

19



Octrooiraad
Nederland

11 193960

12 C OCTROOI

21 Aanvraag om octrooi: 8102357

51 Int.Cl.⁷
G03H1/04, G02B5/32

22 Ingediend: 13.05.1981

30 Voorrang:
14.05.1980 JP 0063795/80

43 Ter inzage gelegd:
01.12.1981 I.E. 1981/22

44 Openbaargemaakt:
01.11.2000 I.E. 2000/11

47 Dagtekening:
02.03.2001

45 Uitgegeven:
01.05.2001 I.E. 2001/05

73 Octrooihouder(s):
Sony Corporation (Sony Kabushiki Kaisha) te
Tokio, Japan (JP).

74 Gemachtigde:
Ir. P.N. Hoorweg c.s. te 2517 GK Den Haag.

54 Werkwijze voor het vervaardigen van een coaxiale hologramlens.

Werkwijze voor het vervaardigen van een coaxiale hologramlens

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vervaardigen van een coaxiale hologramlens in een eerste fotogevoelige laag onder gebruikmaking van een door middel van een optisch element opgewekte voorwerpsbundel en een referentiebundel, waarbij de voorwerpsbundel en referentiebundel in hoofdzaak loodrecht op de laag invallen en deze laag ontwikkeld wordt, waarbij deze referentiebundel een door middel van een op een verdere fotogevoelige laag geregistreeerde, evenwijdig aan de eerste fotogevoelige laag gepositioneerd holografisch interferentiepatroon gebogen golfbundel van een onder een hellingshoek in dit interferentiepatroon gezonden golfbundel is en de voorwerpsbundel door dit interferentiepatroon heen op de eerste fotogevoelige laag gezonden wordt, waarbij voor compensatie of voor doelmatige opwekking van een sferische aberratie in de hologramlens het optisch element zodanig gekozen is, dat deze een dienovereenkomstige aberratie omvat en/of dat de optische dikte van het substraat, dat de verdere fotogevoelige laag draagt, overeenkomstig de gewenste aberratie gekozen is en waarbij het interferentiepatroon vervaardigd is, opdat men de fotogevoelige laag daarvan gelijktijdig met een eerste vlakke golfbundel als referentiebundel en met een tweede vlakke golfbundel of sferische golfbundel, de laatste door middel van een lens met kleine apertuurwaarde opwekt, als betreffende voorwerpsbundel belicht heeft, waarbij de assen van de voorwerpsbundel en de referentiebundel onder een hoek ten opzichte van elkaar geplaatst zijn en men de voorwerpsbundel haaks op de verdere laag heeft laten invallen en deze verdere laag ontwikkeld heeft.

In de niet voorgepubliceerde Nederlandse terinzagelegging 8002589 in een werkwijze alsmede een hologramlens beschreven waarin voor het vervaardigen van de coaxiale hologramlens een vooraf vervaardigde niet-coaxiale hologramlens wordt gebruikt als moederlens.

Het bezwaar van de bekende werkwijze is dat voor het vervaardigen van de niet-coaxiale hologramlens, die dienst doet als moederlens, een aanvullend vervaardigingsprocédé is vereist. Verder is het noodzakelijk, dat de als moederlens dienst doende niet-coaxiale hologramlens voor de reproductiereferentiebundel roteert rond drie onderling loodrechte assen, die ten opzichte van elkaar een richtingsnauwkeurigheid van $\pm 0,5^\circ$ bezitten en wordt ingesteld voor het brandpunt en de optische as van de reproductievoorwerpsbundel om in een vooraf bepaalde positie te worden gebracht. Een dergelijke instelling is zeer problematisch en moeilijk, in het bijzonder indien de numerieke apertuur groot is. Dit is het gevolg van het feit, dat de verdeling van de grafische interferentiepatronen, van de niet-coaxiale hologramlens geen puntsymmetrie vertonen, anders dan bij de coaxiale hologramlens, naar de steek van de grafische interferentiepatronen varieert van klein tot groot in radiale richting.

Wanneer verder als gevolg van de bovengenoemde verdeling van het grafische interferentiepatroon de dikte van de fotogevoelige laag toeneemt gedurende het bevochtigingsproces na belichting van de fotogevoelige laag waarvan het moedermateriaal gelatine is, varieert de helling van het grafische interferentiepatroon in de dwarsdoorsnede daarvan waardoor de lens andere eigenschappen verkrijgt. Dit verschijnsel neemt sterke vormen aan wanneer de numerieke apertuur van de niet-coaxiale hologramlens groot wordt, hetgeen tot gevolg heeft, dat de hologramlens in de praktijk niet kan worden gebruikt.

Het doel van de onderhavige uitvinding is een werkwijze en hologramlens te verschaffen waarin bovengenoemde bezwaren zijn ondervangen.

Volgens een voorkeursuitvoeringsvorm is het optisch element voor de opwekking van de sferische voorwerpsbundel een lens met grote apertuur is.

Verdere kenmerken en bijzonderheden van de uitvinding zullen worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin dezelfde elementen steeds met dezelfde verwijzingsymbolen zijn aangeduid.

In de tekening tonen:

figuren 1 t/m 4 schema's ter toelichting van de opneem- en weergeefwerkwijzen voor gebruikelijke hologramlensen;

figuur 5 een schema ter toelichting van de opneemwerkwijze bij een gebruikelijke coaxiale hologramlens;

figuur 6 een schema van een voorbeeld van de registratiwerkwijze van de vroeger reeds voorgestelde werkwijze voor vervaardiging van een coaxiale hologramlens;

figuur 7 een schema van een ander voorbeeld van de registratiwerkwijze van de reeds eerder voorgestelde werkwijze ter verkrijging van een coaxiale hologramlens;

figuur 8 een schema ter toelichting van een voorbeeld van de werkwijze voor het vervaardigen van een niet-coaxiale hologramlens, die wordt toegepast in de voorbeelden volgens figuren 6 en 7;

figuur 9 een dwarsdoorsnede door de hologramlens, die is vervaardigd onder toepassing van de registratiwerkwijze volgens de figuren 6, 7 of 8;

figuren 10 en 11 schema's van voorbeelden van de duplicatie-registratiewerkwijzen voor een coaxiale hologramlens;

figuren 12 en 13 schema's van voorbeelden van de registratiewerkwijzen van de werkwijzen ter vervaardiging van coaxiale hologramlenzen volgens de uitvinding; en

5 figuur 14 een schema van een voorbeeld van de optische informatie- of signaalweergeeffinrichting.

Alvorens de onderhavige uitvinding te beschrijven, zal een hologramlens worden beschreven. Als hologramlens zijn reeds een coaxiale hologramlens en een niet-coaxiale hologramlens voorgesteld. Nu zal een korte beschrijving worden gewijd aan de registratie- en uitlees-theorie voor die twee hologramlenzen.

