

19



Bureau voor de
Industriële Eigendom
Nederland

11 1003670

12 C OCTROOI²⁰

21 Aanvraag om octrooi: 1003670

51 Int.Cl.⁶
G02B6/125, G02F1/295

22 Ingediend: 24.07.96

41 Ingeschreven:
28.01.98

73 Octrooihouder(s):
Koninklijke PTT Nederland N.V. te Groningen.

47 Dagtekening:
28.01.98

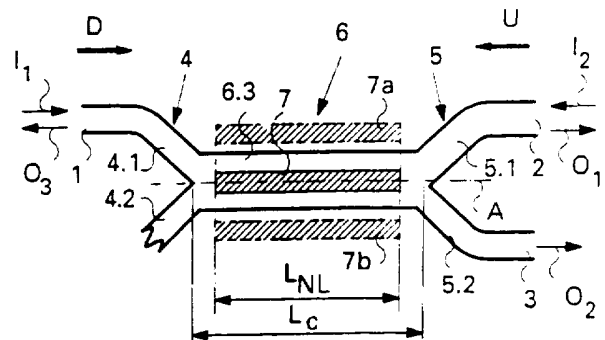
72 Uitvinder(s):
Johannes Jacobus Gerardus Maria van der Tol
te Leidschendam

45 Uitgegeven:
01.04.98 I.E. 98/04

74 Gemachtigde:
Ir. G.R. Beitsma te 2509 CH Den Haag.

54 Optisch niet-lineair vertakkingselement.

57 Een optisch 1x2-vertakkingselement met laag verlies omvat symmetrische Y-junctie (4) met gelijke takken (4.1, 4.2) en een asymmetrische Y-junctie (5) met ongelijke takken (5.1, 5.2). De Y-juncties zijn verbonden door een gemeenschappelijke stam (6) waarin twee in orde verschillende geleide modi kunnen propageren. Centraal in en/of in de nabijheid van de stam zijn optisch niet-lineaire deelgebieden (7, 7a, 7b) gepositioneerd. De elementen (7 en/of 7a, 7b) en de asymmetrische Y-junctie (5) zijn zo gedimensioneerd, dat, voor een gegeven signaalvermogen, in een signaalrichting (pijl D) het vertakkingselement werkt als 3dB-splitser, terwijl in de andere signaalrichting (pijl U) het verlies \ll 3 dB is.



NL C 1003670

De inhoud van dit octrooi wijkt af van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en). De oorspronkelijk ingediende stukken kunnen bij het Bureau voor de Industriële Eigendom worden ingezien.

Titel: Optisch niet-lineair vertakkingselement

A. Achtergrond van de uitvinding

1. Gebied van de uitvinding

De uitvinding ligt op het gebied van optische inrichtingen voor optische signalen transporterende en verwerkende systemen. Meer in het bijzonder betreft zij een optisch 1x2-vertakkingselement voorzien van drie optische poorten, waarbij een via een eerste optische poort geïnjecteerd optisch signaal wordt gesplitst in twee naar vermogen gelijke signalen die respectievelijk uittreden via een tweede en een derde optische poort, en waarbij een via de tweede of de derde poort geïnjecteerd optisch signaal uittreedt via de eerste optische poort. Voor een vertakkingselement met dezelfde functie is gelijktijdig eveneens een aanvraag ingediend (indieningsdatum: 24 juli 1996; indieningsnummer: 1003669; titel van de aanvraag: Optisch niet-lineair vertakkingselement met MZ-interferometer). De specificatie van deze gelijktijdige aanvraag, hierna aangeduid met aanvraag P1, wordt beschouwd als geïncorporeerd in de onderhavige aanvraag.

2. Stand van de techniek

Het splitsen van optische signalen is een van de belangrijkste basisfuncties in optische systemen en netwerken. Optische signaalsplitters die gebaseerd zijn op kanaalvormige golfgeleiders, zoals optische vezels of geïntegreerde golfgeleiderstructuren, berusten op twee fundamenteel verschillende fysische principes. Een type signaalsplitters maakt gebruik van interferentie, zoals bij voorbeeld de richtkoppelaar en de op een MZ-interferometer gebaseerde splitser. Het tweede type signaalsplitser maakt gebruik van symmetrie, zoals bij voorbeeld de symmetrische Y-splitser en de als modusfilter gedimensioneerde asymmetrische Y-splitser.

Voor passieve optische netwerken (PON's), zowel toegepast voor signaaldistributie als bidirectioneel verkeer, en die een boomvormig vertakte structuur bezitten met een veelal hoge uitsplitsingsgraad, zijn signaalsplitters op grote schaal nodig. Daarvoor worden (1 → N)-splitters ontworpen, die veelal zijn opgebouwd uit (1 → 2)-splitters van bovengenoemde typen. In iedere (1→2)-splitser ondergaat het optische signaal in elke van beide uitsplitsrichtingen een vermogensreductie van 3dB. Dit is in de richting van verdere uitsplitsing (neerwaarts) onvermijdelijk en vanzelfsprekend, aangezien

1003670

het aangeboden lichtvermogen zich over de twee mogelijke uitsplitsrichtingen verdeelt. Vanwege tijdsomkeer-invariantie (reciprociteit), waaraan fysische wetten moeten voldoen, treedt in dezelfde structuur deze reductie eveneens op voor optische signalen in de tegengestelde richting (opwaarts), maar nu als reëel signaalverlies. Een manier om aan dit verlies in de opwaartse signaalrichting te ontkomen is door de golfgeleidende structuur in opwaartse richting anders te laten zijn dan die in neerwaartse signaalrichting. Dit kan worden bereikt door de signalen te schakelen, bijvoorbeeld met behulp van extern, elektrisch of optisch, bestuurd optische schakelaars. Dit heeft echter het nadeel dat zo'n netwerk dan niet meer passief is, en bovendien een gecompliceerd besturingssysteem voor de vele schakelaars vereist.

