

19



Bureau voor de
Industriële Eigendom
Nederland

11 1006016

12 C OCTROOI²⁰

21 Aanvraag om octrooi: 1006016

51 Int.Cl.⁶
G01N21/21, G11B7/125

22 Ingediend: 09.05.97

41 Ingeschreven:
10.11.98

73 Octrooihouder(s):
Technische Universiteit Delft te Delft.

47 Dagtekening:
10.11.98

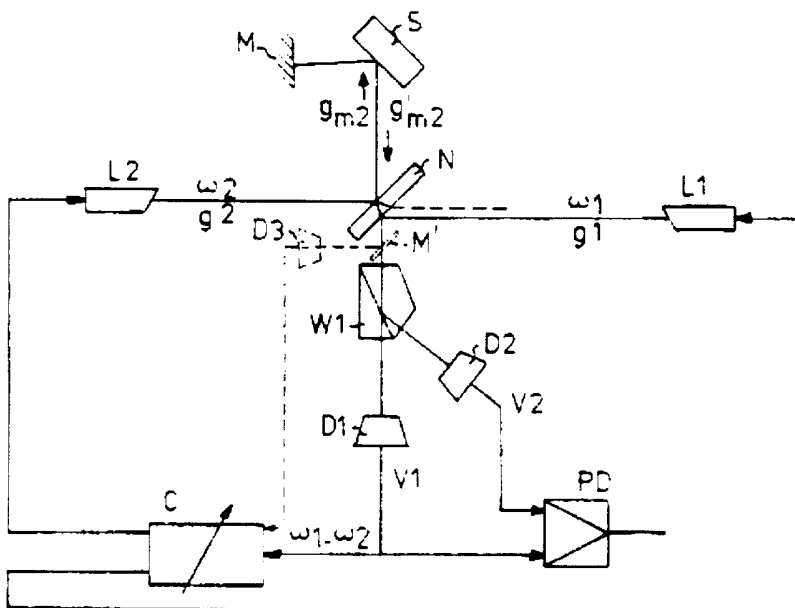
72 Uitvinder(s):
Klaas Hemmes te Leiden
Karl Richard Koops te Delfgauw

45 Uitgegeven:
04.01.99 I.E. 99/01

74 Gemachtigde:
Ir. L.C. de Bruijn c.s. te 2517 KZ Den Haag.

54 Ellipsometer met twee lasers.

57 Ellipsometer met lichtbronmiddelen die een eerste lichtbundel (g_1) met een eerste hoekfrequentie (ω_1) en een tweede lichtbundel (g_2) met een tweede hoekfrequentie (ω_2) verschaffen, een neutrale bundelsplitser (N) met een voorvlak voor het ontvangen van een meetbundel (g_{m2}), die tijdens bedrijf ontstaat door aftasting van een monster (S; OD1; OD2) door de tweede lichtbundel (g_2), en een achtervlak voor het ontvangen van de eerste lichtbundel (g_1), waarbij tijdens bedrijf aan het achtervlak een interferentiebundel wordt gevormd, waarbij de lichtbronmiddelen twee gescheiden laserbronnen (L1, L2) omvatten en de ellipsometer is voorzien van een besturingsschakeling (C) met ten minste één ingang voor het ontvangen van informatie met betrekking tot de eerste en tweede hoekfrequenties (ω_2 , ω_1) of het verschil daartussen en ten minste één, ten minste met een van de twee laserbronnen gekoppelde uitgang voor het besturen van het verschil tussen de eerste en tweede hoekfrequenties (ω_1 , ω_2).



NL C 1006016

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekeningen.

Ellipsometer met twee lasers

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een ellipsometer tenminste omvattend

- 5 - lichtbronmiddelen, die tijdens bedrijf een eerste lichtbundel met een eerste hoekfrequentie en een tweede lichtbundel met een tweede hoekfrequentie verschaffen,
- een neutrale bundelsplitser met een voorvlak voor het ontvangen en tenminste gedeeltelijk doorlaten van een meetbundel, die tijdens
10 bedrijf ontstaat door aftasting van een monster door de tweede lichtbundel, en een achtervlak voor het ontvangen van de eerste lichtbundel, waarbij tijdens bedrijf aan het achtervlak de meetbundel interfereert met de eerste lichtbundel en aldus een interferentiebundel wordt gevormd,
- 15 - een eenheid voor het ontvangen van de interferentiebundel, het scheiden van de orthogonale componenten van de interferentiebundel en het verschaffen van twee daarmee corresponderende wisselspanningen.

Een dergelijke ellipsometer is bekend uit de van aanvraagster af-
20 komstige internationale octrooiaanvraag WO-A-94/16310 (PCT/NL93/00283). In deze bekende ellipsometer omvatten de lichtbronmiddelen een enkele Zeeman-laser, die tijdens bedrijf twee enigszins in frequentie verschoven bundels genereren, welke bundels beide lineair, maar loodrecht op elkaar gepolariseerd zijn. Met behulp van op zichzelf bekende optische
25 elementen worden deze in frequentie verschoven bundels gesplitst in een eerste lichtbundel met een eerste hoekfrequentie en een tweede lichtbundel met een tweede hoekfrequentie. De tweede lichtbundel wordt gebruikt voor het aftasten van een monster waardoor een meetbundel ontstaat, die op het voorvlak van de niet-polariserende bundelsplitser valt. De eerste
30 lichtbundel valt op het achtervlak van de niet-polariserende bundelsplitser. De meetbundel wordt ten minste gedeeltelijk door de niet-polariserende bundelsplitser doorgelaten, zodat interferentie met de eerste meetbundel aan het achtervlak van de niet-polariserende bundelsplitser optreedt. De interferentiebundel wordt aan geschikte middelen toegevoerd
35 voor het analyseren van de interferentiebundel om aldus gewenste ellipsometrische parameters te verschaffen.

Het gebruik van Zeeman-lasers is relatief duur. Bovendien is het verschil tussen de frequenties van de door de Zeeman-laser gegenereerde

lichtbundels bepaald door tijdens de vervaardiging vastgestelde parameters. Tijdens bedrijf kan het verschil tussen deze frequenties niet meer worden aangepast. Dit vormt een blokkade voor sommige toepassingen van de bekende ellipsometer.