10 Allereerst zal die van de niet-coaxiale hologramlens worden beschreven. Zoals in figuur 1 is weergegeven, wordt op een registratie-oppervlak (fotogevoelig oppervlak) r van een holografisch registratiemedium HR een registratievoorwerpsgolfbundel (bolgolfbundel) A en een registratiereferentiegolfbundel (vlakke golf of bolgolf) B gericht, elk met een invalshoek van ongeveer 45° ten opzichte van de normaal op het oppervlak r en ter weerszijden van die normaal, namelijk op een van de optische as van het systeem
15 afwijkende as (engels: the off-axis), zodanig, dat een niet-coaxiaal hologramlensgedeelte HL', bijvoorbeeld een schijfvorm of ellipsvorm, bestaande uit een grafisch interferentiebeeld of -patroon, wordt geregistreerd. De beschrijving van de ontwikkelingsbehandeling van het van registratie voorziene oppervlak r zal achterwege worden gelaten. In dit geval wordt de registratievoorwerpsbundel A verkregen door gebruikmaking van een optische lens en is een bundel van het type, die convergeert of focusseert op een punt P en
20 vanaf dat punt P divergeert. Verder zijn beide bundels A en B afkomstig van de van dezelfde laser afkomstige laserbundel. Zo wordt een niet-coaxiale hologramlens OX-L vervaardigd.

Wanneer de niet-coaxiale hologramlens OX-L wordt weergegeven, zoals in figuur 2 is getekend, wordt een reproductiereferentiebundel B' gelijk aan de in figuur 1 getoonde bundel B, gericht op het niet-coaxiale hologramlensgedeelte HL' van de zijde, tegengesteld aan het registratieoppervlak r langs de voortplantings-
25 lijn van de in figuur 1 getoonde registratiereferentiebundel B. Vervolgens wordt een reproductievoorwerpsbundel A' gereproduceerd van de zijde van het registratie-oppervlak r , welke bundel A' wordt geconvergeerd of gefocusseerd op een punt P'. Wanneer daar- en tegen de reproductiereferentiebundel B' wordt gericht op het registratieoppervlak r van het registratiemedium HR, gelijk aan de registratiereferentiebundel B volgens figuur 1, maar afwijkend van die van figuur 2, wordt een reproductievoorwerpsbundel gereproduceerd vanaf
30 het oppervlak van het registratiemedium HR, tegengesteld aan het registratieoppervlak r , die divergeert langs de voortplantingslijn van de in figuur 1 getoonde registratievoorwerpsbundel A.

Nu zal de coaxiale hologramlens worden beschreven. Zoals in figuur 3 is getoond, worden de registratievoorwerpsbundel (bolgolf) A en de registratiereferentiebundel (vlakke golf of bolgolf) B gericht op het registratieoppervlak r van het holografische registratiemedium HR, van welke bundels A en B de optische
35 assen samenvallen met de normale richting op het oppervlak r , d.w.z. onderling coaxiaal, voor vorming of registratie van een coaxiaal hologramlensgedeelte HL, bestaande uit een grafisch interferentiebeeld of -patroon. Voor het overige is de coaxiale hologramlens in hoofdzaak gelijk aan die volgens figuur 1. Aldus is een coaxiale hologramlens IN-L verkregen.

Indien op de in figuur 4 getoonde wijze bij reproductie van de coaxiale hologramlens IN-L een
40 reproductiereferentiebundel B', gelijk aan de in figuur 3 getoonde registratiereferentiebundel B, wordt gericht op het coaxiale hologramlensgedeelte HL vanaf de zijde, tegengesteld aan het registratieoppervlak r van het registratiemedium HR langs de voortplantingslijn van de bundel B, wordt een reproductievoorwerpsbundel A' geproduceerd vanaf het registratieoppervlak r welke bundel convergeert of is gefocusseerd op een punt P'. In dit geval is het eveneens mogelijk, dat de reproductiereferentiebundel wordt gericht op het registratie-
45 oppervlak r van het holografische registratiemedium HR voor het reproducere van de divergerende voorwerpsbundel. Voor het overige correspondeert figuur 4 in hoofdzaak met figuur 2.

De aldus vervaardigde hologramlens vertoont een gering gewicht en geringe afmetingen. Verder kan door het op de juiste wijze kiezen van een moederlens, die de voorwerpsbundel moet verschaffen, een lens worden vervaardigd met een gewenste numerieke apertuur en bedrijfsafstand, en de lens kan in massaproductie worden vervaardigd door duplicatie, waarbij alle exemplaren dezelfde eigenschappen vertonen.

Opgemerkt wordt, dat een objectieflens die wordt toegepast als bijvoorbeeld optische signaalweergeeffkop in een optische signaalweergeeffinrichting een betrekkelijk grote numerieke apertuur bezit en volgens de bekende techniek wordt een optische lens, bestaande uit een aantal lenselementen overeenkomstig de objectieflens van een microscoop veel toegepast. Een dergelijke objectieflens kan evenwel niet klein en licht
55 worden vervaardigd, zodat bij een focusseringsservosysteem tengevolge van de op en neerwaartse verplaatsing van de objectieflens een betrekkelijk grote hoeveelheid mechanische energie vereist is, waardoor de servoinrichting groot en ingewikkeld wordt.

Het is daarom gewenst, de bovenbeschreven hologramlens te gebruiken als objectieflens voor een optische signaalweergeefkop. Een niet-coaxiale hologramlens is evenwel niet gewenst als objectieflens voor de optische signaalweergeefkop, en wel om de volgende redenen.

De eerste reden. Aangezien de objectieflens omhoog en omlaag wordt verplaatst door de boven-
 5 beschreven focusseringsservo, is het noodzakelijk dat de reproductiereferentiebundel tegelijkertijd evenwijdig omhoog en omlaag wordt verplaatst om positief te worden gericht op het lensgedeelte van de niet-coaxiale hologramlens. Indien in het geval van een coaxiale hologramlens de optische as evenwijdig is aan de normaal op het coaxiale hologramlensgedeelte HL, is het, aangezien de verplaatsingsrichting van de lens samenvalt met de richting van de reproductiereferentiebundel, niet noodzakelijk om de reproductiereferentie-
 10 bundel tegelijkertijd te bewegen.

De tweede reden. Het is noodzakelijk, dat de niet-coaxiale hologramlens wordt geroteerd en ingesteld voor de reproductiereferentiebundel rond drie onderling loodrecht assen met een nauwkeurigheid van ongeveer $\pm 0,5^\circ$ teneinde het focusserings- of convergentie-punt en de optische as van de reproductievoorwerpsbundel naar een voorafbepaalde positie te brengen. Deze instelling is evenwel zeer ingewikkeld
 15 en bijna onmogelijk, indien de numerieke apertuur van de lens groot is. De coaxiale hologramlens is nagenoeg vrij van de bovengenoemde problematische instelling.

Het zal uit het bovenstaande duidelijk zijn, dat de coaxiale hologramlens gewenst is als objectieflens voor een optische signaalweergeefkop.

De registratiemethode voor de coaxiale hologramlens is kort beschreven aan de hand van figuur 3; aan
 20 de hand van figuur 5 zal hij meer in detail worden uiteengezet. De registratievoorwerpsbundel A en de registratiereferentiebundel B, waarvan de optische assen samenvallen met de normaal op het registratieoppervlak r van het holografische registratiemedium HR, worden gericht op een cirkelvormig gebied van het registratieoppervlak (fotogevoelig oppervlak) r van het holografische registratiemedium HR voor vorming van het coaxiale-hologramlensgedeelte HL, dat bestaat uit grafische interferentiepatronen. In dit geval zijn beide
 25 bundels A en B afkomstig van de van dezelfde laser LS afkomstige laserbundel.

