



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8000349**

Nederland

⑲ NL

-
- ⑤4 **Optische reflectiemeter.**
- ⑤1 Int.CI³: G01J 3/46, G01N 21/25, G01N 33/34.
- ⑦1 Aanvrager: Rijksuniversiteit, Broerstraat 5 te Groningen.
- ⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8000349.
- ②2 Ingediend 18 januari 1980.
- ③2 --
- ③3 --
- ③1 --
- ⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 17 augustus 1981.

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

Optische reflectiemeter

De uitvinding heeft betrekking op een optische reflectie-
meter, geschikt voor reflectiemeting aan een al dan niet gevormde
transluente stof, omvattende een lichtbron, een meetkop, een
lichtdetectie-orgaan, ten minste een optische belichtingsfiber
5 tussen de lichtbron en de meetkop voor belichting van het meet-
oppervlak en ten minste een optische meetfiber tussen de meetkop
en het lichtdetectie-orgaan voor opvang van het gereflecteerde
licht en verder geleiding daarvan naar het lichtdetectie-orgaan.

Uit het artikel van L.A. Lott en D.L. Cash in Applied
10 Optics 4 (1973) 837-840 is een inrichting bekend, bestemd voor
spectrale reflectiemetingen aan oppervlakken met speculaire en
diffuse reflectie-eigenschappen, waarbij de bekende reflectie-
meter geschikt is voor toepassing op grote voorwerpen, op voor-
werpen met niet-vlakke oppervlakken of op oppervlakken van
15 toxische of radio-actieve materialen die in een beschermkast
moeten worden bewaard. De reflectiemeter omvat een aantal tot een
hoofdbundel samengestelde optische fibers, welke hoofdbundel met
het ene uiteinde verbonden is met een meetkop, die op het te
bemeten oppervlak wordt geplaatst, en in de richting van het andere
20 uiteinde daarvan zicht vertakt in twee elk een aantal fibers om-
vattende deelbundels.

De ene van de beide deelbundels is via een spiegel optisch
verbonden met een monochromatorsectie van een spectrofotometer en
ontvangt daarvan het licht, waarmede het te bemeten oppervlak
25 wordt belicht, terwijl de andere deelbundel via een spiegel optisch
verbonden is met een meetsectie en aldus het in de meetkop opge-
vangen gereflecteerde licht naar de meetsectie geleidt. De optische
fibers van elk van de deelbundels zijn ongeordend verdeeld in de
hoofdbundel, zodat ook de helft van het gereflecteerde licht naar

8000349

de meetsectie wordt geleid.

De hoofdbundel met de deze samenstellende optische fibers is zodanig in de uit Teflon vervaardigde meetkop gefixeerd, dat de geometrie voor de belichting van het te bemeten oppervlak en opvang van het terugkerende, gereflecteerde licht 0° respectievelijk 0° (beide evenwijdig aan de normaal) is. De afstand van het vlak van de fiberuiteinden in de meetkop tot het te bemeten oppervlak is instelbaar.

F.W. Billmeijer en D.C. Rich geven in een artikel in *Plastics Engineering* van December 1978, blz. 35-39, een overzicht van de de techniek ter beschikking staande kleurmeetinstrumenten. In een afzonderlijke paragraaf wordt ingegaan op de optische meting aan translucente stoffen en daarvan medegedeeld dat een nauwkeurige meting aan een dergelijke stof uiterst moeilijk en een in feite nog onopgelost probleem is.

Doel van de uitvinding is een optische reflectiemeter waarmede nauwkeurig en reproduceerbaar aan een translucente stof kan worden gemeten, van zeer kleine te bemeten oppervlakken, die al dan niet in een kleine ruimte kunnen zijn opgesloten, af tot grote oppervlakken en binnen ruime grenzen onafhankelijk van de kromming van het oppervlak.

Volgens de uitvinding wordt een optische reflectiemeter van de in de aanhef vermelde soort verschaft, die daardoor is gekenmerkt, dat de meetkop 1 optische meetfiber bevat; de ten opzichte van het meetoppervlak aangehouden geometrie voor belichting van het meetoppervlak en voor opvang van het gereflecteerde licht 45° respectievelijk 0° is; het, door de optische meetfiber bepaalde, te bemeten oppervlak of meetkader van de orde van grootte van de licht-indringdiepte in de te bemeten stof of kleiner is en het door de optische belichtingsfiber belichte deel van het te bemeten oppervlak of lichtkader van ten minste in hoofdzaak gelijke grootte als het meetkader of groter is.

