



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

PUBLIKATIENUMMER : 1007876A4
INDIENINGSNUMMER : 09301407
Internat. klassif. : G03F G02F
Datum van verlening : 07 November 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 : STRALINGSBRON-EENHEID VOOR HET OPWEKKEN VAN EEN BUNDEL MET TWEE
POLARISATIERICHTINGEN EN TWEE FREQUENTIES.

UITVINDER(S) : Dirksen Peter; Tenner Manfred G.; Van Der Werf Jan E., alle drie:
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, 07 November 1995
BIJ SPECIALE MACHTIGING :

WUYTS L.
Directeur

Stralingsbron-eenheid voor het opwekken van een bundel met twee polarisatierichtingen en twee frequenties.

De uitvinding heeft betrekking op een stralingsbron-eenheid voor het leveren van een stralingsbundel met twee onderling loodrecht gepolariseerde componenten die verschillende frequenties hebben, welke eenheid bevat een coherente stralingsbron, een bundelsplitser, een acousto-optische modulatiesysteem voor het aanbrengen
5 van een frequentieverschil tussen de twee door de bundelsplitser gevormde deelbundels en een bundelvereniger voor het samenbrengen van de twee uit het modulatiesysteem tredende deelbundels in één bundel.

De uitvinding heeft ook betrekking op een interferometer en op een inrichting voor het detecteren van de onderlinge positie van twee voorwerpen, beide
10 voorzien van een dergelijke stralingsbron-eenheid. Verder heeft de uitvinding betrekking op een apparaat voor het projecteren van een masker op een substraat voorzien van een dergelijke interferometer en/of een dergelijke positiedetectie-inrichting.

In het artikel "Displacement measurement with a laser interferometer" in "Philips' Technical Review", Vol. 30 (1969), pp. 160-166, is een interferometrische
15 verplaatsingsmeetinrichting beschreven, waarin een zogenaamde Zeeman laser als stralingsbron-eenheid wordt gebruikt. Een dergelijke laser bestaat bijvoorbeeld uit een enkelmodige He-Ne laser, waarover een magnetisch veld in de lengterichting wordt aangelegd. Daardoor worden in de laser, in plaats van een enkele lineair gepolariseerde mode, twee tegengestelde circulair gepolariseerde modes opgewekt, die verschillende
20 optische frequenties hebben.

Een Zeeman laser kan echter maar een beperkt vermogen leveren, hetgeen vooral nadelig is in nieuwere toepassingen waarin de laserbundel in meer dan twee bundels opgesplitst moeten worden. Verder is een Zeeman laser relatief duur en erg gevoelig voor optische terugkoppeling, dat wil zeggen dat straling die vanuit het
25 optische meetstelsel naar de laser gereflecteerd wordt, variaties in de amplitude en frequentie van de uitgezonden laserbundel kan veroorzaken die het meetresultaat kunnen

beïnvloeden. Bovendien is het frequentieverschil tussen de twee onderling loodrecht gepolariseerde componenten hoogstens 2 MHz is waardoor de Zeeman laser slechts inzetbaar is voor het meten van beperkte afstanden of beperkte snelheden.

In het U.S. octrooischrift 5,191,465 is een stralingsbron-eenheid speciaal
5 voor het uitrichten van een masker ten opzichte van een substraat in een opto-lithografisch apparaat voor het afbeelden van het masker op het substraat beschreven. Deze stralingsbron-eenheid bevat een laser, een neutrale bundelsplitser, in elk van de wegen van de door de bundelsplitser gevormde deelbundels een afzonderlijke acousto-optische modulator en een polarisatiegevoelige bundelvereniger. De stuursignalen voor
10 de twee modulatoren hebben verschillende frequenties, zodat de deelbundels verschillende frequenties opgedrukt krijgen. In de weg van één van deze deelbundels is een $\lambda/2$ plaat aangebracht, zodat de twee deelbundels onderling loodrechte polarisatierichtingen hebben. Omdat zowel de bundelsplitser als de bundelvereniger gedeeltelijk doorlatende reflectoren zijn en er nog twee reflectoren aanwezig zijn, is de stralingsbron-eenheid
15 volgens het U.S. octrooi 5,191,465 zeer gevoelig voor uitrichtfouten, en laat de stabiliteit te wensen over.

De onderhavige uitvinding heeft ten doel een stralingsbron-eenheid van de in de aanhef vermelde soort te verschaffen, die niet de bezwaren van de bekende eenheden vertoont, een relatief hoog vermogen levert, ongevoelig is voor positie-
20 afwijkingen van de componenten en de mogelijkheid biedt om het frequentieverschil over een groot gebied in te stellen.

De stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding vertoont als kenmerk, dat de bundelsplitser een polarisatiegevoelige bundelsplitser is die twee lineair gepolariseerde deelbundels vormt met onderlinge loodrechte polarisatierichtingen dat de bunderdeler
25 en de bundelvereniger in transmissie werken en dat hun verbindingslijn door het centrum van het modulatiesysteem loopt.

Deze stralingsbron-eenheid is symmetrisch van opzet en kan compact uitgevoerd worden. Bovendien wordt de bronstraling optimaal benut en de stralings-efficiëntie van de eenheid wordt voornamelijk bepaald door de transmissie-efficiëntie
30 van de modulator. Omdat voor het splitsen van de stralingsbron-bundel en het verenigen van de deelbundels geen reflecterende elementen meer gebruikt worden, behoeven er geen strenge eisen aan de uitrichting van de componenten gesteld te worden. Onder de

verbindingslijn wordt verstaan de lijn die de centra van die delen van de bundeldeler en de bundelvereniger waar de bundeldeling respectievelijk de bundelvereniging optreedt verbindt. De stralingsbron kan coherent zijn of slechts gedeeltelijk coherent. De vereiste coherentiegraad hangt af van de toepassing van de stralingsbron-eenheid.

5 Een eerste uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding vertoont als kenmerk, het acousto-optisch modulatiesysteem voor elke deelbundel een afzonderlijke acousto-optische modulator bevat en dat het stuursignaal voor de ene modulator een andere frequentie heeft dan het stuursignaal voor de andere modulator.

10 Het verschil tussen de frequenties van de componenten van de uit de eenheid tredende bundel wordt bepaald door het frequentieverschil van de stuursignalen. Er is nu een grote mate van vrijheid in het kiezen van zowel de grootte van, als de positie in, het frequentiegebied van dit frequentieverschil.

Een voorkeursuitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid volgens de
15 uitvinding vertoont als kenmerk, dat het modulatiesysteem één acousto-optische modulator bevat en dat de hoofdstralen van de deelbundels langs gescheiden wegen deze modulator doorlopen.

Deze uitvoeringsvorm heeft als voordelen dat het aantal componenten klein is en dat zij erg compact is, vooral indien een diodelaser als stralingsbron gebruikt
20 wordt. Het verschil tussen de frequenties van de componenten van de uit de eenheid tredende bundel is nu gelijk aan twee maal de frequentie van het stuursignaal voor de optische modulator, ofwel het acoustisch signaal.

Een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid, die speciaal geschikt is voor het leveren van een bundel waarvan de onderling loodrecht gepolariseerde
25 componenten een kleiner frequentieverschil vertonen, heeft als kenmerk, dat tussen de genoemde acousto-optische modulator en de bundelvereniger een tweede acousto-optische modulator is aangebracht en dat het stuursignaal voor de tweede acousto-optische modulator een andere frequentie heeft dan het stuursignaal voor de eerste, genoemde, acousto-optische modulator.

30 De tweede modulator compenseert gedeeltelijk het door de eerste modulator geïntroduceerde frequentieverschil en het frequentieverschil van de uitgaande bundelcomponenten is gelijk aan tweemaal het frequentieverschil van de stuursignalen

voor de modulatoren. Door het aldus verkregen kleinere frequentieverschil kan het toepassingsgebied van de stralingsbron-eenheid uitgebreid worden tot bijvoorbeeld uitrichtsystemen in opto-lithografische apparaten.

De stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding kan ook gecombineerd
5 worden met elementen van bekende stralingsbron-eenheden. Een eerste uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin dat het geval is, vertoont als kenmerk, dat de stralingsbron een Zeeman laser is. In bekend interferometersystemen, zoals het systeem beschreven in het reeds genoemde artikel in "Philips' Technical Review", Vol. 30 (1969), pp. 160-166, vormt de Zeeman laser op zich een stralingsbron-eenheid, zoals
10 dit begrip in deze octrooiaanvraag gehanteerd wordt. Het frequentieverschil van de componenten van de Zeeman laserbundel is relatief laag, bijvoorbeeld in de orde van 300 kHz tot 1,5 MHz hetgeen voor bepaalde meetsystemen te laag is, omdat dit frequentieverschil een te laag oplossend vermogen in de tijd en een te lage meetsnelheid voor het betreffende systeem oplevert. Door de Zeeman laser te combineren met de
15 bundelsplitser, het acousto-optische modulatiesysteem en de bundelvereniger van de stralingsbron-eenheid kan het frequentieverschil worden vergroot.

Een tweede uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding, die gecombineerd is met een element van een bekende stralingsbron-eenheid, vertoont als kenmerk, dat de stralingsbron een in golflengte gestabiliseerde laser is die
20 twee lineair gepolariseerde bundels met onderling loodrechte polarisatierichtingen en met verschillende frequenties levert.

Een dergelijke twee-modi laser wordt bijvoorbeeld gebruikt in het meetsysteem beschreven in "Technisches Messen" 58, 1991, p. 253. Behalve het voordeel van de grote golflengte-stabiliteit heeft deze laser echter als nadeel dat het
25 frequentieverschil tussen de twee modi ongeveer 640 MHz is, waardoor de elektronica voor het verwerken van de detectorsignalen moeilijk te realiseren is en duur is en het vergroten van de resolutie van het meetsysteem waarin de laser opgenomen is via interpolatietechnieken, moeilijk en duur is. Zoals in het Europese octrooischrift 0 194-941 beschreven is, kan aan dit bezwaar tegemoet gekomen worden door in de weg van
30 de twee-modi laserbundel achtereenvolgens te plaatsen: een polarisator die slechts één van de modi doorlaat; een acousto-optische modulator die één-modi bundel splits in twee, onder verschillende richtingen afgebogen, deelbundels die een frequentieverschil

van bijvoorbeeld 20 MHz vertonen; een wig van dubbelbrekend materiaal die twee
deelbundels naar elkaar toebuigt; en een diafragma dat deze twee deelbundels doorlaat
en twee andere door de wig gevormde deelbundels blokkeert. In de stralingsbron-
eenheid volgens het Europese octrooischrift 0 194 941 wordt echter slechts een vierde
5 deel van de door de laser geleverde stralingsenergie door het diafragma doorgelaten.
Door in de weg van de gestabiliseerde laserbundel, waarvan de modi een frequentiever-
schil van 640 MHz hebben, achtereenvolgens een bundelsplitser, een acousto-optische
modulator en een bundelvereniger te plaatsen, kan het frequentieverschil aanzienlijk
gereduceerd worden. Indien het stuursignaal van de acousto-optische modulator
10 bijvoorbeeld 310 MHz is, wordt het frequentieverschil van de laserbundelcomponenten
met 620 MHz verlaagd en is het frequentieverschil van de uitgangsbundelcomponenten
20 MHz. Door een geschikte keuze van de frequentie van het modulatorstuursignaal kan
dit frequentieverschil op een willekeurige waarde ingesteld worden, zodat de stralings-
bron-eenheid ruim toepasbaar is.

15 De bundelsplitser en de bundelvereniger kunnen op diverse wijzen
uitgevoerd zijn, zoals in de conclusies 7 t/m 11 aangegeven is. In het algemeen zijn de
splitser en vereniger gelijksoortig, zodat een symmetrische eenheid verkregen wordt,
waarvan de componenten een ruime positie- en oriëntatietolerantie hebben.

Een bijzondere compacte en stabiele uitvoeringsvorm van de inrichting
20 vertoont als kenmerk, dat de bundelsplitser, de acousto-optische modulator en de
bundelvereniger zijn geïntegreerd in een driedelig en symmetrisch prisma van Wolla-
ston, waarvan de buitenste delen de bundelsplitser, respectievelijk de bundelvereniger,
vormen en het binnenste deel voorzien is van een elektro-acoustische omzetter en aldus
de acousto-optische modulator vormt.

