(12) **PATENT**

(19) NO (11) **319056** (13) **B1**

NORGE (51) Int Cl[7] H 04 B 10/148 , G 02 B 27/10, 27/28

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19965283	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	1996.12.10	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	1996.12.10	(30)	Prioritet	1996.05.10, US, 644881 1995.12.11, US, 8496
(41)	Alm.tilgj	1997.06.12			
(45)	Meddelt	2005.06.13			

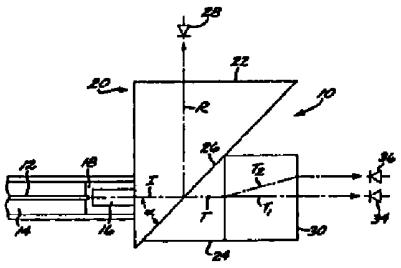
(73)	Innehaver	Litton Systems Inc , 21240 Burbank Boulevard, Woodland Hills, CA 91367-6675, US
(72)	Oppfinner	David B Hall, 5165 Finehill Avenue, La Crescenta, CA 91214, US
(74)	Fullmektig	Arild Friberg - Bryn & Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 Oslo, NO

(54) Benevnelse **Mottakersystem med polarisasjons-diversitet**

(56) Anførte publikasjoner
EP 0 322 893 A2
US 4,723,315 A1

(57) Sammendrag

Et mottagersystem med polarisasjons-diversitet for å gi flere heterodyne optiske utgangssignaler fra en innfallende optisk stråle som har en p-polarisert komponent og en s-polarisert komponent, omfatter første og andre sekvens-oppstilte polariserende stråle-delere og tre fotodetektorer, der hver av disse mottar et heterodynt optisk signal. Mottagersystemet med polarisasjons-diversitet sporfølger det største av disse tre signalene, og benytter kun det største for videre signalbehandling. Det finnes et minimum for dette største signalet som er avhengig av inngangspolarisasjonene i de to optiske feltene, hvis svevningstone er det heterodyne signalet. Derfor er målet å maksimalisere minimumet i dette største av de tre heterodyne signalene. Den første polariserende strålesplitteren deler ideelt den innfallende strålen opp i en gjennomgående stråle-del som innbefatter omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og en reflektert stråle-del som innbefatter omtrent 0% av den p-polariserte komponenten og omtrent 67% av den s-polariserte komponenten. Den reflekterte stråle-delen forlater den første polariserende stråledeleren som et første heterodynt optisk utgangssignal, og faller inn på en første fotodetektor. Den gjennomgående stråle-delen forlater den første stråledeleren, og utsettes så for en effektiv 45° rotasjon av sine polarisasjonsegentilstander rundt sin forplantningsakse, enten før eller under dens vandring gjennom den andre polariserende stråledeleren. Den andre stråledeleren deler den roterte gjennomgåenede stråle-delen opp i andre og tredje heterodyne optiske utgangssignaler, som henholdsvis faller inn på den andre og tredje fotodektoren



Foreliggende oppfinnelse dreier seg generelt om optiske signalmottagere. Mer spesielt dreier foreliggende oppfinnelse seg om en optisk signalmottager som reduserer eller minimaliserer fading av polarisasjonssignalet i et fiberoptisk system.

Et betydelig problem i systemer som benytter mottagning av optiske signaler fra et optisk fiber, er signal-fading på grunn av polarisasjons-forandringer i de optiske signalene som sendes gjennom det optiske fiberet. Mer spesielt kan fase-informasjon fra to eller flere optiske signaler som forplanter seg gjennom en fiberoptisk overføringslinje, gå tapt ved mottageren hvis polarisasjonene i to interessante signaler er krysset, noe som resulterer i at man ikke får noen deteksjons-svevningstone. Det er derfor nødvendig å tilveiebringe en mekanisme for å behandle signalet før deteksjon, som i alle tilfeller av polarisasjonsvandring , gir en passende stor detektor-svevningstone for signalbehandling.

En mekanisme som tar for seg det ovennevnte problemet, er beskrevet i U.S. Patent nr. 5,448,058, som tilhører rettighetshaveren i foreliggende oppfinnelse. Dette patentet beskriver et apparat som omfatter en oppstilling av fotodetektor-elementer med en polarisator-oppstilling foran seg, der polarisator-oppstillingen innbefatter en rekke polarisatorer som har polarisasjons-akser som er adskilt med valgte vinkler, slik at hver optisk signalhendelse på polarisator-oppstillingen har en polarisasjons-komponent langs minst en av polarisasjons-aksene. Fotodetektor-elementene er plassert slik at hvert element mottar lys fra en utvalgt polarisator. Minst ett fotodetektor-element mottar parallelle polarisasjons-komponenter fra de optiske signalene for å generere et elektrisk signal som indikerer interferens mellom de optiske signalene.

Apparatet som er beskrevet ovenfor, har et teoretisk innføringstap på omtrent 4.8 dB til omtrent 9.0 dB. I praksis resulterer behovet for avstandsstykker mellom tilstøtende fotodetektorer i en "dødsone", som gir målte innføringstap på omtrent 7 dB til omtrent 10 dB. Videre krever apparatet en relativt presis innretting av det optiske fiberet, polarisatorene og fotodetektorene. Denne egenskapen gjør hele apparatet følsomt for vibrasjoner og mekaniske støt.

Fra US patent nr. 4,723,315 er kjent en anordning for å kombinere et lyssignal fra en signalkilde, med lys fra en lokal oscillator for heterodyn- eller

homodyn-deteksjon. Anordningen omfatter et første optisk element plassert for å kombinere lyssignalet med lyset fra oscillatoren, og et andre optisk element der polarisasjonen til det kombinerte lyssignalet blir rotert. Det kombinerte, roterte lyssignalet føres så til en stråledeler som splitter lyssignalet i to, avhengig av polaritet, og videre ledes så de to lyssignalene til to forskjellige detektorer.

