



⁽¹²⁾A **Terinzagelegging** ⁽¹¹⁾ **8602425**

Nederland

⁽¹⁹⁾ NL

- ⁽⁵⁴⁾ **Reflector voor optische vezels.**
- ⁽⁵¹⁾ Int.Cl⁴.: G02F 1/33, G02F 1/11, G02B 6/24.
- ⁽⁷¹⁾ Aanvrager: Exxon Production Research Company te Houston, Texas, Ver. St. v. Am.
- ⁽⁷⁴⁾ Gem.: Ir. Th.A.H.J. Smulders c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

- ⁽²¹⁾ Aanvraag Nr. 8602425.
- ⁽²²⁾ Ingediend 25 september 1986.
- ⁽³²⁾ Voorrang vanaf 25 september 1985.
- ⁽³³⁾ Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ⁽³¹⁾ Nummer van de voorrangsaanvraag: 780046 .
- ⁽⁶²⁾ --

- ⁽⁴³⁾ Ter inzage gelegd 16 april 1987.

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

Reflector voor optische vezels.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze en inrichting voor het reflecteren van een gedeelte van een lichtgolf wanneer de lichtgolf zich langs een optische vezel voortplant. Meer in het bijzonder heeft de uitvinding betrekking op een werkwijze en inrichting, waarbij wordt veroorzaakt, dat twee akoestische golven zich onder zodanig gekozen hoeken in de vezel voortplanten, dat een gedeelte van een lichtgolf, welke zich in een eerste richting langs de vezel voortplant, met de twee akoestische golven zal samenwerken en tengevolge van een dergelijke samenwerking zal worden teruggekaatst in een richting, tegengesteld aan de eerste richting. Er kunnen een of meer reflectoren volgens de uitvinding met een optische vezel worden verbonden om op commando gereflecteerde lichtsignalen op te wekken doordat gekozen reflectoren van de reflectoren worden geactiveerd teneinde te veroorzaken, dat de door de geactiveerde reflectoren opgewekte akoestische golven in de vezel worden voortgeplant.

Voor een groot aantal verschillende vezelaftast- en informatieoverdrachtstoepassingen, waarbij een optische vezel wordt gebruikt, is het gewenst te beschikken over een inrichting, welke langs de optische vezel kan worden opgesteld om, wanneer deze op commando wordt geactiveerd een reflectie te veroorzaken, en welke wanneer deze niet wordt geactiveerd praktisch geen verliezen vertoont. Bij een groot aantal inrichtingen met deze eigenschappen, die langs de vezel zijn opgesteld, kunnen tijddomeinreflectometrie-methoden worden gebruikt om informatie uit een groot aantal aftastinrichtingen aan een multiplexbewerking met tijdverdeling te onderwerpen.

Men heeft conventionele vezelkoppelinrichtingen gebruikt om een gereflecteerde lichtsignaal in omgekeerde richting in een vezel te verkrijgen door bij de niet-gebruikte uitgangspoort van de koppelinrichting een spiegel op te stellen. De overschotverliezen in een dergelijke koppelinrichting en de verdere verliezen, welke een gevolg zijn van de bevestiging van de koppelinrichting aan de vezel zijn evenwel te groot om het mogelijk te maken, dat bij een enkele vezel een significant aantal van dergelijke reflectiepunten wordt gevormd.

8602425

Voorts zijn deze verliezen in die zin permanent, dat de koppelinrichtingen niet kunnen worden gedeactiveerd om de verliezen op gewenste tijdstippen te elimineren.

5 Een andere methode voor het verkrijgen van een reflectie in een optische vezel is beschreven in de Amerikaanse octrooiaanvraag Serial No. 596.889. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een evanescente koppeling tussen twee vezelsegmenten, welke door een vezellussectie van elkaar zijn gescheiden teneinde te veroorzaken, dat een gedeelte van het licht, dat langs de vezel wordt voortgeplant, vanuit één segment naar het andere segment wordt gekoppeld teneinde langs de vezel in tegengestelde richting terug te worden voortgeplant. De vezel kan bij deze methode ononderbroken zijn. 10 Ofschoon de overschotverliezen bij deze constructie aanmerkelijk kleiner zijn dan bij een koppelinrichting, zijn zij nog steeds te groot om honderden van dergelijke reflectiepunten bij een enkele vezel mogelijk te maken. Bovendien zijn de reflectoren van de 15 Amerikaanse octrooiaanvraag Serial No. 596.889 in die zin permanent, dat het overschotverlies elke keer, dat licht de reflectoren doorloopt optreedt en deze verliezen beïnvloeden de werking van alle 20 stroomafwaarts ten opzichte van een bepaalde reflector bij een enkele vezel gevormde reflectoren op een schadelijke wijze.

Andere bekende methoden voor het verkrijgen van een reflectie in een optische vezel omvatten: het introduceren van een discontinuïteit in de vezel, bv. door de vezel te onderbreken en de 25 afgebroken uiteinden onder gebruik van een verbindingsinrichting met geringe kwaliteit opnieuw met elkaar te verbinden; het mechanisch introduceren van een microscopische afschuining bij de vezel; en het blootstellen van een gedeelte van de vezel aan ruimtelijk periodieke verstoringen van de optische brekingsindex van de bekleding, welke de vezelkern omgeeft. Laatstgenoemde methode is beschreven in de Britse octrooiaanvraag 2.145.237A, op pag. 5, regel 65 t/m 30 pag. 6, regel 35. Deze bekende methoden voor het vormen van een reflector bij een vezel hebben alle het bezwaar, dat zij tot een permanente reflector leiden. Er is bij elke permanente reflector 35 een optisch verlies wanneer licht de reflector passeert, en deze verliezen beïnvloeden alle aftastinrichtingen, behorende bij alle

reflectoren, die stroomafwaarts ten opzichte van een bepaalde reflector bij een vezel zijn opgesteld, op een schadelijke wijze. Tengevolge van de verliezen kan bij een enkele vezel geen groot aantal van dergelijke permanente reflectoren worden ondergebracht.

5 In tegenstelling daarmee induceert de inrichting volgens de uitvinding een reflectie in een optische vezel wanneer deze op commando wordt geactiveerd, met een overschotverlies dat in wezen gelijk is aan nul bij gedeactiveerde toestand. Het principe van de werking volgens de uitvinding is gebaseerd op de akoesto-optische
10 samenwerking van licht en geluidsgolven. Omdat geen bekledingsmateriaal bij de vezelkern behoeft te worden verwijderd, kunnen de overschotverliezen bijzonder gering worden gemaakt. Evenals bij de reflectieinrichting volgens de uitvinding gebruikt de bekende inrichting, bekend staande als de akoesto-optische cel van Bragg, een
15 akoesto-optische samenwerking. Fig. 1 is een schema waarin de kenmerken van een cel volgens Bragg zijn weergegeven. In Fig. 1 ontmoet een lichtbundel 1, welke in een optisch medium 3, van bv. glas of kwarts, wordt voortgeplant, een akoestische golfreeks 2 onder een hoek θ ten opzichte van de planaire golffronten van de golfreeks. De golfreeks 2 leidt tot een modulatie van de brekingsindex van het
20 optische medium 3. Wanneer de omstandigheden zodanig zijn, dat

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

waarbij λ de golflengte van het licht in het medium 3 is en Λ de golflengte van de akoestische golfreeks is, wordt de lichtgolf 4
25 (welke een gedeelte van de energie van de lichtbundel 1 omvat) onder een hoek 2θ ten opzichte van de lichtbundel 1 gebroken. De akoestische golven in een cel van Bragg worden opgewekt door een transducent (zoals de transducent 5 volgens Fig. 1), die akoestisch met het optische medium 3 is gekoppeld. Er zijn lasermodulatoren
30 en bundelaafbuiginrichtingen opgebouwd onder gebruik van cellen volgens Bragg. Bij het conventionele gebruik wordt het licht evenwel over een zeer kleine hoek ten opzichte van de oorspronkelijke voortplantingsrichting daarvan afgebogen.