5 Het Amerikaanse octrooischrift 5.396.361 beschrijft een werkwijze voor het stabiliseren van het verschil tussen twee optische frequenties, welke werkwijze kan worden gebruikt voor optische heterodyne of homodyne communicatie. Voorts worden diverse systemen voor het uitvoeren van deze werkwijze beschreven. Het bekende systeem omvat in het algemeen twee
10 laserbronnen voor het genereren van een eerste en een tweede laserbundel. De eerste en tweede lichtbundels worden gecombineerd en een gedeelte van de gecombineerde bundel wordt onderworpen aan optische heterodyne detectie met behulp van een optische detector en vervolgens omgezet in een elektrisch signaal. Dit elektrische signaal wordt toegevoerd aan een
15 eerste ingang van een vermenigvuldiger. Een tweede ingang daarvan is verbonden met een oscillator, die een referentiesignaal verschaft. Door het vermenigvuldigen ontstaat een signaal met een verschilfrequentiecomponent die een maat is voor het verschil tussen de frequenties van het elektrische signaal en het referentiesignaal. De uitgang van de vermenigvuldiger is gekoppeld met een frequentiediscriminatieschakeling, die
20 een verandering van de verschilfrequentie detecteert. De uitgang van deze frequentiediscriminatieschakeling is gekoppeld aan tenminste één van de beide laserbronnen teneinde het verschil tussen de optische frequenties van de lasers nagenoeg constant te maken.

25 De door dit Amerikaanse octrooischrift 5.396.361 beschreven en gesuggereerde toepassingen bevinden zich alle op het gebied van optische communicatiesystemen. Toepassingen op het gebied van de ellipsometrie worden noch beschreven, noch gesuggereerd.

Het is een doelstelling van de onderhavige uitvinding om een ellipsometer te verschaffen, waarmee op eenvoudige en relatief goedkope wijze
30 monsters kunnen worden afgetast.

Voor het bereiken van deze doelstelling voorziet de uitvinding in een bij de aanvang beschreven ellipsometer, die het kenmerk heeft, dat de lichtbronmiddelen twee gescheiden laserbronnen omvatten en dat de
35 ellipsometer voorts is voorzien van een besturingsschakeling met tenminste één ingang voor het ontvangen van informatie met betrekking tot ofwel de eerste en tweede hoekfrequenties, ofwel het verschil tussen de eerste en tweede hoekfrequenties en tenminste één, tenminste met een van

de twee laserbronnen gekoppelde uitgang voor het besturen van het verschil tussen de eerste en tweede hoekfrequenties.

Door toepassing van een dergelijke ellipsometer in plaats van een grote en dure Zeeman-laser, zoals in de stand van de techniek, kan in principe een goedkoop optisch uitleessysteem worden geconstrueerd. Door
5 toepassing van twee verschillende lasers wordt "frequency mixing", dat optrad bij gebruik van een Zeeman-laser, voorkomen. Daardoor wordt een ellipsometer met een grotere absolute nauwkeurigheid bereikt.

De twee verschillende lasers zijn bij voorkeur frequentiegestabiliseerde lasers. Door heterodyne menging in de optische opstelling wordt
10 de verschilfrequentie verkregen welke op een althans nagenoeg constante waarde kan worden gehouden met behulp van een elektronische besturingschakeling, die bijvoorbeeld is gebaseerd op het principe van de fasevergrendelde lus (PLL = Phase Locked Loop).

Ten opzichte van de opstelling waarin een Zeeman-laser wordt gebruikt, kan het aantal componenten worden gereduceerd. Er zijn bijvoorbeeld geen polariserende bundelsplitters meer nodig. Voorts kan het faseverschil tussen de twee elektrische signalen goedkoop worden bepaald op elke bekende wijze. Dit kan bijvoorbeeld met een brugschakeling,
20 waarin vier diodes zijn opgenomen. Een dergelijke fasedetector is relatief goedkoop en ongevoelig voor de exacte frequentie van de twee elektrische signalen. Derhalve hoeven aan de besturingsschakeling geen hoge eisen gesteld te worden, zodat de prijs daarvan relatief laag kan blijven.

De lichtbronnen kunnen diodelasers zijn, waarvan de frequentie van de uitgezonden laserbundel kan worden gestuurd. Dergelijke diodelasers zijn thans in ontwikkeling. Met dergelijke diodelasers kan de grootte van de ellipsometer volgens de uitvinding worden beperkt.

In principe kan een opstelling worden gekozen, waarin de tweede
30 lichtbundel alvorens op het voorvlak van de neutrale bundelsplitser te vallen, eerst het oppervlak van het monster aftast. In een voorkeursuitvoeringsvorm echter heeft de ellipsometer volgens de uitvinding het kenmerk, dat het voorvlak van de neutrale bundelsplitser is opgesteld voor het ontvangen van de tweede lichtbundel, het tenminste gedeeltelijk
35 reflecteren van de tweede lichtbundel in de richting van het af te tasten monster en het vervolgens ontvangen en tenminste gedeeltelijk doorlaten van de, van het af te tasten monster afkomstige meetbundel.

In een van de uitvoeringsvormen volgens de uitvinding wordt een van

de twee wisselspanningen aan de ingang van de besturingsschakeling toegevoerd. Beide wisselspanningssignalen hebben namelijk een component, waarvan de hoekfrequentie gelijk is aan het verschil van de hoekfrequenties van de eerste lichtbundel en de tweede lichtbundel. Het verschil
5 tussen deze beide hoekfrequenties wordt aldus via een elektrisch signaal aan de ingang van de besturingsschakeling toegevoerd.

In een alternatieve opstelling wordt geen elektrisch signaal aan de ingang van de besturingsschakeling toegevoerd, maar wordt het verschil tussen de frequenties van de eerste lichtbundel en de tweede lichtbundel
10 door de besturingsschakeling zelf bepaald, doordat deze besturingsschakeling aan zijn ingang een van de eerste lichtbundel afgeleid eerste ingangssignaal en een van de tweede lichtbundel afgeleid tweede ingangssignaal ontvangt. Een dergelijke besturingsschakeling kan de vorm hebben, zoals bekend is uit het genoemde Amerikaanse octrooischrift
15 5.396.361, waarbij de optische signalen zelf aan de besturingsschakeling worden toegevoerd. In de onderhavige uitvinding kunnen gedeelten van de eerste en tweede lichtbundels met behulp van op zichzelf bekende bundel-splitstechnieken worden afgeleid en aan een dergelijke besturingsschakeling worden toegevoerd.