Een andere mogelijkheid biedt de toepassing van niet-lineaire optische effecten in de hierboven aangeduide splitsstructuren, waardoor een lichtsignaal zelf een schakelwerking teweeg kan brengen. Uit referentie [1] is een simulatie-studie bekend van een symmetrische Y-junctie met een monomodale stam en twee monomodale takken, waarvan althans de takken worden gevormd door identieke golfgeleidersecties in een niet-lineair optisch medium. Vanwege de symmetrie treedt er vermogensplitsing op in de uitsplitsrichting (neerwaarts). In de opwaartse richting veroorzaakt een via een der takken aangeboden lichtsignaal daarin een brekingsindex-verhoging, waardoor de symmetrie wordt verbroken. De Y-junctie wordt daardoor asymmetrisch, en gaat voor dit signaal werken als een modusfilter: het lichtsignaal propageert volledig verder als nulde-orde modus signaal in de stam van de Y-junctie (Opmerking: bij het bovengenoemde type niet-geschakelde (1→2)-splitser wordt steeds een deel (de helft) omgezet in een eerste-orde modus, welk deel afstraalt bij binnentreden in de monomodale stam van de Y-junctie met het genoemde vermogensverlies tot gevolg). In referentie [2] is een asymmetrische X-junctie in een niet-lineair medium numeriek onderzocht, waarmee een optisch signaal kan worden geschakeld met behulp van een afzonderlijk te injecteren optisch besturingssignaal. Dit besturingssignaal vertoont een soortgelijke schakelende werking (zie meer in het bijzonder Fig. 4 (c) en Fig. 5 (c) van referentie [2]) als hiervoor beschreven voor de niet-lineaire Y-junctie van referentie [1]. Een nadeel van de in de referenties [1] en [2] beschreven splitsstructuren is, ofwel dat ze extreem hoge

optische vermogens vereisen, ofwel dat relatief grote niet-lineaire optische effecten nodig zijn, waarvoor tot op heden echter geen geschikte materialen beschikbaar zijn.

5 B. Samenvatting van de uitvinding

Met de uitvinding wordt beoogd een vertakkingselement te verschaffen, dat de gewenste eigenschap met betrekking tot lage vermogensverliezen bezit van splitsstructuren zoals hierboven beschreven, maar waarin de benodigde niet-lineaire effecten
10 aanzienlijk beperkter kunnen blijven, zodat realisatie bij de huidige stand van de techniek mogelijk is. Zij berust op het feit dat in interferometrische structuren, zoals die gebaseerd op een richtkoppelstructuur of een TMI-koppelstructuur (Two Mode Interference), geen gebruik wordt gemaakt van absolute veranderingen
15 in brekingsindex, maar van fase-veranderingen in optische signalen. Deze fase-veranderingen worden bepaald door het product van een brekingsindexverandering en de lengte van het optische pad waarover de brekingsindexverandering wordt gerealiseerd ($\delta\Phi = \delta n * L$). Dit betekent dat de lengte van het optische pad als vergrotingsfactor kan dienen,
20 zodat ook relatief kleine niet-lineaire effecten voor een schakelwerking kunnen worden benut, als de optische padlengte maar groot genoeg is.

Een optisch vertakkingselement volgens de aanhef van conclusie 1, voor de definitie waarvan de in referentie [2] beschreven
25 asymmetrische X-junctie is benut, heeft daartoe volgens de uitvinding het kenmerk van conclusie 1. De niet-lineaire deelgebieden zijn zodanig gepositioneerd in of nabij de stam, dat bij intensiteitsverschillen in de twee geleide modi elk deelgebied hoofdzakelijk een verandering in de effectieve brekingsindex voor
30 slechts één van beide geleide modi bewerkstelligt. In een voorkeursuitvoering waarin hoofdzakelijk de brekingsindex van een nulde-orde geleide modus, of algemener een geleide modus met een even orde-getal, wordt beïnvloed, heeft het vertakkingselement het kenmerk volgens conclusie 2. In een voorkeursuitvoering waarin hoofdzakelijk
35 de brekingsindex van een eerste-orde geleide modus, of algemener een geleide modus met een oneven orde-getal, wordt beïnvloed, heeft het vertakkingselement het kenmerk volgens conclusie 3. Ook een combinatie is mogelijk.

In de twee hierboven reeds aangeduide bekende typen 2x2-koppelaars, t.w. de richtkoppelaar en de TMI-koppelaar (Two Mode Interference), vindt de interferentie plaats tussen in orde verschillende geleide modi. Op beide typen koppelaars is de uitvinding van toepassing. In een verdere voorkeursuitvoering heeft het
 5 vertakkingselement dan ook het kenmerk volgens conclusie 4 of conclusie 5.