De gewenste reflectie in teruggaande zin in een vezel komt
35 overeen met $\theta = 90^\circ$ in vergelijking (1). Indien $\Lambda = \lambda/2$, verkrijgt men een teruggaande reflectie (waarbij $\theta = 90^\circ$). De amplitude van

8602425

de in terugwaartse richting gereflecteerde optische golf is maximaal wanneer de periodieke optische brekingsindexvariatiës, die door de akoestische energie worden geïnduceerd, op een halve optische golflengte van elkaar zijn gelegen. Er zijn in het algemeen maxima aanwezig wanneer $\Lambda = M \lambda/2$, waarbij M een willekeurig niet-negatief on-
5 even geheel getal is (d.w.z. $M = 1, 3, 5 \dots$). Het hoofdmaximum treedt op bij $\Lambda = \lambda/2$, of $M = 1$. Aangezien $V = \Lambda f$, waarbij V de snelheid van de akoestische golf en f de akoestische frequentie is, en aangezien $\lambda = \lambda_0/n$ waarbij λ_0 de golflengte van het licht in de
10 vrije ruimte is en n de brekingsindex is van het medium waarin de akoesto-optische samenwerking plaatsvindt, geldt

$$(2) \quad f = \frac{2nV}{\lambda_0}.$$

Dit stelt de frequentie van de akoestische golf voor, welke nodig is om een gereflecteerd signaal met een significante amplitude
15 op te wekken in het geval, dat de lichtbundel zich colineair met de akoestische golf voortplant. De optische frequentie van het verstrooide of gereflecteerde licht wordt ofnaar boven of naar beneden verschoven over een bedrag, dat gelijk is aan f afhankelijk van het feit of de akoestische golf zich naar de lichtgolf of van de licht-
20 golf af beweegt. Bij de meeste optische vezels bestaat de kern uit gesmolten siliciumoxyde, waarvoor $n = 1,46$ en $V = 5,96 \times 10^3$ meters/sec. Voor licht met een golflengte in de vrije ruimte $\lambda_0 = 1,3 \times 10^{-6}$ meter is de vereiste akoestische frequentie om de breking van de laagste orde in de teruggaande richting te induceren $f = 13,38$ GHz.

25 De moeilijkheid bij het ontwerpen van een inrichting, welke een teruggaande reflectie levert gebaseerd op een akoesto-optische samenwerking is het gevolg van de hoge frequentie, welke nodig is bij het bovenbeschreven directe colineaire Bragg-regime. Het is zeer lastig akoestische transducenten te vervaardigen en te ver-
30 binden, welke bij deze frequenties werken en de meeste materialen hebben bij deze hoge frequentie bijzonder grote verliezen. Het eerste probleem, dat bij een dergelijke inrichting, waarin het licht zich door een optische vezel voortplant, moet worden opgelost is te veroorzaken, dat de geluidsgolf zich vanuit de transducent
35 via een substraat naar het vezelkerngebied met een zo gering mogelijk verlies voortplant.

8602425

Een onjuiste aanpassing van de akoestische impedantie, ρV , waarbij ρ = dichtheid en V = akoestische snelheid, van de substraat en de vezel veroorzaakt ook een akoestisch reflectieverlies bij het scheidingsvlak. Een methode om het akoestische reflectieverlies te vermijden zou daarin bestaan, dat zowel de vezel als de substraat uit gesmolten siliciumoxyde werden gevormd. Het ultrasone verlies van gesmolten siliciumoxyde bedraagt echter 12dB/cm- GHz² volgens D.A. Pinnow, "Guidelines for the Selection of Acousto-Optic Material", IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-6, Nr. 4, april 1970. Dit verlies bedraagt 2028dB/cm bij een frequentie van 13 GHz. Dit zeer grote verlies maakt het zeer lastig een configuratie te ontwerpen, welke een ultrasone golf colineair met de vezelkern kan injecteren. Een injectie onder zeer kleine hoeken of focuseringsinrichtingen vereisen alle lange wegen in de substraat. Er zijn kristallen gevonden, welke veel minder damping dan gesmolten siliciumoxyde veroorzaken doch deze kristallen hebben een akoestische impedantie, welke aanmerkelijk verschilt van die van uit gesmolten siliciumoxyde bestaande optische vezels en bezitten de vereiste akoestische voortplantingseigenschappen slechts langs bepaalde assen. Ook hier weer wordt de injectie van de akoestische golven in de vezelkern onder kleine hoeken tot zeer grote verliezen tengevolge van de onjuiste impedantie-aanpassing, en focusering voldoet in de praktijk niet in verband met de anisotropie.

De inrichting volgens de uitvinding is een inrichting, welke bij een optische vezel kan worden opgesteld en daarmee kan worden verbonden om een gedeelte van een lichtgolf te reflecteren wanneer de lichtgolf zich langs de longitudinale hartlijn van de vezel voortplant. De inrichting omvat organen voor het opwekken van twee akoestische golven, welke zich in de vezel onder zodanig gekozen hoeken zullen voortplanten, dat elke golf zich voortplant in een samenwerkingsgedeelte van de vezel in een richting, welke 45° insluiten ten opzichte van de hartlijn en loodrecht staat op de richting van de andere.

Bij een uitvoeringsvorm omvat de inrichting volgens de uitvinding twee akoestische transducenten, welke zijn verbonden met een substraat, via welke substraat akoestische signalen, die door

8602425

de transducenten worden opgewekt, zich kunnen voortplanten. De transducenten zijn zodanig georiënteerd, dat wanneer de substraat bij een optische vezel wordt opgesteld en daarmee wordt verbonden, een eerste akoestische golf, welke afkomstig is uit een van de transducenten, 5 zich in de vezel zal voortplanten en zich in de vezel in een eerste richting onder een hoek van 45° ten opzichte van de longitudinale hartlijn van de vezel zal voortplanten, en een tweede akoestische golf, welke bij de andere van de transducenten wordt opgewekt, naar de vezel zal worden voortgeplant en zich in de vezel zal voortplanten 10 in een tweede richting, welke een hoek van 45° maakt ten opzichte van de hartlijn en loodrecht staat op de eerste richting. Licht, dat zich langs de hartlijn van de vezel voortbeweegt zal samenwerken met het akoestische veld, dat het gevolg is van de superpositie van de eerste en tweede akoestische golven en gedeeltelijk over 180° in 15 terugwaartse richting langs de hartlijn van de vezel worden gereflecteerd. Het vezelgebied, waarin de akoesto-optische samenwerking plaatsvindt, zal hier worden betiteld als het "samenwerkingsgebied" (of het "samenwerkingsgedeelte").

Bij voorkeur zal de substraat met de optische vezel worden 20 verbonden en een zodanig gekozen akoestische impedantie hebben, dat deze zo dicht mogelijk is aangepast aan die van de vezel ten einde een akoestisch reflectieverlies te reduceren, dat optreedt wanneer de akoestische golven zich vanuit de substraat naar en in de vezel voortplanten. Bij een voorkeursuitvoeringsvorm zal de substraat twee gebieden omvatten, die elk een verschillende transducent 25 van de vezel scheiden. De twee gebieden zijn bij voorkeur van elkaar gescheiden door een akoestisch absorberend element.

Bij een tweede uitvoeringsvorm wordt een enkele akoestische transducent gebruikt voor het opwekken van de twee akoestische golven. Evenals bij de eerste uitvoeringsvorm zullen de twee akoestische 30 golven zich in de vezel in richtingen, welke een hoek van 45° maken t.o.v. de longitudinale hartlijn van de vezel en onder 90° t.o.v. elkaar voortplanten. De eerste akoestische golf is een gedeelte van de akoestische golfenergie, welke wordt opgewekt door de 35 enkele transducent, en welke zich via de substraat direct naar en in de vezel voortplant.

8602425

De tweede akoestische golf bestaat uit een ander gedeelte van de akoestische golf-energie, welke door de enkele transducent wordt opgewekt, welke golf bij een oppervlak van de substraat wordt gereflecteerd en daarna in de vezel wordt gebroken. Omdat de tweede uitvoeringsvorm slechts een enkele transducent vereist, kan deze op een meer eenvoudige wijze worden vervaardigd dan de eerste uitvoeringsvorm. Bovendien maakt de tweede uitvoeringsvorm een meer gunstige geometrie van het samenwerkingsgebied mogelijk, waardoor een gereduceerd akoestisch verlies in de vezelbekleding voor een samenwerkingsgebied met een voldoende lengte langs de longitudinale hartlijn van de vezel mogelijk is hetgeen derhalve leidt tot een hoger brekingsrendement. Een bezwaar is, dat de twee akoestische golven (d.w.z. de gereflecteerde en niet-gereflecteerde gedeelten van de akoestische golfenergie, welke door de enkele transducent wordt opgewekt) dezelfde frequentie hebben, zodat de tweede uitvoeringsvorm van de inrichting volgens de uitvinding slechts als een reflector en niet als een optische frequentieverschuiver kan worden gebruikt.