20 De ellipsometer volgens de uitvinding heeft een interessante toepassing bij het aftasten van optische informatiedragers, zoals optische schijven. Voor een dergelijke toepassing heeft de ellipsometer volgens de uitvinding het kenmerk, dat deze is voorzien van een ondersteuning voor het ondersteunen van een dergelijke optische informatiedrager.

25 Bij de bekende technieken voor het uitlezen van optische informatie uit een optische schijf wordt gebruik gemaakt van amplitudeverschillen in van de optische schijf afkomstig zijnde meetbundels, welke meetbundels ontstaan door het belichten van de optische schijf met een laserbundel. Met de ellipsometer volgens de uitvinding kan de optische informatie uit een optische schijf worden bepaald met behulp van faseverschil-technieken, die nauwkeuriger informatie kunnen verschaffen dan
30 amplitudeverschil-technieken.

Het principiële verschil tussen de bekende uitleestechnieken en de techniek van uitlezen met behulp van een ellipsometer is, dat in de
35 stand van de techniek verschillen in de polarisatietoestand van gereflecteerd of doorgelaten licht ten gevolge van geschreven bitjes informatie op de optische schijf worden omgezet in amplitudeveranderingen in een gedetecteerd signaal, welke amplitudeverschillen dan moeten worden

gemeten. Bij de hier voorgestelde techniek bevindt de informatie zich als modulatie, namelijk als faseverschil, op een draaggolf, die feitelijk uit twee draaggolven bestaat. Hiermee kan in principe een ruisarmer systeem worden gemaakt, omdat, net als in een radiosysteem, selectief op de draaggolffrequentie, dat wil zeggen de verschilfrequentie tussen de eerste en tweede lichtbundels, kan worden afgestemd. De gedetecteerde wisselspanningen kunnen bijvoorbeeld eerst worden gefilterd met een smalband-doorlaatfilter, dat alleen de verschilfrequentie doorlaat inclusief een kleine zijband, waarin zich de modulatie bevindt.

De uitvinding zal hieronder nader worden toegelicht met verwijzing naar enkele figuren, die niet zijn bedoeld ter beperking van de reikwijdte van de uitvinding, maar slechts als illustratie.

Figuren 1a en 1b tonen ellipsometers volgens de uitvinding;

figuur 2 toont een besturingsschakeling die in de ellipsometer volgens de uitvinding kan worden gebruikt;

figuren 3a, 3b, 3c en 3d tonen optische informatiedragers, die met behulp van de ellipsometer volgens de uitvinding kunnen worden afgetast;

figuren 4a en 4b tonen alternatieve ellipsometers volgens de uitvinding.

De opstelling volgens figuur 1a zal nu in het kort worden besproken. Voor meer gedetailleerde overwegingen wordt bijvoorbeeld verwezen naar de eerder genoemde internationale octrooiaanvraag WO-A-94/16310.

De in figuur 1a getoonde ellipsometer omvat twee lichtbronnen L1, L2, die bij voorkeur laserbronnen zijn. De lichtbronnen L1, L2 genereren lichtbundels g_1 , g_2 , met respectieve hoekfrequenties ω_1 , ω_2 .

De ellipsometer is voorts voorzien van een niet-polariserende bundelsplitser N die is voorzien van een voorvlak en een achtervlak. De lichtbundel g_1 valt op het achtervlak van de bundelsplitser N. In de opstelling volgens figuur 1a valt de lichtbundel g_2 op het voorvlak van de bundelsplitser N.

De op het voorvlak van de bundelsplitser N invallende lichtbundel g_2 wordt daardoor ten minste gedeeltelijk gereflecteerd in de richting van een monster S. Deze gereflecteerde bundel is aangeduid met g_{m2} .

De bundel g_{m2} wordt gereflecteerd door het oppervlak van het te analyseren monster S. De door het monster S gereflecteerde bundel wordt nauwkeurig geautocollimeerd door een spiegel M, die de bundel g_{m2} reflecteert naar het monster S. De bundel g_{m2} wordt aldus tweemaal gereflecteerd door het oppervlak van het monster S, waarna een meetbundel

g'_{m2} ontstaat, die in fase en amplitude verschoven is ten opzichte van de oorspronkelijke bundel g_2 , waarbij de amplitude- en faseverschuiving afhankelijk zijn van de eigenschappen van het oppervlak van het monster S.

5 De bundelsplitser N buigt verder een gedeelte van de lichtbundel g_2 af via breking, zoals met een stippellijn aan het achtervlak daarvan is aangegeven. In dit geval wordt met dit afgebogen gedeelte van de lichtbundel g_2 niets meer gedaan. Opgemerkt wordt wel, dat de lichtbundels g_1 en g_2 enigszins "off-line" uitgericht moeten zijn, zodat het met de
10 stippellijn aangegeven traject van het door de bundelsplitser N doorgelaten gedeelte van de lichtbundel g_2 niet samenvalt met het voortplantingstraject van de lichtbundel g_1 . Zou dit wel het geval zijn, dan zou het doorgelaten gedeelte van de lichtbundel g_2 in de lichtbron L1 schijnen, hetgeen aanleiding kan zijn tot instabiliteiten.

15 De meetbundel g'_{m2} valt weer op het voorvlak van de bundelsplitser N op de in figuur 1a aangegeven wijze. Ten minste een deel daarvan zal door de bundelsplitser N worden doorgelaten en via een afgebroken route bij het achtervlak daarvan aankomen.

