
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **7905802**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Optische draad met een grote bandbreedte en een gegradueerde index, en werkwijze voor het vervaardigen daarvan.**
- ⑤1 Int.Cl.³: G02B5/172.
- ⑦1 Aanvrager: Corning Glass Works te Corning, New York, Ver.St.v.Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 7905802.
- ②2 Ingediend 26 juli 1979.
- ③2 Voorrang vanaf 31 juli 1978.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 929415 .
- ②3 --
- ⑥1 --
- ⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 4 februari 1980.

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

Corning Glass Works
Corning, New York, Verenigde Staten van Amerika.

Optische draad met een grote bandbreedte en een gegradueerde index, en werkwijze voor het vervaardigen daarvan.

De uitvinding heeft betrekking op optische draden met een grote bandbreedte en een gegradueerde index, welke draden kunnen worden gebruikt als voortplantingsmedia, en op de werkwijze voor het vervaardigen daarvan.

5 Optische draden, die in optische communicatiestelsels worden gebruikt, worden hierna aangeduid als optische golfpijpen, en zijn gewoonlijk gemaakt uit doorzichtig diëlectrisch materiaal, zoals glas of kunststof.

Optische golfpijpen met een gegradueerde index hebben een radiaal veranderlijke samenstelling, en derhalve een radiaal veranderlijke brekingsindex. De Amerikaanse octrooischriften 3.823.995 en 3.711.262 openbaren optische golfpijpen met een gegradueerde index, en werkwijzen voor het vormen daarvan door inwendige dampfase-oxydatie-werkwijzen. Wanneer in de beschrijving wordt verwezen naar inwendige dampfase-oxydatie-werkwijzen wordt het chemisch opdampen, de vlamhydrolyse en andere werkwijzen bedoeld, waarbij dampvormig materiaal in een verwarmde buis wordt geleid, daar kan reageren met zuurstof onder invloed van warmte, en wordt afgezet op het inwendige wandoppervlak van de buis. Het materiaal kan in de buis worden afgezet volgens opeenvolgende lagen, waarna de buis wordt onttrokken aan de warmte voor het verschaffen van een versmolten grondvorm. Het is duidelijk, dat het middengat aan het einde van het afzetten kan worden samengeklapt of dat de grondvorm na het onttrekken daarvan aan de warmte vervolgens weer kan worden verwarmd, waarbij het gat kan worden samengeklapt, en in ieder geval een massieve voorvorm wordt gevormd of het gat kan gedurende het trekken worden samengeklapt. Wanneer een massieve voorvorm wordt gevormd, wordt deze vervolgens verwarmd en tot een langwerpige fijne streng getrokken. Aangezien de constructie van de getrokken streng of draad een afspiegeling is van de constructie

van de voorvorm, is het van belang, dat de fysische eigenschappen van de voorvorm nauwkeurig worden geregeld.

Zoals voor deskundigen op dit gebied vertrouwd is, vertonen optische golfpijpen met een gegraduateerde index gewoonlijk een hogere brekingsindex in de kern bij het midden daarvan, en lagere brekingsindices op plaatsen radiaal naar buiten vanaf het kernmidden. De gegraduateerde brekingsindex kan zonder onderbrekingen veranderlijk zijn of met onderbrekingen, en kan een rechte lijnige, parabolische of een willekeurige andere gewenste karakteristiek vertonen.

10 Met betrekking tot de constructie en het gebruik van optische golfpijpen kan worden verwezen naar "Fiber Optics Principles and Applications" door N.S. Kapany, Academic Press, 1967; "Geometrical Optics of Parabolic Index Gradient Cylindrical Lenses" door F.P. Kapron, Journal of the Optical Society of America, Vol. 60, no. 11, blz. 1433 -

15 1436, november 1970; en "Cylindrical Dielectric Waveguide Mode" door E. Snitzer, Journal of the Optical Society of America, Vol. 51, no. 5, blz. 491 - 498, mei 1961.

Voor het tot stand brengen van een dergelijke verandering van de brekingsindex van een voorvorm of grondvorm, gevormd door een inwendige dampfase-oxydatie-werkwijze, kan de chemische samenstelling van de uitgangsmaterialen, die na het reageren het uiteindelijke materiaal uitmaken, dat is afgezet op het inwendige oppervlak van de buis, worden veranderd. Het dampmengsel wordt gehydrolyseerd of geoxydeerd en afgezet op het inwendige oppervlak van de buis,

25 en vervolgens versmolten voor het vormen van glas met een hoge kwaliteit en zuiverheid. Tegelijkertijd kunnen één of meer aanvullende dampen worden geleverd aan de buis, waarbij elke damp bestaat uit een chemisch middel, dat een "stimulator" wordt genoemd, waarvan de aanwezigheid de brekingsindex of andere eigenschappen van het glas, dat

30 wordt gevormd, beïnvloedt.

Het is bij het vormen van optische golfpijpgrondvormen of -voorvormen door de inwendige dampfase-oxydatie-werkwijze bekend, een weringlaag aan te brengen op de binnenzijde van de draag- of onderlaagbuis, voorafgaande aan het afzetten van het kernglas,

35 welke onderlaagbuis de bekleding vormt van de voorvorm. De belangrijkste

ste werking van de weringlaag bestaat uit het tot een minimum beperken van verliezen door verstrooiing en absorptie in tussenvlakken, door het verwijderen van het kern-bekledingstussenvlak, dat bij afwezigheid van de weringlaag aanwezig zou zijn tussen de afgezette lagen

5 met de grote zuiverheid, het glas met de lage demping en het inwendige oppervlak van de onderlaagbuis. De weringlaag is gewoonlijk een borium-silicaatglassamenstelling, omdat stimulerend silicium-dioxyde, dat in het algemeen het grondglas uitmaakt, met borium de afzettings-

10 temperatuur verlaagt en zodoende het krimpen van de onderlaagbuis tot een minimum beperkt. Andere voordelen van stimulerend silicium-dioxyde met borium zijn, dat het de brekingsindex van het glas verkleint en werkzaam is als een wering tegen de diffusie van hydroxyl-ionen, gewoonlijk aangeduid als waterstof of water, uit de onderlaagbuis naar

15 het afgezette kernglas bij de verhoogde behandelings- en trektemperaturen.

Het is algemeen bekend, dat de informatiebandbreedte van een optische golfpijpdraad aanzienlijk kan worden vergroot door het gradueren van het brekingsindexprofiel. De bandbreedte van een optische golfpijp met een gegradueerde brekingindex kan tussen onge-

20 veer 10 en 10^3 maal groter zijn dan de bandbreedte van een draad met een niet-gegradueerd indexprofiel. De vergroting van de bandbreedte is sterk afhankelijk van de gedaante van het brekingsindexprofiel.

De moeilijkheid is, dat bij het bekende vormen van optische golfpijpvormen of -grondvormen met een gegradueerde in-

25 dex door de inwendige dampfase-oxydatie-werkwijze, en in de daaruit gevormde glasdraden, de draden een samengesteld trap-gegradueerd brekingsindexprofiel vertonen, dat pulsspreiding van hogere-ordemodi veroorzaakt met een kleinere bandbreedte tot gevolg. Een dergelijk profiel is weergegeven in fig. 1, waarin het gegradueerde gedeelte is

30 aangegeven door de kromme 10, waarbij het getrapte gedeelte is aangegeven door het in hoofdzaak rechte vertikale gedeelte 12, dat een trapvergroting in de brekingsindex weergeeft.