Videre beskriver EP-0322893-A et optisk mottakersystem for å oppnå redusert antall polarisasjons-separasjoner. Mottakersystemet omfatter en polariserende stråledeler, og et lyssignal som innkommer til denne, blir delt i to signaler, hvor de to lyssignalenes polarisasjonstilstander er innbyrdes ortogonale. De to lyssignalene blir så tilført lokale oscilleringslys som har polarisasjon i samsvar med de delte lyssignalene, og de to lyssignalene blir så ført til hver sin fotodetektor for deteksjon.

Det finnes imidlertid fortsatt et behov for et apparat for optisk signal-deteksjon som minimaliserer polarisasjonssignal-fading med sterkt reduserte innføringstap, og som har forbedret mekanisk stabilitet og motstand mot feil-innretting på grunn av vibrasjoner og mekaniske støt. Det ville videre være ønskelig at et slikt apparat kan implementeres i et praktisk tilfelle med standardiserte optiske komponenter i en så stor grad som mulig.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer således et mottagersystem slik som definert nøyaktig i det vedføyde patentkrav 1. Foretrukne utførelsesformer av mottagersystemet ifølge oppfinnelsen fremgår av de tilknyttede uselvstendige patentkrav 2-30.

I et annet aspekt av oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for å generere heterodyne optiske utgangssignaler fra en innfallende optisk stråle. Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er definert nøyaktig i det vedføyde patentkrav 31. Foretrukne utførelsesformer av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen fremgår av de tilknyttede uselvstendige patentkravene 32-34.

I bred forstand er foreliggende oppfinnelse et høyeffektivt mottagersystem med polarisasjons-diversitet for å gi flere heterodyne optiske utgangssignaler fra en innfallende optisk stråle som har en p-polarisert komponent og en s-polarisert komponent. Hver av de foretrukne utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse omfatter første og andre sekvens-oppstilte, polariserende stråledelere, og tre fotodetektorer, der hver av disse mottar et heterodynt optisk signal. Mottageren

med polarisasjons-diversitet ifølge oppfinnelsen sporfølger det største av disse tre signalene, og benytter bare dette største signalet for videre signalbehandling. Det finnes et minimum for dette største signalet som er avhengig av inngangs-polarisasjonene for de to optiske feltene hvis svevningstone er heterodyn-signalet. Altså er målet å gjøre dette minimumet i det største av de tre heterodyn-signalene så stort som mulig.

I de foretrukne utførelsesformene av foreliggende oppfinnelse deler den første polariserende stråle-deleren ideelt den innfallende strålen opp i en gjennomgående stråle-del som inneholder omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og en reflektert stråle-del som inneholder omtrent 0% av den p-polariserte komponenten og omtrent 67% av den s-polariserte komponenten. Den reflekterte stråle-delen går ut fra den første polariserende stråledeleren som et første heterodynt optisk utgangssignal og faller inn på en første fotodetektor.

Den gjennomgående stråle-delen går ut fra den første stråledeleren, og utsettes så for en effektiv 45° rotasjon av sine polarisasjons-egentilstander rundt sin forplantningsakse, enten før eller under sin vandring gjennom den andre polariserende stråle-deleren. Den andre stråle-deleren deler den roterte gjennomgående stråle-delen opp i andre og tredje heterodyne optiske utgangssignaler, som henholdsvis faller inn på den andre og tredje fotodetektoren.

I en første foretrukket utførelsesform omfatter den andre polariserende stråledeleren en uniaksial krystallplate som er optisk koblet til den første stråledeleren for å motta den gjennomgående stråle-delen derfra. Krystallplaten tilveiebringer den effektive 45° rotasjon av polarisasjons-egentilstandene for den gjennomgående stråle-delen, og deler den roterte, gjennomgående stråle-delen opp i en vanlig stråle som går gjennom platen med en første lineær polarisasjon, og en ekstraordinær stråle som går gjennom platen med en andre lineær polarisasjon som er ortogonal i forhold til den første lineære polarisasjonen. Den vanlige strålen går ut av platen som det andre heterodyne optiske utgangssignal, og den ekstraordinære strålen forlater platen som det tredje heterodyne optiske utgangssignal.

I en andre foretrukket utførelsesform går den gjennomgående stråle-delen inn i en halvbølge-forsinkelsesplate som er optisk koblet til den første

polariserende stråledeleren. Forsinkelsesplaten tilveiebringer den effektive 45° rotasjonen av polarisasjons-egentilstandene for den gjennomgående stråle-delen. Den roterte, gjennomgående stråle-delen entrer så en andre polariserende stråle-deler som er optisk koblet til forsinkelsesplaten, og som deler den roterte, gjennomgående stråle-delen opp i en andre gjennomgående stråle-del som er omtrent 100% p-polarisert, og en andre, reflektert stråle-del som er omtrent 100% s-polarisert. Den andre gjennomgående stråle-delen forlater den andre stråledeleren som det tredje heterodyne optiske utgangssignal.

I en tredje foretrukket utførelsesform går den gjennomgående stråle-delen direkte fra den første polariserende stråledeleren inn i en andre polariserende stråledeler som er optisk koblet til den første polariserende stråledeleren. Den andre stråledeleren er orientert i forhold til forplantningsaksen for den gjennomgående stråle-delen slik at den tilveiebringer en effektiv 45° rotasjon av polarisasjons-egentilstandene for den gjennomgående stråle-delen. Den andre polariserende stråle-deleren deler den roterte, gjennomgående stråle-delen opp i en andre gjennomgående stråle-del som er omtrent 100% p-polarisert og en andre reflektert stråle-del som er omtrent 100% s-polarisert. Den andre transmitterte (gjennomgående) stråle-delen går ut fra den andre stråledeleren som det andre heterodyne optiske signal, og den andre reflekterte stråle-delen går ut fra den andre stråledeleren som det tredje heterodyne optiske utgangssignal.