25 In deze uitvoeringsvorm wordt met veel voordeel gebruik gemaakt van het
feit dat het materiaal waarvan de acousto-optische modulator vervaardigd is, bijvoor-
beeld T_2O_2 , een uniaxiaal dubbelbrekend kristal is, zodat dit materiaal ook geschikt is
om er een prisma van Wollaston van te maken. Door van dit materiaal een driedelig
prisma te maken waarvan de buitenste delen dezelfde vorm en dezelfde oriëntatie van de
30 acoustische as hebben en het binnenste deel een optische as heeft die loodrecht staat op
die van de buitenste delen en door het binnenste deel te voorzien van een elektro-
acoustische omzetter, wordt een component verkregen waaraan alleen nog een stralings-

bron hoeft te worden toegevoegd om een volledige stralingsbron-eenheid te verkrijgen. De stralingsbron dan bij voorkeur een diodelaser.

De keuze van de stralingsbron wordt onder andere bepaald door de gewenste coherentielengte van de stralingsbundel. Omdat de genoemde component, die
5 ook aangeduid kan worden met acoustisch Wollaston prisma, opgebouwd is uit prismadelen kan het ook de functie van bundelomvormer (beamshaper) vervullen. Een dergelijke omvormer kan gewenst zijn bij een diodelaser als stralingsbron. Deze diodelaser levert een bundel waarvan de doorsnede in het verre veld elliptisch is. De bundelomvormer wordt gebruikt om de bundel met een elliptische doorsnede om te
10 zetten in een bundel met een ronde doorsnede, zoals gewenst in het systeem waarin de diodelaser wordt toegepast. Het gebruik van een prismastelsel als bundelomvormer is bekend uit onder andere het U.S. octrooischrift 4904068.

Ook de laatstgenoemde uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid kent een variant die bijzonder geschikt is voor het leveren van twee bundelcomponenten die
15 een relatief klein frequentieverschil vertonen. Deze vertoont als kenmerk, dat achter het driedelige en symmetrische prisma van Wollaston een tweede soortgelijk driedelig en symmetrisch prisma van Wollaston geplaatst is en dat de frequentie van het stuursignaal voor de acousto-optische modulator van het eerste prisma van Wollaston verschillend is van de frequentie van het stuursignaal voor de acousto-optische modulator van het
20 tweede prisma van Wollaston.

Het verschil tussen de frequenties van de uitgangsbundelcomponenten wordt nu weer bepaald door het frequentieverschil van de stuursignalen voor de modulatoren van het eerste en tweede driedelige prisma van Wollaston.

Een verder geïntegreerde versie van deze variant vertoont de kenmerk dat
25 het binnenste deel van het prisma van Wollaston is voorzien van een tweede electro-acoustische omzetter en dat, in bedrijf, aan de twee omzeters stuursignalen met verschillende frequenties zijn aangelegd.

De uitvinding heeft ook betrekking op een interferometer, die voorzien is van een stralingsbron-eenheid, een bundelsplitser voor het splitsen van de door de
30 stralingsbron-eenheid geleverde bundel in een meetbundel en een referentiebundel, een door de meetbundel doorlopen meettak, een door de referentiebundel doorlopen referentietak en een stralingsgevoelige detector in de weg van de, na het doorlopen van

hun takken weer verenigde, meetbundel en referentiebundel. Deze interferometer vertoont als kenmerk, dat de stralingsbron-eenheid is uitgevoerd zoals hierboven is beschreven.

Verder heeft de uitvinding betrekking op een inrichting voor het detecte-
5 ren van de positie van een eerste voorwerp ten opzichte van een tweede voorwerp, welke voorwerpen zijn voorzien van kenmerken en welke inrichting voorzien is van een verlichtingsstelsel voor het leveren van twee bundels waarvan de componenten met dezelfde polarisatierichting samen een interferentiepatroon vormen op zowel het kenmerk van het eerste voorwerp als het kenmerk van het tweede voorwerp en verder
10 voorzien is van een eerste en tweede stralingsgevoelige detector voor het omzetten van straling afkomstig van, respectievelijk, het kenmerk van het eerste voorwerp en het kenmerk van het tweede voorwerp in, respectievelijk, een eerste elektrisch signaal en een tweede elektrisch signaal, waarbij het faseverschil tussen de twee signalen indicatief is voor de onderlinge positionering van de twee voorwerpen. Deze inrichting vertoont
15 als kenmerk, dat het verlichtingsstelsel een stralingsbron-eenheid, zoals hierboven beschreven, bevat.

Tenslotte heeft de uitvinding betrekking op een apparaat voor het projecteren van een masker op een substraat, welk apparaat achtereenvolgens bevat: een, een actinische belichtingsbundel leverend, belichtingsstelsel, een maskerhouder; een
20 projectielenzenstelsel en een substraathouder en verder voorzien is van een uitrichtstelsel voor het uitrichten van het masker ten opzichte van het substraat. Dit apparaat heeft als kenmerk, dat het uitrichtstelsel de hierboven beschreven positiedetectie-inrichting bevat, waarbij het eerste voorwerp het masker en het tweede voorwerp het substraat is.

Een actinische belichtingsbundel is een bundel die een chemische
25 verandering tot stand brengt in een op het substraat aangebrachte fotolak.

Het fotolithografisch projectie apparaat kan ook voorzien zijn van een interferometersysteem voor het detecteren van de positie en verplaatsingen van de substraathouder. Een dergelijk apparaat volgens de uitvinding vertoont als kenmerk, dat het interferometersysteem een stralingsbron-eenheid, als hierboven beschreven, bevat.

30 Dit apparaat kan daarnaast ook nog voorzien zijn van het uitrichtstelsel volgens de uitvinding.

De uitvinding zal nu worden toegelicht aan de hand van de tekeningen.

Daarin tonen:

Figuur 1 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid met in elk van de deelbundels een afzonderlijke acousto-optische modulator.

5 Figuur 2 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid met een gemeenschappelijke acousto-optische modulator voor beide deelbundels.

Figuur 3 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin de bundelsplitser de acousto-optische modulator en de bundelvereniger geïntegreerd zijn in een component.

10 Figuur 4 een dergelijke uitvoeringsvorm waarin een diodelaser als stralingsbron gebruikt wordt,

De Figuren 5 en 6 twee uitvoeringsvormen van de stralingsbron eenheid waarin twee acousto-optische modulatoren achter elkaar geplaatst zijn.

Figuur 7 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin de twee achter elkaar geplaatste modulatoren geïntegreerd zijn in een component.

15 Figuur 8 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid met een golflengte-gestabiliseerde laser als stralingsbron.

Figuur 9 een variant van deze uitvoeringsvorm met geïntegreerde bundeldeler, modulator en bundelvereniger.

20 Figuur 10 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid met een raster als bundelsplitser.

Figuur 11 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin de bundelsplitser en de bundelvereniger worden gevormd door optische wiggen.

Figuur 12 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin de bundelsplitser en de bundelvereniger worden gevormd door Köster prisma's.

25 Figuur 13 een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin de bundelsplitser en bundelvereniger worden gevormd in Rochon prisma's.

Figuur 14 een interferometer voorzien van een stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding.

30 Figuur 15 een fotolithografisch projectie-apparaat waarin de stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding wordt toegepast.

Figuur 16 een uitrictkenmerk van het uitrictstelsel van dit apparaat, en

Figuur 17 een uitvoeringsvorm van het uitrictstelsel.

De stralingsbron-eenheid van Figuur 1 bevat een stralingsbron 1, die een stralingsbundel 2 levert. Afhankelijk van de toepassingen van de eenheid moet de bundel een grotere of kleinere coherentie lengte hebben zodat de bron 1 meestal een laser is, zoals een He-Ne laser of een halfgeleider-diodelaser. In de weg van de bundel 5 2 is een bundelsplitser in de vorm van een prisma van Wollaston 4 geplaatst. In de gebruikelijke uitvoering bestaat dit prisma uit twee prismadelen 5 en 6 van hetzelfde dubbelbrekende uniaxiale materiaal, bijvoorbeeld kwarts met bijvoorbeeld een gewone brekingsindex $n_o = 1,5443$ en een buitengewone brekingsindex $n_e = 1,5534$. De optische assen 7 en 8 van de prismadelen staan loodrecht op elkaar. Het prisma van 10 Wollaston splitst de bundel 2, waarvan de polarisatie-richting bijvoorbeeld een hoek van 45° maakt met de optische assen 7 en 8, in twee deelbundels 9 en 10, waarvan de polarisatie-richtingen 11 en 12 loodrecht op elkaar staan.

In de weg van de deelbundel 9 is een acousto-optische modulator 13 aangebracht. Een dergelijke modulator bestaat uit een blok 14 van uniaxiaal dubbelbrekend materiaal, bijvoorbeeld T_eO_2 met een gewone brekingsindex $n_o = 2,2585$ en een buitengewone brekingsindex $n_e = 2,4112$, bij gebruik van een He-Ne laser met een golflengte van 633 nm. De optische as van de modulator is aangegeven met 15. Op het blok 14 is een elektro-acoustische omzetter 16 aangebracht, waaraan een elektrisch stuursignaal $S_1(f_1)$ wordt toegevoerd. Dit signaal wordt omgezet in een geluidsgolf die 20 zich door het materiaal 14 voortplant in de richting van de optische as 15. De geluidsgolf creëert in het materiaal een drie-dimensionaal patroon van gebiedjes met afwisselend een hogere en lagere brekingsindex, dat zich gedraagt als een drie-dimensionaal buigingsraster 17. Dit raster, dat bekend staat als een Bragg-raster, buigt een, de modulator doorlopende, bundel in principe in een aantal buigingsordes af. Om, zoals 25 hier gewenst is, zoveel mogelijk straling in één orde, bijvoorbeeld een eerste orde, te concentreren, moet voldaan worden aan de Bragg-voorwaarde:

$$\sin(\Theta_d) = \frac{\lambda}{2\Lambda} \quad (1)$$

waarin Θ_d de hoek is die de hoofdstraal van de binnentredende bundel maakt met de rasterlijnen van het raster 17, λ de golflengte van de optische straling en Λ de golflengte van de acoustische golf. De acoustische golflengte kan ook uitgedrukt worden in de 30 acoustische snelheid V_s en de acoustische frequentie f_s :

$$\Lambda = V_s/f_s ,$$

zodat de Bragg-voorwaarde ook geschreven kan worden als:

$$\text{Sin}(\Theta_d) = \frac{\lambda_s f_s}{2V_s} \quad (2)$$

Behalve een afbuiging ondervindt de optische golf ook een Doppler-frequentieverschuiving ten gevolge van de acoustische golf. Indien de acoustische golf de optische golf nadert, wordt de frequentie van de laatste verhoogd met de acoustische frequentie, zodat:

$$f_{\text{diff}} = f_{\text{inc}} + f_s ,$$

waarin f_{diff} de frequentie van de uit de modulator tredende afgebogen optische golf en f_{inc} de frequentie van de binnentredende optische golf zijn. Als de acoustische golf zich verwijdert van de optische golf, wordt de frequentie van de optische golf verlaagd met de acoustische frequentie:

$$f_{\text{diff}} = f_{\text{inc}} - f_s .$$

Het materiaal van de modulatoren is zodanig gekozen dat de modulatoren over een ruim golflengtegebied gebruikt kunnen worden. Zo zijn modulatoren met T_eO_2 inzetbaar in het golflengtegebied van 400 nm tot 1200 nm.

In de weg van de deelbundel 10 is ook een acousto-optische modulator 18 aangebracht soortgelijk aan de modulator 4, dus bestaande uit een blok 19 van dubbelsbrekend uniaxiaal materiaal met een optische as 20 en een daarop aangebrachte elektroacoustische omzetter 21. Aan de omzetter wordt een stuursignaal $S_2(f_2)$ toegevoerd, waardoor er in het blok 19 een Bragg-raster 22 wordt gevormd. De deelbundel 10 wordt afgebogen en ondergaat een frequentieverschuiving f_2 .

Na het doorlopen van hun modulatoren vallen de deelbundels 9 en 10 in op een tweede prisma van Wollaston 25, soortgelijk aan het prisma 4. Het prisma 25 buigt de deelbundels zodanig af dat zij colineair zijn en samenvallen. De invalshoeken van de deelbundels op de modulatoren en de aansturingen van de modulatoren zijn zodanig dat van één van de bundels, bijvoorbeeld de bundel 9, de optische frequentie verhoogd wordt met f_1 , terwijl van de andere bundel, de bundel 10, de optische frequentie verlaagd wordt met f_2 . De uit het prisma van Wollaston tredende bundel 30 heeft dan twee componenten die een optisch frequentieverschil $\Delta f = f_1 - f_2$ hebben, welke

componenten lineair gepolariseerd zijn en onderling loodrechte polarisatierichtingen hebben.

De grootte van het frequentieverschil Δf kan op zeer verschillende waardes ingesteld worden door keuze van de frequenties f_1 en f_2 van de stuursignalen S_1 en S_2 . Verder kunnen de acousto-optische modulatoren voor een groot gebied van golflengten ontworpen worden.