Uit referentie [3] is een optisch logisch element bekend, waarmee een XOR-functie kan worden uitgevoerd. Dit logische element
 10 omvat een op een MZ-interferometer gebaseerde golfgeleider-structuur, waarbij in elke van de twee golfgeleidertakken een qua fase moduleerbaar element is opgenomen, waarvan de brekingsindex een verandering ondergaat als het wordt aangestraald met licht van buiten de golfgeleider-structuur. Voor deze qua fase moduleerbare elementen
 15 worden niet-lineaire optische materialen toegepast, bijvoorbeeld in een halfgeleider-systeem op basis van InP in een MQW-structuur (Multiple Quantum Well). Dergelijke niet-lineaire optische materialen, en in een zelfde structuur als waarmee het moduleerbare element is gerealiseerd, zijn in principe ook toepasbaar als de niet-lineaire
 20 deelgebieden opgenomen in en/of nabij de gemeenschappelijke stam van de twee Y-juncties waaruit het vertakkingselement volgens de uitvinding is gevormd. De brekingsindex-veranderingen worden in die deelgebieden echter niet door licht van buitenaf teweeg gebracht, maar uitsluitend door veranderingen in intensiteit van lichtsignalen die
 25 propageren in de stam en de daarin of daarnabij gelegen niet-lineaire deelgebieden zelf.

C. Referenties

- [1] G.J.M. Krijnen, et al., "Simulation of low insertion loss
 30 nonlinear Y-junctions", Sensors & Actuators (Optical Transducers), Proceedings S&A Symposium of the University of Twente, Enschede, The Netherlands, November 15-16, 1990, University of Twente/Kluwer Technical Books, Deventer-Antwerpen, pp. 323-328;
- 35 [2] H. Fouckhardt and Y. Silberberg, "All-optical switching in waveguide X junctions", J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 7, No. 5, May 1990, pp.803-809;
- [3] US-A-5,315,422.

Alle referenties worden beschouwd als geïncorporeerd in de onderhavige aanvraag.

D. Korte beschrijving van de tekening

5 De uitvinding zal nader worden toegelicht middels een beschrijving van een uitvoeringsvoorbeeld, waarbij wordt verwezen naar een tekening die de volgende figuren omvat:

- FIG. 1 toont schematisch een optisch vertakkingselement volgens de uitvinding gebaseerd op een richt-koppelstructuur;
- 10 FIG. 2 toont schematisch een onderdeel van het vertakkingselement volgens FIG. 1 in een dwarsdoorsnede;
- FIG. 3 toont schematisch een optisch vertakkingselement volgens de uitvinding gebaseerd op een TMI-koppelstructuur;
- FIG. 4 toont in deelfiguur (a) schematisch een onderdeel van het
15 vertakkingselement volgens FIG. 3 in een dwarsdoorsnede; en in deelfiguur (b) een grafische voorstelling van de intensiteitsverdeling van twee deelsignalen over het in deelfiguur (a) getoonde onderdeel.

20

E. Beschrijving van een uitvoeringsvoorbeeld

In de beschrijving wordt onder Y-junctie verstaan een optische golfgeleiderstructuur van twee afzonderlijke kanaalvormige golfgeleiders, takken genoemd, welke convergeren naar of divergeren
25 vanaf een derde kanaalvormige golfgeleider, stam genoemd. Deze stam kan een enkelvoudige golfgeleider zijn, maar ook bestaan uit twee, in hoofdzaak parallel lopende, gekoppelde golfgeleiders. Een symmetrische Y-junctie heeft takken met dezelfde propagatie-constanten, terwijl een asymmetrische Y-junctie takken bezit met (iets) verschillende
30 propagatie-constanten. Volgens deze definitie is zowel een TMI-koppelaar (Two Mode Interference) als een richtkoppelaar te beschouwen als bestaande uit twee gekoppelde Y-juncties met een gemeenschappelijke stam. Daarin is de stam van een TMI-koppelaar een enkelvoudige bimodale golfgeleidersectie, terwijl de stam van de
35 richtkoppelaar bestaat uit twee parallelle gekoppelde golfgeleidersecties.

Hoewel het principe van de uitvinding ruimer toepasbaar is, worden in de hierna beschreven uitvoeringsvoorbeelden Y-juncties

verondersteld, waarvan de takken monomodale golfgeleidende kanalen zijn, en de gemeenschappelijke stam wordt gevormd door een bimodale golfgeleidersectie in geval van een TMI-koppelaar, en door twee parallelle monomodale golfgeleidersecties bij de richtkoppelaar.

5 FIG. 1 toont schematisch een golfgeleiderpatroon voor een optisch vertakkingselement volgens de uitvinding in een eerste variant, die is gebaseerd op een richtkoppelstructuur. Het vertakkingselement is voorzien van drie poorten 1, 2 en 3. In één signaalrichting (pijl D), de neerwaartse signaalrichting genoemd, dient de eerste poort 1 als optische signaalingang en dienen de tweede en derde poorten 2 en 3 als optische signaaluitgangen. In de tegenovergestelde signaalrichting (pijl U), de opwaartse signaalrichting genoemd, dienen de tweede en derde poorten 2 en 3 als signaalingen, en dient de eerste poort 1 als signaaluitgang. Het golfgeleiderpatroon van het vertakkingselement omvat een symmetrische Y-junctie 4 met monomodale golfgeleidende takken 4.1 en 4.2, en een asymmetrische Y-junctie 5 met monomodale golfgeleidende takken 5.1 en 5.2. De takken van de symmetrische Y-junctie 4 liggen symmetrisch ten opzichte van een centrale as A en bezitten gelijke
10 propagatieconstanten (aangeduid door gelijke breedte). De takken van de asymmetrische Y-junctie 5 zijn ongelijk in propagatieconstante en vertonen een asymmetrie ten opzichte van de centrale as (aangeduid door een verschil in breedte). De twee Y-juncties 4 en 5 bezitten een gemeenschappelijke stam 6. De stam 6 bestaat uit twee monomodale
15 golfgeleidersecties 6.1 en 6.2, die over een koppellengte L_C parallel lopen, en respectievelijk de takken 4.1 en 5.1, en 4.2 en 5.2 met elkaar verbinden. Een uiteinde van de tak 4.1 vormt de poort 1, terwijl uiteinden van de takken 5.1 en 5.2 respectievelijk de poorten 2 en 3 vormen. Tussen de golfgeleidersecties 6.1 en 6.2 is een niet-lineair gebied 7 opgenomen met lengte L_{NL} . Dit niet-lineaire gebied 7 is gevormd uit een optisch transparant medium met een intensiteitsafhankelijke brekingsindex, zoals bijvoorbeeld tengevolge van een Kerr-type niet-lineariteit. Eventueel kunnen, in plaats van het niet-lineaire gebied 7 of additioneel, twee verdere niet-lineaire gebieden
20 7a en 7b zijn gepositioneerd terweerszijde van de stam 6.