Et mottagersystem med polarisasjons-diversitet laget i samsvar med foreliggende oppfinnelse kan fungere med innføringstap på mindre enn 6 dB, og til og med så lavt som 1 dB eller mindre. Videre er en slik mottager ikke avhengig av presis innretting av sine optiske komponenter, og er derfor relativt ufølsom for mekaniske støt.

Figur 1 er en diagrammatisk representasjon av et mottagersystem med polarisasjons-diversitet i samsvar med en første foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse;

Figur 2 er et perspektiv-riss av en krystallinsk kalkspat-blokk som benyttes som en optisk stråledeler i utførelsen i Figur 1;

Figur 3 er et oppriss av en overflate på blokken i Figur 2, der orienteringen for den optiske aksen i forhold til overflaten vises;

Figur 4 er en diagrammatisk representasjon av et mottagersystem med

polarisasjons-diversitet i samsvar med en andre foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse;

Figur 5 er et perspektiv-riss av en krystallinsk kvarts-plate som benyttes som en optisk halvbølge-forsinkelsesplate i utførelsen i Figur 4;

Figur 6 er et oppriss av en overflate på platen i Figur 5, der orienteringen for den optiske aksen i forhold til denne overflaten vises;

Figur 7 er en diagrammatisk representasjon av et mottagersystem med polarisasjons-diversitet i samsvar med en tredje foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse;

Figur 8 er et oppriss tatt langs linjen 8 - 8 i Figur 7.

Figur 1 representerer et høyeffektivitets-mottagersystem 10 med polarisasjons-diversitet i samsvar med en første foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse. Mottagersystemet 10 mottar et optisk signal fra et enkeltmodus optisk fiber 12 som sender et optisk signal (synlig eller infrarødt) fra en passende kilde (ikke vist), som kan være en laser. Det optiske fiberet 12 holdes godt fast inne i et strukturelt støtte-rør eller -hylse 14 på en måte som er velkjent innen teknikken. Det optiske signalet går ut som en stråle fra den nærmeste enden av det optiske fiberet 12 og går inn i en fokuserende linse 16 etter å ha krysset et optisk tomrom 18. Linsen 16 er fortrinnsvis en linse med gradert brytnings-indeks ("GRIN") av den type som markedsføres av NSG America, Inc., Somerset, NJ, under varemerket "SELFOC", eller tilsvarende. Linsen 16 fokuserer den optiske strålen på en måte som skal beskrives nedenfor. Tomrommet 18 kan bestå av et hvilket som helst materiale, deriblant luft, som er gjennomsiktig for den optiske bølgelengden som benyttes. Fortrinnsvis kan tomrommet 18 justeres for å sikre at den optiske strålen går inn i linsen 16 med riktig grad av divergens for å oppnå ønsket brennvidde for linsen.

Linsen 16 er mekanisk og optisk koblet til en første polariserende stråledeler 20. Den første stråledeleren 20 omfatter et første eller inngangs-prisme 22 (som linsen 16 er koblet til), og et andre eller utgangs-prisme 24, som er koblet til inngangs-prismet 22 langs en belagt optisk grenseflate 26. Prismene 22, 24 er markedsførte gjenstander av glass av optisk kvalitet, fortrinnsvis av typen som markedsføres under betegnelsen "BK7" av Schott Glasswerke, Mainz, Tyskland, eller tilsvarende.

Prismene 22, 24 er fortrinnsvis rettvinklede prismer, og den optiske grenseflaten 26 mellom dem danner en vinkel (α) på 45° i forhold til den innfallende optiske strålen I, som går inn i den første stråle-deleren 20 fra linsen 16. Grenseflaten 26 er optisk belagt for å dele den innfallende strålen I opp i to stråler, atskilt fra hverandre med 90°, med forskjellige andeler p-polarisasjon og s-polarisasjon i det optiske signalet. I denne utførelsen er belegget i grenseflaten 26 konstruert for å oppnå en nesten ideell 100 % transmisjon av den p-polariserte komponenten i signalet, og derfor en nesten ideell 0 % refleksjon av den p-polariserte komponenten. For den s-polariserte komponenten er det ønskelig å oppnå omtrent en ideell transmisjon på 33 %, og derfor omtrent en ideell refleksjon på 67 %. Altså vil delen T i det optiske signalet som sendes gjennom grenseflaten 26 innbefatte omtrent 100 % av sin p-polariserte komponent, og omtrent 33% av sin s-polariserte komponent. Delen R i det optiske signalet som reflekteres i grensesnittet 26 vil innbefatte så godt som ingenting av sin p-polariserte komponent og omtrent 67 % av sin s-polariserte komponent.

Det spesielle belegget som trengs for å oppnå de ovenfor nevnte polarisasjonsegenskapene for de gjennomgående og reflekterte delene av den innfallende strålen, avhenger av bølgelengden i den innfallende strålen. Hvis for eksempel en nominell bølgelengde på 1320 nm benyttes, bør belegget være en såkalt "kvartbølge-stabel", som omfatter tre lag silisium-nitrid, der hvert lag er omtrent 221 nm tykt, annen hver gang med to lag silisium-dioksid, der hvert lag er omtrent 330 nm tykt. Disse materialene og dimensjonene vil ikke oppnå de ideelle transmisjons- og refleksjons-proporsjoner som er forklart over, men de vil oppnå tilnærminger som er nære nok til å gi brukbare resultater. Det regnes for å være godt innenfor ekspertisenivåene for de med vanlige ferdigheter i de gjeldende håndverk å tilveiebringe spesielle belegg-sammensetninger og -tykkelser som er passende for andre potensielt interessante bølgelengder.