Overeenkomstig de werkwijze volgens de uitvinding worden de akoestische transducenten (of de transducent) behorende bij een samenwerkingsgedeelte van een vezel geactiveerd om de beschreven eerste en tweede akoestische golven op gewenste tijdstippen in het samenwerkingsgedeelte te introduceren. De transducent (of transducenten) kunnen op gekozen tijdstippen worden gedeactiveerd, zodat licht ongehinderd via het samenwerkingsgedeelte kan worden voortgeplant. Indien gewenst, worden de eerste en tweede akoestische golven zodanig opgewekt, dat zij een in hoofdzaak gelijke frequentie, f hebben, waarbij $f = (2nV/M\lambda_0 \cos 45^\circ)$, waarbij λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van licht is, waarvan men wenst, dat dit wordt gereflecteerd wanneer het licht door de vezel wordt voortgeplant, V de snelheid van de eerste akoestische golf in de vezel is, n de optische brekingsindex van de vezel is, en M een positief oneven geheel getal is. Bij een andere uitvoeringsvorm zal de eerste akoestische golf zodanig worden opgewekt, dat deze een frequentie heeft, welke verschilt van die van de tweede akoestische golf. Zoals later meer gedetailleerd zal worden toegelicht, zal de frequentie van het gereflecteerde lichtsignaal naar boven of naar beneden worden verschoven over een bedrag, dat evenredig is met het ver-

8602425

schil tussen de frequenties van de eerste en tweede akoestische golven.

Langs een enkele optische vezel kunnen een of meer samenwerkings-
gedeelten (of reflectiepunten), elk behorende bij een akoesto-optische
reflector bij elk van de hierbeschreven uitvoeringsvormen worden aan-
5 gebracht. Teneinde ongewenste lichtreflecties te elimineren, wordt
elke reflector in een gedeactiveerde toestand gehouden behalve tijdens
gekozen perioden, gedurende welke de reflector wordt geactiveerd.

De uitvinding zal onderstaand nader worden toegelicht onder ver-
wijzing naar de tekening. Daarbij toont:

10 fig. 1 een schema waarin de wijze van werken van een conventione-
le cel van Bragg is aangegeven, waarbij een binnenkomende lichtgolf
onder een invalshoek (θ) een akoestische golf ontmoet. Een gedeelte
van de lichtgolf wordt in een richting onder een hoek 2θ ten opzichte
van de ingangsluchtgolf gebroken;

15 fig. 2 een dwarsdoorsnede van een uitvoeringsvorm van een reflec-
tor volgens de uitvinding en een bijbehorende optische vezel, beschouwd
in een vlak, waarin de longitudinale hartlijn van de vezel ligt;

fig. 3 een vergroot aanzicht van het akoesto-optisch samenwerkings-
gebied van de reflector volgens fig. 2, waarin de akoestische golf fron-
20 ten zijn aangegeven, welke een invallende lichtgolf ontmoet, die
zich door het samenwerkingsgebied langs de kern van de vezel voort-
plant;

fig. 4A een dwarsdoorsnede van een optische vezel, welke is ver-
bonden met een plaat, beschouwd in een vlak loodrecht op de longitu-
25 dinale hartlijn van de optische vezel;

fig. 4B een dwarsdoorsnede van de in fig. 4A afgebeelde eenheid
nadat het bovenvlak van de eenheid is geslepen en gepolijst. Het ge-
slepen en gepolijste bovenvlak van de eenheid volgens fig. 4B is
20 gereed om met de substraat van de reflector volgens de uitvinding te
worden verbonden;

30 fig. 5 een dwarsdoorsnede van een andere uitvoeringsvorm van
een reflector volgens de uitvinding en een bijbehorende optische vezel,
beschouwd in een vlak, waarin de longitudinale hartlijn van de vezel
ligt; en

35 fig. 6 een vergroot aanzicht van het akoesto-optische samenwer-
kingsgebied van de reflector volgens fig. 5, waarin de akoestische

8602425

golffronten zijn aangegeven, welke worden ontmoet door een invallende lichtgolf, die zich door het samenwerkingsgebied langs de hartlijn van de vezel voortplant.

In fig. 2 vindt men een dwarsdoorsnede van een voorkeursuitvoeringsvorm van een reflector volgens de uitvinding. De reflector omvat
5 een eerste akoestische transducent 10, een tweede akoestische transducent 11 en een substraat 12. Substraat 12 is met de bekleding 17 van een optische vezel 16 verbonden. De kern 18 van de vezel 16 strekt zich langs de centrale longitudinale hartlijn van de vezel 16 uit.
10 Substraat 12 omvat een eerste gebied 13 via welk gebied een eerste akoestische golf 19, opgewekt door de transducent 10, zich naar de vezel 16 kan voortplanten, een tweede gebied 14, via welk gebied een tweede akoestische golf 20, opgewekt door de transducent 11 zich naar de vezel 16 kan voortplanten en een akoestisch absorberend element 15,
15 dat tussen het eerste gebied 13 en het tweede gebied 14 is opgesteld.

Substraat 12 is eenvoudig het medium via welk medium de akoestische golven naar de vezel worden getransporteerd en heeft bij voorkeur geringe akoestische dempingseigenschappen. Geschikte materialen met kleine demping voor de eerste en tweede gebieden van de substraat
20 12 omvatten Li NbO_3 , YIG, Al_2O_3 , Ti O_2 , YAG of $\text{MgAl}_2 \text{O}_4$.

Geschikte materialen om in de substraat volgens de uitvinding te worden toegepast omvatten die anisotropische materialen, welke zijn gebruikt bij conventionele cellen van Bragg. Tengevolge van hun anisotropie zullen deze materialen een voorkeursoriëntatie ten opzichte van
25 de transducent in de vezel hebben om akoestische dempingen tot een minimum terug te brengen. Studies van materialen voor conventionele cellen van Bragg zijn geconcentreerd op die met geschikte optische eigenschappen. Bij de reflector volgens de uitvinding echter behoeft de substraat geen bepaalde optische eigenschappen te hebben en kan
30 deze optisch ondoorlaatbaar zijn. Derhalve kunnen er ook andere meer geschikte substraatmaterialen aanwezig zijn, die isotrope materialen omvatten. Om fig. 2 te omschrijven zal worden aangenomen, dat de substraat bestaat uit lithiumniobaat (Li NbO_3). Het absorberende element 15 kan het materiaal zijn, dat gebruikt wordt om de twee substraat-
35 componenten met elkaar te verenigen, zoals een epoxyhars.

De transducenten 10 en 11 kunnen conventionele ultrasone transducenten van het voor cellen volgens Bragg gebruikte type zijn.

860 2 4 2 5

Dergelijke transducenten kunnen zijn vervaardigd uit Li Nb O₃ of een ander piezoelektrisch materiaal. Bij een uitvoeringsvorm, waarbij de eerste en tweede transducenten identieke ultrasone transducenten zijn, zal door het toevoeren van een RF-puls met een frequentie f en een duur t aan de eerste transducent aan de substraat een ultrasone golf 19 met de frequentie f en een duur t worden toegevoerd en zal door het toevoeren van een soortgelijke puls aan de tweede transducent aan de substraat een ultrasone golf 20 met een frequentie f en een duur t worden toegevoerd. De ultrasone golven 19 en 20 zullen zich door de substraat naar de vezel voortplanten, als aangegeven in fig. 2. De ultrasone golven snijden elkaar onder een rechte hoek in de vezel en de golffronten in de vezel vormen beide een hoek van 45° ten opzichte van de hartlijn van de vezel. Het gedeelte van de vezel, waarin de akoestische golven elkaar snijden, zal hier worden betiteld als het "samenwerkingsgedeelte" (of "samenwerkingsgebied") van de vezel. Opdat de golven 19 en 20 zich in een uit siliciumoxyde bestaande vezel voortbewegen onder een hoek van 45° ten opzichte van de hartlijn van de vezel, moet de hoek α tussen de hartlijn van de vezel en het substraattoepervlak waarop de ultrasone transducent is gemonteerd, gelijk zijn aan:

$$(3) \quad \alpha = \sin^{-1} (V_L \sin 45^\circ / V_S)$$

waarbij V_L en V_S respectievelijk de geluidssnelheden in lithiumniobaat en siliciumoxyde zijn. Deze relatie volgt uit de Wet van Snell's. Omdat $V_L = 6.57 \times 10^3$ M/S en $V_S = 5.96 \times 10^3$ M/S dient α bij deze uitvoeringsvorm volgens de uitvinding $51,2^\circ$ te zijn.