De registratievoorwerpsbundel A wordt op de volgende wijze verkregen. Een gedeelte van de van de laser LS afkomstige laserbundel (vlakke golven) wordt via twee bundelsplitters SP1 en SP2 gericht op een moederlens (optisch convexenlens) L1 ter verkrijging van een bolgolf, die is gefocuseerd op een punt P (dat correspondeert met het achterste brandpunt van de lens L1) en vanaf dat punt divergeert. Deze bolgolf
 30 wordt gebruikt als registratievoorwerpsbundel A. De registratiereferentiebundel B wordt op de volgende wijze verkregen. Een gedeelte van de van de laser LS afkomstige laserbundel wordt gereflecteerd op de bundelsplitser SP1, verder gereflecteerd op twee spiegels M1 en M2 en valt daarna op een hulplens (optische convexe lens) L2. Na het doorlopen van de lens L2 wordt de bundel gefocuseerd op een middelpunt Q van de bundelsplitser SP2 (welk punt Q correspondeert met het achterste brandpunt van de
 35 lens L2), wordt vervolgens weerspiegeld op de bundelsplitser SP2 en doorloopt de moederlens L1 om dienst te doen als registratiereferentiebundel B (evenwijdig vlakke golven).

In dit geval is de numerieke apertuur van de aldus vervaardigde coaxiale hologramlens IN-L afhankelijk van de numerieke apertuur van de moederlens L1, zodat, indien deze coaxiale hologramlens IN-L wordt gebruikt als objectieflens voor de bovengenoemde optische signaalweergeefkop, het noodzakelijk is om de
 40 numerieke apertuur van de coaxiale hologramlens IN-L betrekkelijk groot te kiezen. In dit geval dienen daarom natuurlijk lenzen met een grote numerieke apertuur te worden gebruikt als de lenzen L1 en L2.

Indien een gebruikelijke optische lens wordt gebruikt als elk van de lenzen L1 en L2, dient een lens, bestaande uit een aantal lensstellen, te worden gebruikt zoals het geval is in de objectieflens van de microscoop. Wanneer de numerieke apertuur groot wordt, bevinden de brandpunten van de lenzen L1 en L2
 45 zich binnen de spiegelcilinder, waardoor de onmogelijkheid ontstaat, de registratiemethode voor de coaxiale hologramlens volgens figuur 5 uit te voeren.

Voor het omzeilen van dit probleem is de volgende registratiemethode voor een coaxiale hologramlens met grote numerieke apertuur voorgesteld. Een bundelsplitser wordt tegenover een holografisch registratiemedium geplaatst, een optische lens, bestaande uit een aantal lenselementen, wordt aan de tegengestelde
 50 zijde van de bundelsplitser als objectieflens aangebracht, de van een laser afkomstige bundel wordt gericht op de objectieflens, de daarvan afkomstige divergerende bundel wordt gericht op het holografische registratiemedium via de bundelsplitser als registratievoorwerpsbundel, de laserbundel valt eveneens op een hulplens om dienst te doen als registratiereferentiebundel, deze registratiereferentiebundel wordt weerkaatst op de bovengenoemde bundelsplitser, en vervolgens wordt de weerkaatste bundel gericht op het holografische registratiemedium.
 55

Aangezien volgens de bovenbeschreven registratiemethode de registratievoorwerpsbundel (bolgolven) van de objectieflens de bundelsplitser passeren, is hij onderworpen aan aberratie. Om dit gebrek te remediëren

is het noodzakelijk, dat een bijzonder objectieflens wordt gebruikt voor het corrigeren van de aberratie van de registratievoorwerpsbundel, ofwel dat een soortgelijke bundelsplitser aanwezig is, bij weergave. Met het oog op praktisch gebruik wordt hier evenwel niet de voorkeur aan gegeven.

Met het oog op het bovenstaande heeft de onderhavige aanvraagster een werkwijze voorgesteld voor het vervaardigen van een coaxiale hologramlens met grote numerieke apertuur, met behulp waarvan gemakke-
lijk een coaxiale hologramlens kan worden vervaardigd.

Nu zal aan de hand van figuur 6 een voorbeeld van de werkwijze voor het vervaardigen van de bovenbeschreven coaxiale hologramlens worden beschreven. In dit geval wordt een niet-coaxiale hologramlens OX-L, die is vervaardigd door gebruikmaking van een registratievoorwerpsbundel en een daarmee
niet-coaxiale registratiereferentiebundel, gebruikt als moederlens (objectieflens). De werkwijze voor het vervaardigen van de niet-coaxiale hologramlens OX-L, in het bijzonder de registratiemethode, zal later aan de hand van figuur 8 worden beschreven. De niet-coaxiale hologramlens OX-L is gevormd door een holografisch registratiemedium HR2, bestaande uit een glazen substraat BS en een fotogevoelige laag (registratie-
laag) K, die als deklaag op het glazen substraat BS is aangebracht. Op het middengedeelte van de
fotogevoelige laag K is een schijfvormig niet-coaxiaal hologramlensgedeelte HL' geregistreerd, dat op later te beschrijven wijze vervolgens is ontwikkeld.

In dit geval is de niet-coaxiale hologramlens OX-L zodanig gevormd, dat, wanneer een reproductiereferentiebundel (vlakke golf of een bolgolf, terwijl in dit geval een vlakke golf is toegepast) B' wordt gericht op het lensgedeelte HL' in de fotogevoelige laag K via het glazen substraat BS onder de hoek van ongeveer
45° ten opzichte van de normaal op het lensgedeelte HL', een reproductievoorwerpsbundel A' wordt gereproduceerd door de fotogevoelige laag K waarvan de optische as langs de normaal is gericht en die is gefocuseerd op een punt P.

In figuur 6 duidt HR1 een holografische registratiemedium aan, waarop een coaxiale hologramlens IN-L dient te worden gevormd en die bestaat uit een glazen substraat BS en een daarop aangebrachte
fotogevoelige laag K.

De niet-coaxiale hologramlens OX-L, -die als moederlens dienst doet, is gericht naar het holografische registratiemedium HR1. In dit geval is de niet-coaxiale hologramlens OX-L zodanig geplaatst ten opzichte van het holografische registratiemedium HR1, dat de fotogevoelige laag K evenwijdig is geplaatst aan en is gericht naar de fotogevoelige laag K op een vooraf bepaalde afstand daarvan.

De van een laser LS afkomstige laserbundel (evenwijdige vlakke golven) wordt gedeeltelijk weerkaatst op een bundelsplitser SP, verder gereflecteerd op een spiegel M, en de gereflecteerde bundel (evenwijdige vlakke golven) wordt gericht op de fotogevoelige laag K van de niet-coaxiale hologramlens OX-L via het glazen substraat BS daarvan als reproductiereferentiebundel B'. Vervolgens wordt vanaf de niet-coaxiale hologramlens OX-L de reproductievoorwerpsbundel A' gereproduceerd, die is gefocuseerd op punt P en
vanaf dat punt divergeert. Deze bundel A' valt op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1 als registratievoorwerpsbundel A.

De van de laser LS afkomstige laserbundel doorloopt gedeeltelijk de bundelsplitser SP, vandaar de niet-coaxiale hologramlens OX-L en valt op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1 als registratiereferentiebundel B, die coaxiaal is met de registratievoorwerpsbundel A (de bundels A en B vertonen samenvallende optische assen). Aldus wordt een schijfvormig coaxiaal hologramlensgedeelte HL gevormd op het middengedeelte van de fotogevoelige laag K van het registratiemedium HR1. Dit registratiemedium HR1 wordt vervolgens op nader te beschrijven wijze ontwikkeld tot een coaxiale hologramlens IN-L.