Den reflekterte delen R av den innfallende strålen I styres gjennom inngangs-prismet 22, i en rett vinkel til den gjennomgående delen, inn i en første fotodetektor 28. Den gjennomgående delen T går gjennom utgangsprismet 24 inn i en uniaksial kalsitt-krystallplate 30 som er mekanisk og optisk koblet til utgangs-prismet 24 for å motta den gjennomgående stråle-delen T gjennom dette. Kalsitt-krystallplaten 30 fungerer som en andre polariserende stråledeler, og har, som

vist i Figur 2 og 3, en utgangsflate A, en inngangsflate B som er parallell med utgangsflaten A, og en sideflate C. Kalsitt-krystallplaten 30 har en optisk akse 32 som danner en 45° vinkel med planet i utgangsflaten A. Sett fra utgangsflaten A, som vist i Figur 3, strekker den optiske aksen 32 seg som en diagonal over utgangsflaten A med en vinkel på 45° til sideflaten C. Denne orienteringen av den optiske aksen 32 i kalsitt-krystallplaten 30 tilveiebringer en effektiv 45° rotasjon av polarisasjons-egentilstandene i den gjennomgående stråle-delen T rundt sin forplantningsakse mellom de to stråledelerne 20, 30.

Kalsitt-krystallplaten 30 forplanter en lineær polarisasjon av den gjennomgående stråle-delen T som en vanlig stråle, og den vinkelrette polarisasjonen som en ekstraordinær stråle ved en vinkel på omtrent 6° til den vanlige strålen. Den vanlige strålen går ut fra kalsitt-krystallplaten 30 som en første gjennomgående stråle-del T_1 som går inn i en andre fotodetektor 34, mens den ekstraordinære strålen går ut av kalsitt-krystallplaten 30 som en andre gjennomgående stråle-del T_2 som går inn i en tredje fotodetektor 36.

De optiske dimensjonene i alle de optiske elementene (dvs. prismene 22, 24 og kalsitt-krystallplaten 30) velges for å danne en optisk veilengde for den reflekterte stråle-delen R som er omtrent lik de optiske veilengdene for de gjennomgående stråle-delene T_1 og T_2. Nøyaktig utvalg av GRIN-linsen 16 og bredden av det optiske tomrommet 18 for det optiske signalets valgte bølgelengde resulterer i fokuserte og forstørrede strålebilder som faller inn på hver av detektorene 28, 34, 36. For eksempel, for en nominell stråle-bølgelengde på 1320 nm atskilles en "kvart-pitch" GRIN-linse 16 med omtrent 10 mm diameter fra enden av det optiske fiberet 14 med et tomrom 18 på omtrent 0.3 mm i bredde.

Et høyeffektivt mottagersystem med polarisasjonsdiversitet 40, i samsvar med en andre foretrukket utførelse av oppfinnelsen, er illustrert i Figur 4. I denne utførelsen er en kollimasjons-GRIN-linse 41, som mottar et optisk signal fra et enkeltmodus optisk fiber (ikke vist), optisk og mekanisk koblet til en inngangsflate på en første polariserende stråle-deler 42 som den styrer en kollimert innfallende stråle I inn i. Denne første stråledeleren 42 innbefatter en første optisk grenseflate 44 som er belagt, som beskrevet over, for å oppnå en nesten ideell 100 % transmisjon av signalets p-polariserte komponent, og derfor nesten en ideell 0 % refleksjon av den p-polariserte komponenten. For den s-polariserte komponenten

er det foretrukket å oppnå en ideell transmisjon på omtrent 33 %, og derfor en ideell refleksjon på omtrent 67 %. Altså vil delen T av det optiske signalet som går gjennom den første grenseflaten 44 innbefatte omtrent 100 % av sin p-polariserte komponent, og omtrent 33 % av sin s-polariserte komponent. Delen R av det optiske signalet som reflekteres i den første grenseflaten 44 vil innbefatte så godt som ingenting av sin p-polariserte komponent, og omtrent 67 % av sin s-polariserte komponent.

Den reflekterte delen R av den innfallende optiske signalstrålen I styres ut av den første stråledeleren 42, i rett vinkel til den gjennomgående delen T av strålen, gjennom en første fokuserende linse 46 inn i en første fotodetektor 48. Den gjennomgående delen T av den innfallende optiske signalstrålen I går gjennom den første stråledeleren 42 inn i en halvbølgeforsinkelses-plate 50 av kvarts, som er mekanisk og optisk koblet til en utgangsflate på den første stråledeleren 42.

Forsinkelsesplaten 50 roterer polarisasjons-egentilstandene i den gjennomgående stråle-delen T 45° rundt sin forplantningsakse. Som illustrert i Figur 5 og 6, har forsinkelsesplaten 50 en polert utgangsflate A', en polert inngangsflate B' som er parallell med utgangsflaten A', og en sideflate C'. For å oppnå den ovennevnte 45° strålerotasjonen har forsinkelsesplaten 50 en optisk akse 52 som er inneholdt i et plan som danner en vinkel på 22°33' i forhold til sideflaten C'. Videre, for å oppnå den krevede halvbølge-forsinkelsen, må orienteringen for den optiske aksen 52 i forhold til utgangsflaten A' og tykkelsen (målt i forplantningsaksens retning) av forsinkelsesplaten 50 velges nøyaktig for den innfallende strålens I bølgelengde. Altså, for eksempel, hvis den innfallende strålen I har en nominell bølgelengde på 1320 nm, er den optiske aksen 52 orientert med en vinkel på 13°4' i forhold til normalen på utgangsflaten A', og tykkelsen av forsinkelsesplaten 50 er omtrent 1.5 mm.