Onder de term "reflectie" of daarvan afgeleide termen of combinaties daarvan wordt het verschijnsel verstaan zoals gedefinieerd door de Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.),

8000349

en gepubliceerd in Publication C.I.E. No. 38 (TC-2.3) 1977 blz. 77-78, te weten, dat reflectie is de terugkeer van straling door een medium zonder verandering van golflengte, waarbij is op te merken dat de gereflecteerde straling kan zijn regulair, diffuus
 5 of gemengd, terwijl volgens een andere onderscheiding bij het doen vallen van de stralingsflux op het oppervlak van een medium de optredende reflectie voor een deel door het oppervlak kan zijn gereflecteerd (oppervlaktereflectie) en voor een ander deel vanuit het inwendige van het medium kan zijn gereflecteerd (volumereflectie).
 10 Onder regulaire of speculaire reflectie is reflectie zonder diffusie te verstaan, in overeenstemming met de wetten van optische reflectie zoals in een spiegel.

Bij het doen vallen van licht op het oppervlak van translucient materiaal kunnen dan de volgende componenten een bijdrage
 15 leveren aan het gereflecteerde licht:

1. oppervlakte-reflectie, dat kan zijn samengesteld uit:
 - a. speculaire reflectie en
 - b. diffuse reflectie, veroorzaakt door oppervlakteruwheid;
2. volumereflectie, dat kan zijn samengesteld uit:
 - 20 a. licht dat in het translucente materiaal is gedrongen en door (terug-)verstrooiing weer het oppervlak bereikt, waarbij dit proces wordt beschreven door de lineaire verstrooiingscoëfficiënt, en
 - b. bij een voldoende dunne materiaallaag, licht dan aan het
 25 achteroppervlak speculair en/of diffuus wordt gereflecteerd.

Gebleken is, dat bij optische-reflectiemetingen aan een voorwerp uit translucient materiaal de afmetingen van het belichte respectievelijk het bemeten deel van het oppervlak (het lichtkader respectievelijk meetkader) in relatie tot de lichtindringdiepte in het translucente materiaal van doorslaggevende betekenis
 30 is in die zin, dat indien het lichtkader en het meetkader niet groot is ten opzichte van de lichtindringdiepte, de resultaten van de meting (de gemeten flux van gereflecteerd licht) afhankelijk is van de kadergrootte.

8000349

Deze afhankelijkheid van de kadergrootte is het meest duidelijk in het geval van in hoofdzaak gelijke grootte van het lichtkader en meetkader en blijkt omkeerbaar te zijn wanneer deze kadergrootte zodanig wordt gekozen dat hij van de orde van grootte is van de lichtindringdiepte. In dit geval blijkt bij een vast licht- en meetkader de waargenomen flux van het gereflecteerde licht afhankelijk te zijn van de lichtindringdiepte, dus van de verstrooiing respectievelijk de lineïke verstrooiingscoëfficiënt. Hierdoor is de mogelijkheid geboden in die gevallen waarin alleen de concentratie van de deeltjes in het translucente materiaal, die de verstrooiing veroorzaken, varieert, deze concentratie te meten. De optische reflectiemeter zou in dit geval een verstrooiingsmonitor kunnen worden genoemd.

Zijn de omstandigheden tijdens de meting zodanig gekozen, dat de indringdiepte klein is ten opzichte van de afmetingen van de kaders dan blijkt de opaciteit van het translucente materiaal geen invloed te hebben op het waargenomen gereflecteerde licht. In dit geval kan de inrichting een reflectiemeter worden genoemd.

Door in de optische reflectiemeter volgens de uitvinding gebruik te maken van optische fibers en wordt een flexibele meetkopopstelling gecombineerd met de mogelijkheid tot het op eenvoudige wijze door keuze van de fiberdiameters realiseren van zeer kleine licht- en meetkaders in de orde van grootte van enkele tienden van een millimeter te realiseren. Derhalve leidt de door de uitvinding geboden mogelijkheid tot realisatie van zeer kleine kaderafmetingen en daardoor miniaturisatie van de meetkop tezamen met de flexibele meetkopverbinding tot verruiming van de toepasbaarheid van de meter doordat ook moeilijk toegankelijke en moeilijk bereikbare plaatsen kunnen worden benaderd en gemeten.

Uit hetgeen hierboven met betrekking tot de kadergrootte-afhankelijkheid in relatie tot de lichtindringdiepte is vermeld, kan worden afgeleid, dat de optische reflectiemeter bruikbaar is als verstrooiingsmonitor naarmate licht- en meetkader kleiner zijn. Dit komt doordat de meetkopinstelling volgens de uitvinding bij toepassing op verschillende materialen met uiteenlopende

8000349

opaciteit langer kan voldoen aan de hierboven vermelde voorwaarde, dat de grootte van de kaders niet veel groter mag zijn dan de indringdiepte.

Door de gekozen geometrie voor belichting van het meetoppervlak en opvang van het gereflecteerde licht van 45° respectievelijk 0° kan door het symmetrisch ten opzichte van de meetfiber in de meetkop aanbrenge van een tweede optische belichtingsfiber een meetopstelling worden verkregen die binnen zekere grenzen onafhankelijk is van de vlakheid van het meetoppervlak, zoals later nog nader zal worden toegelicht.