Fig. 3 toont een vergroot aanzicht van het samenwerkingsgebied van de in fig. 2 afgebeelde uitvoeringsvorm. Fig. 3 toont de geometrie van de akoesto-optische samenwerking, welke leidt tot de gewenste reflectie in de achterwaartse richting. De golffronten van de akoestische golven 19 en 20, welke zich door het samenwerkingsgebied in de vezel voortplanten, dienen in hoofdzaak planair te zijn, zodat licht, dat zich door het samenwerkingsgebied voortplant, in hoofdzaak vlakke akoestische golffronten zal ontmoeten, zoals het golffront X van de golfreeks 19 en het golffront Y van de golfreeks 20. Eerst zal de lichtstraal 21 met de golflengte λ in de vezel, welke zich langs de hartlijn van de vezel naar rechts in fig. 3 voortplant en de snij-

punten R, S, enz. van de twee akoestische golfreeksen ontmoet, worden beschouwd. De brekingsindexgradiënt in de vezel in deze punten verloopt in de richting waarin de lichtgolf zich voortbeweegt en derhalve zal een reflectie bij 180° (d.w.z. een reflectie in achterwaartse richting) plaatsvinden. De reflectieamplitude is maximaal wanneer L, de afstand tussen R en S, gelijk is aan $\lambda/2$. Maxima van hogere orde treden op bij de afstanden, overeenkomende met $L = 3\lambda/2, 5\lambda/2, \dots M\lambda/2$ (waarbij M een willekeurig positief oneven geheel getal is). Voorts blijkt, dat aangezien $L = \Lambda/\cos \phi$, waarbij Λ de akoestische golflengte in de vezel is, $\phi = 45^\circ$ en $\Lambda = V/f$, waarbij V de akoestische snelheid in de vezel is, $f = 2V/M\lambda \cos \phi$, of

$$(4) \quad f = \frac{2\pi v}{M \lambda_o \cos \phi}$$

waarbij n de gemiddelde optische brekingsindex van de vezel is (d.w.z. de optische brekingsindex van de vezel in afwezigheid van een akoestische golf, die zich door de vezel voortplant) en λ_o de golflengte is in de vrije ruimte van de lichtgolf 21. Indien $\lambda_o = 1,3 \times 10^{-6} \text{ m}$, $n = 1,46$ en $V = 5,96 \times 10^3 \text{ m/s}$, dan is $f = (1/M) 18,93 \text{ GHz}$. De ultrasone belasting heeft de invloed van een brekingsrooster op de lichtgolf 21. De mogelijke bedrijfsfrequenties van de inrichting volgens de uitvinding zijn $f = 18,93 \text{ GHz}, 6,31 \text{ GHz}, 3,78 \text{ GHz}$ enz., bij het beschreven voorbeeld. In verband met de moeilijkheden, welke inherent zijn aan een werking bij de hogere GHz-frequenties (waaronder transducentvervaardigingsproblemen en het feit, dat de demping met het kwadraat van de frequentie toeneemt) en omdat de intensiteit van de gereflecteerde lichtgolf bij de hogere brekingsorden zeer snel afneemt, moet men een compromis gebruiken bij het kiezen van de beste bedrijfsfrequentie. Een bedrijfsfrequentie van $6,31 \text{ GHz}$ bij het beschreven voorbeeld is één keuze. Deze komt overeen met een weglengteverschil van $3\lambda/2$. Er bestaat nog een mogelijke benadering en die is uit te gaan van een transducent met een lagere grondfrequentie en deze bij een hogere even harmonische te bedrijven. Het is bekend, dat cellen volgens Bragg op deze wijze kunnen worden bedreven doch dat de bandbreedten waarover zij werkzaam zijn op een dienovereenkomstige wijze bij de hogere harmonischen worden gereduceerd. Volgens de uitvinding is geen grote bandbreedte nodig. Derhalve kan men bij het beschreven voorbeeld werken bij $18,93 \text{ GHz}$ onder gebruik van transdu-

centen met een grondfrequentie van 2,7 GHz, welke echter worden aangedreven bij de zevende harmonische of 18,93 GHz.

Opnieuw verwijzende naar fig. 3 blijkt, dat het weglengteverschil voor de lichtstraal 22 na twee reflecties hetzelfde is als het weglengteverschil voor de lichtstraal 21 en derhalve zijn de omstandigheden voor reflectiemaxima dezelfde voor alle lichtstralen, welke zich langs de hartlijn van de vezel in het samenwerkingsgebied voortplanten. Het akoestische veld, dat het gevolg is van de superpositie in het samenwerkingsgebied van de akoestische golven, welke daarin worden geïnjecteerd, werkt ongeveer als een Porro-prisma, dat de eigenschap heeft om licht in één vlak in achterwaartse richting te reflecteren.

Bij een conventionele cel van Bragg wordt de gebroken optische bundel in frequentie door een Dopplerverschuiving verschoven met een bedrag, dat gelijk is aan de akoestische frequentie. Bij een variant van een conventionele cel van Bragg, waarin een breking van 180° optreedt, zal bij dezelfde λ_0 , n en V , welke boven zijn gebruikt, de resulterende optische frequentieverschuiving gelijk zijn aan 18,93 GHz.

Bij de inrichting volgens de uitvinding treedt geen optische frequentieverschuiving op indien de frequenties van de akoestische golven, welke uit de twee transducenten worden geëmitteerd, dezelfde zijn. Dit blijkt onder verwijzing naar fig. 3. In fig. 3 wordt een eerste akoestische golfreeks 19 voortgeplant in de vezelbekleding 17 en de vezelkern 18 en wel in de richting van de pijl 30 en wordt een tweede akoestische golfreeks 20 in de bekleding 17 en de kern 18 in de richting van de pijl 31 voortgeplant. De golfreeksen 19 en 20 hebben gelijke frequenties. De "spiegel" in het punt R wordt gevormd door de snijding van het golffront X van de golf 19 en het golffront Y van de golf 20 op een bepaald moment. Enige tijd later zal het punt R zich naar beneden in de richting van de pijl 35 (d.w.z. loodrecht op de longitudinale hartlijn van de vezel) hebben bewogen. Derhalve bezit de "spiegel" geen snelheidscomponent in de richting evenwijdig aan de lichtstraal 21.

De inrichting volgens de uitvinding verschaft evenwel een optische frequentieverschuiving in de gereflecteerde lichtbundel indien de frequenties van de twee akoestische bundels niet aan elkaar gelijk zijn.

860 2 4 2 5

Bij deze uitvoeringsvorm volgens de uitvinding zal indien de frequentie van de eerste akoestische golfreeks 19 de grootste is, de door de snijding van twee golffronten gevormde "spiegel" een snelheidscomponent, V_p , in een richting vanaf het naderende licht hebben en derhalve treedt een neerwaartse verschuiving in de gereflecteerde lichtbundel op. De gereflecteerde lichtbundel zal naar boven worden verschoven indien de frequentie van de tweede akoestische golfreeks 20 het grootst is. De grootte van de optische frequentieverschuiving wordt gegeven door:

10 (5) $\Delta v = \frac{2n V (f_1 - f_2) \sin \theta}{\lambda_0 f}$

waarbij f_1 de frequentie in de vezel van de eerste akoestische golfreeks 19, f_2 de frequentie in de vezel van de tweede akoestische golfreeks 20 is, en alle andere symbolen zijn, zoals eerder gedefinieerd. De gereflecteerde lichtfrequentie, welke bij de reflector volgens de uitvinding wordt verkregen, kan worden geregeld door het frequentieverschil, $f_1 - f_2$ te regelen bv. door de eerste en tweede transducenten bij gekozen ongelijke frequenties aan te drijven. Dit vermogen geeft aanleiding tot toepassingen van de uitvoeringsvorm volgens fig. 2 van de reflector volgens de uitvinding op het terrein van de telecommunicatie.

20 De eerste en tweede akoestische transducenten van de uitvoeringsvorm van de inrichting volgens de uitvinding volgens fig. 2 moeten zodanig zijn georiënteerd en de substraat moet zodanig zijn gevormd, dat akoestische golven, welke uit de eerste en tweede akoestische transducent worden geëmitteerd, elk de vezel onder de vereiste hoek zullen binnen treden teneinde in het vezelsamenwerkingsgebied een akoestisch veld van het boven onder verwijzing naar fig. 3 beschreven type op te wekken. Bij voorkeur zal de substraat een akoestisch absorberend element, bv. van epoxyhars, omvatten, dat tussen de twee gebieden van het substraatmateriaal met kleine akoestische dempings- eigenschappen is verbonden. Een dergelijk absorberend element zal ongewenste reflecties in de substraat en bij het scheidingsvlak tussen de substraat en de vezel reduceren.