Een ander voorbeeld van de registratiemethode zal aan de hand van figuur 7 worden beschreven. In dit voorbeeld is de niet-coaxiale hologramlens OX-L, die dienst doet als moederlens, zodanig geplaatst ten opzichte van het holografische registratiemedium HR1, dat het glazen substraat BS van eerstgenoemde in contact verkeert met de fotogevoelige laag K van laatstgenoemde, welke op dezelfde wijze als in figuur 6 zijn geplaatst. Vervolgens vindt registratie als coaxiale hologramlens IN-L plaats. In dit geval worden de reproductie- en registratievoorwerpsbundel A' en A bolgolven, die divergeren vanaf een virtueel punt P.

Nu zal een beschrijving worden gewijd aan de wijze voor het vervaardigen van de niet-coaxiale hologramlens OX-L, die als moederlens wordt gebruikt, onder verwijzing naar figuur 8. Een registratievoorwerpsbundel (bolgolven) A wordt gericht op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR2, dat verder het glazen substraat BS omvat, zodanig, dat de optische as van de bundel A samenvalt met de normaal op de fotogevoelige laag K, en een registratiereferentiebundel (evenwijdige vlakke golven) B worden eveneens gericht op de fotogevoelige laag K, en wel zodanig, dat de optische as
de normaal onder ongeveer 45° snijdt. Aldus wordt een schijfvormig niet-coaxiaal hologramlensgedeelte HL' geregistreerd in het middengedeelte van de fotogevoelige laag K. Vervolgens wordt de fotogevoelige laag K ontwikkeld tot de niet-coaxiale hologramlens OX-L. In dit geval is de registratievoorwerpsbundel A op de

volgende wijze verkregen. De van een laserbron LS afkomstige laserbundel (evenwijdige vlakke golven) doorloopt gedeeltelijk een bundelsplitser SP, valt vervolgens op een hulplens (optische lens) L2, en wordt vervolgens gefocusteerd op een punt Q (achterste brandpunt van de lens L2). De vanaf het punt Q divergerende bolgolven vallen op een moederlens L1 (objectief lens en vervaardigd van een aantal
5 lenselementen) voor focussering van de bundel op het punt P. De vanaf het punt P divergerende bolgolven worden gebruikt als registratievoorwerpsbundel A.

De registratiereferentiebundel B wordt op de volgende wijze verkregen. De van de laser LS afkomstige laserbundel wordt gedeeltelijk weerkaatst op de bundelsplitser SP en vervolgens gereflecteerd op een spiegel M. De op de spiegel M gereflecteerde bundel wordt gebruikt als een registratiereferentiebundel B.

- 10 Een objectieflens van een microscoop met een numerieke apertuur van bijvoorbeeld 0,4 of 0,5 wordt als moederlens L1 gebruikt. De diameter van de apertuur van het niet-coaxiale hologramlensgedeelte HL' wordt bijvoorbeeld 2 mm gekozen en de bedrijfsafstand daarvan is bijvoorbeeld 2,3 mm. Dienovereenkomstig worden in dit geval de apertuur en de bedrijfsafstand van het coaxiale hologramlensgedeelte HL van de coaxiale hologramlens IN-L volgens figuur 6 bepaald door een voorafbepaalde afstand
15 tussen het punt P en het coaxiale hologramlensgedeelte HL volgens figuur 6.

Als lasers LS, die kunnen worden toegepast in de voorbeelden volgens figuren 6, 7 en 8 komen die lasers in aanmerking, die laserbundels van onderstaande eigenschappen kunnen afgeven:

Argonlaser ($\lambda = 488 \text{ nm}$)

Kryptonlaser ($\lambda = 647,1 \text{ nm}$)

- 20 Kleurlaser ($\lambda = 633 \text{ nm}$)

He-Ne-laser ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$)

Het type fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1 en HR2 volgens de figuren 6, 7 en 8 wordt in overeenstemming met de laserbundel gekozen.

- 25 Nu volgt de beschrijving van een voorbeeld van het vervaardigen van een de holografische registratiemedia HR1, HR2 en de hologramlensen IN-L, OX-L.

Een geschikte hoeveelheid laagharder, bijvoorbeeld een waterige oplossing van gelatine, waaraan formaldehyde of glyoxal is toegevoegd, wordt op ongeveer 40°C gehouden, terwijl een glazen substraat met een dikte van 1 mm en een spinner eveneens op ongeveer 40°C worden gehouden.

- 30 Vervolgens wordt de waterige oplossing van gelatine door de spinner als deklaag op het glazen substraat aangebracht. In dit geval is de laagdikte van de waterige gelatine-oplossing op het glazen substraat zodanig gekozen, dat de dikte van de gedroogde deklaag 5 micrometer bedraagt voor het holografische registratiemedium voor de niet-coaxiale hologramlens en 15 μm voor die van de coaxiale hologramlens. De op het glazen substraat aangebrachte waterige gelatine-oplossing wordt gedroogd tot een gelatinelaag, die moeder materiaal is voor de fotogevoelige laag.

- 35 Nu volgt een beschrijving van het procédé om de gelatinelaag lichtgevoelig te maken.

De fotogevoeligheid voor blauw of groen wordt aan de gelatinelaag op de volgende wijze gegeven. De gelatinelaag wordt gedurende ongeveer 10 min. ondergedompeld in een waterige oplossing van 2 tot 10 gew.% ammoniumbichromaat, vervolgens daaruit geleidelijk verwijderd, verticaal gehouden en daarna in een donkere kamer gedroogd.

- 40 De fotogevoeligheid voor rood wordt aan de gelatinelaag zodanig gegeven, dat een waterige oplossing van 2 gew.% ammoniumbichromaat en 1×10^{-3} mol per liter van de kleurstof methyleenblauw wordt toegevoegd aan ammonia, totdat een pH van 10 wordt bereikt, vervolgens wordt de gelatinelaag in deze waterige oplossing gedurende 10 min. ondergedompeld en daarna gedroogd in een stromende atmosfeer, waarin zich ammoniak en gedroogde stikstof bevinden.

- 45 Aldus wordt het holografische registratiemedium, bestaande uit een glazen substraat en de fotogevoelige laag K daarop vervaardigd.

De belichting van de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium wordt uitgevoerd als beschreven aan de hand van de figuren 6, 7 en 8. In dit geval is de stralingsenergiedichtheid van de laserbundel gekozen in het gebied tussen ongeveer 100 en 1000 mJ/cm^2 .

- 50 Het holografische registratiemedium, waarvan de fotogevoelige laag is belicht, wordt in water ondergedompeld. Wanneer de fotogevoelige laag gevoelig is voor blauw of groen, wordt hij gedurende ongeveer 1 uur in stromend water met een temperatuur van ongeveer 20°C ondergedompeld, terwijl daarentegen, wanneer de fotogevoelige laag gevoelig is voor rood, hij gedurende ongeveer 30 min. in water van ongeveer 40°C wordt ondergedompeld. Daarna wordt het holografische registratiemedium gedurende ongeveer 10
55 min. ondergedompeld in een waterige oplossing van 50% isopropanol vervolgens enkele seconden in een waterige oplossing van 90% isopropanol gehouden, vervolgens ondergedompeld gedurende 10 min. in 100% isopropanol, en tenslotte snel gedroogd door warme wind.

Aldus is het ontwikkelprocédé voltooid.