De uitvinding wordt aan de hand van de tekening nader toegelicht. In de tekening toont

fig. 1 schematisch een optische reflectiemeter volgens de uitvinding;

fig. 2 schematisch in vooraanzicht de meetkop, omvattende twee optische belichtingsfibers en een meetfiber;

fig. 3 de meetkop volgens fig. 2 in zij-aanzicht;

fig. 4 de meetkop volgens fig. 2 in onderaanzicht;

fig. 5 grafisch het verband tussen de flux van het gereflecteerde licht en de instelling van de hoek tussen de as van de meetkop en de normaal van het monster;

fig. 6 grafisch het verband tussen de afstand tussen de meetkop en het meetoppervlak en het relatieve deel aan speculair gereflecteerd licht; en

fig. 7 de invloed van de lineaire verstrooiingscoëfficiënt op het signaal, gemeten aan verschillende papiersoorten in lagen van verschillende dikte en met verschillende achtergrond.

Bij de inrichting volgens de uitvinding (fig. 1) vindt de lichtgeleiding uitsluitend plaats door kwartsfibers; lenzen en spiegels worden niet gebruikt. Door 1 en 2 worden de belichtingsfibers weergegeven die dienen voor de verlichting van het te onderzoeken preparaat, terwijl door 3 de meetfiber wordt weergegeven

8000349

De belichtingsfibers 1, 2 zijn aan het uiteinde daarvan tezamen met optische fiber 5 gefixeerd in belichtingskop 14. De belichtingskop 14 is opgesteld tegenover het verlichtingselement 12, dat een langwerpige flitslamp 4 omvat, aangesloten op een hoge-spanningsbron 13. De flitslamp 4 verlicht de vlakgeslepen uiteinden van de rij fibers 1, 2, 5. Deze ontvangen daardoor alle dezelfde flux; fijn-instelling van deze gelijkheid is mogelijk door kanteling van de rij fibers in het vlak van de lichtbron en fiberrij. De centrale fiber 5 wordt gebruikt voor de referentie- bundel waarop later zal worden teruggekomen. De afstand tussen de lichtbron 4 en de fiberrij is zodanig gekozen dat de bronbreedte juist de acceptatiehoek van de fibers vult. Spectrale selectie geschiedt door middel van een schijfvormige interferentiefilterwig 6 waarvan de as in het vlak van lichtbron en fiberrij ligt. Voor alle fibers wordt daarbij zonder toepassing van lenzen of spiegels of andere hulpmiddelen dezelfde golflengte geselecteerd. De schijf is dicht tegen de fiberrij aangeplaatst en de spectrale breedte van het systeem wordt zodoende uitsluitend bepaald door de fiberdiameter.

Verlichting van het monster 15 en opvang van het gereflecteerde licht, zonder het speculair gereflecteerde licht, geschieden met behulp van meetkop 7, waarin de fiberuiteinden zijn ingegoten (fig. 2-4). Verlichting en waarneming via belichtingsfibers 1 en 2 respectievelijk meetfiber 3 vinden plaats onder 45° respectievelijk 0° .

De verlichting geschiedt van twee zijden waardoor wordt bereikt dat de instelling van de hoek tussen de as van de meetkop en de normaal op het monster niet erg kritisch is. Dit is in fig. 5 weergegeven, dat grafisch het verband toont tussen de van een aantal monsters ontvangen reflectie, uitgezet langs de Y-as en uitgedrukt in het percentage van het door een BaSO_4 -pil (internationale standaard voor 100 % oppervlakte diffuse reflectie) gereflecteerde licht, en de verlichtingshoek A respectievelijk de meethoek B (0° correspondeert met de normaal), die beide langs de X-as uitgezet zijn. De met een Δ aangegeven meetpunten in

8000349

fig. 5 hebben betrekking op een preparaat in de vorm van de BaSO_4 -pil. Voorts heeft 0 betrekking op gedemineraliseerd tandglazuur en \square op gezond tandglazuur, terwijl alle genoemde meetpunten betrekking hebben op een tweevoudige verlichting van het monster 15 via de optische belichtingsfibers 1, 2. De met overeenkomstige gesloten tekens Δ , 0, \square aangegeven meetpunten hebben betrekking op analoge metingen met dien verstande, dat het monster daarbij slechts enkelvoudig was belicht via één fiber.