Een samengesteld trap-gegradueerd brekingsindexprofiel, dat eveneens wordt geacht impulsiespreiding te veroorzaken van

35 hogere ordesoorten, is weergegeven in fig. 2, waarin het gegradueerde

7905802

gedeelte is aangegeven door de kromme 14, waarbij het getrapte gedeelte is aangegeven door de trap 16. Het ongewenste samengestelde trap-gegradueerd brekingsindexprofiel, weergegeven in fig. 2, wordt alleen ter illustratie beschreven, omdat niet bekend is, dat dit in
 5 de stand van de techniek zou zijn beschreven, maar nuttig wordt geacht voor het verschaffen van een beter begrip van de uitvinding.

Er bestaan ten minste twee oorzaken voor het samengestelde trap-gegradueerde profiel, weergegeven in de fig. 1 en 2. Om de hiervóór besproken redenen is een hoog boriumgehalte in de wering-
 10 laag gewenst. Een laag gehalte borium is gewenst in de kern voor het vergroten van de numerieke opening van de daaruit verkregen optische golfpijp voor het tot een minimum beperken van de Rayleigh-verstrooiing en het opheffen van de infrarood absorptie van de B-O-vibratiebanden in het spectrale bereik tussen 1,2 en 1,5 micrometer (H. Osani
 15 c.s., Electronic Letters 12, 549, 1976). De tweede reden voor een dergelijk trap-gegradueerd profiel is, dat bij het weringlaag-kerntussenvlak, een stimulator, zoals GeO_2 en/of P_2O_5 en dergelijke, met een bepaald gehalte moet worden ingevoerd, welk gehalte wordt bepaald door het vermogen van het stelsel voor dat leveren van de uitgangsmateriaaldamp. Op te merken is, dat in de figuren 1 en 2, de brekings-
 20 index van de kern bij het weringlaag-kerntussenvlak met een waarde Δn groter is dan de brekingsindex van het onderlaagbuismateriaal of de bekleding. Gemeend wordt dat een dergelijke trapvergroting in de kernbrekingsindex van het weringlaagkerntussenvlak, de pulsspreiding van
 25 de hogere ordemodi veroorzaakt, die een kleinere bandbreedte tot gevolg hebben. In elk voorbeeld is siliciumdioxide weergegeven als het onderlaagbuismateriaal met een brekingsindex van 1,4570, waarbij de brekingsindex bij de hartlijn 18 en 20 van de draden volgens de figuren 1 en 2, gelijk is aan 1,4766. Het is duidelijk, dat de brekingsindices
 30 gelden voor een golflengte van ongeveer 630 nm voor een draad met een numerieke apertuur van ongeveer 0,24.

De kromme 48 van fig. 13 toont de pulsverbreding, die is waargenomen bij een gebruikelijk samengesteld trap-gegradueerd profiel. Het hoge, smalle gedeelte van de impulsie wordt ver-
 35 schaft door het gegradueerde gedeelte van het brekingsindexprofiel,

waarbij de brede onderkant, die zich naar rechts uitstrekt, is veroorzaakt door het trapgedeelte van het profiel. De bandbreedte van de draad, weergegeven door de kromme 48 van fig. 13, is gemeten op 260 mHz. voor een lengte van 1 km.

5 Een gewoonlijk gebruikte werkwijze voor het vervaardigen van bijvoorbeeld optische golfpijpen met een geïnduceerde index en een $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ - of $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-P}_2\text{O}_5$ -kern, is weergegeven in de fig. 3 en 4, waarbij de gelijktijdige vermindering van het B_2O_3 -gehalte en het invoeren van bepaalde gehalten van GeO_2 en/of P_2O_5 10 een trapvergroting veroorzaakt in de brekingsindex bij de rand van de kern, en leidt tot het trap-geïnduceerde profiel van fig. 1, zoals hiervoor beschreven. Daarentegen is de werkwijze, weergegeven in fig. 5, die de tweede soort ongewenst trap-geïnduceerd profiel, weergegeven in fig. 2, vertoont, het gevolg wanneer bepaalde gehalten van 15 GeO_2 en/of P_2O_5 worden gebruikt in de weringlaag samen met B_2O_3 , en de hoeveelheid B_2O_3 in de weringlaag onvoldoende is voor het vereffenen van de verhoging van de brekingsindex als gevolg van de aanwezige hoeveelheid GeO_2 en/of P_2O_5 . In een dergelijke omstandigheid wordt een trapvergroting veroorzaakt in de brekingsindex bij het bekleding- 20 weringlaagtussenvlak, welke vergroting leidt tot het trap-geïnduceerde indexprofiel van fig. 2.

Hoewel de figuren 3, 4 en 5 de uitgangsmaterialen weergegeven als de chloriden en dergelijke van borium, silicium, germanium en fosfor, is het duidelijk, dat deze uitgangsmaterialen onder 25 invloed van zuurstof en warmte reageren en de betrokken oxyden leveren. De gebruikte uitdrukking "dampfase-oxydatie" omvat ook het chemisch opdammen en andere dampfase-oxydatiewerkwijzen. De uitdrukking "chemisch opdammen" betekent de vorming van afzettingen door chemische reacties, die plaats vinden op, bij of nabij het afzettingsoppervlak. 30 Deze definitie is uiteengezet op blz. 3 van het boek "Vapor Deposition", uitgegeven door C.F. Powell c.s., New York, John Wiley & Sons, Inc., 1966. Elke algemeen bekende wijziging van de werkwijze kan worden gebruikt voor het tot stand brengen van het afzetten van de passende glasbekleding door de chemische opdamperwerkwijze, zoals bijvoorbeeld 35 beschreven op blz. 263 van het genoemde boek, waar is gesteld: "Een

ander middel voor het verkrijgen van een regelmatige bekleding, welk middel tevens een grote afzettingsdoelmatigheid kan geven, en in het bijzonder toepasbaar is voor het bekleden van de inwendige oppervlakken van buizen met een kleine boring, bestaat uit het verwarmen van
 5 slechts een klein gedeelte van de buis tot de afzettingstemperatuur.... Het tot de afzettingstemperatuur verwarmde gedeelte wordt langzaam over de totale te bekleden lengte of het totale te bekleden gebied van de buis bewogen." In dit verband wordt tevens verwezen naar het Amerikaanse octrooischrift 3.031.338.

10 Een ander doeltreffend middel voor het aanbrengen van bekledingen door dampfase-oxydatie bestaat uit het sinteren van een roetlaag van het gewenste materiaal, aangebracht door vlamhydrolyse, soortgelijk aan hetgeen is beschreven in het Amerikaanse octrooischrift 2.272.342 of 2.326.059.