Een voorkeursuitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid, waarin een optimaal gebruik gemaakt wordt van het feit dat een prisma van Wollaston de deelbundels over relatief kleine hoeken kan afbuigen, is weergegeven in Figuur 2. Omdat de scheidingshoek β tussen de uit het prisma van Wollaston tredende deelbundels 9 en 10 klein is, kunnen deze deelbundels door dezelfde acousto-optische modulator 40 met een optische as 42 en voorzien van een elektro-acoustische omzetter 43, gestuurd worden. De deelbundels 9 en 10 worden door de modulator 40 onder tegengestelde hoeken afgebogen. De optische frequentie van een der bundels, bijvoorbeeld bundel 9, wordt verhoogd met de acoustische frequentie f_s van het stuursignaal $S(f_s)$, dat een Bragg-raster 44 in het materiaal 41 van de modulator 40 opwekt, terwijl de optische frequentie van de andere deelbundel met f_s wordt verlaagd. De uit de modulator 40 tredende deelbundels worden door het prisma van Wollaston 25 verenigd in een uitgangsbundel 30. De onderling loodrecht gepolariseerde componenten van deze bundel vertonen een frequentie-verschil van $2f_s$.

Zoals in Figuur 2 is aangegeven is de sub-eenheid, bestaande uit de componenten 4, 40 en 25, symmetrisch. De afstand tussen het midden van het prisma 4 en het midden van de modulator 40 is gelijk aan de helft van de afstand L tussen de middens van de prisma's 4 en 25.

Voor de stralingsbron-eenheid van Figuur 2 geldt dat de scheidingshoek β gelijk is aan de helft van de Bragg-hoek Θ_B . Zoals bekend geldt voor de hoek β :

$$\sin \beta = 2\Delta n \tan(\gamma),$$

waarin Δn het verschil tussen de gewone en de buitengewone brekingsindex en γ de zogenaamde Wollaston-hoek voorstellen. Voor de Wollaston-hoek γ geldt dus:

$$\tan \gamma = \frac{\sin \beta}{2\Delta n} \quad (3)$$

en met de voorwaarde:

$$\beta = \frac{1}{2} \Theta_d ,$$

waarbij β en Θ_d kleine hoeken zijn, wordt:

$$\tan \gamma = \frac{1}{\Delta n} \cdot \frac{\lambda_s f_s}{2V_s} \quad (4)$$

Voor een prisma van Wollaston vervaardigd uit kwarts en een modulator vervaardigd uit
 5 T_eO_2 , die aangestuurd wordt met een acoustische frequentie $f_s \sim 80$ MHz, is de
 Wollaston-hoek γ ongeveer 30° . Bij een dergelijke hoek kan volstaan worden met een
 prisma dat uit slechts twee delen, 5 en 6 of 26 en 27, bestaat. De scheidingshoek β
 tussen de uit het prisma van Wollaston 4 tredende bundels is, in een eerste orde
 benadering, onafhankelijk van de oriëntatie of positie van het prisma 4, zodat de
 10 stralingsbron-eenheid geen nauwkeurige uitrichting van componenten vereist en zeer
 stabiel is. De hoofdstralen van de binnenkomende bundel 2 en de uitgaande bundel
 vallen samen met de optische as van de eenheid. De efficiëntie van de eenheid, dat wil
 zeggen het percentage van de door de bron geleverde straling dat in de uitredende
 bundel 30 terecht komt, is gelijk aan de efficiëntie van de modulator 40 en is bijvoor-
 15 beeld 80%.

Een bijzonder aantrekkelijke uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid
 waarin prisma's van Wollaston als bundelsplitser en bundelvereniger gebruikt worden,
 is in Figuur 3 weergegeven. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het feit dat de voor een
 acousto-optische modulator gebruikte materialen, zoals T_eO_2 dubbelbrekend zijn, zodat
 20 van deze materialen ook een prisma van Wollaston gemaakt kan worden. Verder
 verdient het in vele gevallen de voorkeur om, in plaats van een tweedelig prisma van
 Wollaston, zoals in de Figuren 1 en 2 getoond, een driedelig en symmetrisch prisma
 van Wollaston te gebruiken. Een dergelijk prisma, dat nog minder gevoelig is voor
 kantelingen en verplaatsingen dan een tweedelig prisma, is in Figuur 3 weergegeven.
 25 Het bestaat uit een centraal prismadeel 52 en twee randprismadelen 51 en 53, waarbij
 alle delen uit hetzelfde dubbelbrekend en uniaxiaal materiaal bestaan, en de randdelen
 dezelfde optische as 54 hebben die loodrecht staat op de optische as 55 van het centrale
 deel. De bundelsplitsing en bundelvereniging vinden plaats op, respectievelijk, het
 grensvlak 58 van de prismadelen 51 en 52 en het grensvlak 59 van de prismadelen 52

en 53.

Volgens de uitvinding is op het centrale deel 52 een elektro-acoustische omzetter 57 aangebracht waaraan een stuursignaal $S(f_s)$ wordt toegevoerd, welk signaal weer een acoustische golf in de richting van de optische as 55 teweeg brengt en daardoor een Bragg-raster 60 in het centrale deel 52 creëert waardoor de deelbundels 9 en 10 onder tegengestelde hoeken worden afgebogen. Vanwege de verschillende richtingen waarin de uit het prismadeel 51 tredende deelbundels 9 en 10 het, als acousto-optische modulator functionerend, centrale prismadeel 52 doorlopen, wordt de optische frequentie van één der deelbundels met de acoustische frequentie f_s verhoogd, terwijl de optische frequentie van de andere deelbundel met f_s wordt verlaagd. Het frequentieverschil van de componenten van de uit het driedelige prisma 50, hierna aangeduid met acoustisch prisma van Wollaston, tredende bundel 30 is gelijk aan $2f_s$. Voor de Wollaston-hoek γ geldt ook weer de voorwaarde (4). Voor een modulator die vervaardigd is van T_eO_2 is de hoek γ ongeveer 2° . De lengte van het acoustische prisma van Wollaston is bijvoorbeeld 1 cm.

Indien, zoals in Figuur 4 is aangegeven, het acoustische prisma van Wollaston 50 wordt gecombineerd met een diodelaser 61 als stralingsbron, wordt een bijzonder compacte stralingsbron-eenheid verkregen. Tussen de diodelaser 61 en het acoustisch prisma van Wollaston 50 kan nog een collimatorlens 62 aangebracht zijn. De totale lengte van de eenheid volgens Figuur 4 is bijvoorbeeld 5 cm en de diameter bijvoorbeeld 2,5 cm. De coherentielengte van de diodelaserstraling is bijvoorbeeld 5 cm, waardoor deze eenheid goed geschikt is voor toepassing in bijvoorbeeld een optische profielmeter. Een diodelaser levert een stralingsbundel die in het verre veld een elliptisch-doorsnede heeft. Voor vele toepassingen is een bundel met een ronde doorsnede gewenst. Zoals bekend kan met een prismastelsel, dat in twee onderling loodrechte richtingen een verschillende verbreding of versmalling van een bundel bewerkstelligt, gebruikt worden om de bundel met een elliptische doorsnede om te vormen in een bundel met een ronde doorsnede. Het acoustische Wollaston prisma 50 in de figuren 3 en 4 biedt het additionele voordeel dat het de bundelomvormende (beam-shaping) functie kan vervullen.

Figuur 5 toont een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarmee een uitgangsbundel 30 kan worden verkregen waarvan de onderling loodrecht gepolari-

seerde componenten een frequentieverschil hebben dat aanzienlijk lager is dan twee maal de acoustische frequentie. Deze eenheid onderscheidt zich van die volgens Figuur 2 daarin, dat op de positie van het tweede prisma van Wollaston 25 in Figuur 2 een tweede acousto-optische modulator 70 is aangebracht en dat de uit deze modulator
 5 tredende deelbundels 9 en 10 door het tweede prisma van Wollaston worden verenigd. De modulator 70 is soortgelijk aan de modulator 40 en de verwijzingscijfers 71, 72, 73 en 74 duiden elementen van de modulator 70 aan, die overeenstemmen met de elementen 41, 42, 43 en 44 van de modulator 40. De modulatoren worden aangestuurd door de signalen $S(f_{11})$ en $S(f_{12})$, waarbij het verschil tussen de frequenties f_{11} en f_{12} aanzienlijk
 10 kleiner is dan elk van die frequenties, zodanig dat de tweede modulator 70 het frequentieverschil $2f_{11}$ van de uit de modulator 40 tredende deelbundels 9' en 10' gedeeltelijk compenseert. Het frequentieverschil Δf van de uit de modulator 70 tredende deelbundels 9" en 10" wordt nu gegeven door:

$$\Delta f = 2(f_{11} - f_{12}) .$$

15 De stralingsbron-eenheid volgens Figuur 5 vertoont een symmetrische opbouw. De afstand L tussen de middens van de prisma's van Wollaston 4 en 25 is verdeeld in vier gelijke delen $1/4L$. Voor de Wollastonhoek van de prisma's 4 en 25 geldt ook nu weer de voorwaarde (4). Het frequentieverschil van de uitgaande bundelcomponenten kan door keuze van de frequenties f_{11} en f_{12} ingesteld worden op elke
 20 waarde tussen 0 en 10 MHz zonder dat de prisma's van Wollaston 4 en 25 aangepast behoeven te worden. De efficiëntie van de eenheid is gelijk aan het produkt van de efficiënties van de modulatoren 40 en 70 en is bijvoorbeeld 60%. Bij gebruik van standaardcomponenten is L bijvoorbeeld 15 cm.

De gedachte om twee modulatoren, die met verschillende frequenties
 25 aangestuurd worden, achter elkaar te plaatsen om een uitgangsbundel te verkrijgen waarvan de componenten een frequentieverschil hebben dat aanzienlijk kleiner is dan elk van die aansturingsfrequenties, kan ook worden gerealiseerd met acoustische prisma's van Wollaston. Een uitvoeringsvorm waarin dat het geval is, is in Figuur 6 weergegeven. Deze uitvoeringsvorm onderscheidt zich van die volgens Figuur 4 door het gebruik
 30 van een tweede acoustisch prisma van Wollaston 50' dat eenzelfde constructie heeft en op dezelfde wijze functioneert als het acoustische prisma van Wollaston 50. Het tweede prisma 50' wordt echter aangestuurd door een signaal $S(f_{12})$ waarvan de frequentie f_{12}

verschillend is van de frequentie f_{s1} van het signaal $S(f_{s1})$ waarmee het eerste prisma 50 wordt aangestuurd. Op analoge manier als beschreven aan de hand van Figuur 5 wordt daardoor een uitgangsbundel 30 verkregen, waarvan de componenten een frequentiever-
 schil $\Delta f = 2(f_{s1} - f_{s2})$ vertonen.

5 De stralingsbron-eenheid die gebaseerd is op het principe van Figuur 6 kan nog verder geïntegreerd worden, zoals in Figuur 7 getoond wordt. Daarbij zijn de modulatie-
 delen 52 en 52' van de acoustische prisma's van Wollaston 50 en 50' vervangen door één modulatie-
 deel 83 en zijn de bundelsplitsende delen 51 en 51' vervangen door één bundelsplitsende
 10 deel 81 en de bundelverenigende delen 53 en 53' door één bundelverenigend deel 85, hetgeen
 resulteert in één acoustisch prisma van Wollaston 80. Op het midden deel daarvan zijn twee
 electro-acoustische 87 en 88 aangebracht waaraan stuursignalen $S1(f_{s1})$ en $S2(f_{s2})$ worden
 toegevoerd, zodat er twee acoustische golven in de richting van de optische 84 lopen
 15 waardoor er twee Bragg-rasters 60, 60' gevormd worden die elk der deelbundels 9 en 10
 onder tegengestelde hoeken afbuigen. Het middendeel 83 is zó ingericht dat de hoofdstralen
 van de deelbundels 9 en 10 na het doorlopen van het eerste Bragg raster elkaar snijden op
 een positie midden tussen de rasters 60, 60'. Het eerste Bragg raster 60 introduceert een
 frequentiever-
 schil $2f_{s1}$ tussen de deelbundels 9 en 10 en het tweede Bragg raster 60' compenseert
 dit frequentiever-
 schil weer gedeeltelijk, zodat het frequentiever-
 schil tussen de onderling
 20 loodrecht gepolariseerde componenten van de uit het acoustisch prisma van Wollaston
 80 tredende bundel gelijk is aan $2(f_{s1} - f_{s2})$.