Het lichtkader en meetkader zijn zo gelijk mogelijk als met een vlak meetkopuiteinde bereikbaar is. De afstand tussen meetkopoppervlak en monsteroppervlak in combinatie met de afstanden tussen de fiberuiteinden spelen bij de genoemde gelijkheid van kaders een belangrijke rol: in de toegepaste geometrie wordt licht dat éénmaal aan het monsteroppervlak speculair is gereflecteerd niet geaccepteerd door de meetfiber 3. Drievoudig speculair gereflecteerd licht (monster-meetkopoppervlak-monster) wordt wel geaccepteerd. Bij niet-metallieke spiegelende oppervlakken is deze bijdrage echter gering: bij een brekingsindex $n_{\text{monster}} = 1,57$ bedraagt de drievoudig gereflecteerde flux minder dan 0,5 % van de door een diffuus wit reflecterend monster teruggezonden flux. Controle-experimenten hebben laten zien dat bij de gebruikte fiberdiameter een gekozen meetkop-monster afstand van $0,3 \pm 0,2$ mm de juiste is, waarvoor naar fig. 6 kan worden verwezen. In fig. 6 is langs de Y-as de verhouding van de intensiteiten van het gereflecteerde licht, gemeten aan een BaSO_4 -pil, tot die van een aluminiumspiegel uitgezet, en langs de X-as de afstand in millimeter van de meetkop tot het meetvlak. Technisch wordt deze afstand vastgesteld door twee kleine stiften 8 en 9 (fig. 3-4) op de meetkop. Daardoor is de kop ook bruikbaar op gekromde oppervlakken. Ook is de afstand niet afhankelijk van de hoek waarmee de kop op het oppervlak staat. Voor vlakke monsters kan desgewenst een meetkop met afstandering worden gebruikt.

Lichtdetectie geschiedt door fotodiodes in een geïntegreerde schakeling welke weergegeven zijn door 15 voor de referentiebundel, en door 16 voor het van het bemeten monster

8000349

afkomstige gereflecteerde licht, met een operationele versterker, weergegeven door 17 respectievelijk 18.

De centrale fiber 5 van de rij op de lichtbron 4 gerichte fibers beschijnt een BaSO_4 -pil 10 (fig. 1) onder 45° . In een
 5 soortgelijke geometrie als in de meetkop vangt een referentie-waarnemingsfiber 11 het langs de normaal (0°) gereflecteerde licht op, dat naar de aparte fotodiode 15 wordt geleid. Het gebruik van andere, niet-witte standaarden is uiteraard mogelijk. Daarmee ontstaat dan een twee-bundel spectrofotometer.

10 De gasontladings- of flitslamp 4 wordt pulsvormig aangedreven zoals op zichzelf bekend is. De pulsen, die van de fotodiodes komen, worden gescheiden van andere signalen waardoor het instrument geen omgevingslicht waarneemt. Een deelschakeling 19 deelt vervolgens het meetkopsignaal V door het referentiesignaal X : De
 15 versterking van het referentiesignaal in versterker 17 en de versterking van het meetkopsignaal in versterker 18 is uitwendig instelbaar. Door de meetkop 7 op een standaardpreparaat te plaatsen kan volle-schaal-uitslag op de meter 20 worden ingesteld.

Met de meter zoals schematisch getoond in fig. 1 zijn ter
 20 bepaling van de invloed van de lineïke verstrooiingscoëfficiënt op het signaal metingen verricht aan verschillende papiersoorten in lagen van verschillende dikte, met verschillende achtergrond. De decadische verstrooiingscoëfficiënt van de drie papiersoorten is separaat gemeten met een reeds eerder gevolgde methode, waar-
 25 bij een spectrofotometer met integrerende bol wordt gebruikt (Calcif. Tiss. Ris. 17 (1975) 129-137). Daarbij werd aangenomen dat papier bestaat uit verstrooiende deeltjes in lucht. In fig. 7 zijn de meetresultaten weergegeven. Daarbij is langs de verticale as de reflectie in % van de reflectie van een BaSO_4 -pil
 30 uitgezet en langs de horizontale as de dikte van de gemeten papierlaag. De open symbolen Δ , \circ , \square hebben daarbij betrekking op metingen aan papier zonder toepassing van een achtergrond, en de gesloten symbolen \blacktriangle , \bullet , \blacksquare op de toepassing van een achtergrond in de vorm van een aluminiumspiegel. Verder correspondeert
 35 het symbool Δ met schrijfmachinepapier met een lineïke

8000349

verstrooiingscoëfficiënt $s_c = 66,4 \text{ mm}^{-1}$; het symbool \square met weegpapier met $s_c = 21,1 \text{ mm}^{-1}$ en het symbool 0 met tekenpapier met $s_c = 9,18 \text{ mm}^{-1}$. Fig. 7 laat zien dat de reflectie onafhankelijk wordt van de achtergrond bij laagdikten van ongeveer

5 0,2 mm. Deze afstand is bijna onafhankelijk van de verstrooiingscoëfficiënt van het materiaal. De meter werkt hier als verstrooiingsmonitor; het signaal wordt bepaald door de verstrooiingscoëfficiënt.