15 De uitvinding is er op gericht de vorming van het trapgedeelte van het profiel te voorkomen en in plaats daarvan te voorzien in een zuiver gegradueerde index van brekingsindexprofielen zoals geïllustreerd in figuren 6 of 7. Zoals weergegeven in kromme 52 van figuur 12 heeft de draad van de uitvinding veel minder verbreding en een gemeten bandbreedte van 910 MHz bij een lengte van 1 km.
 20 De verminderde pulsverbreding en de grotere bandbreedte worden bereikt door het opheffen van het trapgedeelte van het trap-gegradueerde profiel. Tevens wordt de numerieke apertuur vergroot, de Rayleigh verstrooiing verminderd en de infrarood-absorptie van B-O vibratiebanden in het spectrale bereik tussen 1,2 en 1,5 micrometer verminderd.
 25

Meer in het bijzonder wordt volgens de uitvinding voorzien in een optische draad met grote bandbreedte en gegradueerde index, omvattende een buitenste bekledingslaag met een voorafbepaalde brekingsindex, een weringlaag op het binnenwand-oppervlak van de
 30 bekledingslaag die een basisglas en ten minste een doteermiddel omvat, waarbij de hoeveelheid van het basisglas en het doteermiddel over de gehele dikte van de weringlaag vrijwel uniform zijn, alsmede een kern van zeer zuiver glas, voorzien van een gegradueerde brekingsindex, opgesteld in de weringlaag en daaraan vastgehecht ter vorming van een
 35 grensvlak daartussen, welke kern in wezen bestaat uit een basisglas

en een of meer doteermiddelen, welke draad daardoor is gekenmerkt, dat een of meer doteermiddelen een ander doteermiddel dan B_2O_3 omvatten en zijn opgenomen in een zodanige hoeveelheid dat over de dwarsdoorsnede van de kern een vrijwel ononderbroken variërende ge-
 5 gradueerde brekingsindex van het grensvlak naar de as van de kern wordt geleverd, welke kernbrekingsindex bij het grensvlak vrijwel gelijk is aan of kleiner dan de brekingsindex van de weringlaag bij het grensvlak, waarbij op zijn beurt de brekingsindex van de weringlaag ten hoogste gelijk is aan die van de bekledingslaag.

10 De uitvinding wordt nu nader toegelicht aan de hand van de tekening, waarin:

Figuur 1 een grafische illustratie is van een trapgegradueerd brekingsindexprofiel van een bekende golfpijp;

15 figuur 2 een grafische illustratie is van een ander trapgegradueerd brekingsindex-profiel van een golfpijp met kleine bandbreedte;

figuren 3 en 4 een grafische illustratie zijn van bekende werkwijzen voor het invoeren van uitgangsdamp-materialen bij de vorming van optische golfpijpen met een trapgegradueerd bre-
 20 kingsindexprofiel;

figuur 5 een grafische illustratie is van de methode voor het inbrengen van uitgangsdampmaterialen bij de vorming van de golfpijp met het trapgegradueerde brekingsindexprofiel van figuur 2;

25 figuren 6 en 7 grafische voorstellingen zijn van de optische draden volgens de uitvinding met grote bandbreedte en ge-
 duerde index;

figuur 8 een ruimtelijk aanzicht is van een optische golfpijp van de uitvinding;

30 figuren 9 en 10 grafische illustraties zijn van de werkwijze volgens de uitvinding voor het inbrengen van uitgangsdamp-materialen bij de vorming van de optische draden met grote bandbreedte;

figuur 11 een grafische voorstelling is van het hoofdmodusgetal versus vertragingstijd van een optische golfpijp gevormd volgens de uitvinding vergeleken met een bekende golfpijp, en

35 figuur 12 een grafische illustratie is van de band-

breedte weergegeven door tijd versus energie van een optische golfpijp gevormd volgens de uitvinding vergeleken met een bekende golfpijp.

Op te merken is dat de tekeningen illustratief en symbolisch zijn voor de uitvinding en geen schaal of onderlinge verhoudingen van de weergegeven elementen aangeven.

Eenvoudigheidshalve wordt de uitvinding beschreven in samenhang met de vorming van optische golfpijp-voorvormen met grote bandbreedte en een gegradueerde index en de golfpijpen zelf, waarbij het grondglas bestaat uit siliciumdioxide, hoewel de uitvinding daartoe niet beperkt is.

Twee voorbeelden van optische draden met grote bandbreedte en een gegradueerde index gemaakt van voorvormen of grondvormen, volgens de uitvinding, worden geïllustreerd in figuren 6 en 7. Figuur 8 toont een gebruikelijke optische golfpijp 22 gevormd volgens de uitvinding. In figuren 6 en 8 is de vrije gegradueerde brekingsindexkern 24 aangegeven door kromme 26 waarbij de weringlaag 28 is aangegeven door het vlakke gedeelte 30. Het uitgangsgedeelte of de onderlaagbuis 32, die uiteindelijk de golfpijpbekleding vormt, is weergegeven door het vlakke gedeelte 34 in figuur 6. Het is duidelijk dat de weringlaag het eerst afgezet materiaal op het inwendige oppervlak van de onderlaagbuis omvat, waarbij de weringlaag soms wordt aangeduid als de afgezette bekleding. Het onderlaagbuis materiaal toegepast in de uitvinding is siliciumdioxide-basisglas dat 2 mol% GeO_2 als doteermiddel bevat, terwijl daarvan de brekingsindex van het bekledingsgedeelte weergegeven in de figuur 6 gelijk is aan 1,4595, hetgeen 0,0025 groter is dan de brekingsindex van het siliciumdioxide-basisglas. Dit geldt voor elk van de illustraties in figuren 6 en 7 voor een eenvoudige beschrijving van de uitvinding en een gemakkelijke vergelijking. Voor het bevorderen van deze doeleinden is de brekingsindex bij elk van deze voorbeelden bij de hartlijnen 36 en 38 van de optische golfpijpen van figuren 6 en 7 resp. bij benadering 1,4787, terwijl de weringlaag een dikte "b" van elk bij benadering 1 micrometer en van de kernstraal "a" bij benadering 31,25 cm is.

De werkwijze volgens de uitvinding voor het vormen

7905802

van een voorvorm of een grondvorm, alsmede de optische draad zelf kan een willekeurige werkwijze zijn, zoals b.v. beschreven in de Amerikaanse octrooischriften 3.923.995 en 3.711.262 als eerder genoemd. Elke andere werkwijze voor het vormen van optische golfpijpen met ge-
5 gradueerde index is tevens voor de doeleinden van de uitvinding geschikt. Hoewel elke bekende methode ter vorming van de uitgangsonderdelen of de onderlaagbuis kan worden toegepast, beschrijven de hiervoor genoemde Amerikaanse octrooischriften werkwijzen voor het vormen van de buis die voor de uitvinding geschikt zijn.

10 In figuren 9 en 10 zijn twee werkwijzen weergegeven voor het vormen van de optische golfpijp volgens figuren 6 en 7 met hoge bandbreedte, gegradueerde index en B_2O_3 vrije kern. Op te merken is dat figuren 9 en 10 de uitgangsmaterialen illustreren, te weten de chloriden en dergelijke van borium, silicium, fosfor en ger-
15 manium, welke materialen onder invloed van zuurstof en warmte reageren onder vorming van de betrokken oxyden. Het in figuren 9 en 10 geïllustreerde basisglas bestaat uit siliciumdioxide waaraan selectief B_2O_3 , GeO_2 en P_2O_5 is toegevoegd. Het uitgangsdeel of de onderlaag bestaat in elk voorbeeld uit siliciumdioxide gedoteerd met GeO_2 .

