vorm nog verder geoptimaliseerd worden. Bij voorkeur bestaat de circulaire polarisator 35 uit zo weinig mogelijk aparte blokken. Hiertoe dienen de invalshoeken α en θ_i aan elkaar aangepast te worden. De hoek α kan gevarieerd worden door de materiaalkeuze van zowel de prisma's 45, 47 als van de dubbelbrekende laag 49. De hoek θ_i kan aangepast worden door de vorm van de brekingsindex van de Fresnel prisma's aan te passen. In het laatste geval wordt tevens de grenshoek voor kritische reflectie, en dus de waarde van α beïnvloed.

Ter illustratie wordt volgend getallenvoorbeeld gegeven. Wanneer de verhouding van de ordinare brekingsindex van de scheidingslaag 49 tot de brekingsindex van het prisma 45 gelijk is aan 0.87, treedt bij een invalshoek α van 67° een kritische reflectie op. Dat betekent dat de ordinare lineair gepolariseerde deelbundel de dubbelbrekende laag verlaat onder een hoek van 67° , terwijl de extra-ordinare lineair gepolariseerde deelbundel geen verschil in brekingsindex mag zien en dwars door de laag 49 het andere prisma binnentreedt. Dit betekent dat het dubbelbrekend materiaal zodanig moet gekozen worden dat n_e/n_o eveneens gelijk is aan 0.87. Aangezien voor de meeste vloeibaar kristallijne materialen de ordinare brekingsindex in de buurt van 1.52 ligt, moet naast de extra-ordinare brekingsindex n_e van het vloeibaar kristallijn materiaal ook de brekingsindex van het materiaal van de prisma's ongeveer gelijk zijn aan 1.75.

Het is echter niet noodzakelijk de totale faseverschuiving van 90° te realiseren aan de hand van twee reflecties die dezelfde faseverschuiving veroorzaken. De twee reflecties kunnen ook twee verschillende faseverschuivingen teweegbrengen die

samen een totale faseverschuiving van 90° opleveren. Dit is bijvoorbeeld het geval in de uitvoeringsvoorbeelden van de samengestelde circulaire polarisator, die getoond worden in de figuren 5a en 5b. De geometrie wordt bepaald door de eis dat voor een gegeven invalshoek α de hoek β zodanig gekozen moet worden dat voor de interne reflecties

5 onder de hoeken $\theta_{i,1}$ en $\theta_{i,2}$ geldt:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_1}{2} = \frac{\cos \theta_{i,1} \sqrt{\sin^2 \theta_{i,1} - n^2}}{\sin^2 \theta_{i,1}}$$

met $\theta_{i,1} = \alpha - \beta$

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_2}{2} = \frac{\cos \theta_{i,2} \sqrt{\sin^2 \theta_{i,2} - n^2}}{\sin^2 \theta_{i,2}}$$

met $\theta_{i,2} = \theta_{i,1} - \beta = \alpha - 2\beta$ en waarbij $\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$.

Voor de circulaire polarisator volgens figuur 5a geldt dat voor een invalshoek $\alpha = 67^\circ$ de hoek $\beta = 4.45^\circ$ wordt. De eerste interne reflectie onder een

10 hoek $\theta_{i,1} = 62.55^\circ$ levert een faseverschuiving van 42° op, terwijl de tweede interne reflectie onder een hoek $\theta_{i,2} = 58.1^\circ$ een faseverschuiving van 48° oplevert.

Voor de circulaire polarisator volgens figuur 5b geldt dat voor een invalshoek $\alpha = 67^\circ$ twee waarden mogelijk zijn voor de hoek β , namelijk 15.0° en 24.8° . Voor de eerste interne reflectie is $\theta_{i,1} = \alpha$ met een faseverschuiving van 35.9°

15 als gevolg. De resterende faseverschuiving van 54.1° wordt verkregen door een tweede interne reflectie onder een hoek $\theta_{i,2} = 52^\circ$ of 42.2° . Uit de grafiek van figuur 4 volgt dat een hoek van 42.2° de beste keuze is ten aanzien van de golflengte- en invalshoekafhankelijkheid.

Als alternatief kan zowel aan het eerste reflectievlak 58a, 60a van de

20 polarisator 35 als aan het tweede reflectievlak 58b, 60b van de polarisator een helling ten opzichte van de dubbelbrekende laag 49 gegeven worden, zodat de hoek β over de twee oppervlakken wordt verdeeld.

Figuur 6 toont nog een ander uitvoeringsvoorbeeld van een samengestelde circulaire polarisator volgens de uitvinding. In deze circulaire polarisator bevat elk van

25 de polarisatie-omzetters slechts één reflectievlak dat is uitgevoerd als een speculair reflecterend vlak. Een speculair reflecterend oppervlak kan worden verkregen door

bijvoorbeeld een van de oppervlakken van de polarisator tenminste gedeeltelijk te voorzien van een metallische laag 50. Het is op zichzelf bekend, bijvoorbeeld uit het boek "Principles of Optics" door M. Born en E. Wolf, p. 615-618, dat door speculaire reflectie aan een spiegelen oppervlak een faseverschuiving van 90° kan gerealiseerd worden tussen de polarisatiecomponent loodrecht op en de polarisatiecomponent evenwijdig met het vlak van inval van de invallende stralingsbundel, mits Θ_i aangepast wordt aan de brekingsindices van het prisma en de metallische laag. Θ_i kan aangepast worden door bijvoorbeeld de reflectievlakken 58a en 60a een hoek β te laten insluiten met de polarisatiescheidende laag 49. Op die manier wordt het aantal reflecties gereduceerd en kan bijgevolg de circulaire polarisator compacter worden uitgevoerd.