Med referanse igjen til Figur 4, går den gjennomgående stråle-delen T, etter at den kommer ut fra forsinkelsesplaten 50, inn i en andre polariserende stråledeler 54 som er optisk og mekanisk koblet til utgangsflaten A' på forsinkelsesplaten 50. Den andre polariserende stråledeleren 54 er en kommersielt tilgjengelig gjenstand som har en andre optisk grenseflate 56 som er belagt slik at den overfører nesten 100 % av den p-polariserte komponenten av den

gjennomgående stråle-delen T og nesten 0 % av den s-polariserte komponenten, og slik at den reflekterer nesten 100 % av den s-polariserte komponenten og nesten 0 % av den p-polariserte komponenten. Den gjennomgående p-polariserte komponenten T_p forlater den andre stråledeleren 54 langs den originale forplantningsaksen, og faller inn på en andre fotodetektor 60 etter å ha passert gjennom en andre fokuserende linse 58. Den reflekterte s-polariserte komponenten R_s forlater den andre stråledeleren 54 i rett vinkel til den originale forplantningsaksen, og faller inn på en tredje fotodetektor 64 etter å ha passert gjennom en tredje fokuserende linse 62.

En høyeffektiv mottager med polarisasjons-diversitet 70, i samsvar med en tredje foretrukket utførelse av oppfinnelsen, er illustrert i Figur 7 og 8. I denne utførelsesformen er en kollimasjons-GRIN-linse 72, som mottar et optisk signal fra et enkelt-modus optisk fiber (ikke vist), optisk og mekanisk koblet til en inngangsflate på en første polariserende stråledeler 74, som den styrer en kollimert innfallende stråle I inn i. Denne første bølgedeleren 74 er hovedsakelig identisk i optiske egenskaper med den første stråledeleren 42 i den ovennevnte andre utførelsesformen. Altså innbefatter den første stråledeleren 74 i den tredje utførelsesformen en første optisk grenseflate 76 som er belagt, som beskrevet over, for å oppnå en nesten ideell 100 % transmisjon av den p-polariserte komponenten i signalet, og derfor en nesten ideell 0 % refleksjon av den p-polariserte komponenten. For den s-polariserte komponenten er det ønsket å oppnå en ideell transmisjon på omtrent 33 %, og derfor en ideell refleksjon på omtrent 67 %. Altså vil delen T i det optiske signalet som sendes gjennom den første grenseflaten 76, innbefatte omtrent 100 % av sin p-polariserte komponent, og omtrent 33 % av sin s-polariserte komponent. Delen R i det optiske signalet som reflekteres i den første grenseflaten 76, vil innbefatte så godt som intet av sin p-polariserte komponent, og omtrent 67 % av sin s-polariserte komponent.

Den reflekterte delen R i den innfallende signalstrålen I styres ut av den første stråledeleren 74, i rett vinkel til den gjennomgående delen T i strålen, gjennom en første fokuserende linse 78 inn i en første fotodetektor 80. Den gjennomgående delen T i den innfallende signalstrålen I passerer gjennom den første stråledeleren 74 inn i en andre polariserende stråledeler 82, som er optisk og mekanisk koblet til en utgangsflate på den første stråledeleren 74. Den andre

stråledeleren 82 i denne tredje utførelsesformen er hovedsakelig optisk identisk med den andre stråledeleren 54 i den ovennevnte andre utførelsesformen, bortsett fra at i denne tredje utførelsesformen er den fysisk rotert 45° rundt forplantningsaksen i den gjennomgående delen T av den innfallende strålen. Altså har den andre stråledeleren 82 en andre optisk grenseflate 84 som er belagt for å overføre nesten 100 % av den p-polariserte komponenten i den gjennomgående stråle-delen T og nesten 0 % av den s-polariserte, og for å reflektere nesten 100 % av den s-polariserte komponenten og nesten 0 % av den p-polariserte komponenten. Den overførte p-polariserte komponenten T_p forlater den andre stråledeleren 82 langs den originale forplantningsaksen, og faller inn på en andre fotodetektor 88 etter å har passert gjennom en andre fokuserende linse 86. Den reflekterte s-polariserte komponenten R_s forlater den andre stråledeleren 82 vinkelrett på den originale forplantningsaksen, og faller inn på en tredje foto-detektor 92 etter å ha passert gjennom en tredje fokuserende linse 90.

Mottagersystemet med polarisasjons-diversitet 70 i den tredje utførelsesformen skiller seg fra systemet 40 i den andre utførelsesformen hovedsakelig ved at systemet 70 i den tredje utførelsesformen ikke krever en forsinkelsesplate 50 mellom de to stråledelerene 74, 82. På den annen side krever det en fysisk rotasjon av den andre stråledeleren 82 i forhold til den første stråledeleren 54, slik at de utgående reflekterte stråle-delene R og R_s ikke ligger i samme plan, som vist i Figur 8. Følgelig ligger den første fokuserende linsen 78 og den første fotodetektoren 80 i et annet plan enn det planet som den tredje fokuserende linsen 90 og den tredje fotodetektoren 92 ligger i. Derfor, mens systemet 40 i den andre utførelsesformen er noe mer komplekst når det gjelder antall komponenter enn systemet 70 i den tredje utførelsesformen, kan det pakkes mer kompakt, fordi alle dets fokuserende linser og fotodetektorer kan legges i ett enkelt plan. Denne fordelen oppnås også i systemet 10 i den første utførelsesformen.