FIG. 2 toont voor een geïntegreerd optische uitvoering van het vertakkingselement volgens FIG. 1, bij wijze van voorbeeld gerealiseerd op basis van indiumfosfide (InP), een dwarsdoorsnede van

de stam 6. Op een substraat 8 van InP bevinden zich een lichtgeleidende laag 9 van InGaAsP en een bovenlaag 10 van InP. Dijkvormige verhogingen in de bovenlaag definiëren de golfgeleidersecties 6.1 en 6.2 van de stam 6, terwijl de ruimte tussen de dijkvormige verhogingen, die over een lengte L_{NL} is opgevuld met optisch niet-lineair materiaal, het niet-lineaire gebied 7 vormt.

FIG. 3 toont schematisch een golfgeleiderpatroon voor een tweede variant van het optisch vertakkingselement, die is gebaseerd op een TMI-koppelstructuur. Met de eerste variant overeenkomende onderdelen van het vertakkingselement hebben gelijke nummer- en letter-aanduiding. De stam 6 wordt nu gevormd door een bimodale golfgeleider 6.3. Op overeenkomstige wijze als FIG. 2 voor de eerste variant toont onderdeel (a) van FIG. 4 een dwarsdoorsnede van de stam 6 van de tweede variant. Centraal in de dijkvormige verhoging die de bimodale golfgeleidersectie 6.3 definieert, bevindt zich over een lengte L_{NL} een uitsparing 11 die, opgevuld met een optisch niet-lineair materiaal, het niet-lineaire gebied 7 vormt.

De werking van het vertakkingselement zal nu worden toegelicht aan de hand van de tweede variant. Die van de eerste variant is volkomen analoog.

In de neerwaartse richting (pijl D) is de werking als volgt. Een lichtsignaal I_1 dat via de eerste poort 1 van het vertakkingselement binnentreedt en via de tak 4.1 de stam bereikt, zal daarin verder propageren in de vorm van een eerste deelsignaal $S(0)$ in een nulde-orde geleide modus en van een tweede deelsignaal $S(1)$ in een eerste-orde geleide modus. Deze twee deelsignalen zijn door de symmetrie van de Y-junctie 4 van gelijke intensiteit, d.i. elk van de beide geleide modi in de stam bevat de helft van het met het lichtsignaal I_1 via poort 1 geïnjecteerde optische vermogen. Opgemerkt zij, dat slechts één van de twee takken van de symmetrische Y-junctie, i.c. de tak 4.1 wordt gebruikt als poort 1; de aanwezigheid van de andere tak is slechts noodzakelijk voor het in gelijke mate aanslaan van de beide geleide modi in de gemeenschappelijke stam. De vermogensverdeling aan het eind van de asymmetrische Y-junctie 5 over de takken 5.1 en 5.2 is afhankelijk van het onderlinge faseverschil waarmee de beide geleide modi daar arriveren. Voor een symmetrische vermogensverdeling ($\frac{1}{2}/\frac{1}{2}$) geldt de conditie, dat een faseverschil $\delta\phi_D = 90^\circ$ (of een oneven veelvoud hiervan) is vereist.

In onderdeel (b) van FIG. 4 is voor de deelsignalen $S(0)$ en $S(1)$ kwalitatief een verdeling van de signaalintensiteit (Int) over de dwarsdoorsnede van de stam weergegeven. Daaruit blijkt dat in het centrum van de bimodale sectie 6.3 deze verdeling maximaal is voor het deelsignaal $S(0)$, en minimaal (nul) voor het deelsignaal $S(1)$. Verder heeft de verdeling voor $S(1)$ twee gelijke maxima, die iets kleiner zijn dan de helft van het maximum voor $S(0)$, ter weerszijde van dit centrum, en een verwaarloosbare intensiteit in een gebied f rondom het minimum in het centrum. Voorts heeft de verdeling voor $S(1)$ tengevolge van evanescente velden van het eerste-orde deelsignaal, die relatief groot zijn ten opzichte van die van het nulde-orde deelsignaal, relatief grote uitlopers u en v tot buiten het gebied onder de dijkvormige verhoging van de sectie 6.3. Dit betekent dat, als de breedte d van het niet-lineaire gebied 7 overeenkomt met het gebied f , alleen het deelsignaal $S(0)$ wordt beïnvloed door het niet-lineaire deelgebied 7, terwijl het deelsignaal $S(1)$ nauwelijks of niet wordt beïnvloed. De conditie met betrekking tot het vereiste faseverschil $\delta\phi_D = 90^\circ$ is derhalve afhankelijk van het signaalvermogen. Om deze conditie te vervullen wordt de lengte L_{NL} van het niet-lineaire gebied, bij een geschikt gekozen grootte van de doorsnede ervan, afgestemd op een werkvermogen dat gewenst is voor een situatie waarin het vertakkingselement wordt toegepast. Aangezien de effectieve lengte van het niet-lineaire gebied 7 in feite niet langer kan worden dan de lengte van de stam, d.w.z. $L_{NL} < L_C$, en voor de lengte van de stam steeds een waarde kan worden gekozen die een oneven veelvoud is van de kleinste lengte L_0 waarbij de TMI-sectie nog als 3dB-splitser werkt, d.w.z. $L_C = (2n+1)L_0$, is deze conditie steeds te vervullen.