20 De weringlaag wordt gevormd door het aanbrengen van een aantal materiaallagen op het inwendige oppervlak van de onderlaagbuis, waarbij de samenstelling van de weringlaag in hoofdzaak overal regelmatig is met een in hoofdzaak gelijkblijvend gehalte aan siliciumdioxide, P_2O_5 , GeO_2 en naar keuze B_2O_3 . Zoals weergegeven in
25 figuur 9 worden de gehalten van P_2O_5 en GeO_2 in de weringlaag op een peil gehouden waarbij de brekingsindex van de weringlaag kleiner is dan die van het siliciumdioxide-basisglas gedoteerd met GeO_2 , zoals weergegeven door het vlakke gedeelte 30 van figuur 6. Meer in het bijzonder ligt de brekingsindex van de barrièrelaag in het in figuur 6
30 weergegeven voorbeeld, ongeveer 0,0004 lager dan die van de gedoteerde siliciumdioxide-bekleding. Voor het verkrijgen van de gegradueerde indexkern zoals weergegeven door kromme 26 van figuur 6 wordt de hoeveelheid GeO_2 en P_2O_5 in de kernmateriaalsamenstelling afgezet over de weringlaag geleidelijk verhoogd wanneer elke opvolgende laag van
35 kernmateriaal wordt afgezet. Het is duidelijk dat de kern kan worden

7905802

gevormd door het aanbrengen van een aantal lagen kernmateriaal totdat de gewenste dikte van de kernlaag is bereikt.

Omdat de weringlaag en de kern in fig. 9 elk P_2O_5 en GeO_2 bevatten, en er geen plotselinge verandering plaatsvindt in de hoeveelheden van deze doteermiddelen, noch het plotseling inbrengen van een nieuw doteermiddel wanneer de kern wordt gevormd over de weringlaag, heeft het daaruit ontstane golfpijpprofiel zoals geïllustreerd in figuur 6 niet het trap-gegradueerd indexprofiel van de bekende golfpijpen. Het is duidelijk dat de verandering in de hoeveelheid P_2O_5 en GeO_2 in de kerndikte op een voorafbepaalde wijze is geprogrammeerd voor het zodoende verkrijgen van een voorafbepaald, gewenst dwarsdoorsnedeprofiel van de uiteindelijke optische golfpijp.

In figuur 10 wordt een werkwijze voor het vormen van de optische golfpijp met hoge bandbreedte en gegradueerde index van figuur 7 geïllustreerd. Onder tevens verwijzen naar figuur 8 is de gegradueerde brekingsindex van de B_2O_3 vrije kern 24 in figuur 7 aangegeven door kromme 40, waarbij de weringlaag 28 is aangegeven door het vlakke gedeelte 42. Het uitgangsgedeelte of de onderlaagbuis 32, die uiteindelijk de golfpijpbekleding vormt, is weergegeven door het vlakke gedeelte 44 in fig. 7. Zoals weergegeven in figuur 10 worden de gehalten B_2O_3 , P_2O_5 en GeO_2 in de weringlaag op een peil gehouden waardoor de brekingsindex van de weringlaag in hoofdzaak gelijk is aan die van het uitgangsgedeelte van het met GeO_2 gedoteerde siliciumdioxide als weergegeven door het vlakke gedeelte 42 van figuur 7. Voor het verkrijgen van de kern met gegradueerde index als weergegeven door kromme 40 van figuur 7, wordt zoals blijkt uit figuur 10 de hoeveelheid B_2O_3 in de kernmateriaalsamenstelling afgezet over de weringlaag totaal verwijderd, terwijl de hoeveelheid GeO_2 en P_2O_5 in de kernsamenstelling aanvankelijk scherp wordt verlaagd en daarna geleidelijk in elke opvolgende laag wordt verhoogd. Het is duidelijk dat de kern kan worden gevormd door het aanbrengen van een aantal lagen kernmateriaal totdat de gewenste dikte van de kernlaag is bereikt. Aangezien B_2O_3 volledig uit het kernmateriaal wordt verwijderd en de hoeveelheden van elk GeO_2 en P_2O_5 scherp worden verlaagd wanneer de eerste laag kernmateriaal over de weringlaag wordt afgezet, is er een

7905802

plotselinge verlaging in de brekingsindex bij het weringlaag-kern-grensvlak als geïllustreerd door het profiel in figuur 7. Men ziet derhalve dat het verkregen golfpijpprofiel zoals geïllustreerd in figuur 7 met het trap-gegradueerd indexprofiel heeft met een trapver-
5 groting in de kernbrekingindex van de bekende golfpijpen. Men zal begrijpen dat de verandering in de hoeveelheid P_2O_5 en GeO_2 binnen de kerndikte op voorafbepaalde wijze wordt geprogrammeerd teneinde een voorafbepaald gewenst dwarsdoorsnede-profiel van de uiteindelijke
10 optische golfpijp te verkrijgen. Het is tevens duidelijk dat hoewel de werkwijzen geïllustreerd in figuren 9 en 10 ter vorming van optische golfpijpen van figuren 6 en 7 beschreven zijn in samenhang met B_2O_3 , P_2O_5 en GeO_2 als doteermiddelen andere doteermiddelen of combinaties daarvan kunnen worden toegepast met uitzondering dat de kern vrij is van B_2O_3 . Wanneer andere doteermiddelen of combinaties daarvan worden
15 toegepast dienen de hoeveelheden daarvan op de juiste wijze te worden geprogrammeerd, zoals duidelijk is, teneinde een voorafbepaald gewenst dwarsdoorsnedeprofiel te verkrijgen. Voor een beter begrip van de voordelen van de uitvinding wordt verwezen naar figuren 11 en 12. Kromme 46 in figuur 11 en kromme 48 in figuur 12 zijn verkregen
20 onder gebruikmaking van een bekende optische golfpijp van b.v. de in figuur 1 weergegeven soort, waarbij de krommen 50 van figuur 11 en 52 van figuur 12 werden verkregen onder gebruikmaking van een optische golfpijp volgens de uitvinding zoals b.v. weergegeven door figuur 6. Het zal duidelijk zijn dat kromme 50 van figuur 11 en kromme 52 van
25 figuur 12 slechts illustraties zijn van de lijn van de gegevens van de golfpijpen van de uitvinding en geen gemeten gegevens voorstellen. In figuur 11 wordt de vertragingstijd in nanosec. per km weergegeven als functie van het hoofdmodusgetal (m) voor optische golfgeleiders, waarvan de gemeten en geïllustreerde gegevens worden voorgesteld door
30 resp. krommen 46 en 50. Met betrekking tot figuur 11 wordt ook verwezen naar een artikel getiteld "Differential Mode Attenuation in Graded-Index Optical Waveguides" door Robert Olshansky, gepubliceerd op blz. 423 van de Technical Digest van de 1977 International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communications, Tokio, Japan. Het
35 hoofdmodusgetal " m " staat in verband met de Lanseerplaats " r " van een