35 Fig. 5 toont een dwarsdoorsnede van een tweede voorkeursuitvoeringsvorm van de reflector volgens de uitvinding. Een akoestische transducent 101 voert akoestische golfenergie toe aan een substraat

8602425

100 en wel zodanig, dat de akoestische golf zich initieel in de richting van de stralen 108, 109 en 110 voortplant. Het gedeelte van de akoestische golf, dat initieel door de substraat 100 in het gebied tussen de stralen 109 en 110 wordt voortgeplant, wordt in de bekleding 105 van de optische vezel 104 direct gebroken teneinde zich in de bekleding 105 van de kern 106 van de vezel 104 in de richting van de stralen 112 voort te planten. Deze niet-gereflecteerde golfenergie zal worden betiteld als de eerste akoestische golf aangezien deze zich in de vezel voortplant. Het gedeelte van de akoestische golf, dat zich initieel door de substraat 100 in het gebied tussen de stralen 108, en 109 voortplant, wordt bij het oppervlak 102 van de substraat 100 gereflecteerd en wordt daarna in de vezel 104 gebroken teneinde zich in de vezel 104 in de richting van de stralen 111 voort te planten. Dit gereflecteerde gedeelte zal worden betiteld als de tweede akoestische golf wanneer deze zich in de vezel voortplant. De richting van de stralen 111 dient een hoek van 45° te maken met de longitudinale hartlijn van de vezel en de richting van de stralen 112 dient een hoek van in hoofdzaak 45° in te sluiten met de longitudinale hartlijn van de vezel en loodrecht te staan op de richting van de stralen 111.

De transducent 101 en de substraat 100 kunnen resp. van hetzelfde type zijn als de transducent 10 en het substraat^{gebied} 13 van de uitvoeringsvorm volgens fig. 2 en kunnen met elkaar en met de vezels zijn verbonden op dezelfde wijze als in fig. 2. Er moet zorg worden betracht, dat de substraat 100 op de juiste wijze is georiënteerd en de transducent 101 en het oppervlak 102 op de juiste wijze ten opzichte van de vezel 104 zijn gepositioneerd, zodat de gereflecteerde en niet-gereflecteerde gedeelten van de akoestische golfenergie onder de juiste hoek bij het scheidingsvlak tussen de substraat en de vezel arriveren waardoor op deze wijze akoestische verliezen in de substraat (welke in het algemeen afhankelijk zullen zijn van de oriëntatie van de substraat ten opzichte van de voortplantingsrichting van een akoestische golf daarin) tot een minimum worden teruggebracht.

Fig. 6 is een vergroting van het samenwerkingsgebied van de uitvoeringsvorm volgens fig. 5. De akoestische golfenergie wordt via de substraat 100 in de richting van de stralen 108, 109, 110 voortgeplant. Het gedeelte van de akoestische golfenergie, dat zich voort-

plant in het gebied tussen de stralen 108 en 109, zal bij het oppervlak 102 van de substraat 100 worden gereflecteerd. Het oppervlak 102 vormt deel van het scheidingsvlak tussen de substraat 102 en het omgevende medium 116. Het omgevende medium bestaat in het bijzonder uit
5 lucht. De gereflecteerde akoestische straling zal in de vezelbekleding 117 worden gebroken teneinde zich daarin als een tweede golf 120 in de richting van de stralen 111 en 112 voort te planten. Een gedeelte van de akoestische golfenergie, welke zich in de substraat 100 in het gebied tussen de stralen 109 en 110 voortplant, zal in de vezelbekleding 117 worden gebroken teneinde zich daarin als de eerste golf 121
10 in de richting van de stralen 122 en 123 voort te planten. De lichtgolf 130, welke zich langs de vezel voortplant, zal het samenwerkingsgedeelte ontmoeten, waarin zowel de eerste golf 121 als de tweede golf 120 zich voortplanten.

15 Het voordeel van de uitvoeringsvorm volgens de figuren 5 en 6 is, dat slechts een enkele transducent nodig is, zodat de vervaardiging van de inrichting meer eenvoudig is. Er zijn ook andere belangrijke voordelen. Het brekingsrendement van de reflector (d.w.z. het percentage licht, dat per toegevoerde eenheid van akoestisch vermogen wordt
20 gebroken) neemt toe bij een toenemende lengte van het samenwerkingsgebied. Bovendien neemt het akoestische vermogensverlies in de vezelbekleding 117 bij een groter wordende akoestische weglengte via de bekleding 117 toe. Uit fig. 6 blijkt, dat wanneer de vezelkern zich naar boven ten opzichte van de substraat beweegt (d.w.z., dat de dikte
25 van de bekleding wordt gereduceerd) de lengte van het samenwerkingsgebied toeneemt. Bij de uitvoeringsvorm volgens fig. 2 geldt het tegengestelde aangezien bij de uitvoeringsvorm volgens fig. 2 de lengte van het samenwerkingsgebied afneemt wanneer de kern zich naar boven beweegt, omdat daardoor de dikte van de bekleding wordt gereduceerd.
30 Derhalve maakt de uitvoeringsvorm volgens fig. 6 een groter brekingsrendement mogelijk wanneer de bekledingsdikte wordt gereduceerd.

De figuren 4A en 4B tonen een methode voor het verschaffen van een plat vlak op de vezel waarmee de substraat (bij elk van de uitvoeringsvormen daarvan) kan worden verbonden. Zoals aangegeven in
35 fig. 4A is de optische vezel 40 (welke de bekleding 44 en de kern 45 omvat) verbonden met ^{een}plaat 41 in een groef 42, welke in de plaat 41

8602425

is gesneden. De plaat 41 kan uit gesmolten siliciumoxyde bestaan. Het bovenvlak van het stelsel volgens fig. 4A wordt dan geslepen en gepolijst om het in fig. 4B afgebeelde stelsel te verkrijgen. Een typerende vezel heeft een buitendiameter van ongeveer 125 micron en een enkelemodusvezel, welke bij een optische golflengte van 1,3 micron werkt, heeft meer in het bijzonder een kerndiameter van ongeveer 10 micron. Bij voorkeur blijft na het slijpen en polijsten een dunne bekledingslaag tussen de kern 45 en het bovenvlak 46 achter. Bij een vezel met typerende afmetingen, dient deze dunne bekledingslaag bij de uitvoeringsvorm volgens fig. 2 een dikte van bij benadering 30 micron te hebben. Bij de uitvoeringsvorm volgens fig. 6 zal bij een vezel met typerende afmetingen de optimale bekledingslaagdikte kleiner zijn dan 30 micron en bij voorkeur zijn gelegen in het gebied van bij benadering 5-10 micron. Wanneer de substraat tegen het bovenvlak 46 van het stelsel volgens fig. 4B wordt geplaatst, treedt indien een bekledingslaag tussen de substraat en de kern achterblijft, geen overschot aan optische verliezen, behorende bij de inrichting, op. Indien de akoestische golven zich over een afstand van niet meer dan ongeveer 30 micron in de bekleding van siliciumoxyde bewegen om de kern te bereiken, is het bijbehorende dempingsverlies in akoestische energie minder dan 3 dB indien de bedrijfsfrequentie 6,3 GHz is.

De substraat van de reflector volgens de uitvinding kan worden verbonden door het bovenvlak 46 van de eenheid volgens fig. 4 te slijpen en te polijsten en wel onder gebruik van dezelfde methoden, als die, welke worden gebruikt voor het verbinden van GHz-transducenten met cellen van Bragg. De substraat, het verbindingsmateriaal en de bekleding 44 en de kern 45 dienen bij voorkeur een dicht aan elkaar aangepaste akoestische impedantie te hebben teneinde akoestische reflectieverliezen te reduceren, welke zich voordoen wanneer akoestische golven zich uit de substraat in de vezel voortplanten.

Men kan meer dan een van de reflectoren volgens de uitvinding langs een enkele optische vezel opstellen. Bij een dergelijke configuratie wordt belet, dat een optisch verlies bij één reflector het gedeflecteerde lichtsignaal, dat bij elke andere reflector, behorende bij de enkele vezel, wordt opgewekt, beïnvloedt. Om dit gewenste resultaat te bereiken kunnen de in de reflectoren toegepaste transdu-

8602425

centen worden gekozen uit die, welke in de handel verkrijgbaar zijn en welke op commando tussen een geactiveerde toestand en een gedeactiveerde toestand kunnen worden omgeschakeld. Tijdens het bedrijf zal een lichtgolf (zoals een laserpuls) aan de vezel worden toegevoerd en zal een gekozen reflector worden geactiveerd door de bijbehorende transducent (of het bijbehorende paar transducenten) in te schakelen. Alle andere reflectoren, welke langs de vezel tussen de lichtbron en de gekozen reflector zijn opgesteld (d.w.z.: de "stroomopwaartse" reflectoren) dienen te zijn uitgeschakeld om de damping van de lichtgolf wanneer deze deze stroomopwaartse reflectoren passeert, tot een minimum terug te brengen. Later, eventueel nadat een volgende lichtgolf aan de vezel is toegevoerd, kan elke gewenste combinatie van actieve reflectoren worden verkregen door de individuele reflectoren op een geschikte wijze te activeren of te deactiveren.

Het is duidelijk, dat ter illustratie een optische frequentie van 1300 nm is gebruikt doch dat de huidige optische vezels ook een gering optisch verlies bij 850 en 1550 nm vertonen. Er zijn uitgebreide proeven gedaan om vezels met nog veel kleinere verliezen bij grotere golflengten te verschaffen. Indien deze vezels worden gerealiseerd, zullen de beschreven akoesto-optische reflectorinrichtingen gemakkelijker worden vervaardigd in verband met de lagere bedrijfsfrequenties.