In de opwaartse richting (pijl U) is de werking als volgt. Een lichtsignaal I_2 (dat dezelfde intensiteit bezit als het lichtsignaal I_1 in het neerwaartse geval), dat via de tweede poort 2 van het vertakkingselement binnentreedt en via de "brede" tak 5.1 van de asymmetrische Y-junctie 5 de stam bereikt, zal daarin verder propageren in de vorm van een eerste deelsignaal $T(0)$ in een nulde-orde geleide modus en van een tweede deelsignaal $T(1)$ in een eerste-orde geleide modus. Deze twee deelsignalen zijn tengevolge van de asymmetrie van de Y-junctie 5 ongelijk van intensiteit. De asymmetrie van de Y-junctie 5 is zodanig gekozen, dat het deelsignaal $T(0)$ een

1003670

fractie x meer dan de helft (i.c. $(\frac{1}{2} + x)$, met $0 < x < \frac{1}{2}$) bevat van het vermogen van een in de poort 2 geïnjecteerd signaal, terwijl het deelsignaal $T(1)$ de rest van het vermogen (i.c. $(\frac{1}{2} - x)$) bevat. De intensiteit van het deelsignaal $T(0)$ is derhalve groter dan de

5 intensiteit van het deelsignaal $T(1)$, zodat het deelsignaal $T(0)$ in de stam door de aanwezigheid van het niet-lineaire gebied 7 een groter fase-verschil $\delta\phi_U$ ondergaat, dan het fase-verschil $\delta\phi_D$ van het deelsignaal $S(0)$ in de neerwaartse signaalrichting. Door voor het

10 gewenste werkvermogen het niet-lineaire gebied 7 zodanig te dimensioneren, dat over de stam geldt $\delta\phi_U - \delta\phi_D = 90^\circ$, interfereren de twee deelsignalen $T(0)$ en $T(1)$, voor zover ze in amplitude overeenstemmen, maximaal tot een symmetrisch signaal dat als een nulde-orde modus signaal in de tak 4.1 verder propageert en via poort 1 uittreedt als signaal O_3 . Het verschil in amplitude daarentegen

15 resulteert in een asymmetrisch signaal dat afstraalt, en derhalve afhankelijk van de gekozen waarde van x een relatief klein verlies kan vormen.

In de opwaartse richting (pijl U) kan het lichtsignaal I_2 ook via de derde poort 3 van het vertakkings-element binnentreden en via de

20 "smalle" tak 5.2 van de asymmetrische Y -junctie 5 de stam bereiken. In dat geval heeft het deelsignaal $T(0)$ de kleinere intensiteit. Het deelsignaal $T(0)$ ondergaat een 90° kleiner fase-verschil $\delta\phi_U$ in de stam, dan het fase-verschil $\delta\phi_D$ van het deelsignaal $S(0)$ in de neerwaartse signaalrichting. Bij de gekozen dimensionering van het

25 niet-lineaire gebied 7 geldt nu $\delta\phi_U - \delta\phi_D = -90^\circ$, en interfereren de twee deelsignalen $T(0)$ en $T(1)$ weer maximaal tot een symmetrisch signaal dat als een nulde-orde modus signaal in de gewenste tak 4.1 van de symmetrische Y -junctie 4 verder propageert en via poort 1 uittreedt als signaal O_3 .

30 Opgemerkt zij, dat de deelsignalen $T(0)$ en $T(1)$ soortgelijke intensiteitsverdelingen bezitten als getoond voor de deelsignalen $S(0)$ en $S(1)$, zij het met overeenkomstig de fractie x hogere of lagere maxima.

In het voorgaande is de werking beschreven met aanwezigheid van

35 slechts het niet-lineaire gebied 7. De werking is overeenkomstig als in plaats van het gebied 7, de niet-lineaire gebieden 7a en 7b aanwezig zijn, welke zodanig gepositioneerd zijn dat ze slechts (de uitlopers u en v van) het deelsignaal $S(1)$ of $T(1)$ beïnvloeden (zie

FIG. 4). Zijn zowel het niet-lineaire gebied 7 als de verdere niet-lineaire gebieden 7a en 7b aanwezig, dan is de werking in neerwaartse richting (geen verschil in signaalintensiteit) minder afhankelijk, of zelfs vrijwel onafhankelijk van het toegepaste signaalvermogen, en moet het voor de 3dB-splitsfunctie vereiste fase-verschil worden
 5 verkregen door keuze van de lineaire optische weglengte. In opwaartse signaalrichting (wel verschil in signaalintensiteit) wordt de werking voor het verkrijgen van de gewenste fase-verschillen versterkt ("push/pull"-werking), zodat met een kleinere lengte van de niet-
 10 lineaire gebieden 7, 7a en 7b kan worden volstaan.

Om het niet-lineaire effect efficiënt te kunnen gebruiken moet de waarde van x (de afwijking van de symmetrische koppelverhouding) relatief groot zijn, terwijl de daarbij optredende verliezen in verhouding laag blijven. Bijvoorbeeld, voor $x=0,25$ is het verlies
 15 ca -0,3 dB. Dat dit mogelijk is, kan met een relatief eenvoudige berekening worden aangetoond. Deze berekening is analoog aan de berekening die in de bovengenoemde gelijktijdige aanvraag P1 is uitgewerkt, en is derhalve hier niet herhaald.