10 Door toepassing van meer optische belichtingsfibers in de meetkop kan het lichtkader worden vergroot zodat de meteruitslag onafhankelijk wordt van de licht-indringdiepte en daardoor een reflectometer met $45^\circ/0^\circ$ - geometrie ontstaat.

Indien gewenst kunnen zonder bezwaar zeer lange fibers (bij voorbeeld 25 m) tussen apparaat en meetkop worden gebruikt.

15 Door de ingiethoek, dat wil zeggen de hoek tussen meetfiber en belichtingsfiber aan te passen aan de brekingsindex van het medium tussen meetkop en monster kan in vloeistof worden gemeten. Voor water ($n = 1,33$) dient de hoek bij voorbeeld $40,3^\circ$ te bedragen, terwijl deze in lucht 29° is.

20 Het is mogelijk om het met de meter volgens de uitvinding verkregen reflectiespectrum met behulp van een ingebouwde microprocessor op te slaan en om te rekenen tot kleurpunten onder een standaardverlichting. Omdat de als monitor werkzame meter een reflectiespectrum aflevert, is het daarbij niet nodig dat
25 een standaardlichtbron wordt gebruikt, de gegevens van de standaardlichtbron komen alleen in de berekening voor en moeten dus in het geheugen van de processor beschikbaar zijn.

Overigens kunnen aan de hierboven beschreven en in de tekening weergegeven inrichting nog wijzigingen worden aange-
30 bracht zonder dat men daarbij het kader van de uitvinding verlaat.

8000349

C O N C L U S I E S

1. Optische reflectiemeter, geschikt voor reflectiemeting aan een al dan niet gevormde translucente stof, omvattende een lichtbron, een meetkop, een lichtdetectie-orgaan, ten minste een optische belichtingsfiber tussen de lichtbron en de meetkop voor
5 belichting van het meetoppervlak en ten minste een optische meetfiber tussen de meetkop en het lichtdetectie-orgaan voor opvang van het gereflecteerde licht en verder geleiding daarvan naar het lichtdetectie-orgaan, met het kenmerk, dat de meetkop 1 optische meetfiber bevat; de ten opzichte van het
10 meetoppervlak aangehouden geometrie voor belichting van het meetoppervlak en voor opvang van het gereflecteerde licht 45° respectievelijk 0° is; het, door de optische meetfiber bepaalde, te bemeten oppervlak of meetkader van de orde van grootte van de licht-indringdiepte in de te bemeten stof of kleiner is en het
15 door de optische belichtingsfiber belichte deel van het te bemeten oppervlak of lichtkader van ten minste in hoofdzaak gelijke grootte als het meetkader of groter is.
2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de meetkop voorzien is van een tweede optische
20 belichtingsfiber waarvan het in de meetkop gelegen uiteinde zich bevindt op het verlengde van de verbindingslijn tussen de uiteinden van de eerste optische belichtingsfiber en de meetfiber en op gelijke afstand tot het meetfiberuiteinde.
3. Inrichting volgens conclusies 1-2, waarbij de meetkop
25 voorzien is van een afstandhouder voor het tijdens de meting op afstand houden van de in de meetkop gelegen optische fiberuiteinden tot het te bemeten oppervlak, met het kenmerk, dat bij meting door de afstandhouder een afstand van de optische fiberuiteinden tot het meetoppervlak kan worden aan-
30 gehouden waarbij éénmaal aan het meetoppervlak speculair gereflecteerd licht niet door de meetfiber kan worden geaccepteerd.

8000349

4. Inrichting volgens conclusie 3, met het ken-
merk, dat de afstandhouder twee buitenwaarts gerichte
pennen omvat, gelegen op een lijn door het meetfiberuiteinde, die
haaks staat op de verbindingslijn van de optische fiberuiteinden,
5 en symmetrisch ten opzichte van het meetfiberuiteinde aangebracht
zijn.
5. Inrichting volgens conclusies 1-4, voorzien van een
pulserende lichtbron, met het kenmerk, dat een
langwerpige lichtbron is toegepast evenwijdig aan de verbindings-
10 lijn van de door de lichtbron te beschijnen uiteinden van de
belichtingsfibers, welke in een belichtingskop zijn gefixeerd.
6. Inrichting volgens conclusie 5, met het ken-
merk, dat de afstand tussen de langwerpige lichtbron en
de belichtingskop zodanig gekozen is, dat de bronbreedte de
15 acceptatiehoek van de fibers juist vult.
7. Inrichting volgens conclusies 5-6, met het ken-
merk, dat tussen de lichtbron en de fiberuiteindenrij een
interferentiefilterwig voor variabele spectrale selectie zonder
lenzen of spiegels is aangebracht.
- 20 8. Inrichting volgens conclusies 4-7, met het ken-
merk, dat in de belichtingskop tussen de uiteinden van de
belichtingsfibers het uiteinde van een met het andere uiteinde
op het oppervlak van een referentiestof gerichte referentie-
belichtingsfiber is gefixeerd en volgens de $45^{\circ}-0^{\circ}$ geometrie
25 gecombineerd is met een referentiemeetfiber waarmee het van de
referentiestof gereflecteerde licht volgens de normaal kan worden
opgevangen.
9. Inrichting volgens conclusies 5-8, met het ken-
merk, dat de fiberuiteindenrij via de belichtingskop in
30 het vlak door de fiberuiteindenrij en de langwerpige lichtbron
kantelbaar is.