Het is bekend om in interferometersystemen een golflengte gestabiliseerde He-
 Ne laser als stralingsbron te gebruiken om een zeer stabiel meetsysteem te verkrijgen.
 Deze laser emitteert in twee modes met onderling loodrechte polarisatierichtingen,
 25 welke modes een frequentiever-
 schil van bijvoorbeeld 640 MHz vertonen, waardoor de electronische circuits voor het
 verwerken van de detectorsignalen moeilijk te realiseren en duur zijn en het vergroten
 van de resolutie van het meetsysteem, waarin de laser opgenomen is, via interpolatie-
 technieken moeilijk te realiseren is. Om deze problemen te vermijden kan men slechts
 één van de modes gebruiken en de bundel achtereen-
 30 volgens door een acousto-optische modulator, een dubbelbrekende wig en een diafragma
 sturen, zoals beschreven is in het Europese octrooischrift 0 194 941, om een bundel te
 verkrijgen met twee componenten waarvan het frequentiever-
 schil bijvoorbeeld 20 MHz

is. Daarbij komt echter slechts 25% van de oorspronkelijke laserenergie in de uitgaande bundel terecht.

Volgens een verder aspect van de onderhavige uitvinding kan het frequentieverschil van de componenten van een golflengte gestabiliseerde laser aanzien-
5 lijk verlaagd worden zonder dat met veel stralingsverlies gepaard gaat. Figuur 8 toont een uitvoeringsvorm waarin dit het geval is. De golflengte gestabiliseerde laser 90 zendt twee onderling loodrecht gepolariseerde bundelcomponenten uit, waarvan het frequentieverschil bijvoorbeeld 640 MHz is. Het prisma van Wollaston 4 splitst de bundel 91 in twee deelbundels 92 en 93 met onderling loodrechte polarisatierichtingen, die onder
10 verschillende richtingen door een acousto-optische modulator 40 gaan. Deze modulator wordt aangestuurd door een signaal $S(f_s)$, waarvan de frequentie f_s bijvoorbeeld 310 MHz is. Daardoor wordt de optische frequentie van één der deelbundels in dit voorbeeld met 310 MHz verlaagd en die van de andere deelbundel met 310 MHz verhoogd, zodat het frequentieverschil tussen de uit de modulator tredende deelbundels en dus ook
15 tussen de bundelcomponenten van de uitgaande bundel 30, gelijk is aan 20 MHz. Het frequentieverschil kan op willekeurige waarden worden ingesteld door een geschikte keuze van de acoustische frequentie f_s , zodat de stralingsbron-eenheid met de golflengte gestabiliseerde laser ruim toegepast kan worden.

Op dezelfde wijze kan het toepassingsgebied van de, in interferometrische
20 opstellingen veel gebruikt, Zeeman laser die twee bundelcomponenten met een relatief klein frequentieverschil, bijvoorbeeld 500 kHz, levert, vergroot worden. Een stralingsbron-eenheid waarin dat het geval is, wordt verkregen door in de uitvoeringsvorm van Figuur 8 de golflengte gestabiliseerde laser 90 te vervangen door een Zeeman laser.

Ook in de uitvoeringsvormen volgens de Figuren 1, 2, 3, 4, 5 of 6 kan
25 een golflengte gestabiliseerde laser of een Zeeman laser als stralingsbron gebruikt worden.

De uitvoeringsvorm van Figuur 8 kan nog vereenvoudigd worden, zoals in Figuur 9 getoond is. De acousto-optische modulator 94 is nu gekanteld ten opzichte van de hoofdstraal van de bundel 91 afkomstig van de golflengte-gestabiliseerde laser 90
30 zodat de optische as 95 een van 90° afwijkende hoek δ maakt met die hoofdstraal. Verder maakt het uitreevlak 96 van de modulator een van 90° afwijkende hoek θ met de hoofstraal van de bundel 91. Op analogwijze als beschreven in het Europese octrooi-

schrift 0.194940 fungeert dit vlak de bundelsplitser, zodat geen aparte bundelsplitser meer nodig is. Het uittreevlak 97 van de modulator is evenwijdig met het intreevlak 96 en uit dit vlak treden tussen twee onderling loodrecht gepolariseerde componenten die onderling evenwijdig zijn en samen de uitgaande bundel 30 vormen. Er is geen aparte
5 bundelvereniger meer nodig. Op analoge manier als beschreven aan de hand van Figuur 8 wordt het grote frequentieverschil, bijvoorbeeld 640 MHz, tussen de bundelcomponenten van de gestabiliseerde laser 90 omgezet in aanzienlijk kleiner frequentieverschil, bijvoorbeeld 20 MHz. In het algemeen zal voor deze en andere uitvoeringsvormen het gekozen frequentieverschil tussen de uitgangsbundelcomponenten een optimum zijn
10 tussen enerzijds zo eenvoudig en goedkoop mogelijk detectorsignaal-verwerkingscircuits en anderzijds zo groot mogelijke meetsnelheid in het systeem waarin de stralingsbron-eenheid is opgenomen.

De stralingsbron-eenheid volgens Figuur 9 heeft ten opzichte van de uitvoeringsvorm met een in golflengte gestabiliseerde laser in het Europese octrooi-
15 schrift 0.194940 het voordeel dat de electro-acoustische omzetter 43 niet op het uittreevlak 97 aangebracht is, zodat dit hele vlak voor de uittredende bundel 30 beschikbaar is. Verder worden in de eenheid van Figuur 9 beide polarisatiecomponenten van de laserbundel 91 gebruikt en in de genoemde uitvoeringsvorm in het Europese octrooischrift 0.194940 slechts een van deze componenten.

20 Terwijl in alle uitvoeringsvormen van de stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding acousto-optische modulatoren worden gebruikt, kunnen voor de bundelsplitser en bundelvereniger verschillende soorten elementen gebruikt worden, waarbij voor een stralingsbron-eenheid de bundelsplitser en de bundelvereniger steeds van dezelfde soort zullen zijn. Deze elementen kunnen gevormd worden door:

- 25 - dubbelbrekende platen en wiggen;
- prisma's van Wollaston in diverse uitvoeringsvormen, zoals die volgens Nomarski, Girard of Françon;
- Fresnel prisma's Köster prisma's en Rochon prisma's;
- polarisatiegevoelige deelspiegels;
30 - diffractierasters, zoals faserasters.

Figuur 10 toont een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid waarin een diffractieraster 100 als bundelsplitser wordt gebruikt. Dit raster is zo uitgevoerd dat

de daarop invallende straling hoofdzakelijk in de +1 orde en -1 orde wordt afgebogen. In één van de eerste orde deelbundels, bijvoorbeeld deelbundel 102, is een $\lambda/2$ -plaat 104 aangebracht, die de polarisatierichting van deze bundel over 90° draait, zodat de deelbundels 103 en 104 onderling loodrechte polarisatierichtingen hebben. De deelbun-

5 delen doorlopen, op analoge wijze als in de inrichting volgens Figuur 1, de acousto-optische modulatoren 13 en 18. De uit de modulatoren tredende deelbundels vallen in op een tweede diffractieraster 101, dat weer zo uitgevoerd is dat het voornamelijk in de eerste ordes afbuigt, zodat de deelbundels weer in een bundel 30 verenigd worden. Het frequentieverschil van de componenten van deze bundel wordt weer bepaald door het

10 frequentieverschil van de modulatorstuursignalen $S(f_1)$ en $S(f_2)$. De hoek tussen de deelbundels 102 en 103 wordt bepaald door de periode van het raster 100. Door deze periode voldoende groot te kiezen, kan de hoek tussen de deelbundels zo klein gemaakt worden dat slechts één acousto-optische modulator gebruikt hoeft te worden, zoals in de uitvoeringsvorm volgens Figuur 2. Er kunnen ook weer twee acousto-optische

15 modulatoren achter elkaar geplaatst worden op analoge wijze als in Figuur 5.

Een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid, waarin een dubbelbrekende wig 110 als bundelsplitser gebruikt wordt, is in Figuur 11 weergegeven. Deze wig splitst de van de bron 1 afkomstige bundel 2 in twee deelbundels 112 en 113, met met onderling loodrechte polarisatierichtingen. De scheidingshoek β^1 is zo klein dat de

20 deelbundels door één acousto-optische modulator 40 gestuurd kunnen worden. De uit de modulator tredende deelbundels doorlopen een tweede dubbelbrekende wig 115 die de deelbundels verenigt. Bij een grotere splitsingshoek β^1 kunnen aparte modulatoren in de deelbundels 112, 113 geplaatst worden. Verder kunnen ook weer twee modulatoren achter elkaar geplaatst worden op analoge wijze als in Figuur 5.

25 Figuur 12 toont een uitvoeringsvorm van de stralingsbron-eenheid, waarin een Kösters prisma 120 als bundelsplitser wordt gebruikt. De door het vlak 121 het prisma binnentredende bundel 2 wordt aan het, in dit geval polarisatiegevoelig, scheidingsvlak 122 in twee deelbundels 9 en 10 gesplitst, die in dit geval onderling loodrechte polarisatierichtingen hebben. De deelbundels 9 en 10 ondervinden totale

30 interne reflectie aan de vlakken 121 en 123 van het prisma en verlaten dan het prisma via het vlak 124. Nadat de deelbundels afzonderlijke modulatoren 13 en 16 doorlopen hebben en een onderling frequentieverschil $\Delta f = f_1 - f_2$ verkregen hebben, vallen zij via

het vlak 134 een tweede Kösters prisma binnen. Zij ondervinden daarin totale interne reflecties aan de vlakken 131 en 132, waarna één der deelbundels door het polarisatiegevoelige scheidingsvlak 132 wordt gereflecteerd en de andere deelbundel wordt doorgelaten, waarbij de deelbundels worden verenigd in één uitgaande bundel 30.

5 Als de deelbundels 9 en 10 door het Köster prisma 120 voldoende naar elkaar worden toegebogen, kan weer volstaan worden met één acousto-optische modulator op analoge wijze, als in Figuur 9. Dan kunnen ook weer twee modulatoren achter elkaar geplaatst worden, zoals in Figuur 5.

In plaats van een prisma van Wollaston kan ook een Rochon prisma als
10 bundelsplitser gebruikt worden, zoals in Figuur 11 getoond wordt. Dit prisma 140, dat weer uit twee prismadelen met onderling loodrechte assen kan bestaan, onderscheidt zich van het Wollaston prisma, doordat slechts één van de deelbundels, bijvoorbeeld bundel 9, wordt afgebogen. De deelbundels doorlopen één gemeenschappelijke acousto-optische modulator 40, of bij een grotere splitsingshoek β afzonderlijke modulatoren,
15 waardoor zij een frequentieverschil verkrijgen. De uit de modulator tredende bundels worden weer verenigd door een tweede Rochon prisma. Er kunnen ook weer twee acousto-optische modulatoren achter elkaar geplaatst worden, als een kleiner frequentieverschil tussen de uitgaande bundelcomponenten gewenst is.

In alle uitvoeringsvormen van de stralingsbron-eenheid volgens de
20 onderhavige uitvinding kan op het vlak via hetwelk de bundel 30 uittreedt, bijvoorbeeld het uitreevlak van de bundelvereniger of het uitreevlak van het acoustisch prisma van Wollaston, een optische fiber aangebracht zijn voor het verder geleiden van de bundel 30 in het meetsysteem.

In de getoonde uitvoeringsvormen worden discrete optische componenten
25 gebruikt. Het is echter ook mogelijk de stralingsbron-eenheid als zogenaamde planaire geïntegreerde optische component uit te voeren, waarbij de bundeldeler, de acousto-optische modulator en de bundelvereniger in een stralingsgeleider op een substraat aangebracht zijn, op welk substraat ook een diodelaser aangebracht kan zijn.