Zoals tot hertoe beschreven levert de samengestelde circulaire polarisator met Fresnel prisma's een bundel waarvan nagenoeg de helft linksdraaiend circulair gepolariseerd is en waarvan nagenoeg de andere helft rechtsdraaiend circulair gepolariseerd is. Beide deelbundels kunnen in dezelfde draairichting circulair gepolariseerd zijn door bij een van beide deelbundels tussen de polarisatiecomponent loodrecht op en de polarisatiecomponent evenwijdig met het vlak van inval van de betreffende deelbundel een faseverschuiving van 180° te veroorzaken. Dit kan door op een van de uitreevlakken van de circulaire polarisator een additioneel optisch vertragingssplaatje of $\lambda/2$ -plaatje aan te brengen. In de figuren 3, 5a, 5b en 6 is een $\lambda/2$ -plaatje 81 in stippellijn aangegeven. Een andere mogelijkheid bestaat erin een van de twee Fresnel prisma's te verlengen met een dubbel Fresnel prisma 83 waarin vier interne reflecties aan reflectievlakken 58a, 58b optreden en dus samen een faseverschuiving van 180° veroorzaken. Figuur 7 toont daarvan een uitvoeringsvoorbeeld. De twee deelbundels 2 en 4 zijn nu in dezelfde draairichting circulair gepolariseerd. De hierdoor ontstane asymmetrie van de circulaire polarisator kan tenminste voor een gedeelte ondervangen worden door voor het verlengde prisma 45, 59, 83 of voor een gedeelte daarvan een materiaal met een andere brekingsindex te kiezen. Nog een andere mogelijkheid waarbij de asymmetrie van de polarisator wordt ondervangen, bestaat erin een verschil in brekingsindex van een van de prismadelen van de polarisator 35 te combineren met op de reflectieoppervlakken 58a, 58b aangebrachte metallische lagen 85, 87. Een uitvoeringsvoorbeeld van een circulaire polarisator waarbij dat het geval is, wordt getoond in figuur 8. Een totale interne reflectie aan een lucht-prisma scheidingsoppervlak 58a, 58b, 60a, 60b veroorzaakt bijvoorbeeld een

faseverschuiving van 45° . De reflecties aan de metallische lagen veroorzaken elk een faseverschuiving van 90° . Op die manier ontstaat er volgens figuur 8 een faseverschuiving van 180° tussen de twee deelbundels 2 en 4, wat betekent dat de twee deelbundels circulair gepolariseerd zijn in dezelfde draairichting.

5 Wanneer dan beide deelbundels 2 en 4 in dezelfde richting circulair gepolariseerd zijn, kan worden volstaan met een spiegelstelsel 8 bevattende slechts drie cholesterische spiegels 89, 91 en 93 in de plaats van zes, zoals getoond in wordt in figuur 9.

10 Door een combinatie van brekingsindexvariatie van het materiaal van een van beide prisma's en het al dan niet aanbrengen van metallische lagen op de reflectievlakken van de Fresnel prisma's kan een nagenoeg symmetrische polarisator verkregen worden die een ongepolariseerde stralingsbundel rechtstreeks omzet in een circulair gepolariseerde stralingsbundel binnen welke bundel slechts één circulair gepolariseerde draairichting aanwezig is.

15 De circulaire polarisator volgens de uitvinding, met name in de uitvoeringsvormen die twee circulair gepolariseerde deelbundels met dezelfde draairichting leveren, kan ook in zwart-wit of monochrome beeldprojectie-inrichtingen, zoals bijvoorbeeld monitoren, toegepast worden. Figuur 10 toont het principe van een dergelijke inrichting.

20 De ongepolariseerde stralingsbundel 5 afkomstig van de stralingsbron 3 wordt door de samengestelde circulaire polarisator 35 omgezet in twee circulair gepolariseerde deelbundels 2 en 4, al dan niet in dezelfde draairichting circulair gepolariseerd afhankelijk van het op de polarisator 35 aanbrengen van een polarisatiedraaiend element. De met behulp van een zwart-wit of een monochroom
25 LCD-paneel 86 gemoduleerde straling wordt vervolgens via een projectielenzenstelsel 33 op een beeldprojectiescherm 34 geprojecteerd. Wanneer het LCD-paneel lineair gepolariseerd licht moduleert, bevindt zich voor en achter het LCD-paneel nog een $\lambda/4$ -plaatje 95, 97, die in geval van een monochroom LCD-paneel niet breedbandig hoeft te zijn.