In een geïntegreerde versie van het vertakkingselement kunnen de
 20 niet-lineaire elementen 7, 7a en 7 b in de figuren FIG. 1 t/m 4 worden gerealiseerd door gebieden met een MQW-structuur zoals bijvoorbeeld bekend uit referentie [3]. Dergelijke gebieden kunnen, nadat eerst het golfgeleiderpatroon van een richtkoppelaar of een TMI-koppelaar op een substraat zijn gerealiseerd, in de aangegeven posities worden
 25 gegroeid. Heeft deze structuur een niet-lineaire constante $n_2 = 10^{-4} \text{cm}^2/\text{W}$, dan moeten voor het bewerkstelligen van een 90° fase-verschil bij een inkomend signaalvermogen van 0,1mW van een optisch signaal met golflengte $1,5\mu\text{m}$ en een asymmetrie van $x = 0,25$ in in de asymmetrische Y-junctie 5, de niet-lineaire elementen lengte bezitten
 30 $L_{\text{NL}} = 15 \cdot \alpha^{-1} \mu\text{m}$ bezitten. α is hierin een zogenoemde overlapfactor, die aangeeft welke fractie van de intensiteitsverdelingen van de deelsignalen T(0) en T(1) het niet-lineaire gebied treft. De overlapfactor hangt derhalve samen met de grootte van de dwarsdoorsnede van het niet-lineair gebied. Een acceptabele waarde is
 35 $\alpha=0,1$. Hierbij is $L_{\text{NL}} = 150 \mu\text{m}$, hetgeen zeer kort is voor een geïntegreerde optische component. Bij een tienmaal hoger (lager) signaalvermogen moet, bij een gegeven waarde voor α , L_{NL} een factor tien korter (langer) gekozen.

In de gelijktijdige aanvraag P1 zijn voor een goede werking van het aldaar beschreven niet-lineaire vertakkingsselement enkele vereisten opgesomd. Deze vereisten gelden mutatis mutandis ook hier, en zijn derhalve hier niet herhaald. Een verder vereiste voor een
5 goede werking is, dat het vertakkingsselement wordt toegepast bij een werkvermogen dat voor beide signaalrichtingen (pijlen D en U) in hoofdzaak gelijk is, waarbij varianten met drie niet-lineaire gebieden (7, 7a en 7b) voor de neerwaartse signaalrichting (pijl D) weer veel minder, of zelfs niet kritisch zijn met betrekking tot het
10 werkvermogen.

F. Conclusies

1. Optisch vertakkingselement voorzien van drie optische poorten, waarbij een via een eerste optische poort geïnjecteerd optisch signaal naar vermogen wordt gesplitst in twee naar vermogen gelijke signalen die respectievelijk uittreden via een tweede en een derde optische poort, en waarbij een via de tweede of de derde poort geïnjecteerd optisch signaal uittreedt via de eerste optische poort, welk vertakkingselement omvat:

- een symmetrische eerste Y-junctie voorzien van twee kanaalvormige golfgeleidende takken met, althans in hoofdzaak, gelijke propagatie-constanten,

- een asymmetrische tweede Y-junctie voorzien van twee kanaalvormige golfgeleidende takken met onderling verschillende propagatie-constanten, en

- een gebied van een optisch transparant medium met een intensiteits-afhankelijke brekingsindex, welk gebied hierna niet-lineair gebied wordt genoemd, waarbij de eerste en tweede Y-juncties een gemeenschappelijke golfgeleidende stam bezitten, hierna kortweg aan geduid met stam, en waarbij een van de twee takken van de eerste Y-junctie de eerste poort vormt, en de twee takken van de tweede Y-junctie de tweede en derde poort vormen,

met het kenmerk, dat

de stam gedimensioneerd is voor interferentie van twee in orde verschillende geleide modi, en dat het niet-lineaire gebied een of meer, langwerpige deelgebieden insluit, dat of die in, althans nabij, de stam zijn gelegen en georiënteerd zijn volgens de lengte-richting van de stam.

2. Optisch vertakkingselement volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat

het niet-lineaire gebied een langwerpig deelgebied insluit, dat in een centraal deel van de stam is gelegen.

3. Optisch vertakkingselement volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk, dat het niet-lineaire gebied twee langwerpige deelgebieden insluit, die aan weerszijden van de stam zijn gelegen.

4. Optisch vertakkingselement volgens conclusie 2 met het kenmerk, dat

de twee Y-juncties deel uit maken van een richtkoppelstructuur,

waarbij de stam twee gekoppelde, in hoofdzaak parallelle golfgeleidersecties omvat, waartussen het niet-lineaire gebied is gelegen.

5. Optisch vertakkingselement volgens conclusie 2 met het kenmerk, dat de twee Y-juncties deel uitmaken van een TMI-koppelstructuur, waarbij de stam een bimodale golfgeleidersectie is.

6. Optisch vertakkingselement volgens conclusie 5 met het kenmerk, dat de bimodale golfgeleidersectie is gedefinieerd door een, althans in hoofdzaak, strookvormige structuur, in een uitsparing waarvan zich het niet-lineaire gebied bevindt.

7. Optisch vertakkingselement volgens een der voorgaande conclusies met het kenmerk, dat de deelgebieden van het niet-lineaire gebied MQW-structuren omvatten in halfgeleider-materiaal.