De fotogevoelige laag, waarvan het moedermateriaal gelatine is, bezit het vermogen tot vochtabsorptie, zodat, indien het onbehandeld wordt gelaten, het risico bestaat dat de hologramlens verdwijnt. Om dit risico te vermijden, wordt op de in figuur 9 getoonde wijze een dekglas CG met een dikte van ongeveer 150 μm 5 gehecht op de fotogevoelige laag K door middel van kunststof, die wordt uitgehard onder invloed van ultraviolette stralen. Zo worden de hologramlensen OX-L en IN-L vervaardigd. In de andere figuren dan figuur 9 is het dekglas CG weggelaten.

Nu volgt een beschrijving van de wijze van duplicatie van een coaxiale slaaf-hologramlens IN-L' onder gebruikmaking van de op bovenstaande wijze verkregen coaxiale hologramlens IN-L als moederlens.

10 Zoals in figuur 10 is weergegeven, zijn de holografische registratiemedië HR1 en HR1' zodanig geplaatst, dat de fotogevoelige K van de laatste, die een coaxiale slaafhologramlens IN-L' moet worden, is gericht naar de fotogevoelige laag K van eerstgenoemde, hetgeen een buigingsrendement van 50% met zich meebrengt, op een voorafbepaalde afstand. Vervolgens wordt de van de laser LS afkomstige laserbundel op het glazen substraat BS van het holografische registratiemedium HR1 gericht. In dit geval wordt een deel 15 van de bundel (50%) gebruikt als reproductiereferentiebundel B' en wordt het overige deel van de bundel (50%) gebruikt als registratiereferentiebundel B voor het holografische registratiemedium HR1'. Aldus wordt van de coaxiale moederhologramlens IN-L een reproductievoorwerpsbundel A' gereproduceerd, die op een punt P is gefocusseerd, en die op zijn beurt wordt gericht op het holografische registratiemedium HR1' als registratiëvoorwerpsbundel A voor het registreren of vormen van een hologramlensgedeelte HL op de 20 fotogevoelige laag K daarvan.

Een coaxiale slaaf hologramlens IN-L' kan eveneens op de in figuur 11 getoonde wijze worden gedupliceerd. In dit geval verkeert de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1' in rechtstreeks contact met het glazen substraat BS van de coaxiale moederhologramlens IN-L. In dit geval 25 zijn zowel de reproductie- als de registratiëvoorwerpsbundel A' en A van het type, bestaande uit bolgolven die divergeren vanaf een virtueel punt P.

Volgens de bovenbeschreven werkwijze voor het vervaardigen van een coaxiale hologramlens wordt een vooraf vervaardigde niet-coaxiale hologramlens gebruikt als moederlens voor het vervaardigen van de coaxiale hologramlens. Indien dus een dergelijke moederlens wordt vervaardigd, kan de coaxiale hologramlens gemakkelijk worden gefabriceerd.

30 Bij de bovenbeschreven methode doet zich evenwel het volgende probleem voor. Het extra procédé voor vervaardiging van de niet-coaxiale hologramlens, die dienst doet als moederlens, is noodzakelijk.

Verder is het noodzakelijk, dat de als moederlens dienst doende niet-coaxiale hologramlens voor de reproductiereferentiebundel roteert rond drie onderling loodrechte assen, die ten opzichte van elkaar een richtingsnauwkeurigheid van $\pm 0,5^\circ$ bezitten en wordt ingesteld voor het brandpunt en de optische as van de 35 reproductievoorwerpsbundel om in een vooraf bepaalde positie te worden gebracht. Een dergelijke instelling is zeer problematisch en moeilijk, in het bijzonder indien de numerieke apertuur groot is. Dit is het gevolg van het feit, dat de verdeling van de grafische interferentiepatronen van de niet-coaxiale hologramlens geen puntsymmetrie vertonen, anders dan bij de coaxiale hologramlens, maar de steek van de grafische interferentiepatronen varieert van klein tot groot in radiale richting.

40 Wanneer verder als gevolg van de bovengenoemde verdeling van het grafische interferentiepatroon de dikte van de fotogevoelige laag toeneemt gedurende het bevochtigingsproces na belichting van de fotogevoelige laag waarvan het moedermateriaal gelatine is, varieert de helling van het grafische interferentiepatroon in de dwarsdoorsnede daarvan waardoor de lens andere eigenschappen verkrijgt. Dit verschijnsel neemt sterke vormen aan wanneer de numerieke apertuur van de niet-coaxiale hologramlens groot wordt, 45 hetgeen tot gevolg heeft, dat de hologramlens in de praktijk niet kan worden gebruikt.

Aan de hand van figuur 12 zal nu een voorbeeld worden beschreven van de wijze van vervaardiging van een coaxiale hologramlens volgens de uitvinding, bij welke werkwijze geen niet-coaxiale hologramlens wordt toegepast.

In figuur 12 verwijst het verwijzingsymbool HR1 naar een holografisch registratiemedium, waarop een 50 coaxiale hologramlens IN-L is geregistreerd en die bestaat uit een glazen substraat BS en een daarop aangebrachte fotogevoelige laag (registratielaag) K.

Een eerste optisch element (moederlens) L1 is aanwezig voor afgifte van een bolgolf, welke lens bijvoorbeeld een objectief lens van een microscoop is met een numerieke apertuur van 0,4 of 0,5.

Een tweede optisch element DG is aanwezig voor het afgeven van de gebogen golf. In het algemeen 55 kan een buigingstralie worden toegepast als tweede optisch element DG, maar in dit voorbeeld is een vlakke-golfhologram gebruikt als tweede optisch element DG. Dit hologram DG is vervaardigd op basis van een holografisch registratiemedium HR3, bestaande uit een glazen substraat BS en een daarop aange-

brachte fotogevoelige laag (registratielaag) K, waarbij een schijfvormig niet-coxiaal vlakke-golfhologramgedeelte HL" is geregistreerd in het midden van de fotogevoelige laag K, waarna hij is onderworpen aan het zelfde ontwikkelprocédé als bovenbeschreven. In dit geval zijn zowel de registratie-voorwerpsbundel als de registratiereferentiebundel van het type met vlakke golven. De optische as van de 5 registratievoorwerpsbundel is zodanig gekozen, dat hij samenvalt met de normaal op de fotogevoelige laag K en een hoek Θ van de optische as van de registratiereferentiebundel ten opzichte van die van de registratievoorwerpsbundel is op later te beschrijven wijze gekozen.

De moederlens L1 is tegenover het holografische registratiemedium HR1 geplaatst en het vlakke golfhologram DG is daartussen aangebracht. In dit geval zijn het holografische registratiemedium HR1 en 10 het vlakke golfhologram DG zodanig geplaatst, dat hun fotogevoelige lagen K zich beide onderling evenwijdig aan de zijde van de moederlens L1 bevinden.

De laserbundel (van het type met vlakke golven) van een gewone laser (b.v. een niet-getekende argon-, krypton-, kleur-, He-Ne-laser) convergeert op een punt Q onder invloed van een (niet-getekende) lens, waardoor hij wordt omgevormd tot een divergerende bolgolfbundel vanuit het punt Q, die vervolgens op de 15 moederlens L1 valt voor convergentie op het punt P, van waaruit een bolgolf zonder sferische aberratie divergeert. Deze divergerende bolgolfbundel wordt als registratievoorwerpsbundel A gericht op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1 via het vlakke golfhologram DG, waarbij de optische as X van de divergerende bolgolfbundel samenvalt met de respectieve normalen op de fotogevoelige lagen K van het vlakke-golfhologram DG en het holografische registratiemedium HR1.