7905802

laservlak bij het ingangseinde van een vezel volgens de vergelijking:

$$m = M (r/a)^2$$

waarin "a" de kernstraal en "M" de maximumwaarde van het hoofdmodus-
getal is gegeven door

$$M = 1/2 n_1 k a \sqrt{2} \Delta$$

5 waarin "n₁" de brekingsindex van de hartlijn is, "k" gelijk is aan
 $2\pi / \lambda$, λ de golflengte is in de vrije ruimte (799 nm voor de in
 figuur 11 weergegeven gegevens) en Δ gelijk is aan $(n_1 - n_2)/(n_1)$,
 waarin "n₂" de brekingsindex van de bekleding is. Als gevolg van de
 10 trap-toename in het brekingindexprofiel bij het kernweringlaaggrens-
 vlak van de in figuur 1 weergegeven golfpijp ontstaat een grote ver-
 tragingstijdverschuiving voor hogere ordemodi, voortgeplant door een
 dergelijke golfpijp, als gevolg waarvan een grote rms pulsbreedte
 van 0,69 ns wordt geproduceerd zoals te zien is aan kromme 46 van
 15 figuur 11. Wanneer de gedaante van het brekingsindexprofiel overeen-
 komstig de uitvinding wordt gecorrigeerd, zoals weergegeven in fi-
 guur 6, is de vertragingstijdverschuiving zoals weergegeven door kromme 46
 in figuur 11, opgeheven, zoals aangetoond door de illustratieve en
 representatieve kromme 50. Te zien is dat de rms pulsverbreding weer-
 20 gegeven door kromme 50 van figuur 11 is verminderd tot ongeveer 0,21 ns.

Onder het aanvullend verwijzen naar figuur 12, waar-
 in de kromme 48 gegevens vertegenwoordigt van de in figuur 1 weer-
 gegeven bekende optische golfpijp, wordt de pulsbreedte " σ " van 0,69
 ns mathematisch vertaald in een bandbreedte van 0,28 GHz. De gemeten
 25 bandbreedte was 260 mHz. Daarentegen wordt de optische golfpijp van de
 uitvinding van figuur 6 weergegeven door kromme 50 van figuur 11 en
 kromme 52 van figuur 12 met een pulsbreedte " σ " van 0,21 ns mathema-
 tisch vertaald in een bandbreedte van ongeveer 0,95GHz.

Voor vergelijkings- en informatiedoeleinden zijn de
 30 gegevens met betrekking tot de chemische opdamperwijze weergegeven
 door figuren 3 en 4, met welke werkwijze de bekende optische golf-
 pijpen weergegeven door figuur 1 zijn gevormd, en de berekende werk-
 wijzegegevens voorgesteld door figuur 5, welke werkwijze wordt ge-
 acht de door figuur 2 weergegeven optische golfpijp te leveren, ver-
 35 meld in de tabel A. De gegevens van het voorbeeld van figuren 1 en 4

7905802

zijn weergegeven door kromme 46 van figuur 11 en kromme 48 van figuur 12.

T A B E L A

Vb.	Reactiebestand- delen	Weringlaag stroming reactie- bestanddeel	Kern stroming reactie- bestanddeel
5	figuren	SiCl_4	0,6 g/min
	1 en 3	GeCl_4	-
		BCl_3	20 cm ³ /min
10	figuren	SiCl_4	0,6 g/min
	1 en 4	GeCl_4	-
		POCl_3	-
		BCl_3	20 cm ³ /min
15	figuren	SiCl_4	0,6 g/min
	2 en 5	GeCl_4	0,2 g/min
		BCl_4	20 cm ³ /min

Voor elk van de voorbeelden van tabel A is de over-
maat zuurstof gelijk aan 1000 cm³/min, de temperatuur 1750°C en de
20 dwarssnelheid voor het aanbrengen van de lagen 15 cm/min voor zowel
de weringlaag als de kern; waarbij de weringlaag wordt gevormd door
drie doorgangen of lagen en de kern wordt gevormd door 60 doorgangen
of lagen. De resulterende optische golfpijp heeft een uitwendige dia-
meter van ongeveer 125 micrometer, een kerndiameter van 62,5 micro-
25 meter en een weringlaagdikte van ongeveer 1 micrometer, hoewel de we-
ringlaag desgewenst tussen ongeveer 1 en 10 micrometer kan liggen.

Nu volgt een gebruikelijk voorbeeld van het vervaar-
digen van een optische golfpijp voorzien van een profiel zoals weer-
gegeven in figuur 6 en gevormd door de werkwijze als geïllustreerd
30 in figuur 9 van de uitvinding. Een onderlaagbuis van siliciumdioxide
met 2 mol% GeO_2 met een uitwendige diameter van 25 mm en een wand-

7905802

dikte van 1,275 mm werd gemonteerd in een bekende afzetlade. De samenstellende reactiebestanddelen SiCl_4 , GeCl_4 en POCl_3 werden aan de onderlaagbuis afgeleverd volgens bekende chemische opdampsystemen. Illustratieve parameters van werkwijze van dit voorbeeld zijn mathe-

5 matisch berekend en geschat in de nu volgende tabel B.

T A B E L B

Vb.	Reactiebestanddelen	Weringlaagstroming reactiebestanddeel	Kernstroming reactiebestanddeel
10 figuren	SiCl_4	0,6 g/min	0,6 g/min
6 en 9	GeCl_4	0,04 g/min	0,04 - 0,46 g/min
	POCl_3	0,0059 g/min	0,0059 - 0,20 g/min

Voor het voorbeeld van tabel B was de geleverde overmaat zuurstof ongeveer $1000 \text{ cm}^3/\text{min}$, de vormtemperatuur ongeveer 1750°C

15 en de dwarssnelheid voor het aanbrengen van de laag ongeveer $15 \text{ cm}/\text{min}$ voor zowel de weringlaag als de kern; waarbij de weringlaag werd gevormd door drie doorgangen of lagen en de kern door 60 doorgangen of lagen.

De aldus gevormde grondvorm of voorvorm werd vervolgens verhit tot een temperatuur van ongeveer 2200°C , gedraaid met een snelheid van 60 - 90 omw/min, waarna het middengat samenklapte en een massieve voorvorm werd gevormd. De massieve voorvorm werd vervolgens gemonteerd in een bekende trekrichting, waarbij het einde daarvan werd verhit tot een temperatuur van ongeveer 2000°C en getrokken tot

25 optische golfpijpdraad, voorzien van een dwarsdoorsnedeprofiel als weergegeven in figuur 6, en de eigenschappen als weergegeven door kromme 50 van figuur 11 en kromme 52 van figuur 12. De verkregen optische golfpijp had een uitwendige diameter van ongeveer 125 micrometer, een kerndiameter van ongeveer 62,5 micrometer en een wering-

30 laagdikte van ongeveer 1 micrometer. De silicabekleding met 2 mol% GeO_2 had een brekingsindex van ongeveer 1,4595, de weringlaag die 1 mol% van elk GeO_2 en P_2O_5 bevatte met als rest siliciumdioxide had een brekingsindex van ongeveer 1,4591 en de kern bij de centrale hart-

7905802

lijn 36 die ongeveer 15 mol% GeO_2 en ongeveer 4 mol% P_2O_5 bevatte met als rest de siliciumdioxide had een brekingsindex van ongeveer 1,4787.

In een ander voorbeeld van de uitvinding wordt gebruik gemaakt van hetzelfde afgiftesysteem en de chemische opdamp-
 5 lade als beschreven in het vorige voorbeeld. Een siliciumdioxide-
 buis die 2 mol% GeO_2 bevatte met een buitendiameter van 25 mm en een
 wanddikte van 1,275 mm werd gemonteerd in een afzettinglade. De
 werkwijze-parameters ter vorming van een optische golfpijp met een
 brekingsindexprofiel als geïllustreerd in figuur 7 volgens de werk-
 10 wijze geïllustreerd door figuur 10 zijn mathematisch berekend en ge-
 schat zoals vermeld in tabel C.