1/2

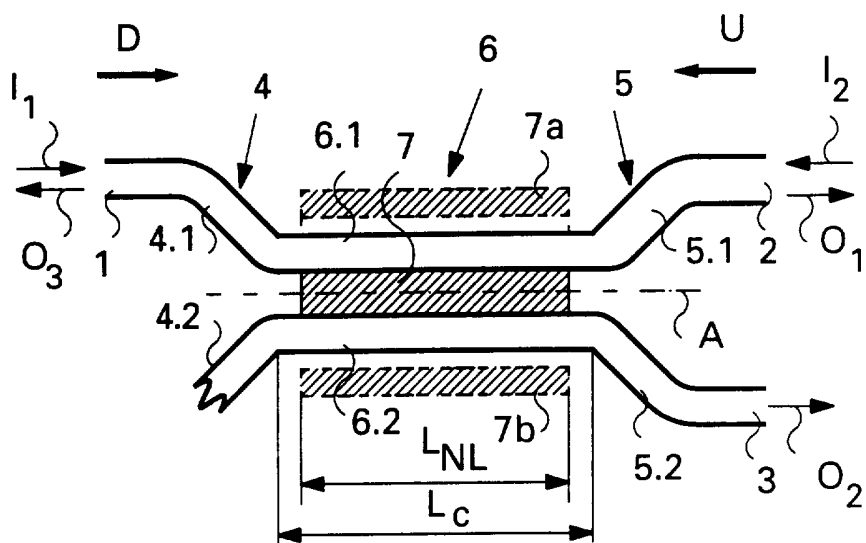


FIG. 1

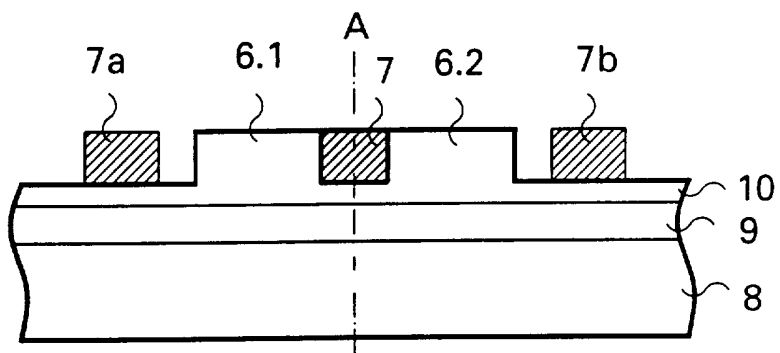


FIG. 2

1003670

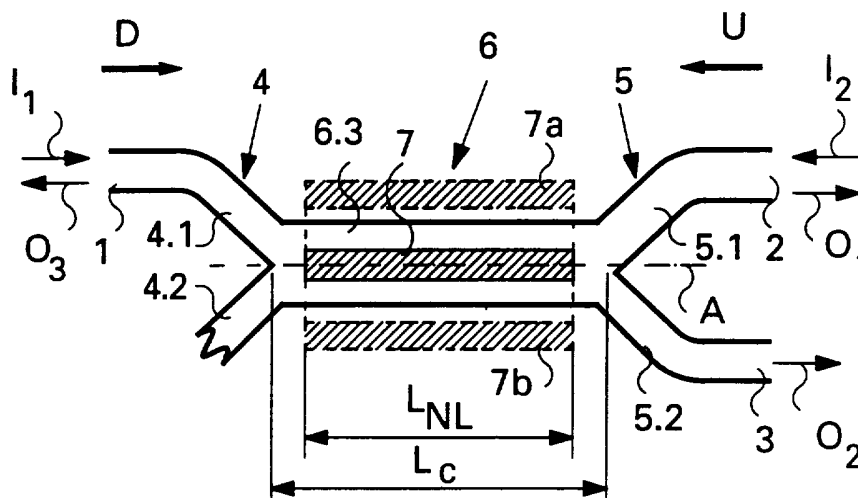


FIG. 3

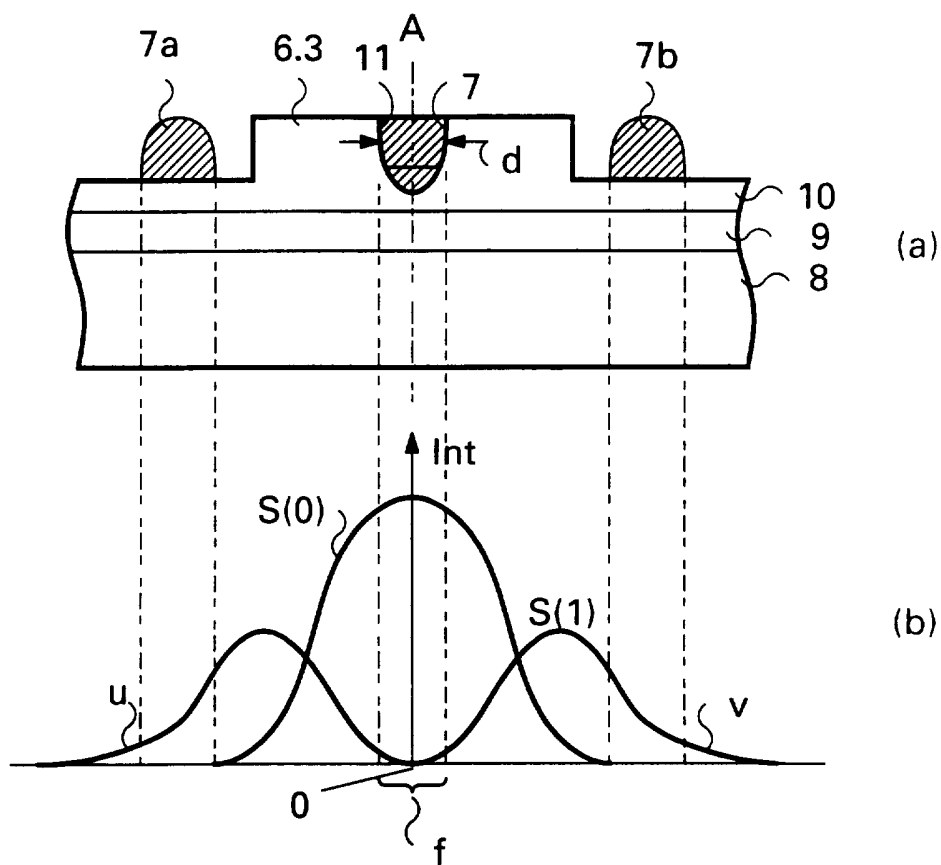


FIG. 4

SAMENWERKINGSVERDRAG (PCT)
RAPPORT BETREFFENDE
NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN INTERNATIONAAL TYPE

IDENTIFIKATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE	Kenmerk van de aanvrager of van de gemachtigde
	402269NE
Nederlandse aanvraag nr.	Indieningsdatum
1003670	24 juli 1996
	Ingeroepen voorrangsdatum
Aanvrager (Naam)	
KONINKLIJKE PTT NEDERLAND N.V.	
Datum van het verzoek voor een onderzoek van internationaal type	Door de Instantie voor Internationaal Onderzoek (ISA) aan het verzoek voor een onderzoek van internationaal type toegekend nr.
--	SN 27950 NL
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)	
Volgens de Internationale classificatie (IPC)	
Int. Cl. ⁶ : G 02 F 1/35, G 02 F 1/225, G 02 B 6/125	
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK	
Onderzochte minimum documentatie	
Classificatiesysteem	Classificatiesymbolen
Int. Cl. ⁶	G 02 F, G 02 B
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen	
III. <input type="checkbox"/> GEEN ONDERZOEK MOGELIJK VOOR BEPAALDE CONCLUSIES (opmerkingen op aanvullingsblad)	
IV. <input type="checkbox"/> GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING (opmerkingen op aanvullingsblad)	

VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1003670

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP
IPC 6 G02F1/35 G02B6/125

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

B. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)
IPC 6 G02F G02B

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

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

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie *	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
A	APPLIED OPTICS, deel 33, nr. 16, 1 Juni 1994, bladzijden 3375-3383, XP000450229 JIAN YAO CHEN ET AL: "Adiabatic polymer-glass-waveguide all-optical switch" * paragrafen 2, 4, 5; zie fig.8,10 voor Pin = 3W * zie bladzijde 3376, linker kolom, regel 6 - rechter kolom, regel 3; figuren 1,2,6-11 ---	1-3
A	ELECTRONICS LETTERS, deel 26, nr. 5, 1 Maart 1990, bladzijde 339/340 XP000105616 CHI S ET AL: "Nonlinear Y-junction coupler" zie het gehele document --- -/--	1-3,5,6

Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.

Leden van dezelfde octroofamilie zijn vermeld in een bijlage

* Speciale categorieën van aangehaalde documenten