Conclusies:

1. Belichtingsstelsel voor een kleurenbeeldprojectie-inrichting bevattende in
volgorde een stralingsbron voor het leveren van een stralingsbundel en tenminste een
cholesterische spiegel voor het splitsen van de stralingsbundel in tenminste twee
deelbundels met een andere golflengte, met het kenmerk, dat zich in de weg van de
5 stralingsbundel tussen de stralingsbron en de cholesterische spiegel een samengestelde
circulaire polarisator bevindt voor het rechtstreeks omzetten van de ongepolariseerde
straling in circulair gepolariseerde deelbundels, welke polarisator bevat een
polarisatiegevoelige bundeldeler voor het splitsen van de stralingsbundel in twee
onderling loodrecht lineair gepolariseerde deelbundels en een polarisatie-omzetter,
10 waarbij de uit de polarisator tredende circulair gepolariseerde deelbundels samen een
bundel vormen.
2. Belichtingsstelsel volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de
polarisatiegevoelige bundeldeler twee doorzichtige elementen bevat waartussen zich een
polarisatiescheidende laag bevindt en dat de polarisatie-omzetter bestaat uit twee $\lambda/4$ -
15 platen die elk op een verschillend uitreevlak van de polarisatiegevoelige bundeldeler in
diagonaalstand zijn aangebracht.
3. Belichtingsstelsel volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de
polarisatiegevoelige bundeldeler twee doorzichtige elementen bevat waartussen zich een
polarisatiescheidende laag van vloeibaar kristallijn materiaal bevindt waarvan de
20 moleculen onder een azimuthale hoek van nagenoeg 45° met het vlak van inval en
onder een tilhoek die gelijk is aan de invalshoek α van de ongepolariseerde
stralingsbundel op die laag georiënteerd zijn en dat de polarisatie-omzetter bestaat uit
een derde en een vierde doorzichtig element, elk voor het geleiden van een door de
bundeldeler geleverde lineair gepolariseerde deelbundel en die elk tenminste een
25 reflectievlak bevatten, waaraan bij reflectie van de betreffende deelbundel tussen de
deelbundel component met een polarisatierichting evenwijdig met en de
deelbundelcomponent met een polarisatierichting loodrecht op het vlak van inval een
faseverschuiving optreedt, waarbij de totale faseverschuiving in zowel het derde als het
vierde element 90° bedraagt.
- 30 4. Belichtingsstelsel volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het derde en het
vierde element Fresnel prisma's, elk met een eerste reflectievlak en een tweede
reflectievlak die respectievelijk een hoek β_1 en een hoek β_2 insluiten met de

polarisatiescheidende laag, waarbij geldt dat:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_1}{2} = \frac{\cos \theta_{i,1} \sqrt{\sin^2 \theta_{i,1} - n^2}}{\sin^2 \theta_{i,1}}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_2}{2} = \frac{\cos \theta_{i,2} \sqrt{\sin^2 \theta_{i,2} - n^2}}{\sin^2 \theta_{i,2}}$$

- met δ_1 en δ_2 de faseverschuivingen tussen de component met polarisatierichting
 5 evenwijdig met en de component met polarisatierichting loodrecht op het vlak van inval
 van de in het derde respectievelijk vierde element binnentredende lineair gepolariseerde
 deelbundel tengevolge van de totale interne reflecties aan de respectieve
 reflectievlakken, n de relatieve brekingsindex van de Fresnel prisma's, $\theta_{i,1} = \alpha - \beta_1$ de
 invalshoek voor de eerste totale interne reflectie en $\theta_{i,2} = \alpha - 2\beta_1 - \beta_2$ de invalshoek voor de
 10 tweede totale interne reflectie, waarbij α de invalshoek van de ongepolariseerde
 stralingsbundel op de polarisatiescheidende laag van de bundeldeler is.
5. Belichtingsstelsel volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat het eerste en het
 tweede doorzichtige element elk met een Fresnel prisma geïntegreerd zijn een enkel
 element.
- 15 6. Belichtingsstelsel volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat tenminste het derde
 of het vierde element tenminste aan een reflectievlak voorzien is van een reflecterende
 laag.
7. Belichtingsstelsel volgens één der conclusies 1 tot en met 6, met het kenmerk,
 dat een van de uittreevlakken van de polarisator voorzien is van een polarisatiedraaiend
 20 element.
8. Belichtingsstelsel volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat het
 polarisatiedraaiend element een $\lambda/2$ -plaat is.
9. Belichtingsstelsel volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat het
 polarisatiedraaiend element een dubbel Fresnel prisma is.
- 25 10. Circulaire polarisator die voldoet aan een of meer van de kenmerken van de
 conclusies 1 tot en met 9 en die betrekking hebben op deze polarisator.

11. Beeldprojectie-inrichting bevattende een belichtingsstelsel met een stralingsbron voor het leveren van een stralingsbundel, een beeldweergeefstelsel bevattende tenminste een beeldweergeefpaneel voor het opwekken van een te projecteren beeld door modulatie van de polarisatierichting van de stralingsbundels en een projectielenzenstelsel
- 5 voor het projecteren van het door het beeldweergeefstelsel gevormde beeld, met het kenmerk, dat het belichtingsstelsel een belichtingsstelsel is volgens één der conclusies 1 tot en met 9.