Op dit punt op het achtervlak van de bundelsplitser N valt ook de
20 lichtbundel g_1 in, die een zodanige fase ten opzichte van de lichtbundel g_2 moet hebben, dat interferentie met de meetbundel g'_{m2} aan het achtervlak van de bundelsplitser N zal optreden. Door de interferentie ontstaat een interferentiebundel die zich voortplant in de richting van bijvoorbeeld een Wollaston-prisma W1. Het Wollaston-prisma W1 splitst de
25 orthogonale polarisatiemodi van de interferentiebundel overeenkomend met de p- en s-richtingen, zoals aan de vakman bekend is en die zoals gebruikelijk zijn gedefinieerd ten opzichte van het monster S. Ieder van de beide orthogonale polarisatiemodi wordt opgevangen door een fotodiode D1 respectievelijk D2. De fotodiodes D1, D2 zetten de intensiteiten van
30 de twee orthogonale polarisatiemodi om in corresponderende elektrische wisselspanningssignalen V1, V2. De sinusvormige wisselspanningssignalen V1, V2 hebben beide een frequentie die gelijk is aan de verschilfrequentie tussen de frequenties van de lichtbundels g_1 en g_2 . Deze verschilfrequentie is tevens de meetfrequentie van de ellipsometer. De amplitudeverhouding van de elektrische wisselspanningssignalen V1, V2 en het
35 faseverschil tussen deze beide elektrische wisselspanningssignalen leveren de gewenste ellipsometrische informatie op over het monster S, in termen van bekende hoeken Ψ en Δ .

De beide lichtbronnen L1 en L2 kunnen gewone in de handel verkrijgbare, gestabiliseerde He-Ne lasers zijn. De frequentie waarop de lichtbronnen L1, L2 zijn afgestemd kan in de orde grootte van 10 MHz zijn.

In de uitvoeringsvorm volgens figuur 1a worden de lichtbronnen L1, L2 beide bestuurd door een besturingsschakeling C, die door de gebruiker kan worden ingesteld, zodanig dat het verschil tussen de frequenties van de lichtbundels g_1 en g_2 op een gewenste waarde kan worden ingesteld. De besturingsschakeling hoeft daartoe echter niet met beide lichtbronnen L1, L2 te zijn verbonden. In principe is het aansturen van een van beide voldoende.

De elektrische wisselspanningssignalen V1, V2 worden toegevoerd aan een fasedetector PD. De fasedetector PD kan bijvoorbeeld bestaan uit een brugschakeling met vier diodes, die op zichzelf bekend is en zeer goedkoop kan worden uitgevoerd. Een dergelijke brugschakeling is ongevoelig voor de exacte frequentie van de wisselspanningssignalen V1, V2. Het uitgangssignaal van de fasedetector is een maat voor de te meten parameter aan het oppervlak van het monster S. Verdere verwerking van het uitgangssignaal van de fasedetector PD kan op elke bekende wijze plaatsvinden en behoeft hier geen verdere toelichting.

In de opstelling volgens figuur 1a wordt het elektrische wisselspanningssignaal V1 toegevoerd aan een ingang van de besturingsschakeling C. Omdat het wisselspanningssignaal V1 is afgeleid uit het eerdergenoemde interferentiesignaal, bevat dit een component waarin zich het verschil van de hoekfrequenties ω_1 en ω_2 bevindt. Dit wordt als meetsignaal aan de besturingsschakeling toegevoerd. De besturingsschakeling C gebruikt dit ingangssignaal om het verschil tussen de hoekfrequenties ω_1 en ω_2 op een bepaalde, door de gebruiker bepaalde waarde te stabiliseren. In principe kan voor de besturingsschakeling C elke gewenste schakeling worden gebruikt, die de gewenste functionaliteit kan verschaffen.

In de uitvoeringsvorm volgens figuur 1a wordt het ingangssignaal voor de besturingsschakeling C afgeleid uit het wisselspanningssignaal V1. Het wisselspanningssignaal V2 heeft eveneens een component, die het verschil tussen de hoekfrequenties ω_1 en ω_2 bevat. Derhalve kan als alternatief ook het wisselspanningssignaal V2 aan de besturingsschakeling C worden toegevoerd.

Als verder alternatief is het mogelijk om een deel van het genoemde interferentiesignaal als optisch signaal aan de besturingsschakeling toe te voeren. Daartoe kan bijvoorbeeld tussen het achtervlak van de bundel-

splitser N en het Wollaston-prisma W1 een halfdoorlatende spiegel M' (gestippeld getoond) zijn opgesteld voor het afleiden van een deel van de interferentiebundel naar een geschikt gekozen en opgestelde detector D3 (gestippeld getoond), die met de besturingsschakeling C is verbonden.

5 Het uitgangssignaal van een dergelijke detector levert dan de gewenste waarde $\omega_1 - \omega_2$. Het wisselspanningssignaal V1 wordt dan niet naar de besturingsschakeling gevoerd.

Op basis van dit ingangssignaal dat $\omega_1 - \omega_2$ bevat, worden dan door de besturingsschakeling C geschikte stuursignalen voor de lichtbronnen L1 en/of L2 gegenereerd. Zoals gezegd kan de waarde van deze stuursignalen
10 nog door de gebruiker worden ingesteld.

Figuur 2 toont een mogelijke besturingsschakeling C, die in de ellipsometer volgens de uitvinding zou kunnen worden toegepast. In de in figuur 1a gegeven opstelling past de besturingsschakeling C volgens
15 figuur 2 echter niet direct, omdat hierin optische ingangssignalen g'_1 en g'_2 als ingangssignaal worden gebruikt, terwijl in de opstelling volgens figuur 1a het elektrische ingangssignaal V1 wordt gebruikt. De optische ingangssignalen g'_1 en g'_2 worden afgeleid van de lichtbundels g_1 respectievelijk g_2 . Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door delen van de
20 lichtbundels g_1 en g_2 met halfdoorlatende spiegeltjes (niet getoond) af te leiden, waarbij de afgeleide gedeelten g'_1 en g'_2 zijn.