T A B E L C

Vb.	Reactiebestand- delen	Weringlaag stroming reactiebe- standdeel	Kern stroming reactie- bestanddeel
15	SiCl_4	0,6 g/min	0,6 g/min
figuren	GeCl_4	0,23 g/min	0,02 - 0,46 g/min
7 en 10	POCl_3	0,05 g/min	0,044 - 0,20 g/min
	BCl_3	30 cm ³ /min	geen

20 Voor het voorbeeld van tabel C is de geleverde over-
 maat zuurstof ongeveer 1000 cm³/min, de vormtemperatuur ongeveer
 1750 °C en de dwarssnelheid voor het aanbrengen van de lagen onge-
 veer 15 cm/min, voor zowel de weringlaag als de kern; waarbij de wering-
 laag wordt gevormd door drie doorgangen of lagen en de kern door 60
 25 doorgangen of lagen.

Nadat de voorvorm of grondvorm als beschreven is
 vervaardigd, wordt deze verhit tot een temperatuur van ongeveer 2200 °C,
 gedraaid met een snelheid van 60 - 90 omw/min, waarna het middengat
 samenklapt en een massieve vorm wordt verkregen. Het aldus gevormde
 30 voorwerp wordt aansluitend gebracht in een bekende trekrichting,
 het einde daarvan verhit en een draad met een buitendiameter van onge-
 veer 125 micrometer, een kerndiameter van ongeveer 62,5 micrometer en
 een weringlaag van ongeveer 1 micrometer wordt op op zichzelf bekende

7905802

wijze getrokken. De aldus gevormde golfpijp dient een brekingsindex-
profiel als geïllustreerd door figuur 7 te bezitten. De silicium-
dioxydebekleding die 2 mol% GeO_2 bevatte had een brekingsindex van
ongeveer 1,4595, de weringlaag die 5,7 mol% GeO_2 , 1 mol% P_2O_5 en
5 10 mol% B_2O_3 met als rest siliciumdioxyde bevatte had tevens een bre-
kingsindex die niet groter was dan ongeveer 1,4595, de eerste kern-
doorgang of laag die 1 mol% van zowel GeO_2 als P_2O_5 met als rest sili-
ciumdioxyde bevatte had een brekingsindex van 1,4591 en de kern bij
de centrale as 38 die ongeveer 15 mol% GeO_2 en 4 mol% P_2O_5 met als
10 rest siliciumdioxyde bevatte had een brekingsindex van ongeveer 1,4787.

Men zal begrijpen dat het centrale gat van elk van
de golfpijpvormen of grondvormen uit de voorafgaande voorbeelden
bij het eind van de bekledingsmethode zal inklappen of inzakken zoals
beschreven of de voorvorm kan aansluitend opnieuw worden verhit waar-
15 bij het gat samenklapt of het gat kan desgewenst gedurende het rekken
worden samengeklapt.

7905802

C O N C L U S I E S

=====

1. Optische draad met grote bandbreedte en een ge-
 radueerde index welke draad een uitwendige bekledingslaag omvat met
 een voorafbepaalde brekingsindex, verder een weringlaag op het inwen-
 dige wandoppervlak van de bekledingslaag, welke weringlaag een grond-
 5 glas en tenminste een doteermiddel omvat, waarbij de hoeveelheid van
 het grondglas en het doteermiddel door de gehele dikte van de wering-
 laag in hoofdzaak regelmatig is, en een kern uit zeer zuiver glas,
 met een ge radueerde brekingsindex, welke kern zich in de wering-
 laag bevindt en daaraan is gehecht onder vorming van een grensvlak
 10 daartussen, waarbij de kern in hoofdzaak bestaat uit een grondglas
 en één of meer doteermiddelen, met het kenmerk, dat een of meer van
 de doteermiddelen een ander doteermiddel omvatten dan B_2O_3 , dat is
 opgenomen in een hoeveelheid waardoor over de dwarsdoorsnede van de
 kern een nagenoeg gelijkmatig variërende ge radueerde brekingsindex
 15 van genoemd grensvlak tot de hartlijn van de kern wordt geleverd,
 waarbij de kernbrekingsindex bij genoemd grensvlak nagenoeg gelijk
 is aan of kleiner dan de brekingsindex van de weringlaag bij het
 grensvlak, en de brekingsindex van de weringlaag op zijn beurt ten
 hoogste gelijk is aan die van de bekledingslaag.
- 20 2. Draad volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de
 bekledingslaag is samengesteld uit siliciumdioxyde dat GeO_2 bevat.
3. Draad volgens conclusies 1 of 2, met het kenmerk,
 dat de doteermiddelen in de weringlaag en de kern GeO_2 en/of P_2O_5
 omvatten.
- 25 4. Draad volgens conclusies 1 of 2, met het kenmerk,
 dat een van de doteermiddelen, uitsluitend in de weringlaag, B_2O_3 omvat.
5. Werkwijze voor het vormen van een voorvorm van een
 optische draad met grote bandbreedte, waarbij wordt uitgegaan van
 een cilindrisch buisvormig uitgangsgaan gevormd van een grondglas
 30 en ten minste één doteermiddel voor het vergroten van de brekings-
 index van het buisvormige uitgangsgaan boven die van het grondglas,
 een weringlaag wordt gevormd omvattende een grondglas en ten minste
 één extra doteermiddel aan het binnenwandoppervlak van het buisvor-

7905802

mige uitgangsgaan, de hoeveelheid van het grondglas en het doteermiddel binnen de weringlaag vrijwel regelmatig door de dikte van de weringlaag wordt gehandhaafd en een kernlaag wordt gevormd door het aanbrengen van een veelvoud van lagen van een kernmateriaal dat in

5 wezen bestaat uit een grondglas van hoge zuiverheid en een of meer doteermiddelen over de genoemde weringlaag waardoor een grensvlak tussen de weringlaag en de kernlaag wordt gevormd, welke kernlaag een

10 gegradueerde brekingsindex van genoemd grensvlak tot de centrale hartlijn van de voorvorm heeft, met het kenmerk, dat de genoemde een of meer doteermiddelen in het kernmateriaal aangebracht bij het vormen van de kernlaag een doteermiddel anders dan B_2O_3 omvatten, waarbij de hoeveelheid van het doteermiddel in het kernmateriaal in een eerste van de veelvoud van lagen aangebracht op de weringlaag zodanig is dat bij het grensvlak een brekingsindex wordt geleverd die nagenoeg

15 gelijk is aan of kleiner dan die van de weringlaag, waarbij de hoeveelheid van het doteermiddel in achtereenvolgende lagen van kernmateriaal aangebracht over de weringlaag geleidelijk varieert van het grensvlak naar de centrale hartlijn van de voorvorm op een vooraf bepaalde wijze zodat een gewenste gegradueerde brekingsindex over de

20 dwarsdoorsnede van de kernlaag wordt verkregen, waarbij een zodanige hoeveelheid van ten minste een extra doteermiddel in de weringlaag aanwezig is dat aan de weringlaag een brekingsindex wordt verleend die ten hoogste gelijk is aan de brekingsindex van het buisvormige uitgangsgaan.