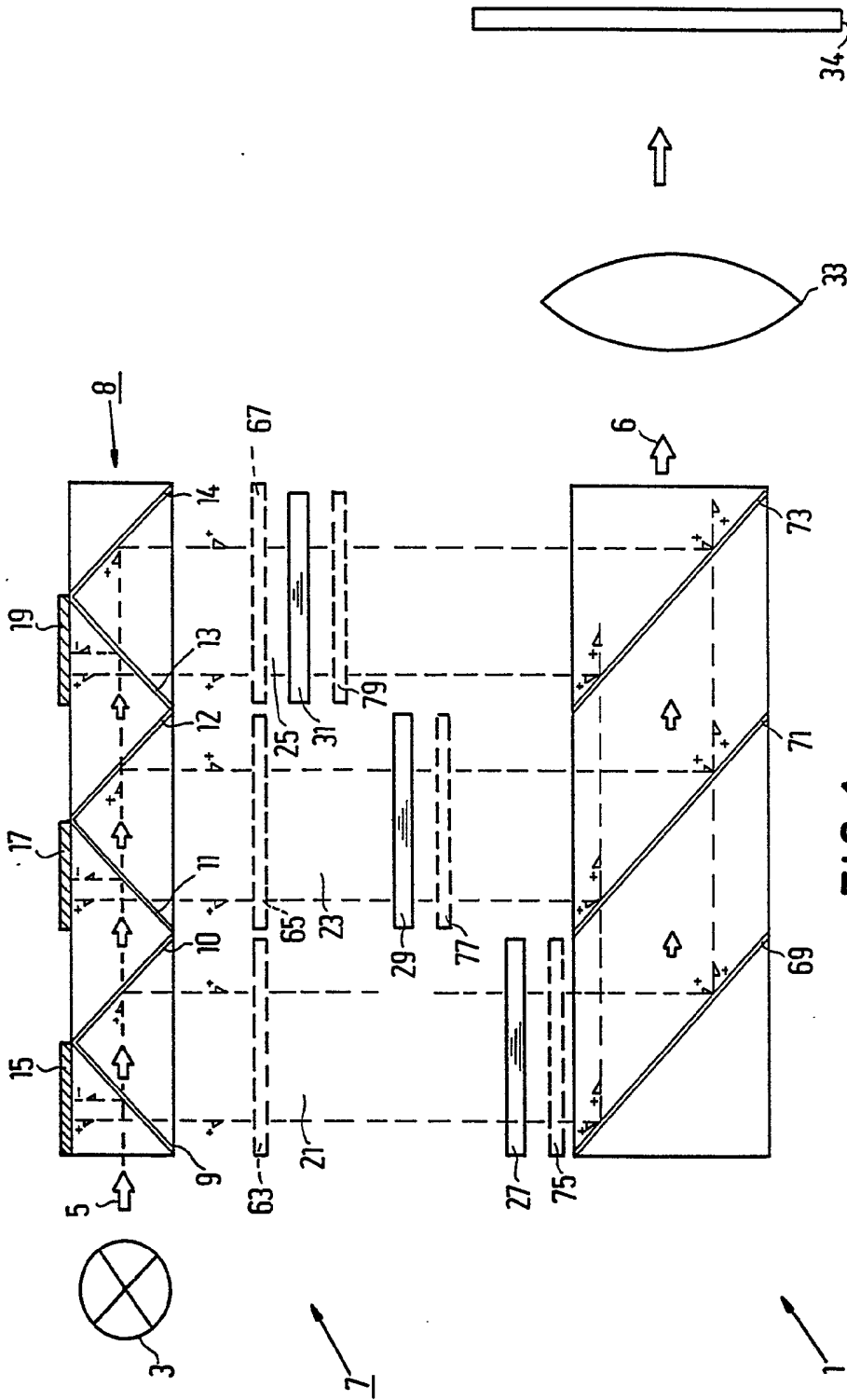


FIG. 1

216-24

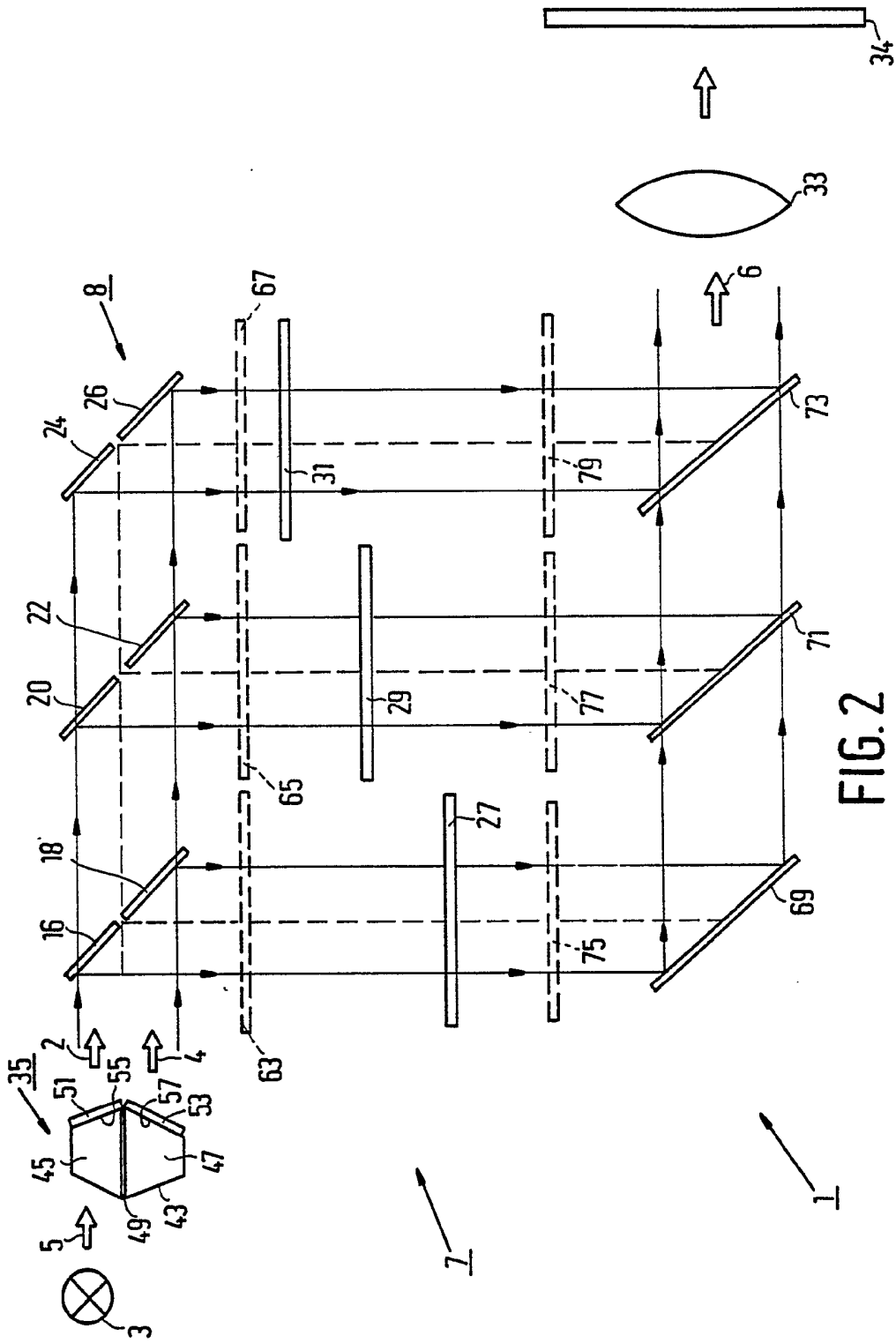


FIG. 2

3/6 25

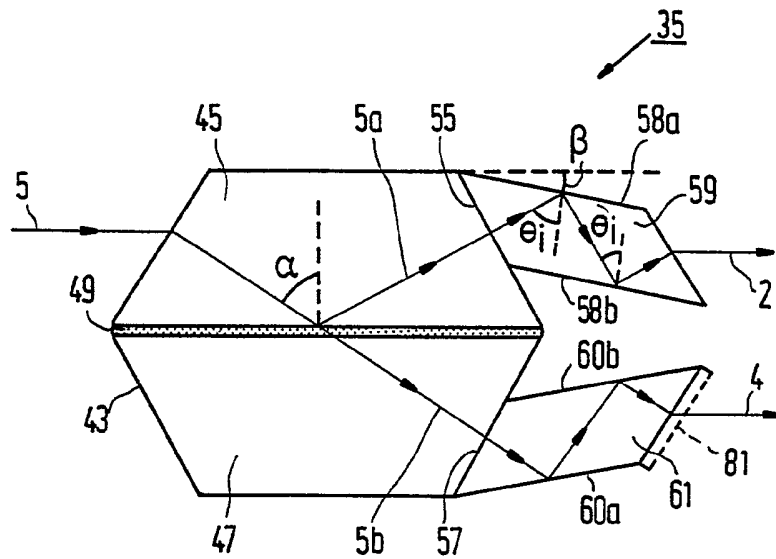


FIG. 3

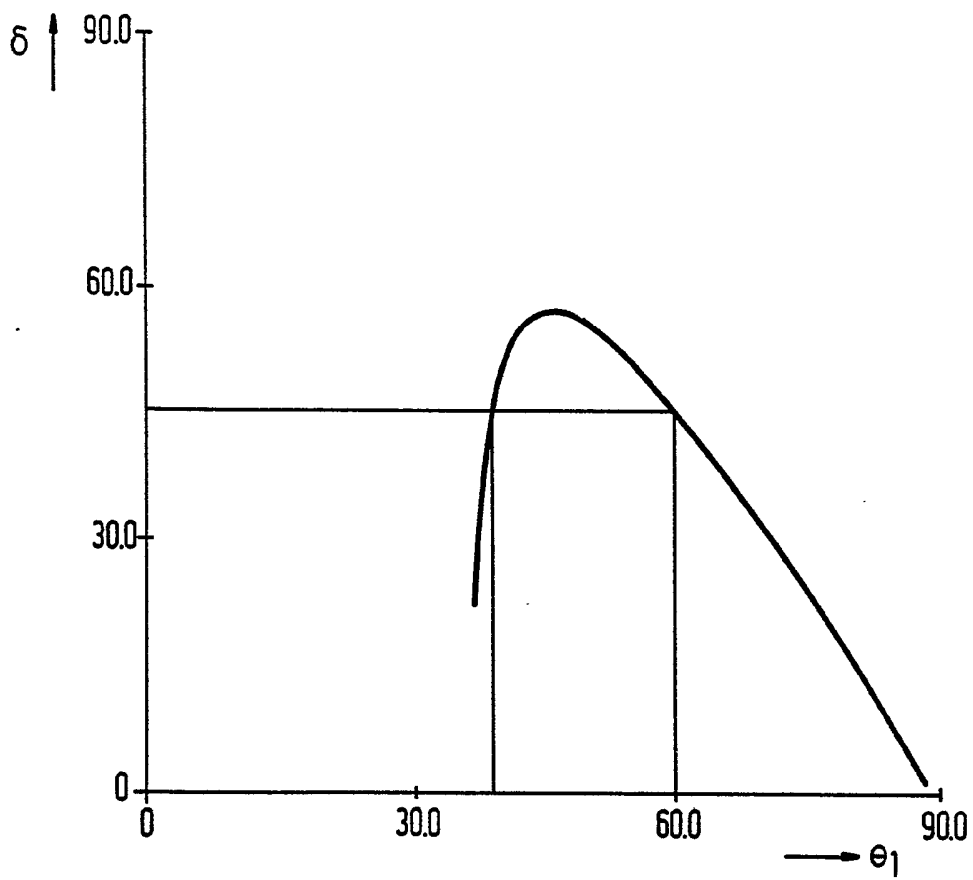


FIG. 4

4/6 of

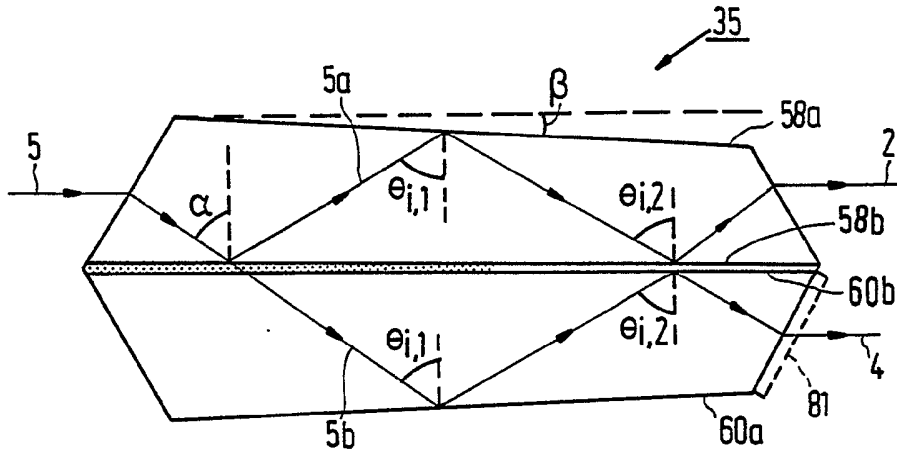


FIG. 5a

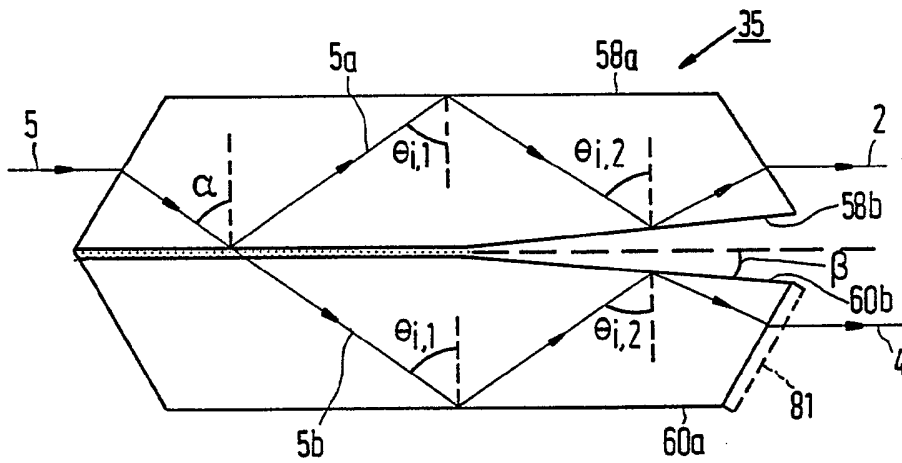


FIG. 5b

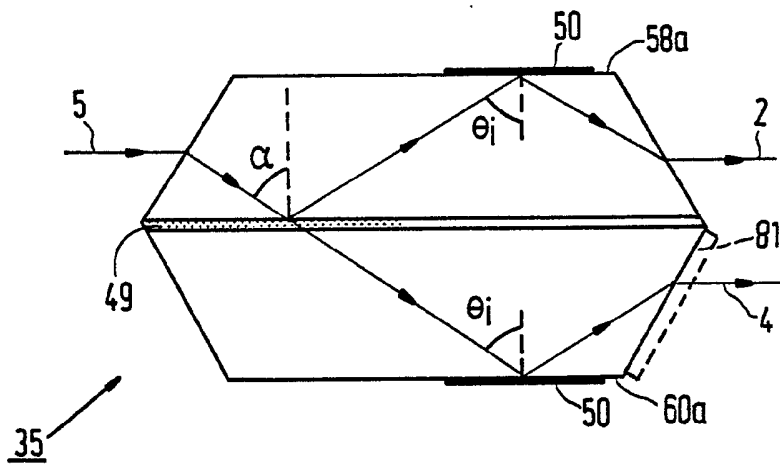


FIG. 6

5/6 27

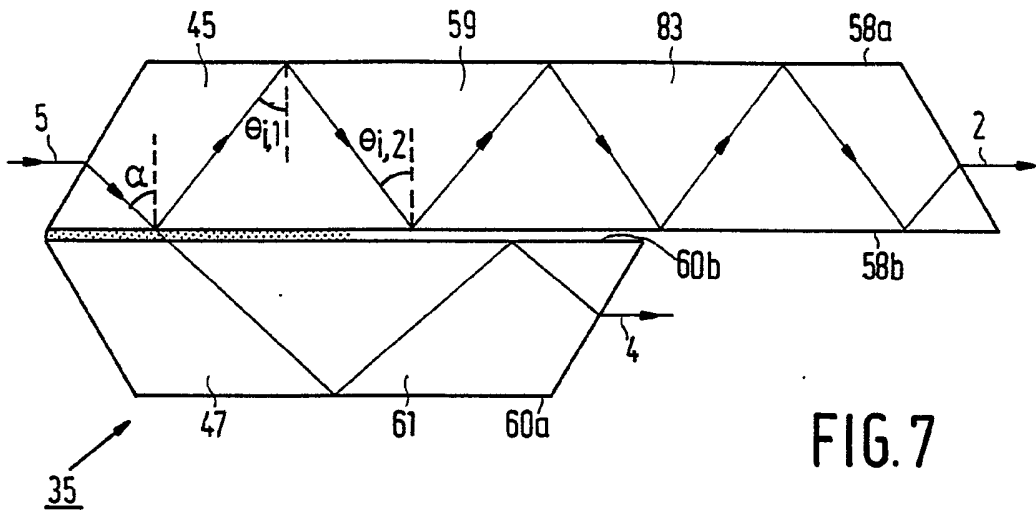


FIG. 7

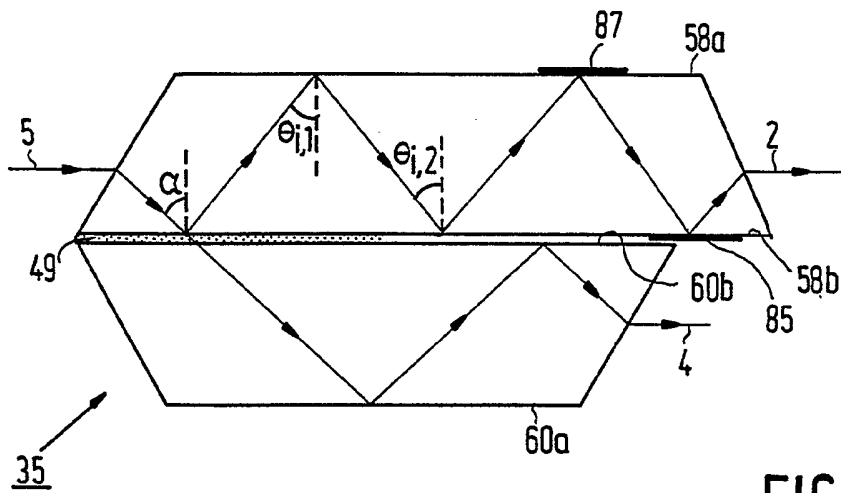


FIG. 8

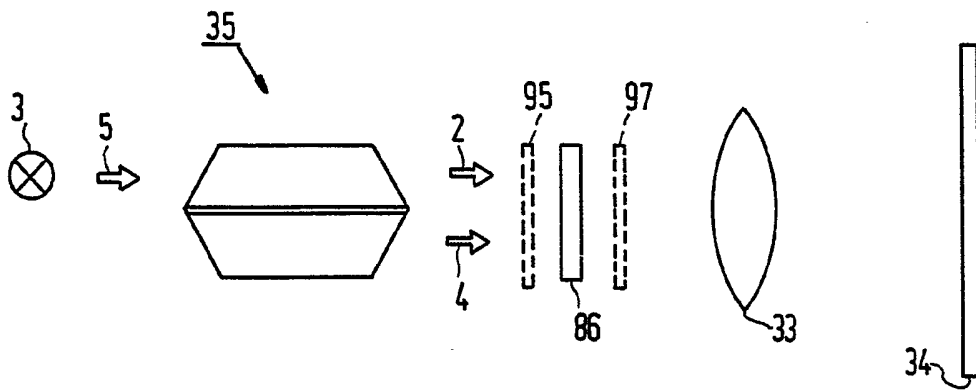


FIG. 10

6/6 28

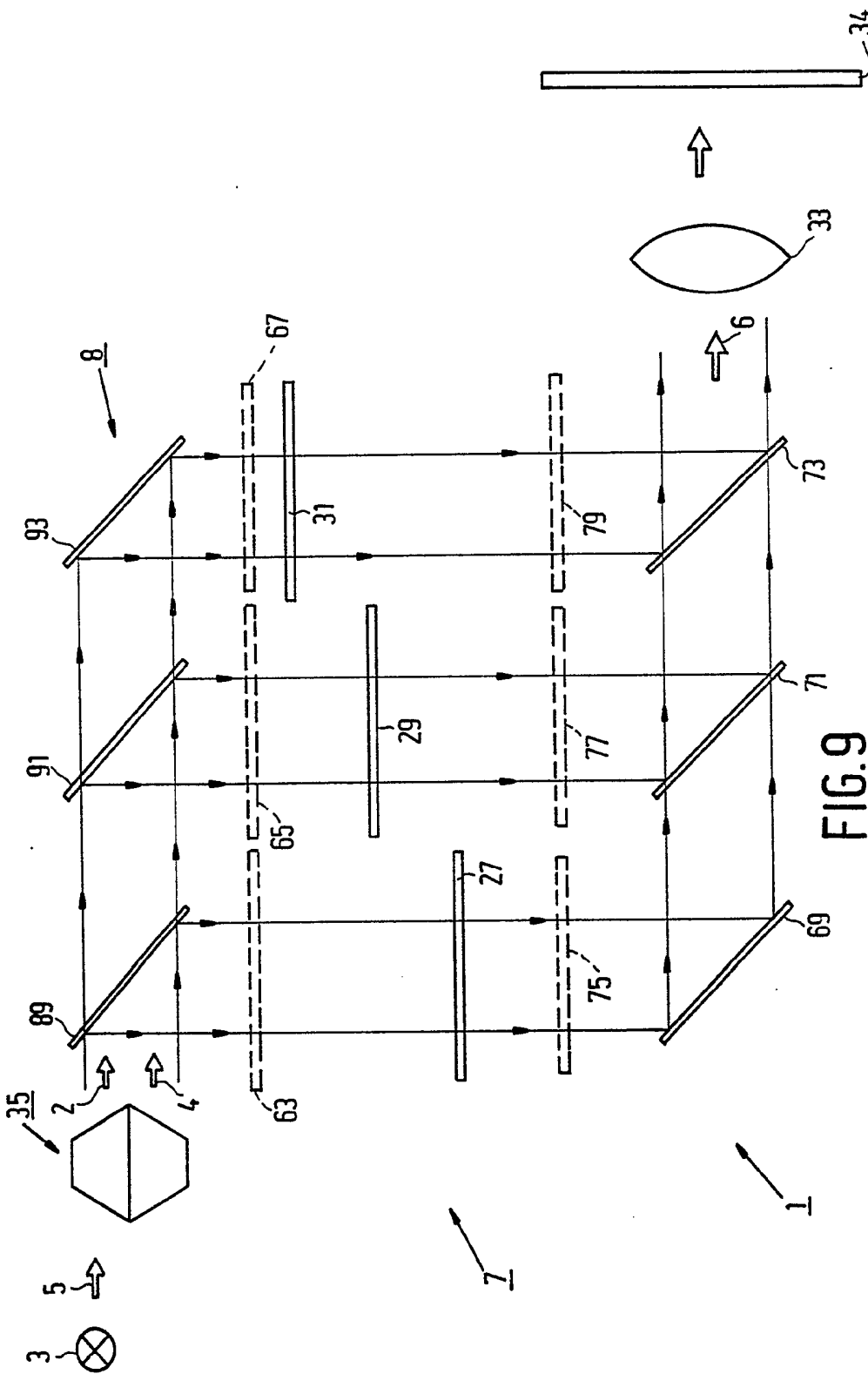


FIG. 9



Europees
Octrooibureau

VERSLAG BETREFFENDE HET ONDERZOEK

opgesteld krachtens artikel 21 § 1 en 2