De in figuur 2 getoonde opstelling komt overeen met een in het Amerikaanse octrooischrift 5.396.361 beschreven opstelling, die in de beschrijvingsinleiding hierboven is besproken. De bekende opstelling
25 bevat twee laserbronnen L1, L2, die respectieve laserbundels g'_1 , g'_2 genereren. Beide laserbundels g'_1 , g'_2 worden toegevoerd aan een vermenigvuldiger M1, die een heterodyne detectie uitvoert. Het uitgangssignaal van de vermenigvuldiger M1 wordt toegevoerd aan een detector D4, die een elektrisch uitgangssignaal verschaft. De uitgang van de detector
30 D4 is gekoppeld met één ingang van een verdere vermenigvuldiger M2. Een andere ingang van de verdere vermenigvuldiger M2 is gekoppeld met een oscillator OSC, die een referentiesignaal verschaft. De vermenigvuldiger M2 vermenigvuldigt de beide ingangssignalen, zodat een signaal met een verschilfrequentiecomponent ontstaat, die een maat is voor het verschil
35 tussen de frequenties van het uitgangssignaal van de detector D4 en het van de oscillator OSC afkomstige referentiesignaal. De uitgang van de vermenigvuldiger M2 is gekoppeld met een frequentiediscriminatieschakeling FD. Het uitgangssignaal van de frequentiediscriminatieschakeling FD

wordt aan tenminste één van beide laserbronnen L1, L2 toegevoerd teneinde het verschil tussen de optische frequenties van de laserbronnen L1, L2 althans nagenoeg constant te houden. De componenten M1, D4, M2, OSC, FD vormen in de opstelling volgens figuur 2 tezamen de besturingsschakeling C.

In de opstelling volgens de uitvinding kan de frequentie van het referentiesignaal, dat door de oscillator OSC wordt geproduceerd, door de gebruiker worden geregeld. Dit verschaft een gebruiker van de ellipsometer volgens de uitvinding een grote mate van flexibiliteit.

10 In een uitvoeringsvorm van de uitvinding is de ellipsometer geschikt voor het uitlezen van optische informatie uit optische informatiedragers. Figuur 1b toont daarvoor een alternatieve opstelling voor de opstelling volgens figuur 1a, zij het dat in figuur 1b slechts de meest essentiële elementen opnieuw zijn weergegeven. De overige elementen zijn
15 hetzelfde als in figuur 1a. In figuur 1b bevindt zich tussen de lichtbron L2 en de neutrale bundelsplitser N een optische schijf OD1. De optische schijf OD1 is voorzien van optische informatie, bijvoorbeeld in de vorm van putjes, waarvan er één W2 vergroot is weergegeven.

De lichtbundel g_2 verplaatst zich door het putje W2 (dat wil zeggen
20 dat de optische schijf OD1 transmissie-eigenschappen heeft) naar de neutrale bundelsplitser N. Aldus wordt de meetbundel g'_{m2} gevormd. Tenminste een gedeelte van de meetbundel g'_{m2} wordt aan het voorvlak van de neutrale bundelsplitser N gereflecteerd in de richting van een spiegel M, die de meetbundel g'_{m2} weer reflecteert naar het voorvlak van de
25 neutrale bundelsplitser N.

Op dezelfde wijze als in de opstelling volgens figuur 1a wordt aldus aan het achtervlak van de neutrale bundelsplitser N door interferentie met de lichtbundel g_1 een interferentiebundel gevormd, die zich zal voortplanten in de richting van bijvoorbeeld het Wollaston-prisma
30 W1.

De optische schijf OD1 kan op bekende wijze door, niet getoonde, aandrijfmiddelen worden aangedreven. In de praktijk zal de lichtbron L2 dan een laserbron zijn, die lateraal over het oppervlak van de optische schijf OD1 kan worden verplaatst, zodat de bijvoorbeeld in een groefvorm
35 opgestelde putjes kunnen worden afgetast.

De figuren 3a t/m 3d geven verschillende wijzen aan waarop een optische schijf kan worden afgetast.

In figuur 3a is de situatie getekend, waarin een optische schijf

OD1 met transmissie-eigenschappen wordt gebruikt. Bovendien is aangegeven dat de optische schijf OD1 dan zodanig is opgesteld, dat de van het voorvlak van de neutrale bundelsplitser N afkomstige lichtbundel g_{m2} het putje W2 treft om vervolgens na reflectie over een hoek van 180° terug te keren als meetbundel g'_{m2} .

Figuur 3b toont een optische schijf OD2 met reflectie-eigenschappen in plaats van transmissie-eigenschappen. Het putje W2 reflecteert nu de bundel g_{m2} en vormt aldus direct de meetbundel g'_{m2} .

In figuur 3c is de reflecterende optische schijf OD2 nogmaals getekend, maar dan in een opstelling waarin de bundel g_{m2} het oppervlak van de reflecterende optische schijf OD2 niet orthogonaal treft maar onder een hoek die enigszins kleiner is dan 90° . Na reflectie door het putje W2 treft de bundel vervolgens een spiegel M, die de bundel over een hoek van 180° reflecteert naar het putje W2. Daarna ontstaat de meetbundel g'_{m2} , die op het voorvlak van de neutrale bundelsplitser N wordt gericht, net als in de opstelling volgens figuur 1a. Ten behoeve van het voortplantingspad van de bundels tussen de neutrale bundelsplitser N en de optische schijf OD2 bevindt zich een gat in de spiegel M. Het voordeel van de in figuur 3c getoonde opstelling is, dat de bundel het putje W2 tweemaal aftast.

Figuur 3d geeft voor de volledigheid nogmaals de situatie weer, zoals die in figuur 1b al eerder is getoond.

Verder is voor de volledigheid in figuur 3d aangegeven dat de optische schijf OD1 in de praktijk door geschikte ondersteuningsmiddelen SUPP zal worden ondersteund, die tijdens bedrijf worden aangedreven door een motor.

Figuur 4a toont een alternatieve opstelling voor de opstelling volgens figuur 1a. Het verschil met de opstelling volgens figuur 1a is, dat de van de lichtbron L2 afkomstige lichtbundel g_2 eerst het monster S treft om een meetbundel g'_2 te vormen, die op de voorzijde van de neutrale bundelsplitser N invalt. Na transmissie door de neutrale bundelsplitser N interfereert de meetbundel g'_2 met de lichtbundel g_1 , die door de lichtbron L1 op het achtervlak van de neutrale bundelsplitser N wordt gericht. De aldus ontstane interferentiebundel plant zich voort in de richting van het Wollaston-prisma W1.