Zoals reeds opgemerkt kan de stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding
30 met veel voordeel toegepast worden in een interferometer, bijvoorbeeld voor het meten van een lineaire verplaatsing van een voorwerp. Een dergelijke interferometer is weergegeven in Figuur 14. De constructie en werking van een dergelijke interferometer

zijn beschreven in het artikel "Displacement measurement with a laser interferometer" in "Philips Technical Review", 30, 1969, No. 6, 7, pp. 160-165. Terwijl in de bekende interferometer een Zeeman laser als stralingsbron-eenheid wordt gebruikt, bevat de nieuwe interferometer een stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding, die uitgevoerd

5 kan zijn zoals aan de hand van de voorgaande Figuren beschreven is. De uit de stralingsbron-eenheid 150 tredende bundel b , met twee onderling loodrecht gepolariseerde componenten die verschillende frequenties, f_a en f_b , hebben, wordt door een neutrale bundeldeler 151 gesplitst in een meetbundel b_m en een referentiebundel b_r . De meetbundel b_m wordt door een met een voorwerp verbonden, in de Z-richting beweegbare,

10 reflector 152 naar de bundeldeler 151 gereflecteerd. De referentiebundel b_r wordt door een referentiereflector 153 naar de bundeldeler 151 gereflecteerd, waarbij de referentiebundel twee maal een $\lambda/4$ -plaat, die tussen de bundeldeler en de referentiereflector is aangebracht, doorloopt, zodat de polarisatie-richting van de bundel b_r over 90° wordt gedraaid. De meetbundel en de referentiebundel worden door de bundeldeler 151 weer

15 verenigd in één bundel die twee paren componenten bevat. Het eerste paar, in Figuur 14 aangegeven met $f_{a(2)}$ en f_b , heeft een polarisatie-richting loodrecht op het vlak van tekening en het tweede paar, aangegeven met f_a en $f_{b(2)}$, heeft een polarisatie-richting evenwijdig aan het vlak van tekening. Het eerste en tweede paar van componenten worden van elkaar gescheiden door een polarisatiegevoelige bundeldeler 155 en vallen

20 vervolgens in op een eerste meetdetector 156, respectievelijk een tweede meetdetector 157. Zoals beschreven in het laatstgenoemde artikel bij Figuur 5 daarvan levert de eerste detector 156 een signaal S_{156} , dat evenredig is met:

$$\text{Sin} \left[2\pi(f_a - f_b)t + \frac{4\pi}{\lambda} \Delta Z \right]$$

en de tweede detector 157 een signaal S_{157} dat evenredig is met:

25
$$\text{Sin} \left[2\pi(f_a - f_b)t - \frac{4\pi}{\lambda} \Delta Z \right],$$

waarin ΔZ de verplaatsing van de meetreflector is. Door vergelijken van de fasen van de signalen S_{156} en S_{157} kan ΔZ worden bepaald.

Het is ook mogelijk om de neutrale bundeldeler 151 te vervangen door een polarisatiegevoelige bundeldeler, waarbij dan slechts één meetdetector gebruikt

30 wordt, zoals in het laatstgenoemde artikel aan de hand van Figuur 4 beschreven is. Het

door deze detector geleverde signaal wordt dan vergeleken met een referentiesignaal, dat bijvoorbeeld verkregen is met behulp van een neutrale bundeldeler tussen de stralingsbron-eenheid 150 en de polarisatiegevoelige bundeldeler en een detector geplaatst in de weg van het door de neutrale bundeldeler afgesplitste deel van de
5 stralingsbronbundel. Voor verdere bijzonderheden over de constructie en werking van de interferometer wordt verwezen naar het laatstgenoemde artikel.

De stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding kan op twee wijzen worden toegepast in een apparaat voor het repeterend afbeelden van een maskerpatroon op een substraat. Een dergelijk apparaat, dat in het US octrooischrift 5,100,237 is
10 beschreven, is in Figuur 15 schematisch weergegeven. De hoofdonderdelen van dit apparaat zijn een projectiekolom, waarin een af te beelden maskerpatroon C is aangebracht en een beweegbare substraattafel WT, waarmee het substraat ten opzichte van het maskerpatroon C gepositioneerd kan worden.

In de projectiekolom is opgenomen een verlichtingsstelsel, dat bijvoor-
15 beeld bestaat uit een laser LA, een bundelverbreder E_x , een element IN, ook wel aangeduid met integrator, dat een homogene stralingsverdeling binnen de projectiebundel PB bewerkstelligt en een condensorens CO. De projectiebundel PB verlicht het in het masker M aanwezige maskerpatroon C, welk masker is aangebracht op een maskertafel MT.

20 De door het maskerpatroon C tredende bundel PB doorloopt een in de projectiekolom aangebracht en slechts schematisch aangegeven, projectiellenzenstelsel PL dat een afbeelding van het patroon C op het substraat W vormt. Het projectiellenzenstelsel heeft bijvoorbeeld een vergroting $M = 1/5$, een numerieke apertuur $N.A. = 0,48$ en een buigingsbegrensd beeldveld met een diameter van 22 mm.

25 Het substraat W is aangebracht op een bijvoorbeeld luchtgelagerde substraattafel WT. Het projectiellenzenstelsel PL en de substraattafel WT zijn aangebracht in een behuizing HO die aan de onderkant afgesloten wordt door een, bijvoorbeeld granieten, grondplaat BP en aan de bovenkant door de maskertafel MT.

Voor het bepalen van de positie en de verplaatsingen van het substraat ten
30 opzichte van de projectielens is het apparaat voorzien van een interferometersysteem, dat in Figuur 13 schematisch met IF is aangeduid. Dit interferometersysteem is voorzien van een stralingsbron-eenheid 150 volgens de uitvinding en kan uitgevoerd zijn zoals

aan de hand van Figuur 14 beschreven is.

Het apparaat is verder voorzien van een uitrichtsysteem voor het uitrichten van het substraat ten opzichte van het maskerpatroon met behulp van uitrichtkenmerken op het substraat en in het masker MA.

5 Zoals in Figuur 15 is aangegeven bevat het masker MA twee uitrichtkenmerken M_1 en M_2 . Deze kenmerken bestaan bij voorkeur uit diffractierasters, maar kunnen ook gevormd worden door andere kenmerken, zoals vierkanten of stroken die zich optisch van hun omgeving onderscheiden. De uitrichtkenmerken zijn bij voorkeur tweedimensionaal, dat wil zeggen dat zij zich in twee onderling loodrechte richtingen,
10 de X- en Y-richting in Figuur 15, uitstrekken. Het substraat W, bijvoorbeeld een halfgeleidersubstraat, waarop het patroon C een aantal malen naast elkaar afgebeeld moet worden, bevat een aantal uitrichtkenmerken, bij voorkeur ook weer tweedimensionale diffractierasters, waarvan er twee, P_1 en P_2 , in Figuur 15 zijn aangegeven. De kenmerken P_1 en P_2 zijn gelegen buiten de gebieden op het substraat W waar de
15 afbeeldingen van het patroon C gevormd moeten worden. Bij voorkeur zijn de rasterkenmerken P_1 en P_2 uitgevoerd als faserasters en de rasterkenmerken M_1 en M_2 als amplituderasters.

In Figuur 16 is een uitvoeringsvorm van één van de twee identieke substraatfaserasters vergroot weergegeven. Een dergelijk raster kan bestaan uit vier
20 deelrasters $P_{1,a}$, $P_{1,b}$, $P_{1,c}$ en $P_{1,d}$, waarvan er twee, $P_{1,b}$ en $P_{1,d}$ dienen voor het uitrichten in de X-richting en de twee overige, $P_{1,a}$ en $P_{1,c}$ voor het uitrichten in de Y-richting. De twee deelrasters $P_{1,b}$ en $P_{1,c}$ hebben een rasterperiode van bijvoorbeeld $16 \mu\text{m}$ en de deelrasters $P_{1,a}$ en $P_{1,d}$ een rasterperiode van bijvoorbeeld $17,6 \mu\text{m}$. Elk van de deelrasters kan een afmeting van bijvoorbeeld $200 \times 200 \mu\text{m}$ hebben. Met deze rasters en een
25 geschikt optisch stelsel kan een uitrichtnauwkeurigheid van in principe kleiner dan $0,1 \mu\text{m}$ bereikt worden. Er is voor verschillende rasterperiodes gekozen om het invangbereik van de uitrichtinrichting te vergroten.

Figuur 17 toont schematisch een mogelijkheid van indirect uitrichten van een maskerautrichtkenmerk en een substraatuitrichtkenmerk ten opzichte van elkaar,
30 waarbij een, kunstmatig, uitrichtkenmerk als derde kenmerk wordt gebruikt. Dit derde kenmerk bestaat uit een interferentiepatroon IP dat wordt gevormd door twee bundels b_a en b_b die met elkaar interfereren in het vlak van het maskerautrichtkenmerk M_2 . De

bovenste inzet in Figuur 17 toont het interferentiepatroon IP dat gesuperponeerd is op het maskeroitrichtkenmerk M_2 , dat uitgevoerd is als een reflecterend raster. Dit raster buigt de invallende straling af in verschillende diffractie ordes in de richting van een eerste detector 161. Vóór deze detector is een filter 162 aangebracht dat alleen de eerste
5 ordes deelbundels doorlaat. Het uitgangssignaal van de detector 161 representeert de positie van het kenmerk M_2 ten opzichte van het interferentiepatroon IP.

In het masker MA bevindt zich, naast het kenmerk M_2 , een venster 164, dat straling van de interfererende bundels b_a en b_b doorlaat naar het projectielenzenstelsel PL. Dit stelsel vormt een herafbeelding van het interferentiepatroon IP op het
10 substraatuitrichtkenmerk P_2 , zoals in de onderste inzet in Figuur 17 getoond is. Het kenmerk P_2 , dat uitgevoerd is als een reflecterend raster, buigt de opvallende straling af in een aantal gereflecteerde buigingsordes. De gereflecteerde straling bereikt via het projectielenzenstelsel en een gedeeltelijk doorlatend prisma 165 een tweede detector 167. In het projectielenzenstelsel PL is een correctie-element 168 opgenomen, dat
15 ervoor zorgt dat het interferentiepatroon scherp op het kenmerk P_2 wordt afgebeeld, ondanks het feit dat het projectielenzenstelsel alleen voor de golflengte van de projectiebundel goed gecorrigeerd is. Tussen de detector 167 en het prisma 165 kan nog een filter 166 aanwezig zijn voor het selecteren van de eerste ordes deelbundels.

Het is ook mogelijk om onder het correctie-element 168 een reflector 169
20 aan te brengen, die de eerste ordes deelbundels naar rechts reflecteert, zodat deze bundels via een venster in de wand van de projectielenshouder de projectielens kunnen verlaten, zoals met de gestreepte straal is aangegeven.

Indien de bundels b_a en b_b worden gevormd door de bundelcomponenten van een stralingsbron 150 volgens de uitvinding en in de weg van deze componenten
25 een analysator 170 is aangebracht, die ervoor zorgt dat de doorgelaten deelbundels dezelfde polarisatierichting hebben, varieert het gevormde interferentiepatroon in de tijd, waardoor wordt gesimuleerd dat het interferentiepatroon over het maskeroitrichtkenmerk en over het substraatuitrichtkenmerk beweegt, waardoor periodiek variërende uitrichtsignalen verkregen worden. Het verschil tussen de fasen van de uitgangssignalen
30 van de detectoren 161 en 167 is dan representatief voor de mate van onderlinge uitrichting van de kenmerken M_2 en P_2 .

Behalve de hierboven genoemde toepassingen in interferometers voor het

meten van lineaire verplaatsingen en rotaties en in uitrichtsysteem voor een lithografisch projectie-apparaat, kent de stralingsbron-eenheid volgens de uitvinding tal van andere toepassingen. Zo kan deze eenheid worden gebruikt in:

- shearing interferometers voor het meten van lensaberraties;
- 5 - fiber-optische interferometrische sensoren voor het meten van temperatuur, druk, stroming, rotaties, magnetische velden en spanning in materialen of voorwerpen;
- een atomaire aftastende krachtmicroscop voor het meten van tipverplaatsingen;
- oppervlakteprofielmeeters;
- apparaten voor het meten van de dubbele breking, of brekingsindex van materialen of
- 10 van polarisatiedraaiing in materialen.