van de Belgische wet op de uitvindingsoctrooien
van 28 maart 1984

Nummer van de
nationale aanvraag:

BO 4833
BE 9301412

VAN BELANG ZIJNDE LITERATUUR			
Categorie	Vermelding van literatuur met aanduiding voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of tekeningen	Van belang voor conclusie(s)Nr.:	CLASSIFICATIE VAN DE AANVRAAG (Int.Cl.5)
Y A	EP-A-0 467 447 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * bladzijde 8, regel 2 - bladzijde 9, regel 36 *	1,2,7,8, 10,11 3-6,9	H04N9/31 G02B5/30
Y,D	EP-A-0 428 213 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * het gehele document *	1,2,7,8, 10,11	
A	US-A-5 221 982 (FARIS) * samenvatting; figuren 5,6 *	1,11	
A	EP-A-0 407 830 (HOFFMANN-LAROCHE AG) * samenvatting; figuren 10,11 *	1,11	
			ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK (Int.Cl.5)
			H04N G02B
Datum waarop het onderzoek werd voltooid		Vooronderzoeker	
7 September 1994		Pigniez, T	
CATEGORIE VAN DE VERMELENDE LITERATUUR			
X : op zichzelf van bijzonder belang Y : van bijzonder belang in samenhang met andere documenten van dezelfde categorie A : achtergrond van de stand van de techniek O : verwijzend naar niet op schrift gestelde stand van de techniek P : literatuur gepubliceerd tussen voorrangs- en indieningsdatum		T : niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principe ten grondslag liggend aan de uitvinding