* C O N C L U S I E S *

1. Optische reflector, bestemd om te worden opgesteld bij en te worden verbonden met een optische vezel met een longitudinale hartlijn om een gedeelte van een lichtgolf te reflecteren wanneer de lichtgolf zich langs de hartlijn via een samenwerkingsgedeelte van de vezel bij de reflector voortplant, gekenmerkt door een substraat, via welke akoestische signalen kunnen worden voortgeplant, en organen voor het opwekken van een eerste akoestische golf, welke zich vanuit de substraat in het samenwerkingsgebied zal voortplanten teneinde zich in de vezel in een eerste richting onder een hoek van bij benadering 45° ten opzichte van de hartlijn voort te planten, en tweede akoestische golf, welke zich vanuit de substraat in het samenwerkingsgedeelte zal voortplanten teneinde zich in de vezel in een tweede richting onder een hoek die bij benadering 45° insluit met de hartlijn en bij benadering loodrecht op de eerste richting staat, voort te planten.

2. Reflector volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de substraat een zodanig gekozen akoestische impedantie heeft, dat deze is aangepast aan die van de vezel teneinde een akoestisch reflectieverlies te reduceren, dat zich voordoet wanneer de eerste akoestische golf en de tweede akoestische golf zich vanuit de substraat naar en in de vezel voortplanten.

3. Reflector volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de organen voor het opwekken van de akoestische golven zijn voorzien van een eerste transducent en een tweede transducent, die elk met de substraat zijn verbonden en in staat zijn om op een selectieve wijze tussen een actieve toestand, waarin de transducent akoestische golfenergie opwekt, en een inactieve toestand, waarin de transducent geen akoestische golfenergie opwekt, te worden omgeschakeld.

4. Reflector volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het gedeelte van de eerste akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, een planaire akoestische golf met de frequentie f_1 is, en het gedeelte van de tweede akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant een planaire akoestische golf met een frequentie f_2 is, waar-

8602425

bij f_2 verschilt van f_1 .

5 5. Reflector volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de eerste transducent een grondfrequentie f_3 heeft, waarbij f_1 een harmonische van f_3 is en de tweede transducent een grondfrequentie f_4 heeft, waarbij f_2 een harmonische van f_4 is.

10 6. Reflector volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de substraat is voorzien van een eerste gebied waarmede de eerste transducent is verbonden en door welk gebied de eerste akoestische golf zich voortplant, een tweede gebied waarmede de tweede transducent is verbonden en door welk gebied zich de tweede akoestische golf voortplant, en een akoestisch absorberend element, dat tussen het eerste gebied en het tweede gebied is opgesteld.

15 7. Reflector volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de organen voor het opwekken van de akoestische golven zijn voorzien van een transducent, welke met de substraat is verbonden en op een selectieve wijze tussen een actieve toestand, waarin de transducent akoestische golfenergie opwekt, en een inactieve toestand, waarin de transducent geen akoestische golfenergie opwekt, kan worden omgeschakeld, waarbij de eerste akoestische golf een eerste gedeelte van de akoestische
20 golfenergie is, welke door de transducent wordt opgewekt, welke zich in het samenwerkingsgedeelte voortplant, en de substraat een oppervlak bezit, waarbij een tweede gedeelte van de akoestische golfenergie, welke door de transducent wordt opgewekt, wordt gereflecteerd en zich daarna in het samenwerkingsgedeelte voortplant, waarbij de
25 tweede akoestische golf het tweede gedeelte van de akoestische golfenergie vormt.

8. Reflector volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat het gedeelte van de eerste akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, een planaire akoestische golf met de frequentie f_1 is, en het gedeelte van de tweede akoestische
30 golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, bestaat uit een planaire akoestische golf, die eveneens de frequentie f_1 heeft, waarbij $f_1 = (2nV)/M\lambda_0 (\cos 45^\circ)$, waarbij n de optische brekingsindex van de vezel is, V de snelheid van de eerste akoestische
35 golf in de vezel is, λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van licht is, waarvan men wenst, dat dit door de reflector wordt gereflecteerd wan-

860 2425

neer het licht zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, en M een positief oneven geheel getal is.

9. Reflector volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat $M = 3$.

10. Reflector volgens conclusie 8, waarbij f_1 een harmonische
5 van de grondfrequentie van de transducent is.

11. Reflector volgens conclusie 1 of 3, met het kenmerk, dat het
gedeelte van de eerste akoestische golf, dat zich door het samenwer-
kingsgedeelte van de vezel voortplant, een planaire akoestische golf
met de frequentie f_1 is, en het gedeelte van de tweede akoestische
10 golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant,
bestaat uit een planaire akoestische golf, die eveneens de frequentie
 f_1 heeft, waarbij $f_1 = (2nV)/M\lambda_0 (\cos 45^\circ)$ waarbij n de optische bre-
kingsindex van de vezel is, V de snelheid van de eerste akoestische
golf in de vezel is, λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van licht is,
15 waarvan men wenst, dat dit door de reflector wordt gereflecteerd wan-
neer het licht zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voort-
plant, en M een positief oneven geheel getal is.

12. Reflector volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat $M = 3$.

13. Reflector volgens conclusie 11, waarbij f_1 een harmonische
20 van de grondfrequentie van de eerste transducent is, en f_1 tevens een
harmonische van de grondfrequentie van de tweede transducent is.

14. Optische reflector, bestemd om te worden opgesteld bij en te
worden verbonden met een optische vezel met een longitudinale hartlijn
teneinde een gedeelte van een lichtgolf te reflecteren wanneer deze
25 lichtgolf zich langs de hartlijn via een samenwerkingsgedeelte van
de vezel bij de reflector voortplant, gekenmerkt door een substraat
door welke akoestische golven zich kunnen voortplanten, een eerste
transducent, welke met de substraat is verbonden en een eerste akoes-
tische golf kan opwekken, welke zich via de substraat naar het samen-
werkingsgedeelte zodanig kan voortplanten, dat de eerste akoestische
30 golf zich in de vezel in een eerste richting onder een hoek, welke
bij benadering 45° ten opzichte van de hartlijn maakt, voortplant,
en een tweede transducent, welke met de substraat is verbonden en
een tweede akoestische golf kan opwekken, welke zich via de substraat
35 in het samenwerkingsgedeelte zodanig kan voortplanten, dat de tweede
akoestische golf zich in de vezel voortplant in een tweede richting

8602425

onder een hoek, welke bij benadering 45° insluit met de hartlijn en bij benadering loodrecht op de eerste richting staat.

5 15. Reflector volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat de eerste transducent en de tweede transducent elk op een selectieve wijze tussen een actieve toestand, waarin de transducent een akoestische golf opwekt, en een inactieve toestand, waarin de transducent geen akoestische golf opwekt, kunnen worden omgeschakeld.

10 16. Reflector volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat het gedeelte van de eerste akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, een planaire akoestische golf met een frequentie f_1 is en het gedeelte van de tweede akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, een planaire akoestische golf met de frequentie f_2 is, waarbij f_2 van f_1 verschilt.

15 17. Reflector volgens conclusie 16, met het kenmerk, dat de eerste transducent een grondfrequentie f_3 heeft, waarbij f_1 een harmonische van f_3 is, en de tweede transducent een grondfrequentie f_4 heeft, waarbij f_2 een harmonische van f_4 is.

20 18. Reflector volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat het gedeelte van de eerste akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, bestaat uit een planaire akoestische golf met de frequentie f_1 , en het gedeelte van de tweede akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, bestaat uit een planaire akoestische golf, welke eveneens
25 de frequentie f_1 heeft, waarbij $f_1 = (2nV)/M\lambda_0 (\cos 45^\circ)$, waarbij n de optische brekingsindex van de vezel is, V de snelheid van de eerste akoestische golf in de vezel is, λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van licht is, waarvan men wenst, dat dit door de reflector wordt gereflecteerd wanneer het licht zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, en M een positief oneven geheel getal
30 is.

19. Reflector volgens conclusie 18, met het kenmerk, dat $M = 3$.

35 20. Reflector volgens conclusie 18, met het kenmerk, dat f_1 een harmonische van de grondfrequentie van de eerste transducent is, en f_1 tevens een harmonische van de grondfrequentie van de tweede transducent is.

8602425

21. Reflector volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat de sub-
straat is voorzien van een eerste gebied, via welk gebied zich de
eerste akoestische golf voortplant, een tweede gebied, via welk tweede
gebied zich de tweede akoestische golf voortplant, en een akoestisch
5 absorberend element, dat tussen het eerste gebied en het tweede gebied
is aangebracht.