De rest van de opstelling volgens figuur 4a is hetzelfde als de opstelling in figuur 1a en wordt hier niet herhaald. Het spreekt vanzelf, dat ook in de opstelling volgens figuur 4a het niet noodzakelijk

is, dat het wisselspanningssignaal V1 naar de besturingsschakeling C moet worden gevoerd. In plaats daarvan kan gebruik worden gemaakt van de gedeeltelijk doorlatende spiegel M' en de detector D3, die bij wijze van alternatief ook reeds in figuur 1a zijn weergegeven.

5 Voorts zal het aan de deskundige duidelijk zijn, dat de opstelling volgens figuur 4a zodanig kan worden aangepast, dat de besturingsschakeling volgens figuur 2, of varianten daarvan, kan worden gebruikt. Dit kan gebeuren op de eerder onder verwijzing naar figuur 2 beschreven wijze.

10 De opstelling volgens figuur 4a kan ook worden gebruikt voor het uitlezen van optische informatie op een optische schijf OD1 met transmissie-eigenschappen. Een daarvoor geschikte opstelling is weergegeven in figuur 4b. De in figuur 4b getoonde opstelling toont slechts enkele wezenlijke componenten. De resterende componenten zijn hetzelfde als in
15 de opstelling volgens figuur 4a of als in de hierboven aangeduide varianten daarvan.

Het spreekt vanzelf, dat de uitvinding niet is beperkt tot de uitvoeringsvormen die in de figuren zijn weergegeven. De opstelling van de diverse componenten kan worden veranderd, waarbij de stralingsgang
20 van de diverse bundels kan worden veranderd met behulp van spiegels en/of andere optische componenten, indien dit voor bepaalde toepassingen voordelig is. Verder kan de neutrale bundelsplitser een neutrale Curie ("neutral Curie") zijn of een niet-polariserende bundelsplitser. De reikwijdte van de onderhavige uitvinding wordt slechts beperkt door de
25 bijgevoegde conclusies.

Conclusies

1. Ellipsometer tenminste omvattend
- lichtbronmiddelen (L1, L2), die tijdens bedrijf een eerste licht-
5 bundel (g_1) met een eerste hoekfrequentie (ω_1) en een tweede licht-
bundel (g_2) met een tweede hoekfrequentie (ω_2) verschaffen,
 - een neutrale bundelsplitser (N) met een voorvlak voor het ontvangen
en tenminste gedeeltelijk doorlaten van een meetbundel (g'_{m2}), die
10 tijdens bedrijf ontstaat door aftasting van een monster (S; OD1;
OD2) door de tweede lichtbundel (g_2), en een achtervlak voor het
ontvangen van de eerste lichtbundel (g_1), waarbij tijdens bedrijf
aan het achtervlak de meetbundel (g'_{m2}) interfereert met de eerste
lichtbundel (g_1) en aldus een interferentiebundel wordt gevormd,
 - een eenheid (W1) voor het ontvangen van de interferentiebundel, het
15 scheiden van de orthogonale componenten van de interferentiebundel
en het verschaffen van twee daarmee corresponderende wisselspannin-
gen (V_1, V_2),

met het kenmerk, dat de lichtbronmiddelen twee gescheiden laserbronnen
(L1, L2) omvatten en dat de ellipsometer voorts is voorzien van een be-
20 sturingsschakeling (C) met tenminste één ingang voor het ontvangen van
informatie met betrekking tot ofwel de eerste en tweede hoekfrequenties
(ω_2, ω_1), ofwel het verschil tussen de eerste en tweede hoekfrequenties,
en tenminste één, tenminste met een van de twee laserbronnen gekoppelde
uitgang voor het besturen van het verschil tussen de eerste en tweede
25 hoekfrequenties (ω_2, ω_1).

2. Ellipsometer volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat het voorvlak
van de neutrale bundelsplitser (N) is opgesteld voor het ontvangen van
de tweede lichtbundel (g_2), het tenminste gedeeltelijk reflecteren van
30 de tweede lichtbundel (g_2) in de richting van het af te tasten monster
(S; CD1; CD2) en het vervolgens ontvangen en tenminste gedeeltelijk
doorlaten van de, van het af te tasten monster (S; CD1; CD2) afkomstige
meetbundel (g'_{m2}).

35 3. Ellipsometer volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk, dat de be-
sturingsschakeling (C) een van de twee wisselspanningen (V_1, V_2) aan
zijn ingang ontvangt.

4. Ellipsometer volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat deze is voorzien van een deels doorlatende spiegel (M') voor het gedeeltelijk afleiden van de interferentiebundel, en een detector (D3) die is gekoppeld met de besturingsschakeling (C) en is opgesteld voor het ontvangen
5 van de gedeeltelijk afgeleide interferentiebundel.

5. Ellipsometer volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk, dat de besturingsschakeling (C) aan zijn ingang een van de eerste lichtbundel (g_1) afgeleid eerste ingangssignaal (g'_1) en een van de tweede lichtbundel (g_2) afgeleid tweede ingangssignaal (g'_2) ontvangt.
10

6. Ellipsometer volgens een van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de tenminste ene uitgang van de besturingsschakeling met zowel de eerste als de tweede laser is gekoppeld.
15

7. Ellipsometer volgens een van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat deze voorts is voorzien van een ondersteuning (SUPP) voor het ondersteunen van een optische informatiedrager (OD1; OD2).
20