Man vil legge merke til at alle de ovennevnte utførelsesformene kan implementeres ved bruk av hovedsakelig stardardiserte optiske komponenter, bortsett fra den første stråledeleren, som krever et spesialisert belegg, selv om dette er et belegg som kan utvelges og påføres enkelt for en som kjenner de relevante teknikkene.

Oppfinnelsens virkemåte er hovedsakelig den samme for alle utførelsesformene. Ikke desto mindre er terminologien som benyttes ovenfor for stråle-komponentene i den andre og tredje utførelsesformen identiske, og derfor vil beskrivelsen av virkemåten være mer generell hvis den benytter den samme terminologien. Følgelig vil man i den følgende funksjons-beskrivelsen gå ut fra at det funksjonsmessig finnes første og andre polariserende stråledelere, der den andre av disse roterer polarisasjons-egentilstandene i den gjennomgående stråle-delen 45° rundt forplantningsaksen, og at de reflekterte og gjennomgående stråle-delene er nøyaktig fokusert på sine respektive fotodetektorer etter at de kommer ut fra stråledelerene.

Gå ut fra at den innfallende strålen I innbefatter optiske felter A og B, der hvert av disse innbefatter en p-polarisert komponent og en s-polarisert komponent. For hvert felt danner den første stråledeleren en første gjennomgående stråle-del T som omfatter omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og den danner en første reflektert stråle-del R som omfatter omtrent 67% av den s-polariserte komponenten. Denne første reflekterte stråle-delen R detekteres av den første fotodetektoren.

Den andre stråledeleren, med den ovennevnte 45° polarisasjons-egentilstandsrotasjonen i forhold til den første stråledeleren, danner en jevnt fordelt adskillelse av de p-polariserte og s-polariserte komponentene som mottas fra den første stråledeleren. Altså, med en nesten 100% transmisjon av den p-polariserte komponenten og en nesten 100% refleksjon av den s-polariserte komponenten, som beskrevet over, mottar den andre fotodetektoren en andre gjennomgående stråle-del T_p som er nesten 100% p-polarisert, mens den tredje fotodetektoren mottar en andre reflektert stråle-del R_s som er nesten 100% s-polarisert. Resultatet av denne sammensetningen av de to stråledelerene og deres respektive oppdelinger av den innfallende strålen med basis i dens polarisasjons-komponenter, er at den minste mulige amplituden i det største av tre fotodetektor-signaler gjøres så stort som mulig. Dette signalet sporfølges så, og benyttes (mens de andre ekskluderes) for videre signalbehandling. Videre, som en konsekvens av den ovennevnte sammensetningen av stråledelerne og deres polarisasjons-egenskaper, finnes det et minimum, for hvert heterodyn-signal, som

er avhengig av inngangs-polarisasjonene i de to feltene A og B, hvis svevnings-tone er det heterodyne signalet, og i det største av de tre heterodyn-signalene vil dette minimum gjøres så stort som mulig.

Dessuten mottar de tre fotodetektorene totalt hele det optiske signalet i den innfallende strålen I, i motsetning til apparatet som er beskrevet i det ovennevnte U.S. Patent nr. 5,448,058, der en del av den innfallende strålen absorberes av polarisatorene, og der en annen del faller inn på avstandsstykkene mellom detektorene.

Som en følge gir den ovennevnte oppfinnelsen signaltap som er omtrent 3 dB lavere enn hva man opplever med apparatet som er beskrevet i U.S. Patent nr. 5,448,058, og denne forbedringen er bekreftet i eksperimenter. Altså oppnås innføringstap på 6 dB eller lavere med letthet, og tap på 1 dB eller lavere er noe som kanskje kan oppnås.

Videre gjør måten man fokuserer de detekterte stråle-delene på de respektive fotodetektorene på det mulig å benytte fotodetektorer med mindre areal enn tidligere mulig i samme bruksområde. Denne mindre størrelsen gir en lavere kapasitans for detektorene, noe som resulterer i lavere spenningsstøy, noe som igjen gir et forbedret signal/støy-forhold i det detekterte signalet når man sammenligner med apparatet i den tidligere kjente teknikken.

I tillegg er foreliggende oppfinnelse ikke avhengig av en presis innretting av sine optiske komponenter, og er derfor relativt ufølsom mot mekaniske støt og vibrasjoner.

Selv om oppfinnelsen har blitt beskrevet over i sammenheng med en optisk stråle som mottas fra et optisk fiber og som så (i andre og tredje utførelsesform) kollimeres (f.eks. med en GRIN-linse), er det lett å forstå at hvilken som helst av utførelsesformene kan motta et optisk signal fra en laserstråle uten behov for et optisk fiber, og at kollimasjon av strålen (i andre og tredje utførelsesform) kan utføres ved et hvilket som helst punkt, og med alle passende anordninger, før den innfallende strålen går inn i den første stråledeleren.

Selv om flere foretrukne utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse har blitt beskrevet over, må man forstå at mange variasjoner og modifikasjoner kan påtenkes av de som kjenner de aktuelle teknikkene. Slike variasjoner og modifikasjoner må regnes som innen foreliggende oppfinnelses ånd og mål, som

definert av de følgende krav.