8000349

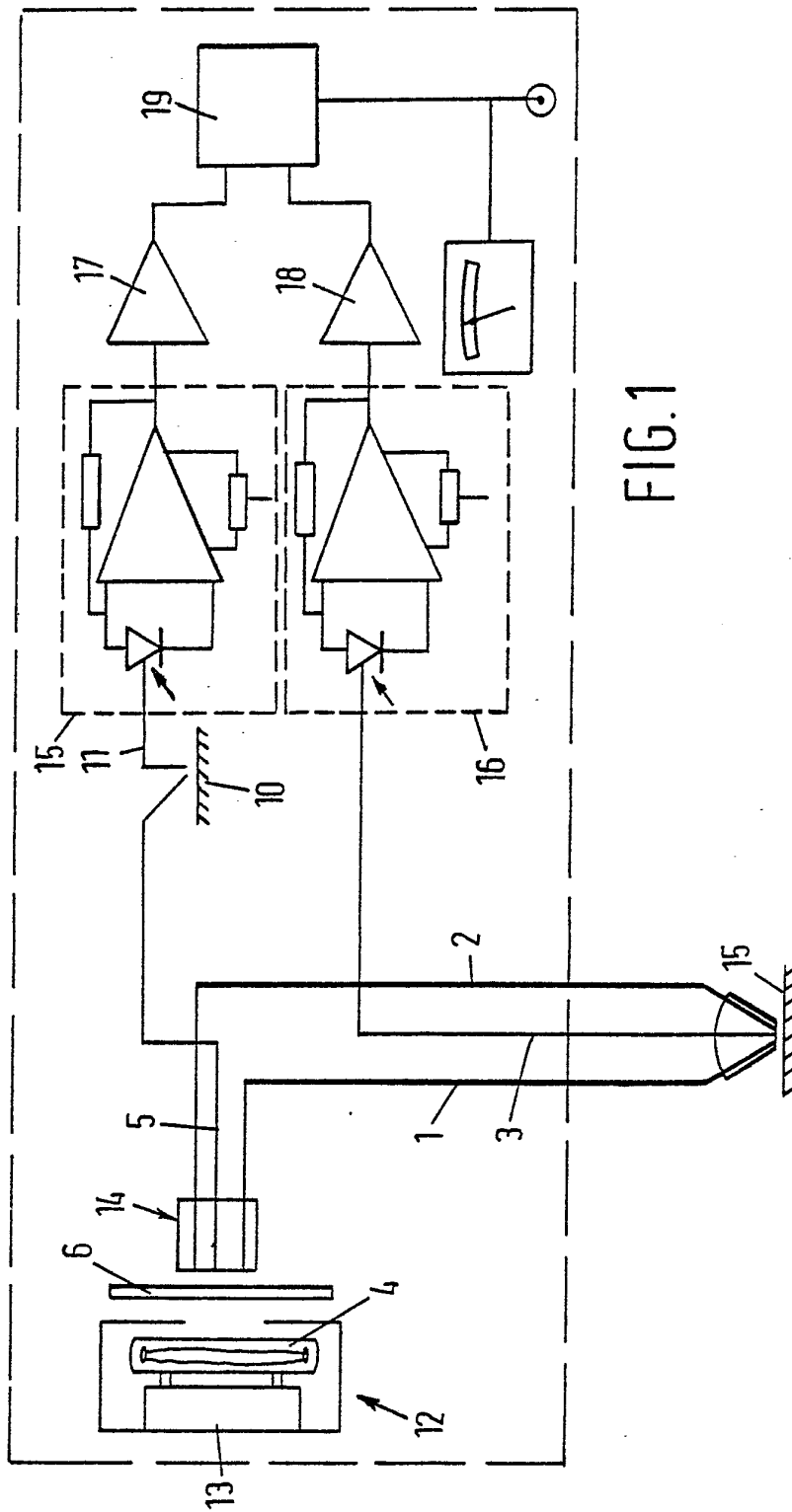


FIG.1

8000349

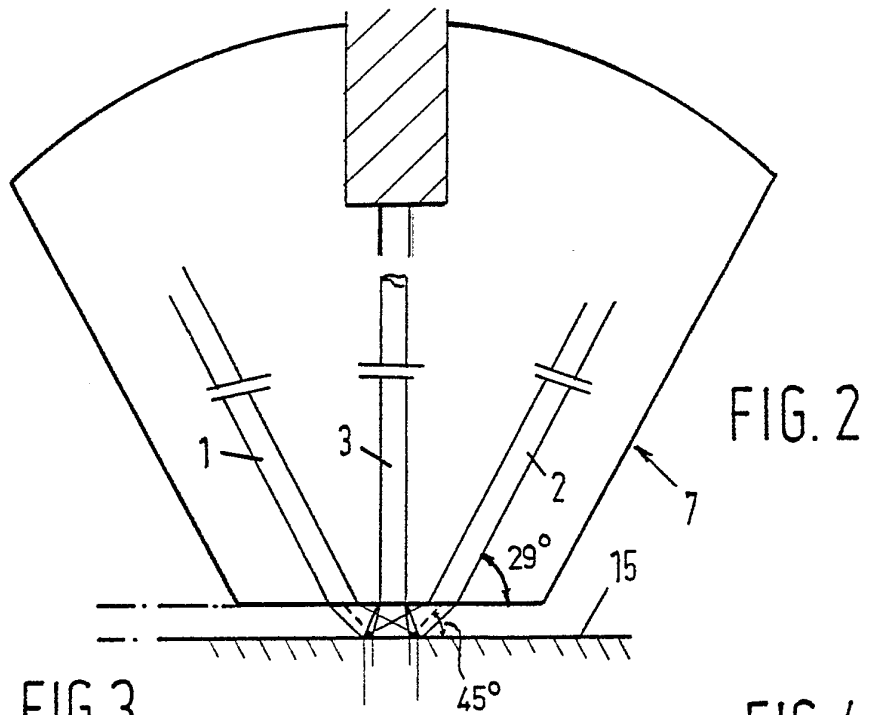