25 6. Werkwijze volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat een cilindrisch buisvormig uitgangsmateriaal van siliciumdioxide dat GeO_2 bevat wordt geleverd.

7. Werkwijze volgens conclusies 5 of 6, met het kenmerk, dat de doteermiddelen in de wering en kernlagen GeO_2 en/of P_2O_5 om-

30 vatten.

8. Werkwijze volgens conclusies 5 - 7, met het kenmerk, dat een van de doteermiddelen uitsluitend in de weringlaag B_2O_3 aanwezig is.

9. Werkwijze volgens conclusies 5 - 8, met het kenmerk,

35 dat het centrale gat van de voorvorm wordt samengeklapt ter vorming

7905802

van een massief voorwerp.

10. Werkwijze volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat het centrale gat wordt samengeklapt door de voorvorm te verhitten onder vorming van een massief voorwerp, de aldus gevormde structuur 5 wordt verhit tot de strektemperatuur van het materiaal ervan, en de verhitte structuur wordt gestrekt onder vermindering van de dwarsdoorsnede ervan ter vorming van een optische draad met voorafbepaalde gewenste eigenschappen.

7905802

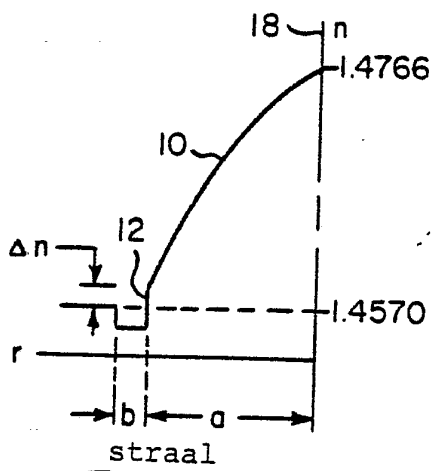


FIG. 1

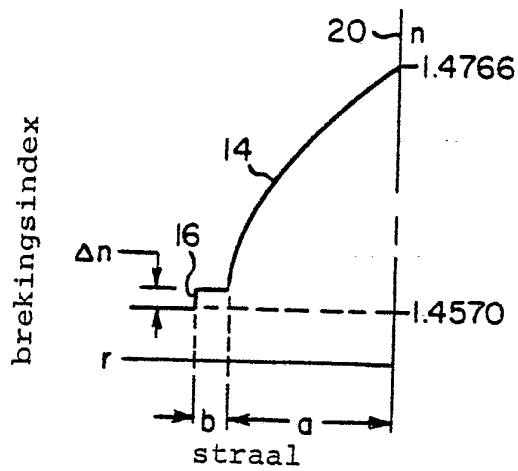


FIG. 2

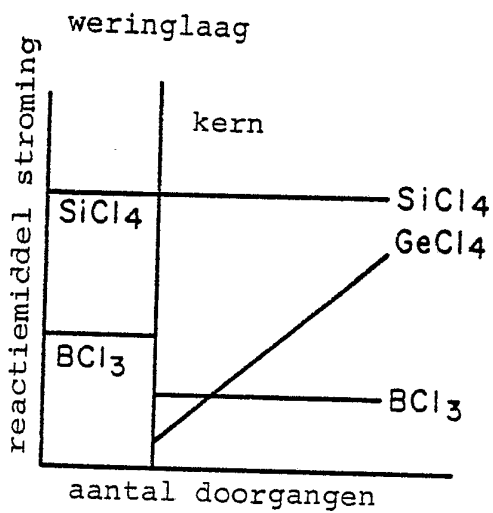


FIG. 3

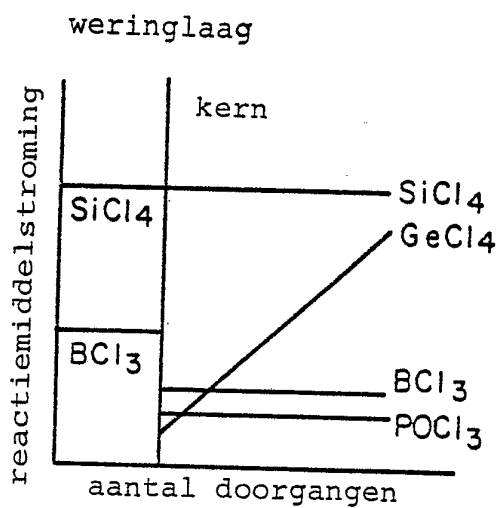
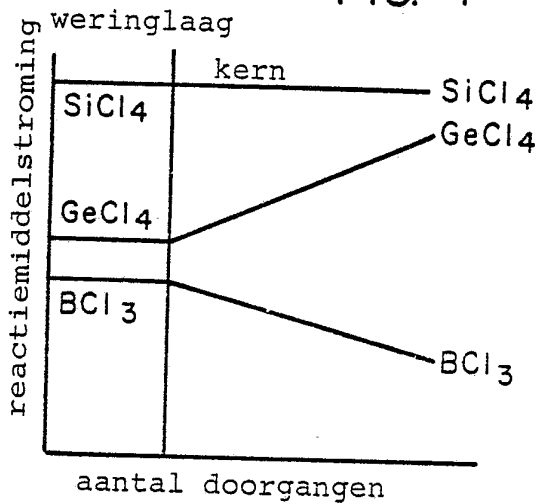