fig-1a

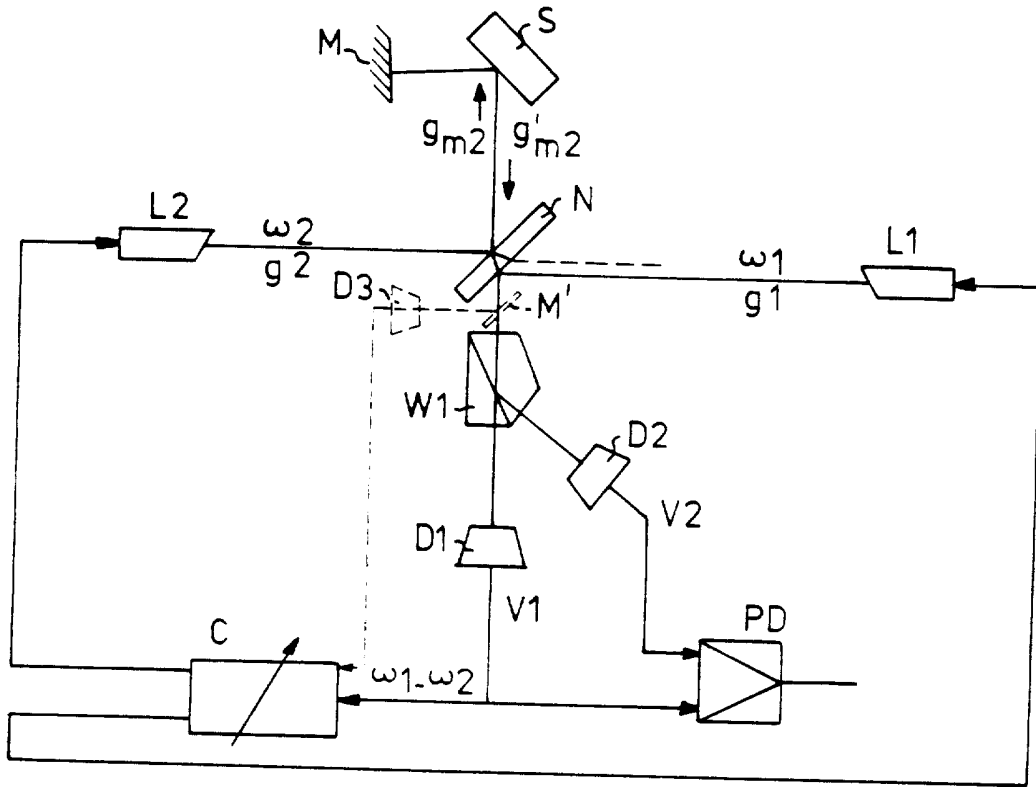


fig-1b

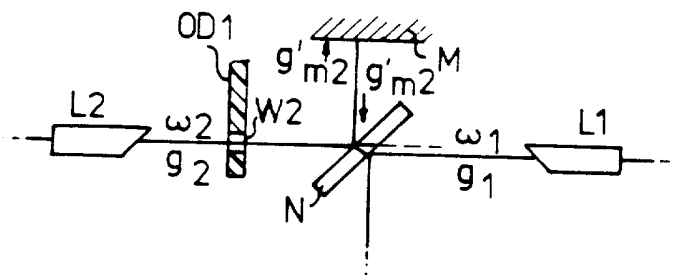


fig - 2

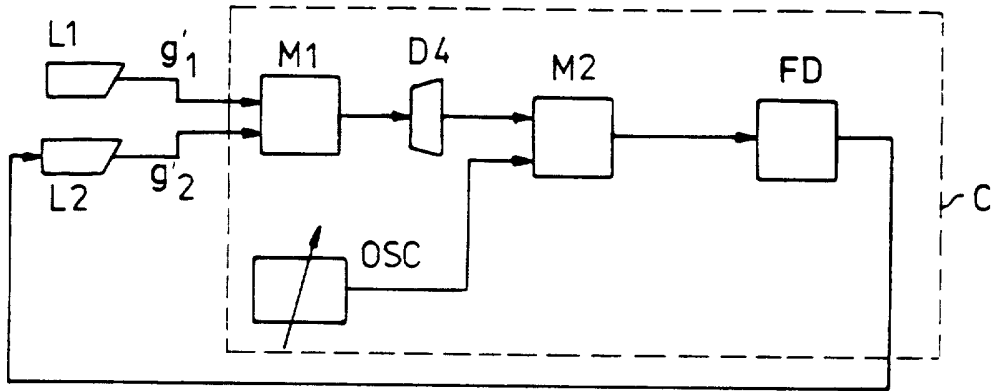


fig - 3a

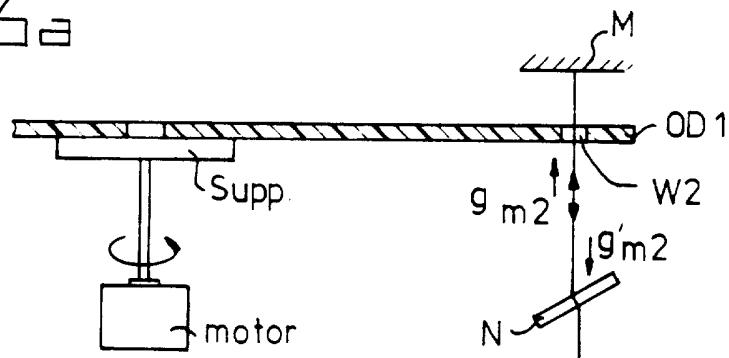


fig - 3b

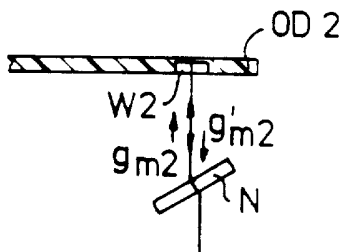


fig - 3c

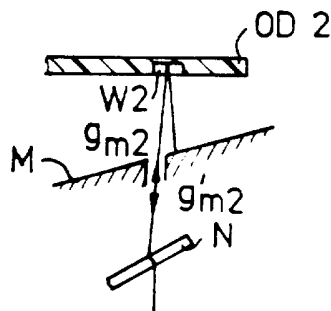


fig - 3d

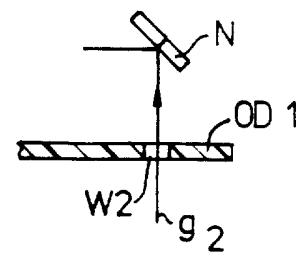


fig - 4a

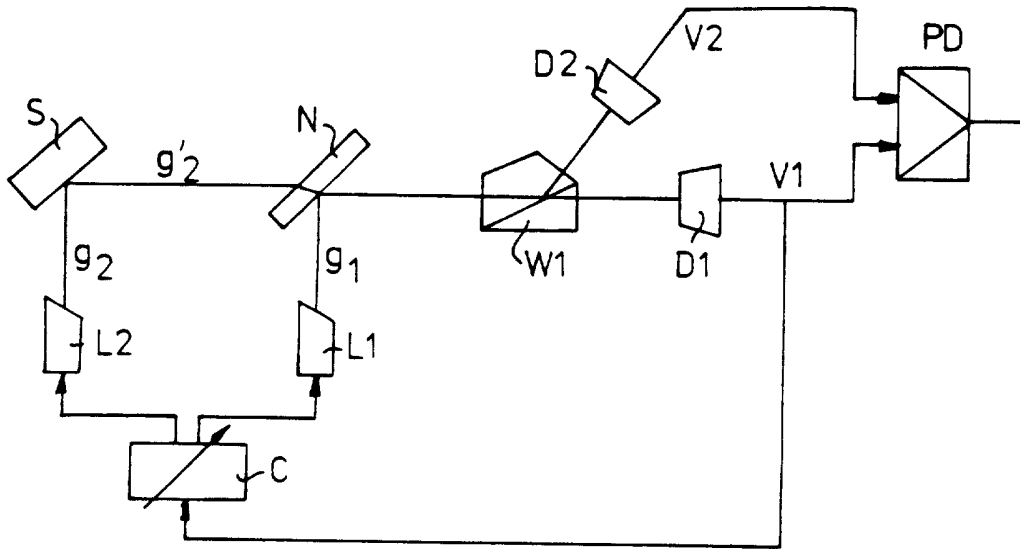
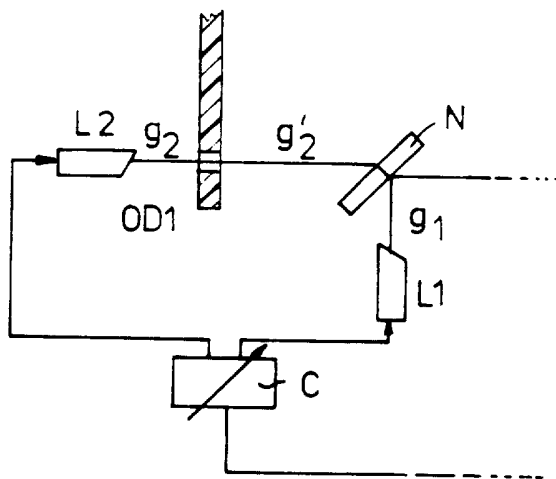


fig - 4b



SAMENWERKINGSVERDRAG (PCT)
RAPPORT BETREFFENDE
NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN INTERNATIONAAL TYPE

IDENTIFIKATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE	Kenmerk van de aanvrager of van de gemachtigde N.O. 41289 TM
Nederlandse aanvraag nr. 1006016	Indieningsdatum 9 mei 1997
	Ingeropen voorrangsdatum
Aanvrager (Naam) TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT	
Datum van het verzoek voor een onderzoek van internationaal type --	Door de Instantie voor Internationaal Onderzoek (ISA) aan het verzoek voor een onderzoek van internationaal type toegekend nr. SN 29376 NL
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)	
Volgens de Internationale classificatie (IPC) Int. Cl. ⁶ : G 01 N 21/21	
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK	
Onderzochte minimum documentatie	
Classificatiesysteem	Classificatiesymbolen
Int. Cl. ⁶	G 01 N
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen	
III. <input type="checkbox"/> GEEN ONDERZOEK MOGELIJK VOOR BEPAALDE CONCLUSIES (opmerkingen op aanvullingsblad)	
IV. <input type="checkbox"/> GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING (opmerkingen op aanvullingsblad)	

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1006016

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP
IPC 6 G01N21/21

Volgens de Internationale Classificatie van octrooien (IPC) of zowel volgens de nationale classificatie als volgens de IPC.

B. ONDERZOCHETE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)
IPC 6 G01N

Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor dergelijke documenten, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen

Tijdens het internationaal nieuwheidsonderzoek geraadpleegde elektronische gegevensbestanden (naam van de gegevensbestanden en, waar uitvoerbaar, gebruikte trefwoorden)

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie °	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