Conclusies:

1. Stralingsbron-eenheid voor het leveren van een stralingsbundel met twee onderling loodrecht gepolariseerde componenten die verschillende frequenties hebben, welke eenheid bevat een coherente stralingsbron, een bundelsplitser, een acousto-optische modulatiesysteem voor het aanbrengen van een frequentieverschil tussen twee
5 door de bundelsplitser gevormde deelbundels en een bundelvereniger voor het weer samenbrengen van de twee uit het modulatiesysteem tredende deelbundels in één bundel, met het kenmerk, dat de bundelsplitser een polarisatiegevoelige bundelsplitser is die twee lineair gepolariseerde deelbundels vormt met onderling loodrechte polarisatierichtingen, dat de bundeldeler in de bundelvereniger in transmissie werken en dat hun
10 verbindinglijn door het centrum van het modulatiesysteem loopt.
2. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het acousto-optisch modulatiesysteem voor elke deelbundel een afzonderlijke acousto-optische modulator bevat en dat het stuursignaal voor de ene modulator een andere frequentie heeft dan het stuursignaal voor de andere modulator.
- 15 3. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het modulatiesysteem één acousto-optische modulator bevat en dat de hoofdstralen van de deelbundels langs gescheiden wegen deze modulator doorlopen.
4. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat tussen de genoemde acousto-optische modulator en de bundelvereniger een tweede acousto-
20 optische modulator is aangebracht en dat het stuursignaal voor de tweede acousto-optische modulator een andere frequentie heeft dan het stuursignaal voor de eerste genoemde acousto-optische modulator.
5. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat de stralingsbron een Zeeman laser is.
- 25 6. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat de stralingsbron een in golflengte gestabiliseerde laser is die twee lineair gepolariseerde bundels met onderling loodrechte polarisatierichtingen en met verschillende frequenties

- levert.
7. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat de polarisatiegevoelige bundelsplitser wordt gevormd door een diffractieraster en een in de weg van een der deelbundels geplaatste $\lambda/2$ plaat, waarbij λ de golflengte van de straling is en dat de bundelvereniger wordt gevormd door een diffractieraster.
8. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3, 4, 5 of 6, met het kenmerk, dat zowel de bundelsplitser als de bundelvereniger wordt gevormd door een optische wig van dubbelbrekend materiaal.
9. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3, 4, 5 of 6, met het kenmerk, dat zowel de bundelsplitser als de bundelvereniger wordt gevormd door een Rochon prisma.
10. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3, 4, 5 of 6, met het kenmerk, dat zowel de bundelsplitser als de bundelvereniger wordt gevormd door een Kösters prisma.
- 15 11. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 1, 2, 3, 4,5 of 6, met het kenmerk, dat zowel de bundelsplitser als de bundelvereniger prisma's van Wollaston zijn.
12. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de bundelsplitser, de acousto-optische modulator en de bundelvereniger zijn geïntegreerd in een driedelig en symmetrisch prisma van Wollaston, waarvan de buitenste delen de bundelsplitser, respectievelijk de bundelvereniger, vormen en het binnenste deel voorzien is van een electro-acoustische omzetter en aldus de acousto-optische modulator vormt.
- 20 13. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 12, met het kenmerk, dat achter het driedelige en symmetrische prisma van Wollaston een tweede soortgelijk driedelig en symmetrisch prisma van Wollaston geplaatst is en dat de frequentie van het stuursignaal voor de acousto-optische modulator van het eerste driedelige prisma van Wollaston verschillend is van de frequentie van het stuursignaal voor de modulator van het tweede driedelige prisma van Wollaston.
- 25 14. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 12, met het kenmerk, dat het binnenste deel van het prisma van Wollaston is voorzien van een tweede electro-acoustische omzetter en dat, in bedrijf, aan de twee omzetters stuursignalen met
- 30

verschillende frequenties zijn aangelegd.

15. Stralingsbron-eenheid volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de stralingsbron een in golflengte gestabiliseerde laser is die twee lineair gepolariseerde bundelcomponenten met onderling loodrechte polarisatierichtingen en met verschillende
5 frequenties levert, dat de bundelsplitsen, respectievelijk bundelvereniger, wordt gevormd door het intreevlak, respectievelijk het uitreevlak, van de acousto-optische modulator welke vlakken evenwijdig aan elkaar zijn en een van 90° afwijkende hoek met de hoofdstraal van de laserbundel maken en dat de optische as van de modulator een van 90° afwijkende hoek met de hoofdstraal van de laserbundel maakt.
- 10 16. Interferometer voorzien van een stralingsbron-eenheid, een bundelsplitser voor het splitsen van de door de stralingsbron-eenheid geleverde bundel in een meetbundel en een referentiebundel, een door de meetbundel doorlopen meettak, een door de referentiebundel doorlopen referentietak, en een stralingsgevoelige detector in de weg van de na het doorlopen van hun takken weer verenigde meetbundel en referentiebundel
15 met het kenmerk, dat de stralingsbron-eenheid een eenheid volgens één der conclusies 1 tot en met 15 is.
17. Inrichting voor het detecteren van de positie van een eerste voorwerp ten opzichte van een tweede voorwerp, welke voorwerpen zijn voorzien van kenmerken en welke inrichting voorzien is van een verlichtingsstelsel voor het leveren van twee
20 bundels waarvan de componenten met dezelfde polarisatierichting samen een interferentiepatroon vormen op zowel het kenmerk van het eerste voorwerp als het kenmerk van het tweede voorwerp, een eerste en tweede stralingsgevoelige detector voor het omzetten van straling afkomstig van, respectievelijk, het kenmerk van het eerste voorwerp en het kenmerk van het tweede voorwerp in, respectievelijk, een eerste en
25 tweede elektrisch signaal, waarbij het faseverschil tussen de twee signalen indicatief is voor de onderlinge positionering van de twee voorwerpen, met het kenmerk, dat het verlichtingsstelsel een stralingsbron-eenheid volgens één der conclusies 1 tot en met 15 bevat.
18. Apparaat voor het projecteren van een masker op een substraat, welk
30 apparaat achtereenvolgens bevat een, een actinische belichtingsbundel leverend, belichtingsstelsel, een maskerhouder, een projectielenzenstelsel en een substraathouder en verder voorzien is van een uitrichtsysteem voor het uitrichten van het masker ten

opzichte van het substraat, met het kenmerk, dat het uitrichtsysteem een inrichting volgens conclusie 17 bevat, waarbij het eerste voorwerp het masker en het tweede voorwerp het substraat is.

19. Apparaat voor het projecteren van een masker op een substraat, welk
5 apparaat achtereenvolgens bevat een, een actinische belichtingsbundel leverend, belichtingsstelsel, een maskerhouder, een projectielenzenstelsel en een substraathouder en voorzien is van een interferometersysteem voor het detecteren van de positie en verplaatsingen van de substraathouder, met het kenmerk, dat het interferometersysteem minstens een stralingsbron-eenheid volgens één der conclusies 1 tot en met 15 bevat.
- 10 20. Apparaat volgens conclusie 18, dat voorzien is van een interferometersysteem voor het detecteren van de positie en verplaatsingen van de substraathouder, met het kenmerk, dat het interferometersysteem minstens een stralingsbron-eenheid volgens één der conclusies 1 tot en met 15 bevat.