E : eerdere octrooi-publicatie maar gepubliceerd op of na indieningsdatum D : in de aanvraag genoemd L : om andere redenen vermelde literatuur & : lid van dezelfde octrooifamilie, corresponderende literatuur	

1

EOB FORM 02.83 (P04C47)

**AANHANGSEL BEHORENDE BIJ HET RAPPORT BETREFFENDE
HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK,
UITGEVOERD IN DE BELGISCHE OCTROOIAANVRAGE NR.**

BO 4833
BE 9301412

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octrooifamilie), die overeenkomen met octrooischriften genoemd in het rapport.

De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per

De juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door de Octrooiraad gegarandeerd ; de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

07-09-1994

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
EP-A-0467447	22-01-92	NL-A- 9001610	17-02-92
		CN-A- 1059035	26-02-92
		JP-A- 4234016	21-08-92
		US-A- 5184248	02-02-93
EP-A-0428213	22-05-91	NL-A- 8902805	03-06-91
		DE-D- 69011050	01-09-94
		JP-A- 3174502	29-07-91
		US-A- 5042925	27-08-91
US-A-5221982	22-06-93	GEEN	
EP-A-0407830	16-01-91	JP-A- 3045906	27-02-91
		US-A- 5295009	15-03-94
		US-A- 5235443	10-08-93
		WO-A- 9106613	16-05-91
		WO-A- 9106889	16-05-91
		EP-A- 0452438	23-10-91
		EP-A- 0450025	09-10-91
		JP-T- 4502486	07-05-92
		JP-T- 4502524	07-05-92
		US-A- 5319478	07-06-94
US-A- 5309265	03-05-94		