Y	NL 9 202 303 A (UNIV DELFT TECH) 18 Juli 1994 in de aanvraag genoemd zie het gehele document ---	1,2
Y	EP 0 352 747 A (HITACHI LTD) 31 Januari 1990 in de aanvraag genoemd zie het gehele document -----	1,2

Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.

Leden van dezelfde octroofamilie zijn vermeld in een bijlage

° Speciale categorieën van aangehaalde documenten

A document dat de algemene stand van de techniek weergeeft, maar niet beschouwd wordt als zijnde van bijzonder belang

E eerder document, maar gepubliceerd op de datum van indiening of daarna

L document dat het beroep op een recht van voorrang aan twijfel onderhevig maakt of dat aangehaald wordt om de publicatiedatum van een andere aanhaling vast te stellen of om een andere reden zoals aangegeven

O document dat betrekking heeft op een mondelinge uiteenzetting, een gebruik, een tentoonstelling of een ander middel

P document gepubliceerd voor de datum van indiening maar na de ingeroepen datum van voorrang

T later document, gepubliceerd na de datum van indiening of datum van voorrang en niet in strijd met de aanvraag, maar aangehaald ter verduidelijking van het principe of de theorie die aan de uitvinding ten grondslag ligt

X document van bijzonder belang; de uitvinding waarvoor uitsluitende rechten worden aangevraagd kan niet als nieuw worden beschouwd of kan niet worden beschouwd op inventiviteit te berusten

Y document van bijzonder belang; de uitvinding waarvoor uitsluitende rechten worden aangevraagd kan niet worden beschouwd als inventief wanneer het document beschouwd wordt in combinatie met één of meerdere soortgelijke documenten, en deze combinatie voor een deskundige voor de hand ligt

Z document dat deel uitmaakt van dezelfde octroofamilie

Datum waarop het nieuwheidsonderzoek van internationaal type werd voltooid

25 November 1997

Verzenddatum van het rapport van het nieuwheidsonderzoek van internationaal type

Naam en adres van de instantie

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

De bevoegde ambtenaar

Scheu, M

VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN

INTERNATIONAAL TYPE

Informatie over leden van dezelfde octrooifamilie

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1006016

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
NL 9202303 A	18-07-94	AU 5844194 A WO 9416310 A	15-08-94 21-07-94
-----			-----
EP 0352747 A	31-01-90	JP 2039131 A DE 68926195 D DE 68926195 T US 5396361 A	08-02-90 15-05-96 28-11-96 07-03-95
-----			-----