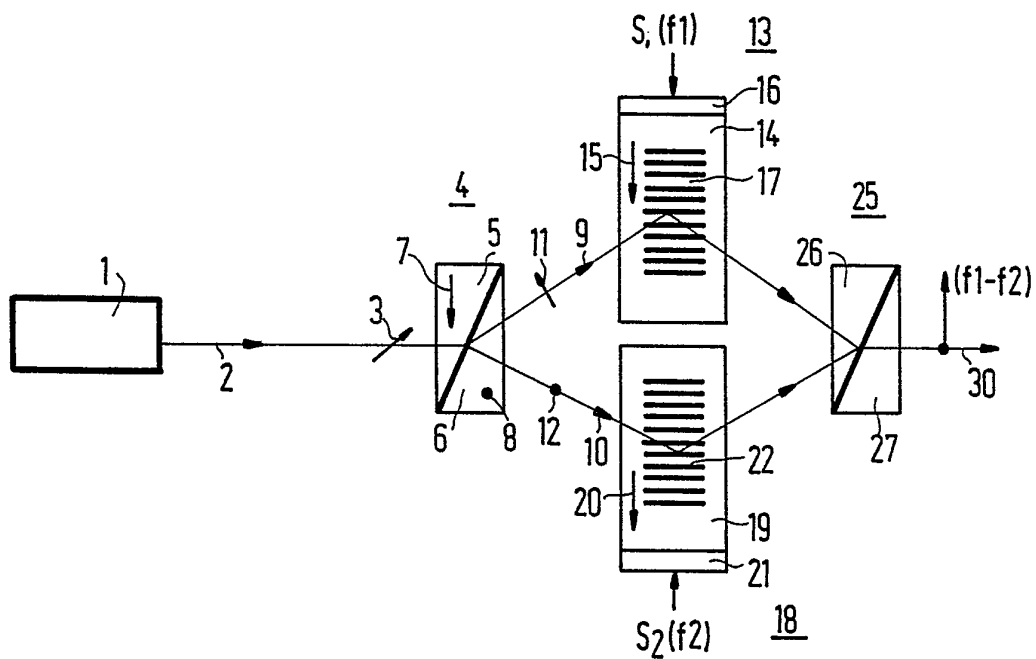


FIG. 1

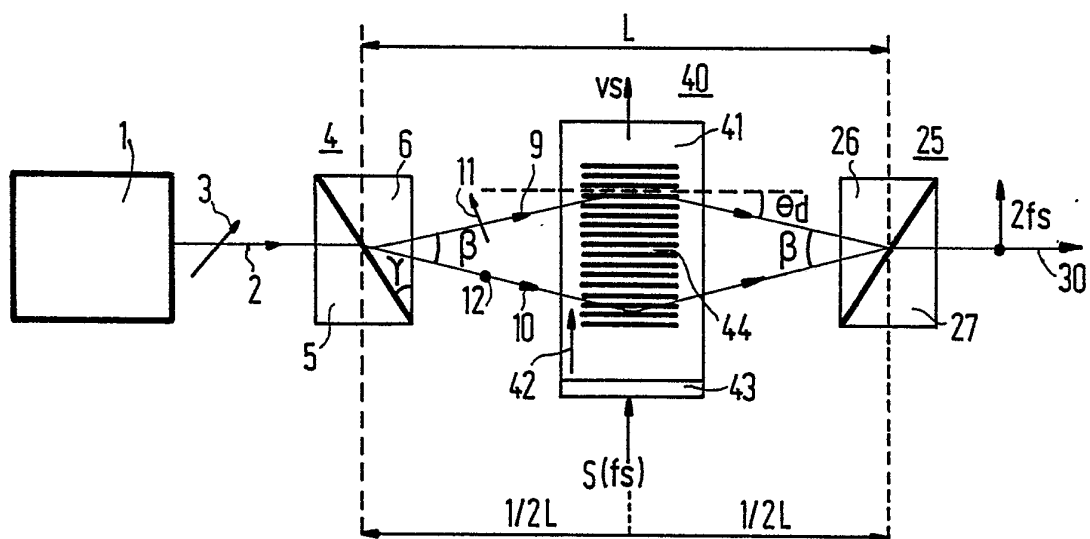


FIG. 2

217 30

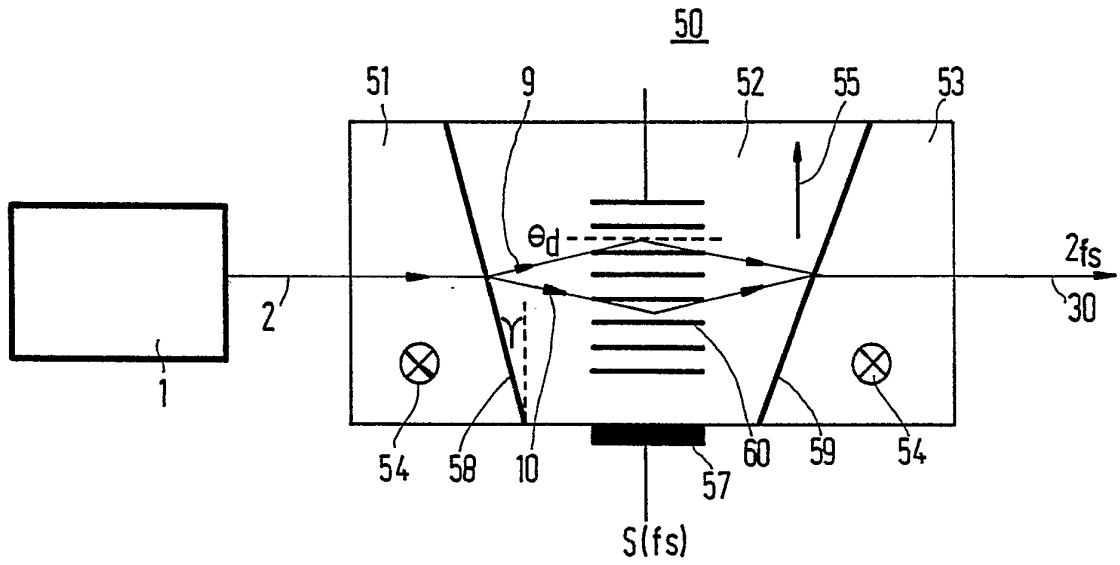


FIG. 3

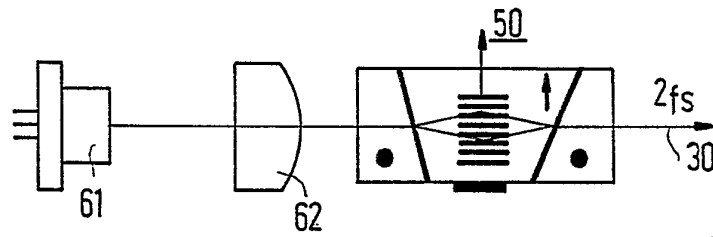


FIG. 4

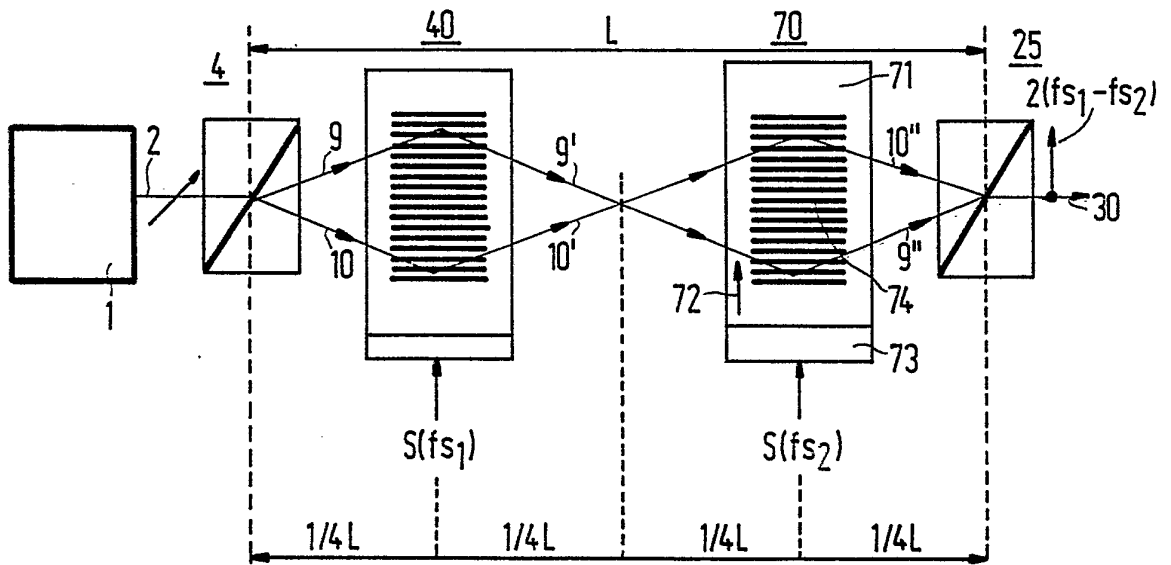


FIG. 5

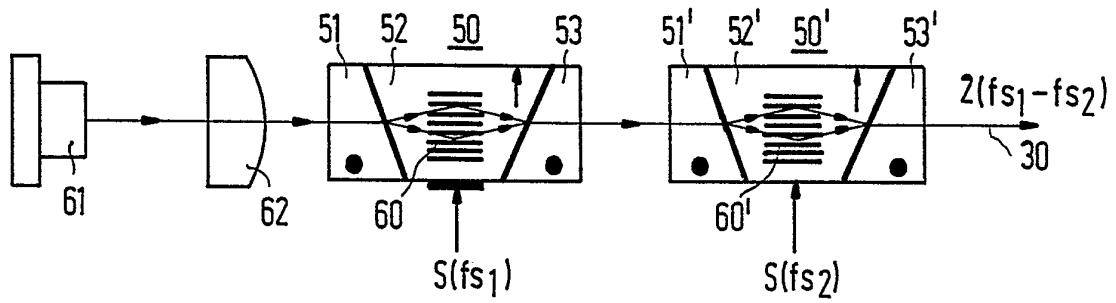


FIG. 6

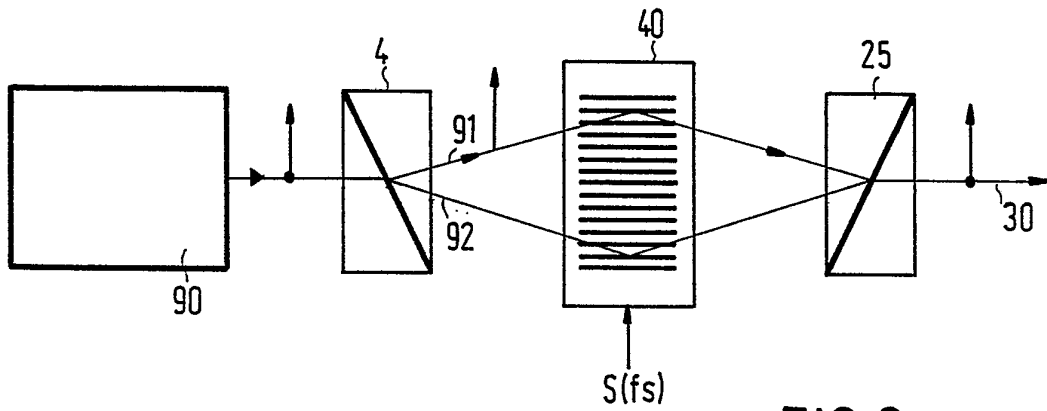


FIG. 8

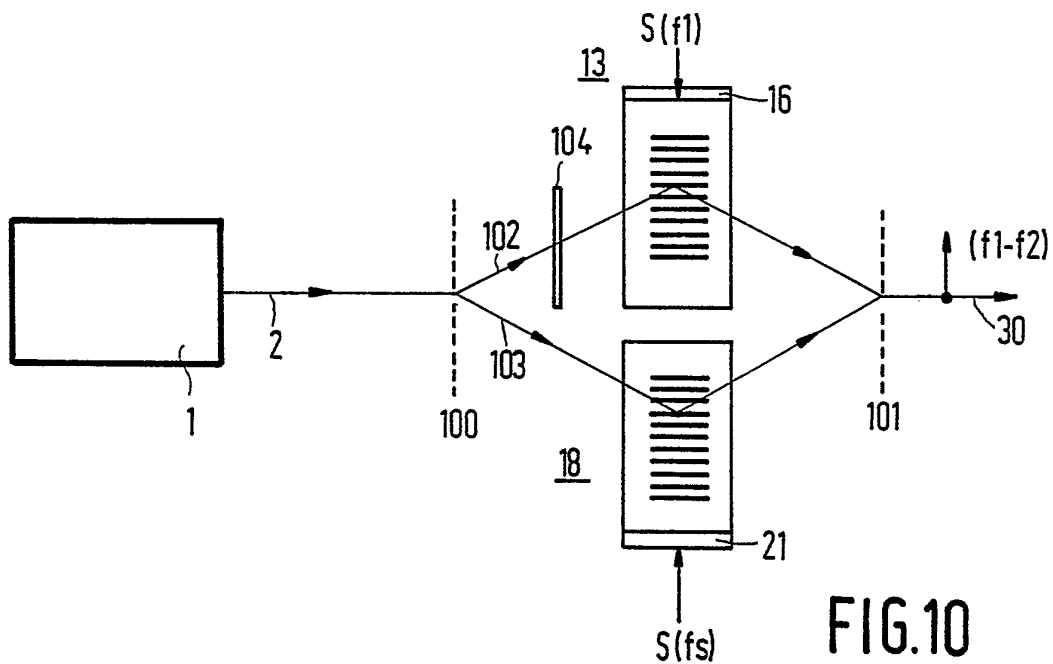


FIG. 10

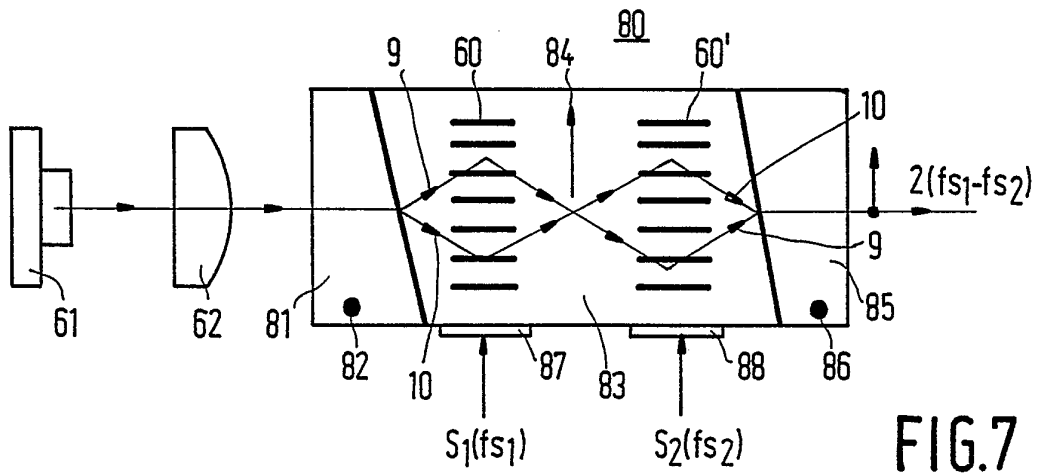


FIG. 7

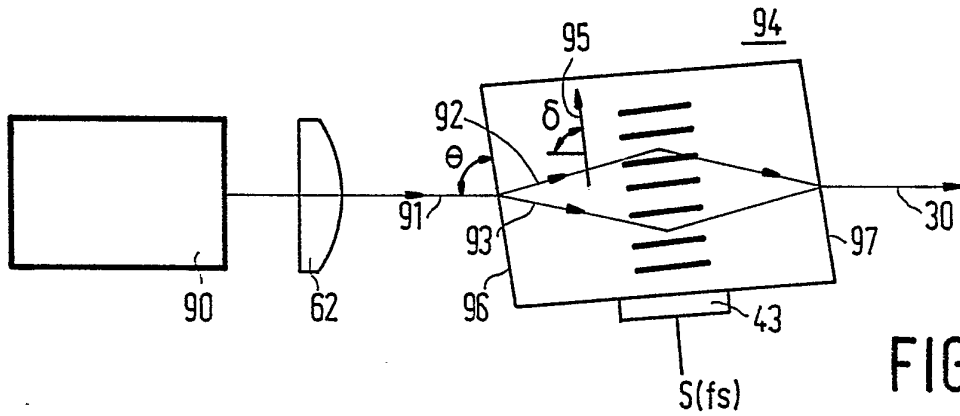


FIG. 9

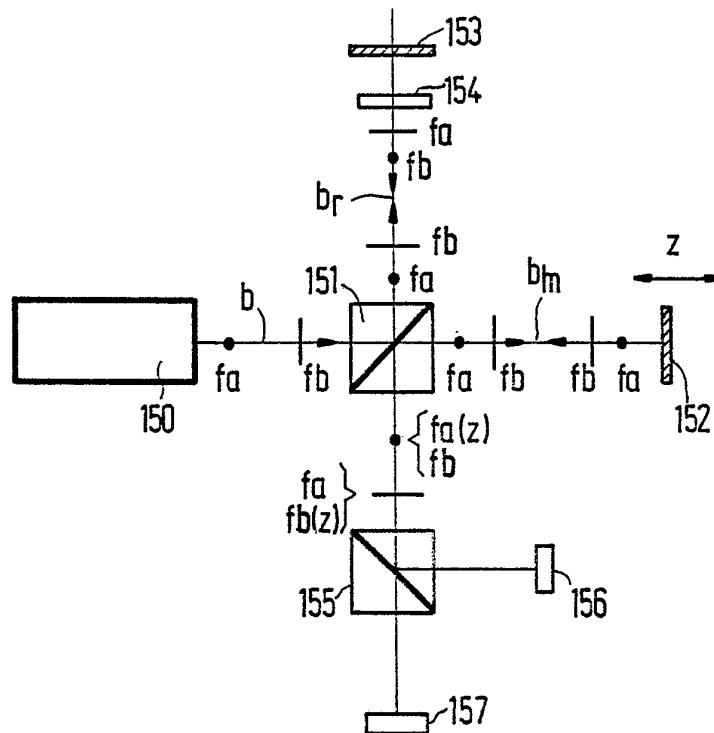


FIG. 14

5/7

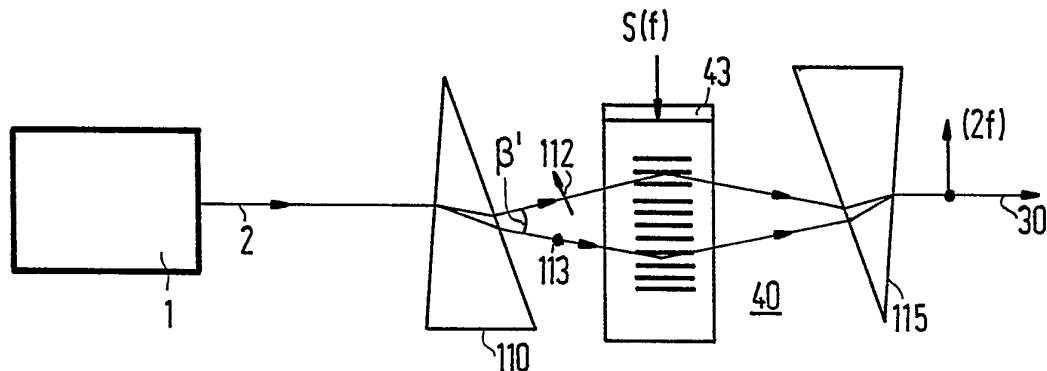


FIG. 11

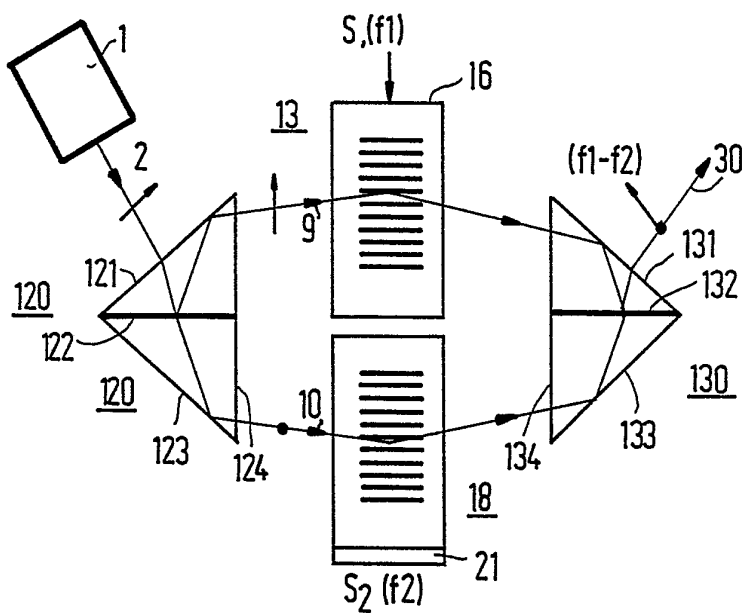


FIG. 12

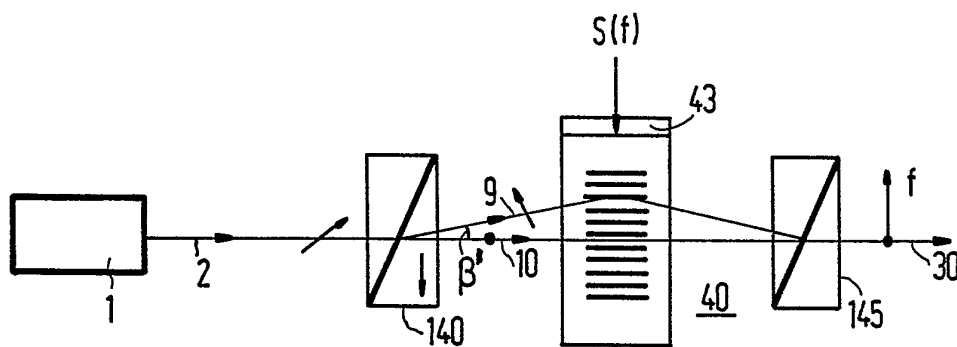


FIG. 13

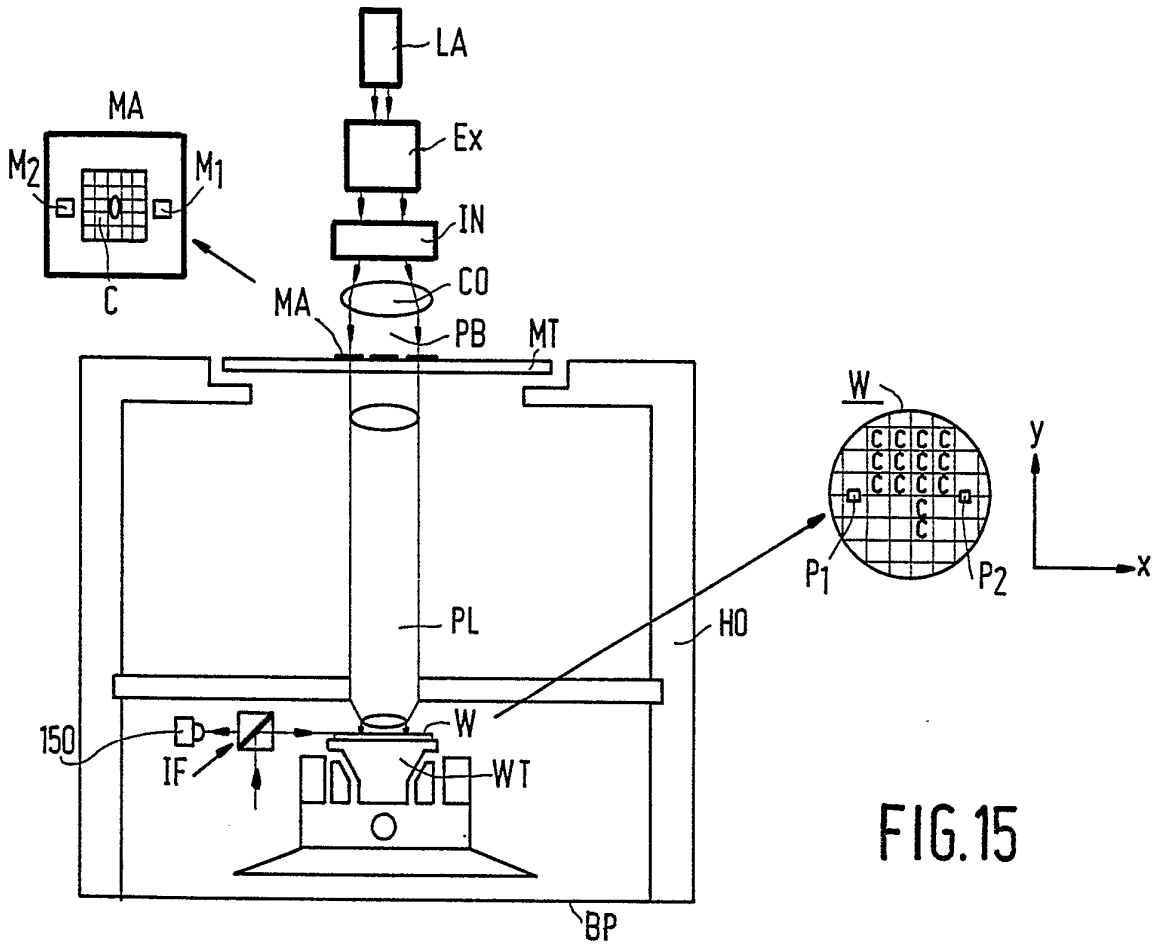


FIG. 15

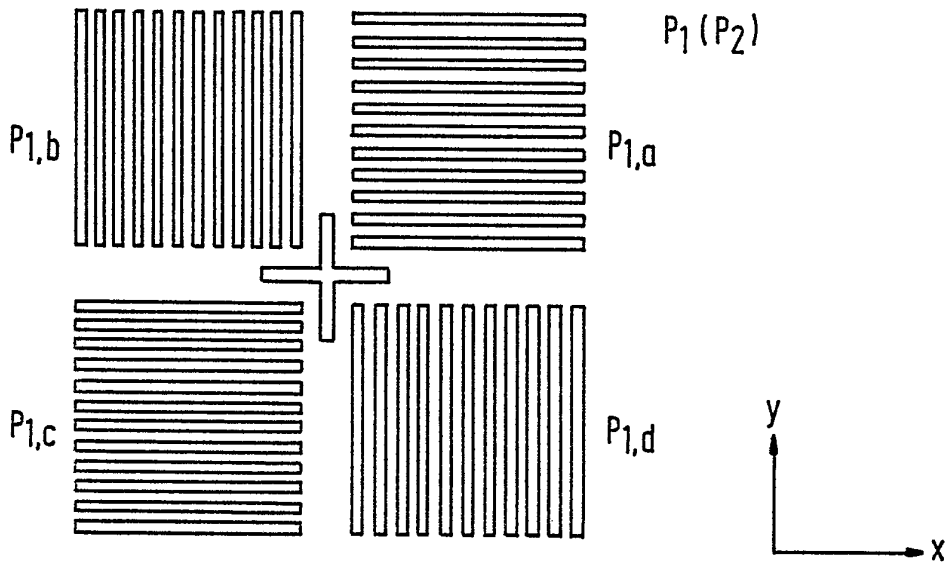


FIG. 16

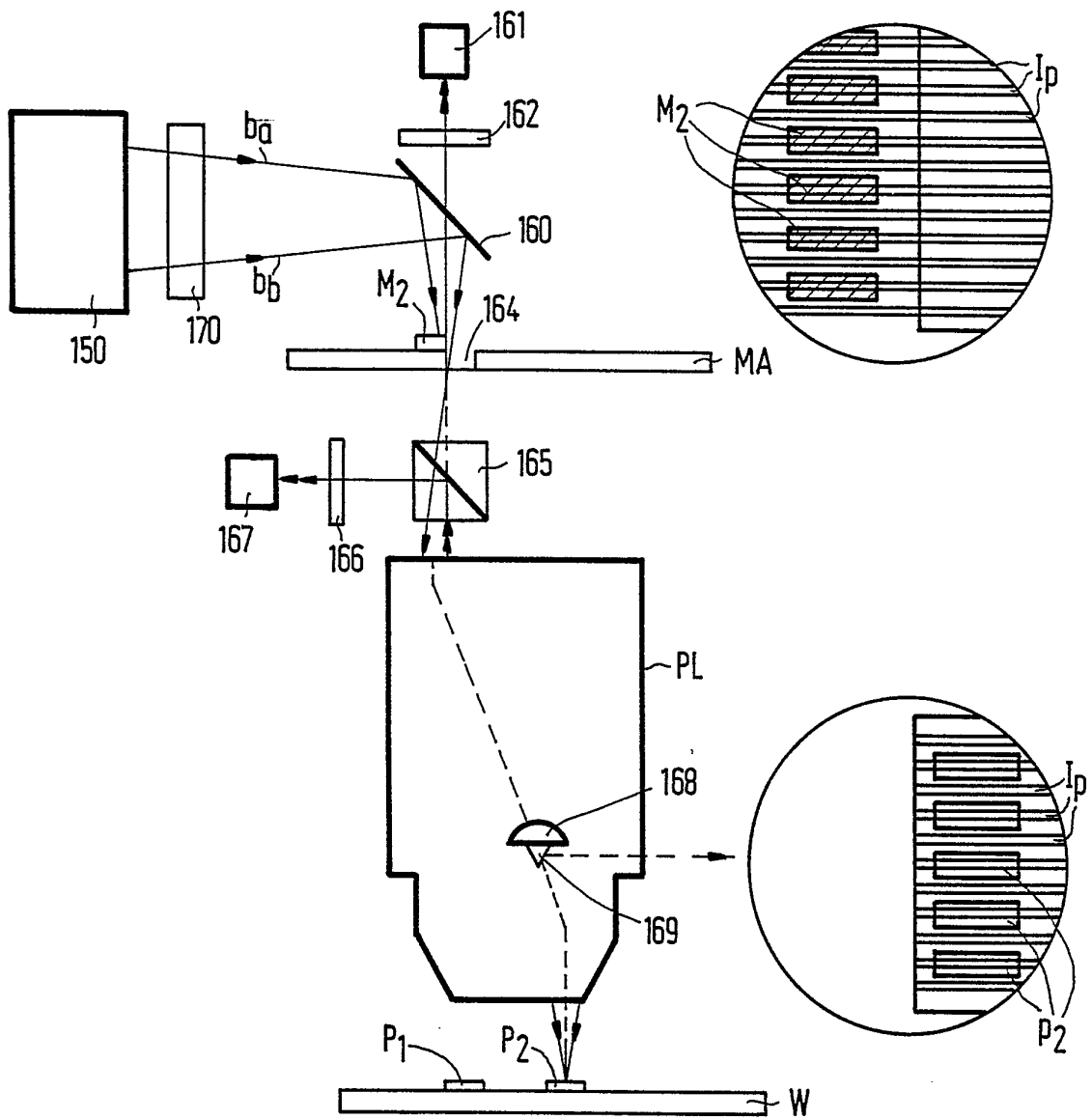


FIG. 17



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 4777
BE 9301407

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)
A	US-A-5 118 953 (K. OTA ET AL.) * kolom 7, regel 47 - kolom 13, regel 18 * * figuren 1-5 * ---	1,16-19	G03F9/00 G02F1/33
A	EP-A-0 422 956 (XEROX CORPORATION) * kolom 3, regel 11 - regel 30; figuur 1 * -----	1,16-19	
			ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK (Int.Cl.5)
			G03F G02F G01B G02B G01D
Datum waarop het onderzoek werd voltooid		Vooronderzoeker	
14 September 1994		Heryet, C	
<p>CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR</p> <p>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</p> <p>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</p>			

1

EOB FORM 02.81 (FOUC47)

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

BO 4777
BE 9301407

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octroofamilie), 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.

14-09-1994

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
US-A-5118953	02-06-92	JP-A- 3002504	08-01-91
EP-A-0422956	17-04-91	US-A- 5251058 JP-A- 3139672	05-10-93 13-06-91