FIG. 4

FIG. 5



7905802

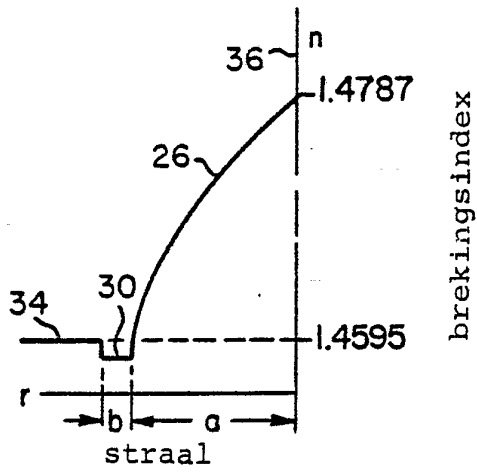


FIG. 6

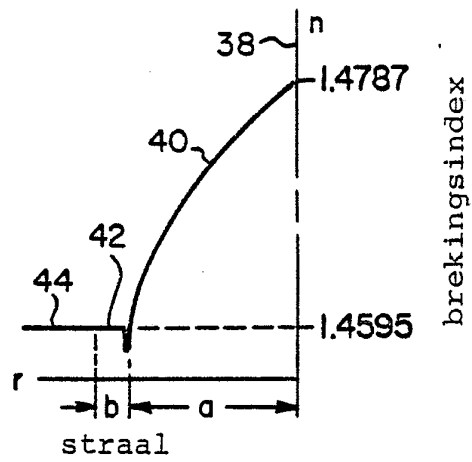


FIG. 7

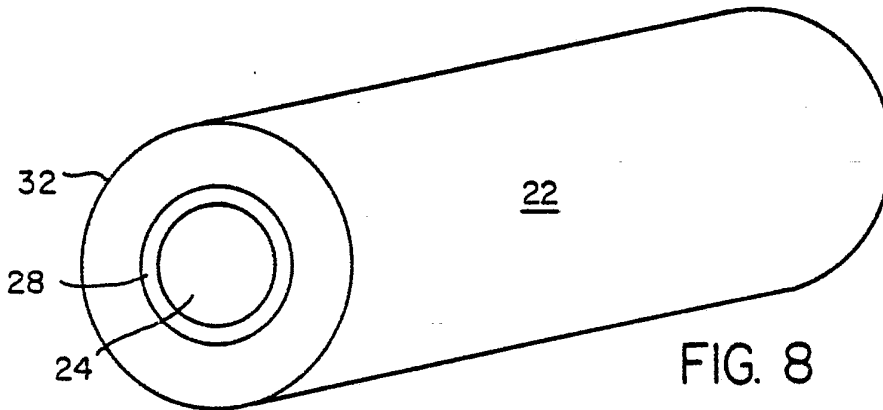


FIG. 8

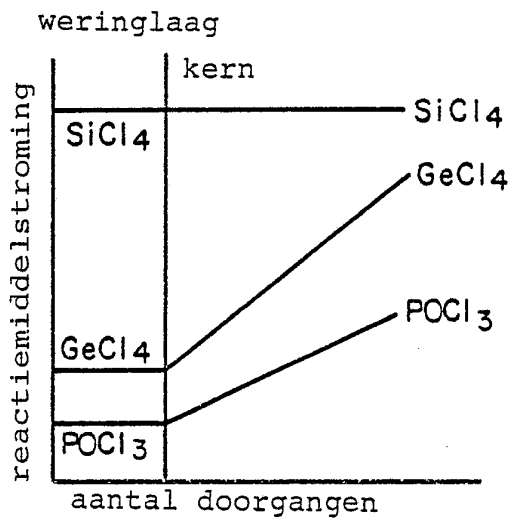


FIG. 9

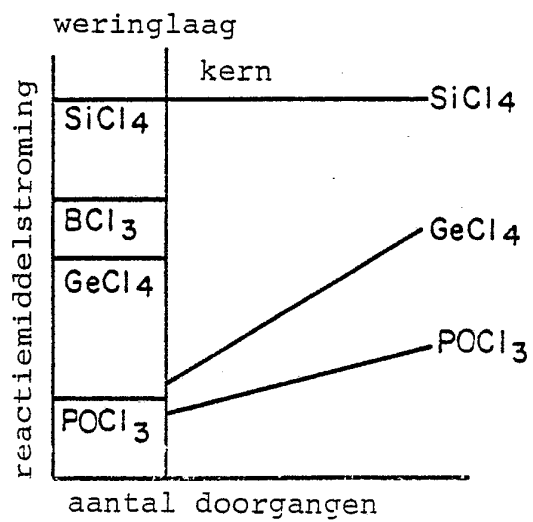


FIG. 10

7905802

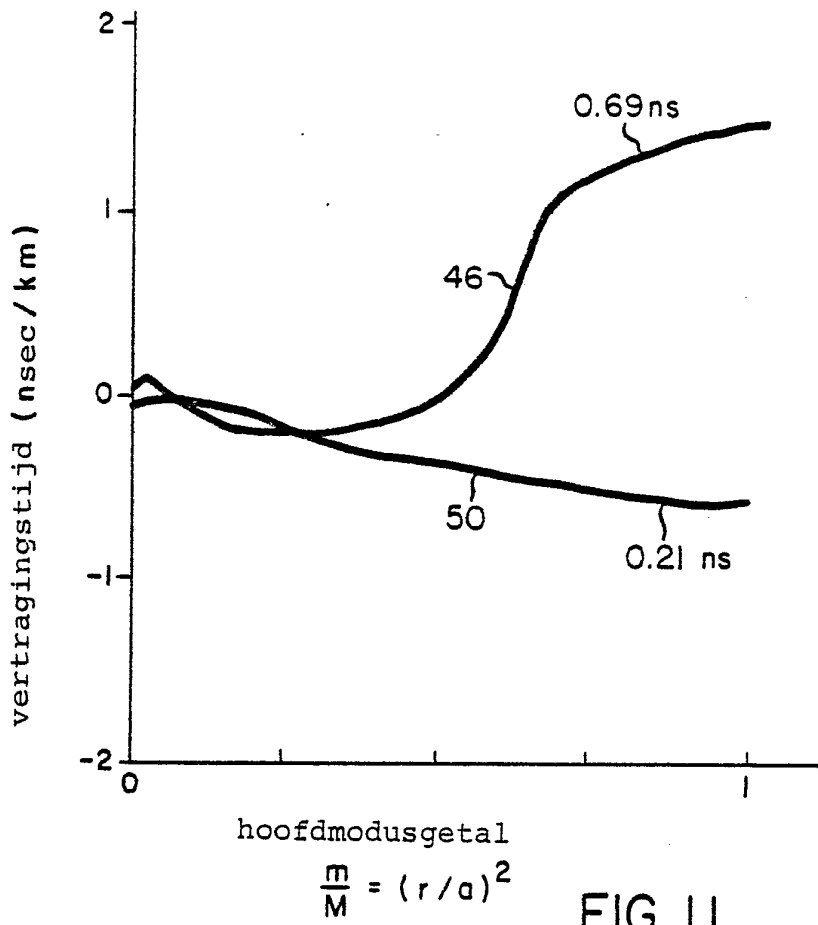


FIG. 11

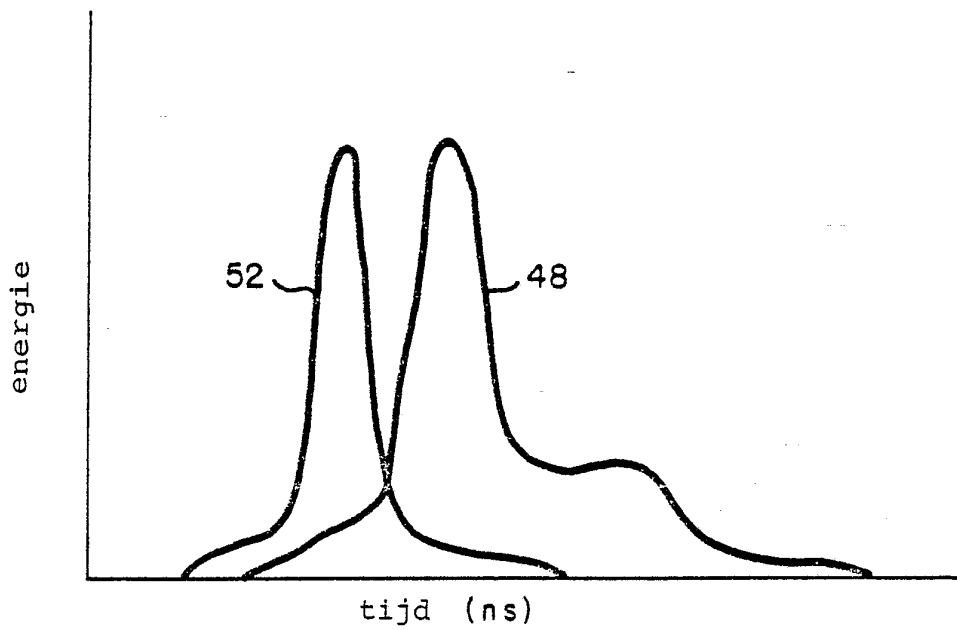


FIG. 12

7905802