22. Reflector volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat de sub-
straat een akoestische impedantie heeft, welke zodanig is gekozen,
dat deze is aangepast aan die van de vezel teneinde een akoestisch
10 reflectieverlies te reduceren, dat zich voordoet wanneer de eerste
akoestische golf en de tweede akoestische golf zich vanuit de substraat
naar en in de vezel voortplanten.

23. Optische reflector gekenmerkt door een optische vezel met :
een optische brekingsindex, n , en een longitudinale hartlijn, een
15 substraat, welke met de vezel is verbonden, een eerste akoestische
transducent, welke met de substraat is verbonden en een eerste planaire
akoestische golf kan opwekken, welke zich door de substraat naar en
in de vezel voortplant, teneinde zich in de vezel voort te planten in
een eerste richting, welke bij benadering een hoek van 45° insluit
20 met de hartlijn, waarbij deze eerste akoestische golf in de vezel een
frequentie f_1 heeft, en een tweede akoestische transducent, welke met
de substraat is verbonden en een tweede akoestische golf kan opwekken,
welke zich via de substraat naar en in de vezel voortplant teneinde
zich in de vezel voort te planten in een tweede richting, welke bij
25 benadering 45° insluit met de hartlijn en bij benadering loodrecht
op de eerste richting staat, waarbij de tweede akoestische golf in
de vezel een frequentie f_2 heeft.

24. Reflector volgens conclusie 23, met het kenmerk, dat de eer-
ste akoestische transducent en de tweede akoestische transducent elk
30 op een selectieve wijze tussen een actieve toestand waarin de trans-
ducent een akoestische golf opwekt en een inactieve toestand waarin
de transducent geen akoestische golf opwekt, kunnen worden omgeschakeld.

25. Reflector volgens conclusie 23, met het kenmerk, dat de fre-
quenties f_1 en f_2 van elkaar verschillen.

35 26. Reflector volgens conclusie 23, met het kenmerk, dat de fre-
quenties f_1 en f_2 in hoofdzaak aan elkaar gelijk zijn en $f_1 = (2nV)/M\lambda_0$

8602425

($\cos 45^\circ$), waarbij λ_0 de golflengte in de vrije ruimte is van licht, waarvan men wenst dat dit door de reflector wordt gereflecteerd wanneer het licht zich door de vezel voortplant, V de snelheid van de eerste akoestische golf in de vezel is, en M een positief oneven geheel getal is.

27. Reflector volgens conclusie 26, met het kenmerk, dat $M = 3$.

28. Reflector volgens conclusie 23, met het kenmerk, dat de substraat is voorzien van een eerste gebied via welk eerste gebied de eerste akoestische golf zich voortplant, en een tweede gebied, via welk tweede gebied zich de tweede akoestische golf voortplant.

29. Reflector volgens conclusie 28, met het kenmerk, dat de substraat tevens een akoestisch absorberend element omvat, dat tussen het eerste gebied en het tweede gebied is opgesteld.

30. Reflector volgens conclusie 23, met het kenmerk, dat de substraat een akoestische impedantie heeft, welke zodanig is gekozen, dat een akoestisch reflectieverlies wordt gereduceerd, dat zich voordoet wanneer de eerste en de tweede akoestische golven zich door het scheidingsvlak tussen de substraat en de vezel voortplanten.

31. Reflector volgens conclusie 23, met het kenmerk, dat de vezel is voorzien van een centrale kern, omgeven door een bekleding, en het gedeelte van de bekleding, waarin zich de eerste en tweede akoestische golven voortplanten, een dikte van bij benadering 30 micron heeft.

32. Optische reflector bestemd om te worden opgesteld bij en te worden verbonden met een optische vezel met een longitudinale hartlijn teneinde een gedeelte van een lichtgolf te reflecteren wanneer de lichtgolf zich langs de hartlijn via een samenwerkingsgedeelte van de vezel bij de reflector voortplant, gekenmerkt door een substraat door welke substraat akoestische signalen zich kunnen voortplanten, welke substraat een eerste oppervlak bezit, en een transducent, welke met de substraat is verbonden en akoestische golfenergie kan opwekken, waarvan een eerste gedeelte ^{zich} via de substraat in het samenwerkingsgedeelte zal voortplanten als een eerste akoestische golf, welke zich in het samenwerkingsgedeelte van de vezel in een eerste richting onder een hoek van bij benadering 45° ten opzichte van de hartlijn voortplant, en waarvan een tweede gedeelte door het eerste oppervlak zal worden gereflecteerd en zich dan via de substraat naar het samenwerkingsgedeelte zal voortplanten als een tweede akoestische

golf, die zich in het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant in de tweede richting onder een hoek van bij benadering 45° ten opzichte van de hartlijn en bij benadering loodrecht op de eerste richting.

5 33. Reflector volgens conclusie 32, met het kenmerk, dat de transducent op een selectieve wijze tussen een actieve toestand waarin de transducent akoestische golfenergie opwekt en een inactieve toestand waarin de transducent geen akoestische golfenergie opwekt, kan worden omgeschakeld.

10 34. Reflector volgens conclusie 32, met het kenmerk, dat het gedeelte van de eerste akoestische golf, dat zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, een planaire akoestische golf met een frequentie f_1 is en het gedeelte van de tweede akoestische golf, dat zich via het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant be-
15 staat uit een planaire akoestische golf, die eveneens de frequentie f_1 heeft, waarbij $f_1 = (2nV)/M\lambda_0 (\cos 45^\circ)$, waarbij n de optische brekingsindex van de vezel is, V de snelheid van de eerste akoestische golf in de vezel is, λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van licht is, waarvan men wenst dat dit gereflecteerd wordt door de reflector wan-
20 neer het licht zich door het samenwerkingsgedeelte van de vezel voortplant, en M een positief oneven geheel getal is.

35. Reflector volgens conclusie 34, met het kenmerk, dat $M = 3$.

36. Reflector volgens conclusie 34, waarbij f_1 een harmonische van de grondfrequentie van de transducent is.

25 37. Reflector volgens conclusie 32, met het kenmerk, dat de substraat een akoestische impedantie heeft, welke zodanig is gekozen, dat deze is aangepast aan die van de vezel teneinde een akoestisch reflectieverlies te reduceren, dat zich voordoet wanneer akoestische golfenergie uit de transducent zich vanuit de substraat naar en in de
30 vezel voortplant.

38. Optische reflector gekenmerkt door een optische vezel met een optische brekingsindex, n , en een longitudinale hartlijn, een substraat, welke met de vezel is verbonden en voorzien is van een eerste oppervlak, en een akoestische transducent, welke met de sub-
35 straat is verbonden en planaire akoestische golfenergie kan opwekken, waarvan een eerste gedeelte zich via de substraat naar en in de vezel

zal voortplanten teneinde zich in de vezel als een eerste akoestische golf in een eerste richting onder bij benadering 45° ten opzichte van de hartlijn voort te planten, en waarvan een tweede gedeelte bij het eerste oppervlak zal worden gereflecteerd en zich daarna via de sub-
5 straat naar en in de vezel zal voortplanten teneinde zich in de vezel voort te planten als een tweede akoestische golf in een tweede richting, welke bij benadering 45° insluit met de hartlijn en bij benadering loodrecht staat op de eerste richting.

39. Reflector volgens conclusie 38, met het kenmerk, dat de
10 akoestische transducent op een selectieve wijze tussen een actieve toestand, waarin de transducent akoestische golfenergie opwekt, en een inactieve toestand, waarin de transducent geen akoestische golfenergie opwekt, kan worden omgeschakeld.

40. Reflector volgens conclusie 38, met het kenmerk, dat de
15 akoestische golffrequentie in hoofdzaak gelijk is aan $(2nV)/M\lambda_0$ ($\cos 45^\circ$), waarbij λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van licht is, waarvan men wenst dat dit door de reflector wordt gereflecteerd wanneer het licht zich door de vezel voortplant, V de snelheid van de eerste akoestische golf in de vezel is, en M een positief oneven geheel
20 getal is.