20 Verder wordt de richting van de van de gemeenschappelijke laser afkomstige laserbundel (evenwijdige vlakke golven) gewijzigd door een bundelsplitser, spiegel of dergelijke (niet getekend) en vervolgens als reproductiereferentiebundel B' gericht op het holografische gedeelte HL" van de fotogevoelige laag K van het vlakke golfhologram DG, waarbij de optische as X' van de vlakke golven met gewijzigde richting de optische as x snijden onder de hoek Θ (een zodanige hoek, dat de moederlens L1 geen obstakel wordt voor 25 de vlakke-golfbundel) b.v. 70°).

De van het vlakke golfhologram DG afkomstige voorwerpsbundel (vlakke golven) worden gericht op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1 als registratiereferentiebundel B. Deze registratiereferentiebundel B correspondeert met de reproductiereferentiebundel B', waarvan de richting van de optische baan is gewijzigd. De registratievoorwerpsbundel A en de registratiereferentiebundel B zijn 30 coaxiaal, d.w.z., hun optische assen x vallen samen met de normaal op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1, en eveneens met elkaar, zoals in figuur 12 is weergegeven, of zij zijn onderling evenwijdig.

Op deze wijze wordt een coaxiaal hologramlensgedeelte HL met de vorm van een schijf gevormd in het midden van de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium HR1, dat vervolgens wordt 35 onderworpen aan het ontwikkelprocédé, gelijk aan het hiervoor beschreven procédé, ter verkrijging van een coaxiale hologramlens IN-L.

Aan de hand van figuur 13 zal nu een ander voorbeeld van de uitvinding worden beschreven. In dit voorbeeld wordt als tweede optisch element DG een niet-coaxiale hologramlens met geringe numerieke apertuur gebruikt. In dit geval wordt de van een gewone laser (b.v. een halfgeleiderlaser) afkomstige 40 vlakke-golfbundel als reproductiereferentiebundel B' gericht op een holografisch lensgedeelte HL" van de fotogevoelige laag K (die is aangebracht op een glazen substraat BS) van een niet-coaxiale hologramlens DG. De reproductievoorwerpsbundel (die een bolgolfbundel nabij een vlakke golfbundel is en convergeert naar het holografische registratiemedium HR1), afkomstig van de niet-coaxiale hologramlens DG, wordt als registratiereferentiebundel B gericht op de fotogevoelige laag K van het holografische registratiemedium 45 HR1. De overige processtappen zijn in hoofdzaak gelijk aan de in samenhang met figuur 12 beschreven stappen. Op deze wijze wordt een coaxiale hologramlens IN-L vervaardigd.

Nu zal aan de hand van figuur 14 een optische informatie (signaal)reproductie-inrichting worden beschreven, waarbij gebruik wordt gemaakt van de coaxiale hologramlens die is verkregen door toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding volgens de figuren 12 of 13, en een op een optisch registratie- 50 medium (schijf) geregistreerd informatie (signaal) reproduceert, en eveneens zal de relatie tussen het optische registratiemedium en de coaxiale hologramlens worden beschreven. In figuur 14 duiden de verwijzingsletters RD in het algemeen een optisch registratiemedium aan, dat bestaat uit een transparant substraat DB, (b.v. van vinylchloride), een reflectiemembraan of -laag RL (b.v. een aluminiummembraan), dat als deklaag is aangebracht op het gehele oppervlak van verdiepingen en uitsteeksels, die zijn gevormd 55 op het ondervlak van het transparante substraat DB en een beschermingsmembraan of -laag, (b.v. PVA) GL, dat als deklaag is aangebracht op het onderoppervlak van het reflectiemembraan RL voor bedekking daarvan.

- De coaxiale hologramlens IN-L (die dienst doet als van reproductiemiddelen deel uitmakende objectieflens) die is vervaardigd met de werkwijze volgens de uitvinding volgens de figuren 12 of 13, is zodanig geplaatst, dat de fotogevoelige laag K evenwijdig verloopt aan en is gericht naar het substraat DB van het registratiemedium RD. Vervolgens wordt de reproductiereferentiebundel (een vlakkegolfbundel B' in het geval van de werkwijze volgens figuur 12; een divergerende bolgolfbundel B'' in het geval van de vervaardigingswijze volgens figuur 13) gericht op het coaxiale hologramlensgedeelte HL van de zijde van het glazen substraat BS van de coaxiale hologramlens IN-L, en de reproductievoorwerpsbundel of convergerende dan wel focusserende bolgolfbundel A' ter plaatse van de verdieping of verhoging van het reflectiemembraan (laag) RL, afkomstig van het coaxiale hologramlensgedeelte HL wordt als reproductie-
- 10 bundel gericht op het reflectiemembraan (laag) RL via het substraat DB van het registratiemedium RD. De aan het reflectiemembraan (laag) RL weerkaatste bundel loopt terug via de baan van de bundels A' - bundels B' (of B'') en valt op een foto-elektrisch omzetelement (dat eveneens volstaat wanneer de laser van het halfgeleidertype is, hoewel een en ander niet is weergegeven) en wordt als elektrisch signaal weergegeven.
- 15 In het geval waarin het registratiemedium RD optisch wordt uitgelezen vanaf de zijde van het transparante substraat DB volgens figuur 14, wordt, indien de reproductievoorwerpsbundel A' een bolgolfbundel is zonder sferische aberratie, deze bundel beïnvloed door sferische aberratie wanneer hij het transparante substraat DB met de dikte t zijnde de optische baanlengte, passeert. Aldus verkrijgt de weerkaatste bundel sferische aberratie.
- 20 Indien derhalve in het geval van de figuren 12 en 13 bolgolfbundels worden gevormd zonder sferische aberratie vanaf de moederlens L1 en verder de dikte van het tweede optische element DG, zijnde de optische baanlengte, ongeveer t wordt gekozen, wordt de registratievoorwerpsbundel A volgens de figuren 12 en 13 een bolgolfbundel met sferische aberratie. Aldus wordt de reproductievoorwerpsbundel A'; die is gericht op het registratiemedium RD, een bundel met sferische aberratie. Wanneer derhalve deze bundel
- 25 het transparante substraat DB passeert, wordt de bundel aberratie-vrij, waarbij de door het transparante substraat DB van het registratiemedium RD veroorzaakte sferische aberratie kan worden gecorrigeerd.
- Aldus kan een weerkaatste bundel zonder sferische aberratie worden verkregen. In dit geval zijn de praktische dikte t van het tweede optische element DG en die t van het transparante substraat DB van het registratiemedium RD beide 1,1 mm en is de brekingsindex ervan ongeveer 1,5.
- 30 Indien de reproductiebundel wordt gericht op het optische registratiemedium RD vanaf de voorzijde, dient de reproductiebundel praktisch aberratievrij te zijn. In dit geval is het voldoende dat bij het beschouwen van de optische baanlengte of dikte t van het tweede optische element een bolgolfbundel met sferische aberraties kan worden gericht vanaf de moederlens L1 en vervolgens het tweede optische element DG passeert voor het corrigeren van de sferische aberratie.
- 35 Volgens de werkwijze van de uitvinding zoals bovenbeschreven, kan een coaxiale hologramlens met een goede nauwkeurigheid gemakkelijk worden vervaardigd. Met andere woorden, het wordt overbodig een als moederlens dienst doende niet-coaxiale hologramlens te vervaardigen of te gebruiken, zodat het aantal processtappen kan worden verminderd. Om de zelfde reden wordt verder een nauwkeurige moederlens, bijvoorbeeld een objectieflens van een microscoop, gebruikt als eerste optisch element, zodat een zeer
- 40 nauwkeurige coaxiale hologramlens kan worden vervaardigd.
- Zelfs indien het tweede optische element een buigingstralie is, een vlakke-golfhologram of een niet-coaxiale hologramlens met een kleine numerieke apertuur, vindt wijziging plaats van de richting van de optische baan van een vlakke golfbundel of die nabij een bolgolfbundel. Daarom kan de relatieve positie van het tweede optische element ten opzichte van het eerste optische element en het holografische registratie-
- 45 medium waarop de coaxiale hologramlens is geregistreerd gemakkelijk worden vervaardigd.
- Indien de uitvoering verder zodanig plaatsvindt dat het eerste optische element een bolgolfbundel afgeeft zonder sferische aberratie en de dikte of optische weglengte van het tweede optische element in hoofdzaak gelijk wordt gekozen aan de dikte of optische weglengte van het transparante lichaam van het optische registratiemedium waardoorheen de reproductiebundel loopt, kan de gereflecteerde golfbundel zonder
- 50 sferische aberratie worden verkregen, zelfs indien er een transparant lichaam is waardoorheen de reproductiebundel voor het registratiemedium passeert.