FIG. 2

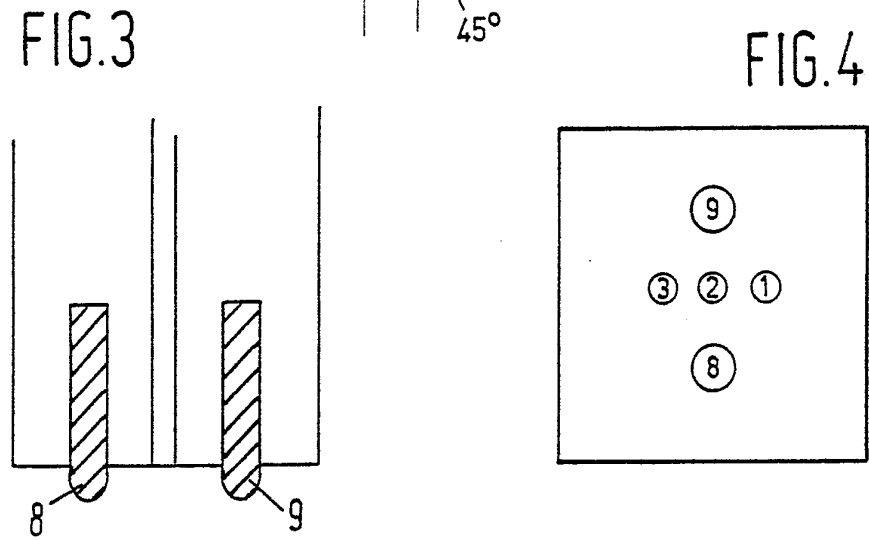


FIG. 3

FIG. 4

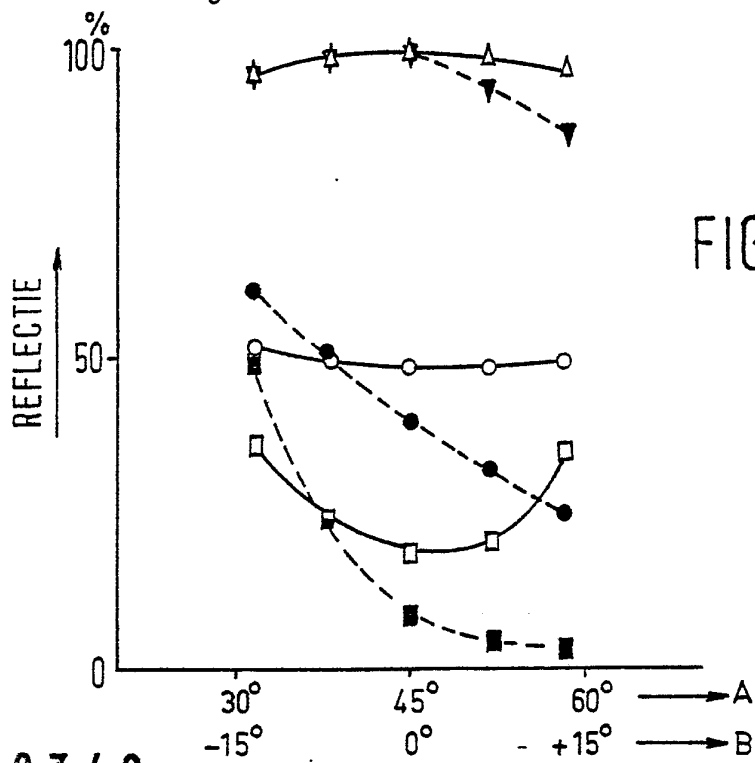