41. Reflector volgens conclusie 40, met het kenmerk, dat $M = 3$.

42. Werkwijze voor het reflecteren van een gedeelte van de energie in een lichtgolf wanneer de lichtgolf zich door een optische vezel met een longitudinale hartlijn voortplant, met het kenmerk, dat bij de
25 vezel een substraat wordt opgesteld, via welke substraat akoestische golven zich kunnen voortplanten, wordt veroorzaakt dat een eerste akoestische golf zich via de substraat naar en in de vezel voortplant zodat de eerste akoestische golf zich in de vezel in een eerste richting, welke bij benadering 45° met de hartlijn maakt, voortplant, wordt veroorzaakt dat een tweede akoestische golf zich via de substraat
30 naar en in de vezel voortplant, zodat de tweede akoestische golf zich in de vezel voortplant in een tweede richting, welke bij benadering 45° maakt met de hartlijn en bij benadering loodrecht staat op de eerste richting, en de lichtgolf zodanig aan de vezel wordt toegevoerd, dat
35 de lichtgolf zich langs de hartlijn voortplant en met de eerste en tweede akoestische golven zodanig samenwerkt, dat een gedeelte van de lichtgolf langs de hartlijn in een richting tegengesteld aan de initi-

ële lichtgolfvoortplantingsrichting over een hoek van 180° in achterwaartse richting wordt teruggekaatst.

43. Werkwijze volgens conclusie 42, met het kenmerk, dat de substraat een akoestische impedantie heeft, welke zodanig is gekozen, dat deze is aangepast aan die van de vezel teneinde akoestische reflectieverliezen te reduceren, welke optreden wanneer de eerste akoestische golf en de tweede akoestische golf zich vanuit de substraat naar en in de vezel voortplanten.

44. Werkwijze volgens conclusie 43, met het kenmerk, dat de vezel is voorzien van een centrale kern omgeven door een bekleding en waarbij een gedeelte van de vezelbekleding wordt weggeslepen teneinde een plat oppervlak te verschaffen, welke van de kern door een dun gebied van bekledingsmateriaal is gescheiden, en de substraat met het platte oppervlak wordt verbonden.

45. Werkwijze volgens conclusie 42, met het kenmerk, dat de eerste akoestische golf en de tweede ^{akoestische} golf een in hoofdzaak gelijke frequentie, f , in de vezel hebben, waarbij $f = (2nV)/M\lambda_0 (\cos 45^\circ)$, waarbij n de optische brekingsindex van de vezel is, V de snelheid van de eerste akoestische golf in de vezel is, λ_0 de golflengte in de vrije ruimte van de lichtgolf is, en M een positief oneven geheel getal is.

46. Werkwijze volgens conclusie 42, met het kenmerk, dat de frequentie van de eerste akoestische golf in de vezel verschilt van de frequentie van de tweede akoestische golf in de vezel.

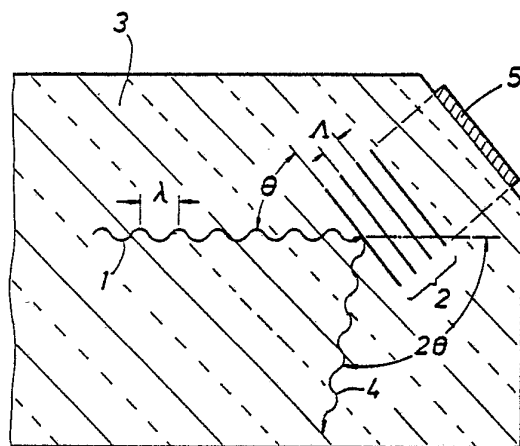


FIG. 1

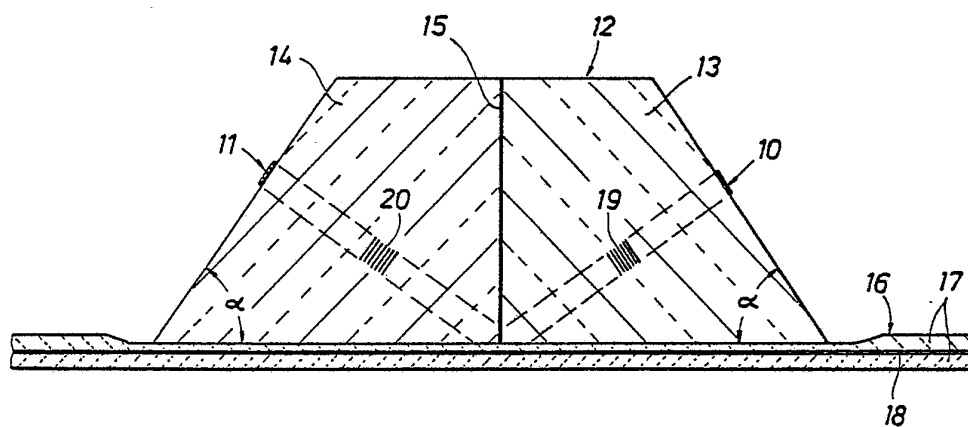


FIG. 2

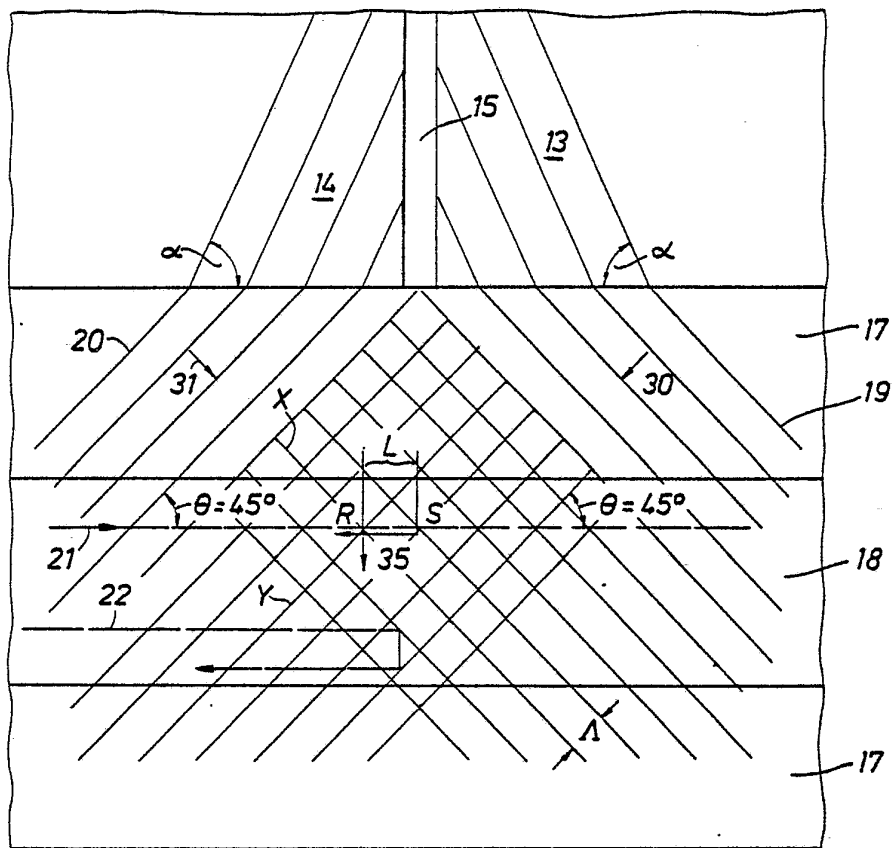


FIG. 3

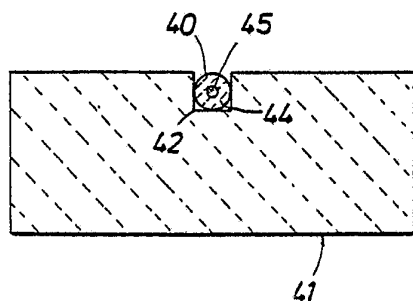


FIG. 4A

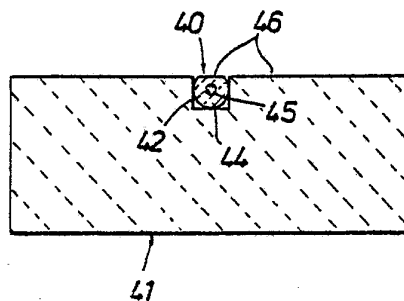


FIG. 4B

FIG. 5

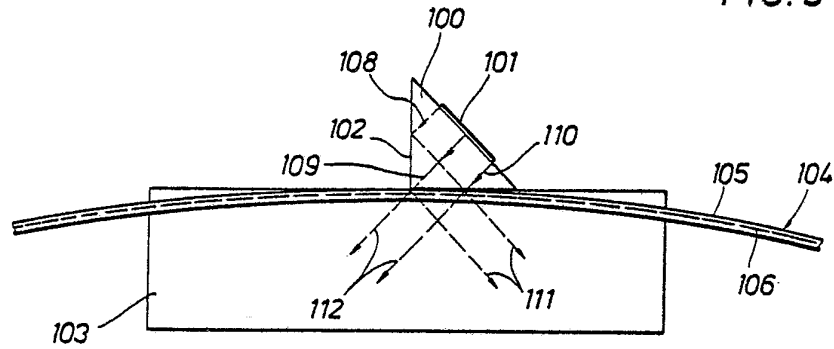


FIG. 6