Conclusies

1. Werkwijze voor het vervaardigen van een coaxiale hologramlens (IN-L) in een eerste fotogevoelige laag (K) onder gebruikmaking van een door middel van een optisch element (L1) opgewekte voorwerpsbundel (A) en een referentiebundel (B), waarbij de voorwerpsbundel en referentiebundel in hoofdzaak loodrecht op de laag (K) invallen en deze laag (K) ontwikkeld wordt, waarbij deze referentiebundel (B) een door middel van een op een verdere fotogevoelige laag (K') geregistreerde, evenwijdig aan de eerste fotogevoelige laag (K) gepositioneerd holografisch interferentiepatroon (DG; HL'') gebogen golfbundel (B) van een onder een hellingshoek in dit interferentiepatroon (HL'') gezonden golfbundel (B') is en de voorwerpsbundel door dit interferentiepatroon (HL'') heen op de eerste fotogevoelige laag (K) gezonden wordt, waarbij voor compensatie of voor doelmatige opwekking van een sferische aberratie in de hologramlens (IN-L) het optisch element (L1) zodanig gekozen is, dat deze een dienovereenkomstige aberratie omvat en/of dat de optische dikte van het substraat (BS), dat de verdere fotogevoelige laag draagt, overeenkomstig de gewenste aberratie gekozen is en waarbij het interferentiepatroon (HL'') vervaardigd is, opdat men de fotogevoelige laag daarvan gelijktijdig met een eerste vlakke golfbundel als referentiebundel en met een tweede vlakke golfbundel of sferische golfbundel, de laatste door middel van een lens met kleine apparatuurwaarde opwekt, als betreffende voorwerpsbundel belicht heeft, waarbij de assen van de voorwerpsbundel en de referentiebundel onder een hoek ten opzichte van elkaar geplaatst zijn en men de voorwerpsbundel haaks op de verdere laag heeft laten invallen en deze verdere laag ontwikkeld heeft.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, waarbij het optisch element (L1) voor de opwekking van de voorwerpsbundel (A) een lens met grote apertuur is.
3. Werkwijze volgens conclusie 2, waarbij de referentiebundel en de voorwerpsbundel coherent zijn.