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

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

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

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

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

'T' later document, gepubliceerd na de datum van indiening of datum van voorrang en niet in strijd met de aanvraag, maar aangehaald ter verduidelijking van het principe of de theorie die aan de uitvinding ten grondslag ligt

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

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

'&' document dat deel uitmaakt van dezelfde octroofamilie

3

Datum waarop het nieuwheidsonderzoek van internationaal type werd voltooid

20 Maart 1997

Verzenddatum van het rapport van het nieuwheidsonderzoek van internationaal type

Naam en adres van de instantie

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

De bevoegde ambtenaar

Stang, I

VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek
NL 1003670

C.(Vervolg). VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN		
Categorie *	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
A	<p>SENSORS & ACTUATORS (OPTICAL TRANSDUCERS), PROCEEDINGS S&A SYMPOSIUM OF THE UNIVERSITY OF TWENTE, ENSCHEDE, 15 November 1990, XP000646016 G.J.M.KRIJNEN ET AL.: "Simulation of low insertion loss nonlinear Y-junctions" in de aanvraag genoemd zie het gehele document</p> <p>---</p>	1
A	<p>PROCEEDINGS OF THE SPIE (CONFERENCE: FIBER OPTIC NETWORK COMPONENTS, AMSTERDAM), deel 2449, 20 Maart 1995, bladzijden 349-354, XP000646086 J.J.G.N. VAN DER TOL: "Adiabatic 3dB-coupler on InGaAsP/InP using double masking" zie bladzijde 349 - bladzijde 352, alinea 1; figuren 1-3</p> <p>---</p>	1,5
A	<p>OPTICS COMMUNICATIONS, deel 98, nr. 1 / 02 / 03, 15 April 1993, bladzijden 201-208, XP000349121 CHEN J Y ET AL: "Two-mode interferometric polymer-glass-waveguide all-optical switches" zie bladzijde 201 - bladzijde 202 zie bladzijde 206, regel 2 - regel 3; figuren 1,2,4,7</p> <p>---</p>	1,2,4-6
A	<p>JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA - B, deel 7, nr. 5, 1 Mei 1990, bladzijden 803-809, XP000132784 FOUCKHARDT H ET AL: "All-optical switching in waveguide X-junction" in de aanvraag genoemd zie het gehele document</p> <p>---</p>	1-6
A	<p>APPLIED PHYSICS LETTERS, deel 66, nr. 1, 2 Januari 1995, bladzijden 79-81, XP000485965 SHI S ET AL: "Multi-quantum-well zero-gap directional coupler with disordered branching waveguides" zie samenvatting; figuur 2</p> <p>-----</p>	7