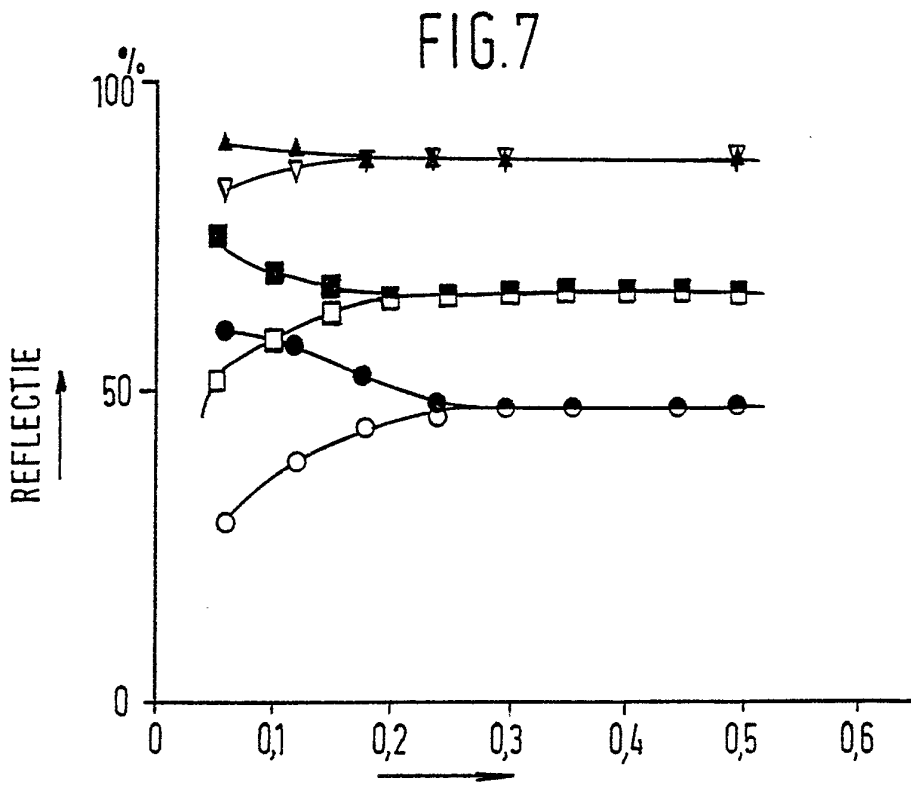
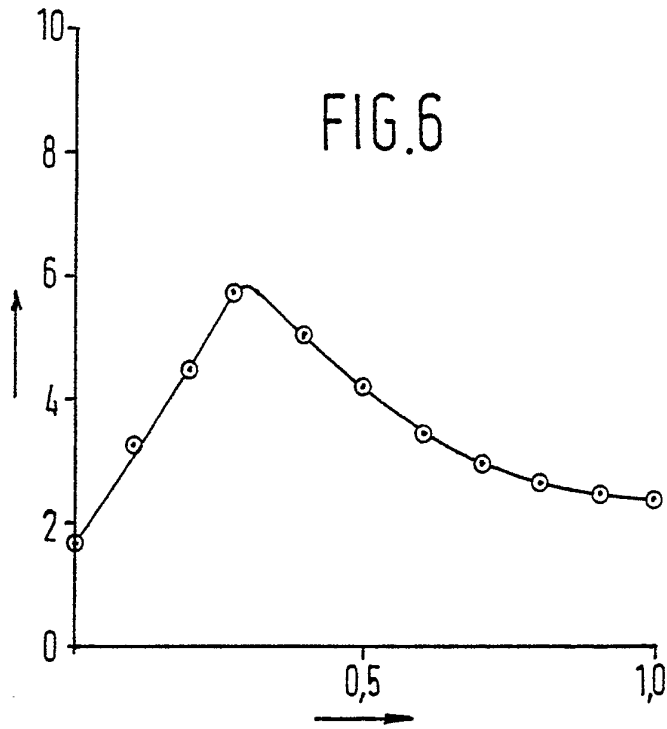


FIG. 5

8000349



8000349