Hierbij 4 bladen tekening

FIG. 1

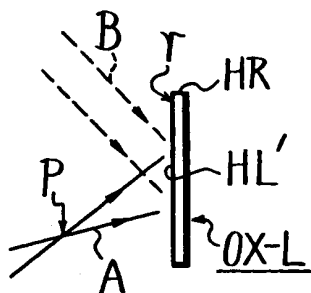


FIG. 3

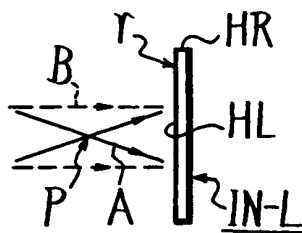


FIG. 2

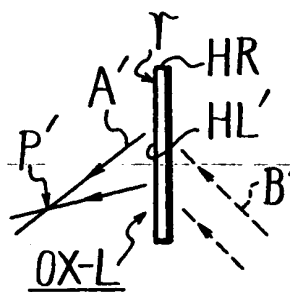


FIG. 4

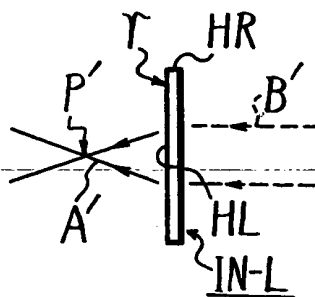


FIG. 5

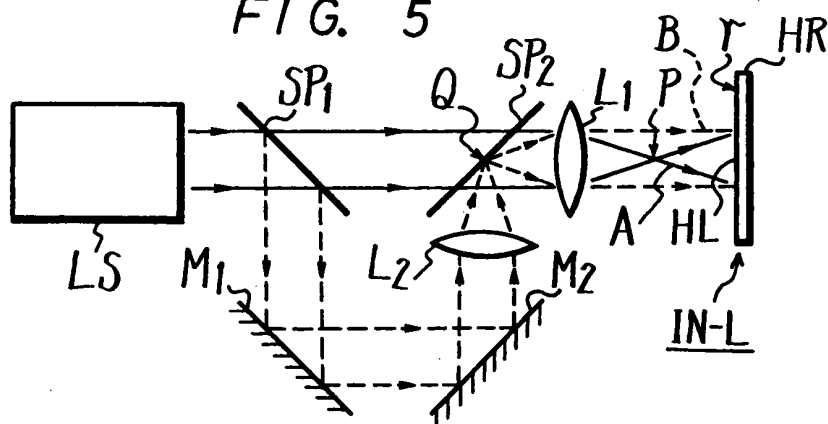


FIG. 6

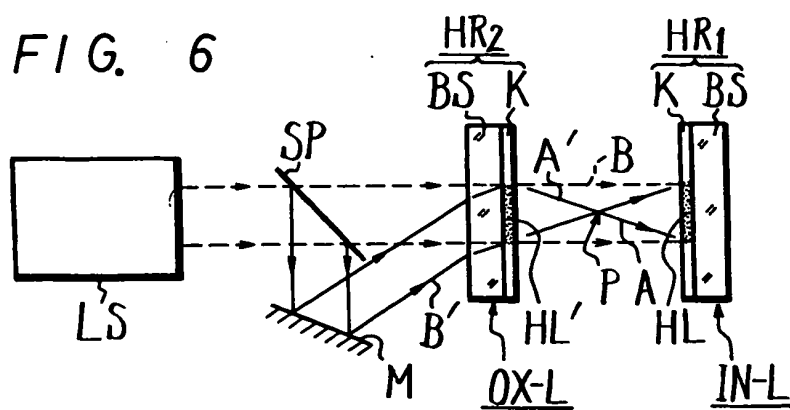


FIG. 7

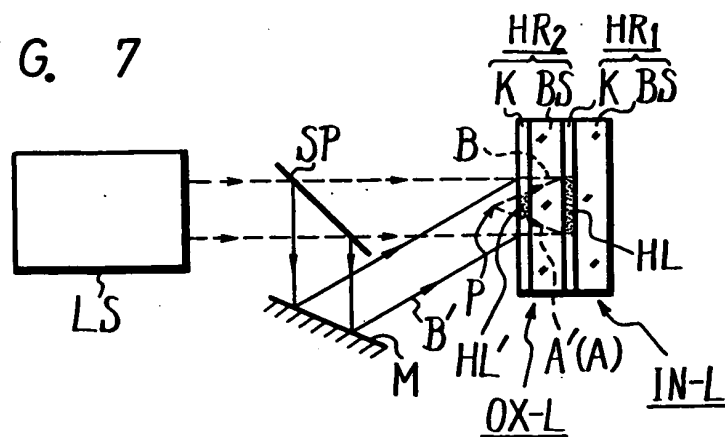


FIG. 8

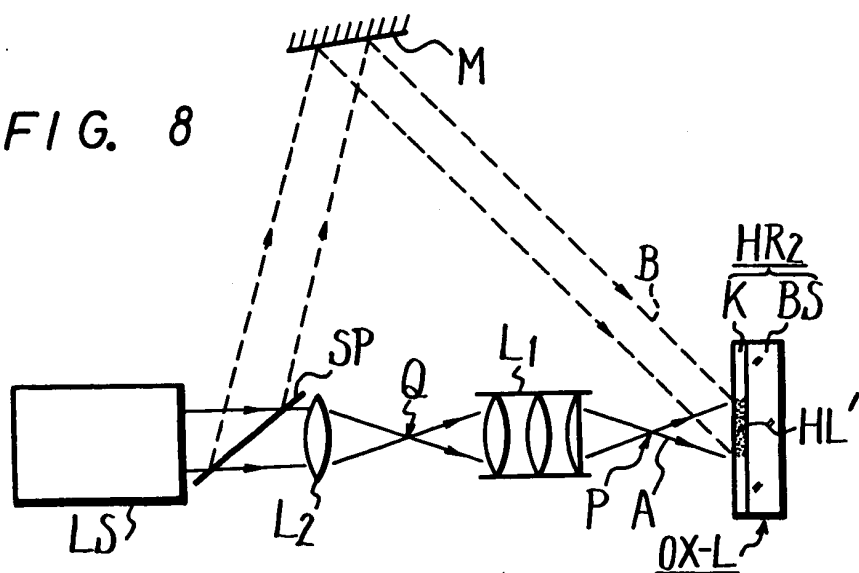


FIG. 9

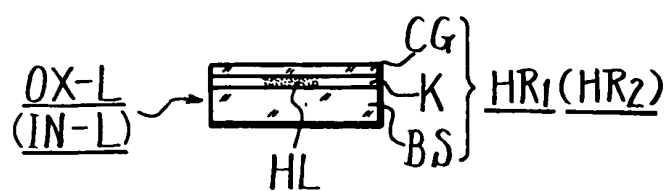


FIG. 10

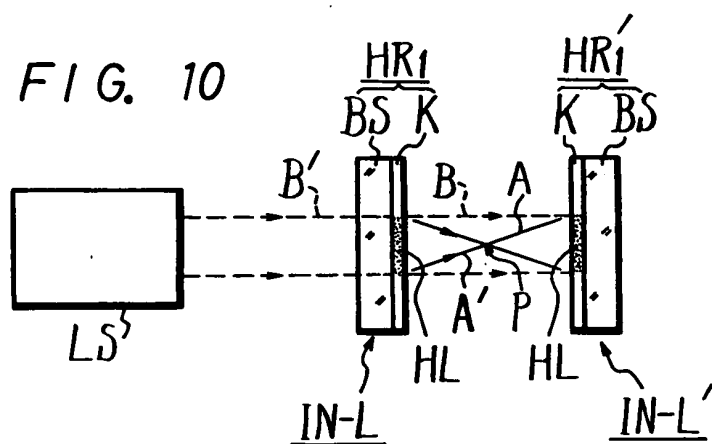


FIG. 11

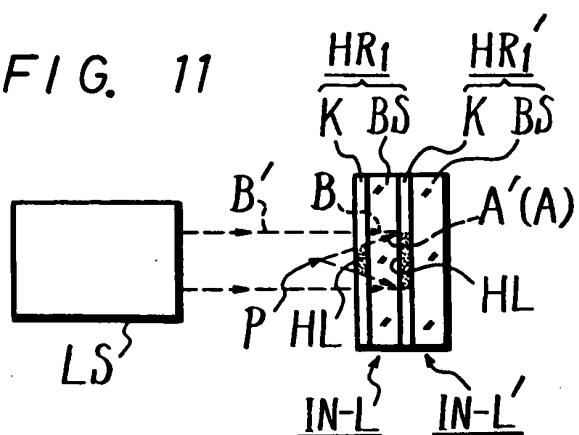


FIG. 12

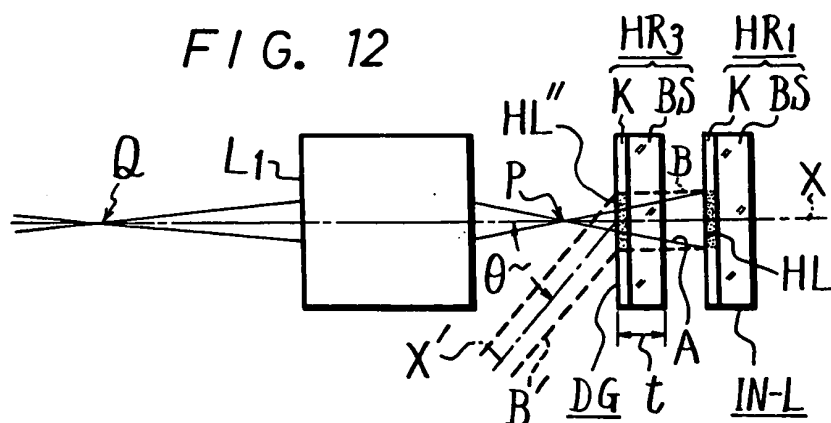


FIG. 13

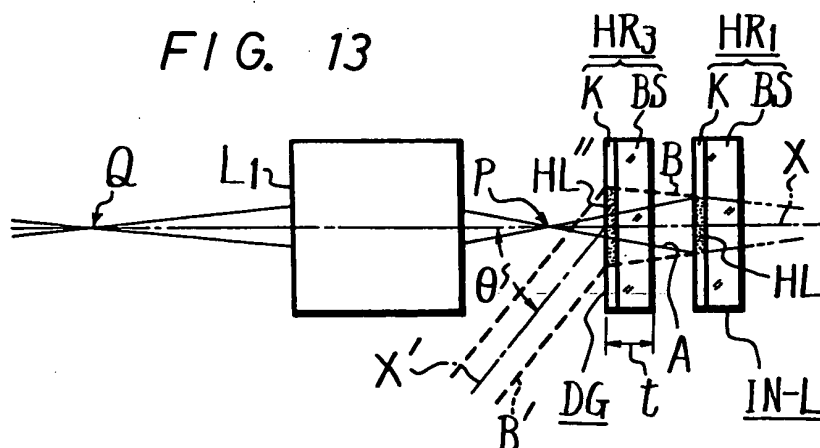


FIG. 14