PATENTKRAV

1. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet for å gi flere heterodyne optiske utgangssignaler fra en innfallende optisk stråle som har en p-polarisert komponent og en s-polarisert komponent, hvor systemet har et første optisk element (20, 42, 74) som mottar den innfallende strålen, og deler den innfallende strålen opp i en gjennomgående stråle-del og en reflektert stråle-del samt en første (28, 48, 80) og en andre (34, 60, 88) fotodetektor,
karakterisert ved at:

den gjennomgående stråle-delen innbefatter omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og den reflekterte stråle-delen går ut av det første optiske elementet som et første heterodynt optisk utgangssignal som innbefatter omtrent 0% av den p-polariserte komponenten og omtrent 67% av den s-polariserte komponenten;

den første fotodetektoren (28, 48, 80) er plassert for å motta det første heterodyne optiske utgangssignalet;

et andre optisk element (30, 50, 82) plassert for å motta den gjennomgående stråle-delen fra det første optiske elementet, for å tilveiebringe en effektiv 45° rotasjon av polarisasjons-egentilstandene i den gjennomgående stråle-delen, og for å dele den gjennomgående stråle-delen opp i andre og tredje heterodyne optiske utgangssignaler;

den andre fotodetektoren (34, 60, 88) er plassert for å motta det andre heterodyne optiske utgangssignalet; og

en tredje fotodetektor (36, 64, 92) er plassert for å motta det tredje heterodyne optiske utgangssignalet.

2. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 1,
karakterisert ved at det første optiske elementet innbefatter en polariserende stråledeler (20), at det andre optiske elementet innbefatter en uniaksial krystallplate (30) som er optisk koblet til den polariserende stråledeleren; at det andre heterodyne optiske utgangssignalet omfatter en ordinær stråle som går gjennom krystallplaten med en første lineær polarisasjon; og at det tredje heterodyne optiske utgangssignalet omfatter en ekstraordinær stråle som går

gjennom krystallplaten med en andre lineær polarisasjon som er vinkelrett på den første lineære polarisasjonen.

3. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 2, karakterisert ved at den ekstraordinære strålen danner en vinkel på omtrent 6° med den ordinære strålen.

4. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 2, karakterisert ved at den polariserende stråledeleren omfatter første (22) og andre (24) optiske prismer som er mekanisk og optisk koblet til hverandre langs en optisk grenseflate.

5. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 4, karakterisert ved at den optiske grenseflaten danner en vinkel på omtrent 45° med den innfallende strålen og er belagt med et optisk belegg som omfatter vekslende lag med silisium-nitrid og silisium-dioksid.

6. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 5, karakterisert ved at det optiske belegget omfatter tre lag silisium-nitrid og to lag silisium-dioksid.

7. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 1, karakterisert ved at det første optiske elementet omfatter en første polariserende stråledeler (42), og at det andre optiske elementet omfatter:

en andre polariserende stråledeler (54); og

en halvbølge-forsinkelsesplate (50) som er optisk koblet mellom den første og den andre polariserende stråledeleren.

8. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 7, karakterisert ved at den gjennomgående stråle-delen er en første gjennomgående stråle-del, at den reflekterte stråle-delen er en første reflektert stråle-del, og at den andre polariserende stråledeleren deler den første gjennomgående stråle-delen opp i (a) en andre gjennomgående stråle-del som er

omtrent 100% p-polarisert og som forlater den andre polariserende stråledeleren som det andre heterodyne optiske utgangssignal, og (b) en andre reflektert stråle-del som er omtrent 100% s-polarisert og som forlater den andre polariserende stråledeleren som det tredje heterodyne optiske utgangssignal.

9. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første polariserende stråledeleren omfatter første og andre optiske prismer som er mekanisk og optisk koblet til hverandre langs en optisk grenseflate (44).

10. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t v e d at den optiske grenseflaten danner en vinkel på omtrent 45° med den innfallende strålen og er belagt med et optisk belegg som omfatter vekslende lag med silisium-nitrid og silisium-dioksid.

11. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at det optiske belegget omfatter tre lag silisium-nitrid og to lag silisium-dioksid.

12. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det første optiske elementet omfatter en første polariserende stråledeler (74), og at det andre optiske elementet omfatter en andre polariserende stråledeler (82) som er rotert omtrent 45° rundt forplantnings-aksen for den gjennomgående stråle-delen.

13. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første polariserende stråledeleren omfatter første og andre optiske prismer som er mekanisk og optisk koblet til hverandre langs en optisk grenseflate (76).

14. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at den optiske grenseflaten danner en vinkel på omtrent 45° med den innfallende strålen og er belagt med et optisk belegg som

omfatter vekslende lag med silisium-nitrid og silisium-dioksid.

15. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 14, k a r a k t e r i s e r t v e d at det optiske belegget omfatter tre lag silisium-nitrid og to lag silisium-dioksid.

16. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at krystallplaten har en utgangsflate, en inngangsflate som er parallell med utgangsflaten, en sideflate, og en optisk akse som danner en vinkel på omtrent 45° med utgangsflatens plan, der den optiske aksen, når den sees fra utgangsflaten, strekker seg diagonalt over utgangsflaten i en vinkel på omtrent 45° med sideflaten.

17. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at de optiske dimensjonene i stråledeleren og krystallplaten er valgt slik at den optiske veilengden for den reflekterte stråle-delen er omtrent like lang som de optiske veilengdene for den gjennomgående stråle-delen.

18. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 17, videre k a r a k t e r i s e r t v e d at det omfatter:

en fokuserende linse (16), optisk koblet til den polariserende stråledeleren for å føre den innfallende strålen inn i denne, og med en brennvidde som er valgt slik at hvert av de første, andre og tredje utgangssignalene er et forstørret optisk strålebilde som er fokusert slik at det faller inn på henholdsvis den første, andre og tredje fotodetektoren.

19. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det første optiske elementet innbefatter en første polariserende stråledeler (42), plassert for å motta den innfallende strålen, og som deler den innfallende strålen opp i en første gjennomgående stråle-del som innbefatter omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og en første reflektert stråle-del som forlater den

første polariserende stråledeleren som et første heterodynt optisk utgangssignal som innbefatter omtrent 0% av den p-polariserte komponenten og omtrent 67% av den s-polariserte komponenten;

det andre optiske elementet omfatter en halvbølge-forsinkelsesplate (50) som er optisk koblet til den første polariserende stråledeleren for å motta den første gjennomgående stråle-delen fra denne og for å tilveiebringe en effektiv 45° rotasjon av polarisasjons-egentilstandene i den gjennomgående stråle-delen; og

ved en andre polariserende stråledeler (54), optisk koblet til forsinkelsesplaten for å motta den roterte, første gjennomgående stråle-delen fra denne og for å dele den roterte, første gjennomgående stråle-delen i (a) en andre gjennomgående stråle-del som er omtrent 100% p-polarisert og som forlater den andre polariserende stråledeleren som et andre heterodynt optisk utgangssignal, og (b) en andre reflektert stråle-del som er omtrent 100% s-polarisert, og som forlater den andre polariserende stråledeleren som et tredje heterodynt optisk utgangssignal.

20. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første polariserende stråledeleren omfatter første og andre optiske prismer som er mekanisk og optisk koblet til hverandre langs en optisk grenseflate (44).

21. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 20, k a r a k t e r i s e r t v e d at den optiske grenseflaten danner en vinkel på omtrent 45° med den innfallende strålen, og er belagt med et optisk belegg som består av vekslende lag med silisium-nitrid og silisium-dioksid.

22. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 21, k a r a k t e r i s e r t v e d at det optiske belegget omfatter tre lag med silisium-nitrid og to lag med silisium-dioksid.

23. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at forsinkelsesplaten har en utgangsflate, en inngangsflate, en sideflate, og en optisk akse som er inneholdt i et plan som

danner en vinkel på omtrent 22°30' i forhold til sideflaten.

24. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 19, videre k a r a k t e r i s e r t v e d at systemet omfatter:

en kollimasjons-linse (41) som er optisk koblet til den første polariserende stråledeleren for å føre den innfallende strålen inn i denne som en hovedsakelig kollimert optisk stråle; og

første (46), andre (58) og tredje (62) fokuserende linser som henholdsvis fokuserer de første, andre og tredje optiske utgangssignalene for henholdsvis å falle inn på den første, andre og tredje fotodetektoren.

25. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det første optiske elementet innbefatter en første polariserende stråledeler (74), plassert for å motta den innfallende strålen, og som deler den innfallende strålen opp i en første gjennomgående stråle-del som innbefatter omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og en første reflektert stråle-del som forlater den første polariserende stråledeleren som et første heterodynt optisk utgangssignal som innbefatter omtrent 0% av den p-polariserte komponenten og omtrent 67% av den s-polariserte komponenten; og at

det andre optiske elementet omfatter en andre polariserende stråledeler, optisk koblet til den første polariserende stråle-deleren for å (a) motta den første gjennomgående stråle-delen fra denne, (b) tilveiebringe en effektiv 45° rotasjon av polarisasjonsegentilstandene i den gjennomgående stråle-delen, og (c) dele den roterte første gjennomgående stråle-delen opp i (i) en andre gjennomgående stråle-del som er omtrent 100% p-polarisert og som forlater den andre polariserende stråledeleren som et andre heterodynt optisk utgangssignal, og (ii) en andre reflektert stråle-del som er omtrent 100% p-polarisert og som forlater den andre polariserende stråledeleren som et tredje heterodynt optisk utgangssignal.

26. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 25, k a r a k t e r i s e r t v e d at den andre polariserende stråledeleren er rotert

omtrent 45° rundt den gjennomgående stråle-delens forplantningsakse.

27. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 25, karakterisert ved at den første polariserende stråledeleren omfatter første og andre optiske prismer som er mekanisk og optisk koblet til hverandre langs en optisk grenseflate (76).

28. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 27, karakterisert ved at den optiske grenseflaten danner en vinkel på omtrent 45° med den innfallende strålen, og er belagt med et optisk belegg som består av vekslende lag med silisium-nitrid og silisium-dioksid.

29. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 28, karakterisert ved at det optiske belegget omfatter tre lag med silisium-nitrid og to lag med silisium-dioksid.

30. Mottagersystem med polarisasjons-diversitet ifølge krav 25, videre karakterisert ved at systemet omfatter:

en kollimasjonslinse (72) som er optisk koblet til den første polariserende stråledeleren for å føre den innfallende strålen inn i denne som en hovedsakelig kollimert optisk stråle; og

første (78), andre (86) og tredje (90) fokuserende linser som henholdsvis fokuserer de første, andre og tredje optiske utgangssignalene for henholdsvis å falle inn på den første, andre og tredje fotodetektoren.

31. Fremgangsmåte for å generere flere heterodyne optiske utgangssignaler fra en innfallende optisk stråle som har en p-polarisert komponent og en s-polarisert komponent, hvor den innfallende strålen deles opp i en gjennomgående stråle-del og en reflektert stråle-del,
karakterisert ved at

(a) den gjennomgående stråle-delen bringes til å innbefatte omtrent 100% av den p-polariserte komponenten og omtrent 33% av den s-polariserte komponenten, og den reflekterte stråle-delen bringes til å forplante seg som et

første heterodynt optisk utgangssignal som innbefatter omtrent 0% av den p-polariserte komponenten og omtrent 67% av den s-polariserte komponenten;

(b) en effektiv 45° rotasjon av polarisasjons-egentilstandene tilveiebringes i den gjennomgående stråle-delen; og

(c) den roterte, gjennomgående stråle-delen deles opp i andre og tredje heterodyne optiske utgangssignaler.

32. Fremgangsmåte ifølge krav 31,
karakterisert ved at trinnet med å dele den roterte gjennomgående stråle-delen omfatter det trinn å:

dele den roterte gjennomgående stråle-delen opp i et andre heterodynt optisk utgangssignal som forplanter seg som en ordinær stråle med en første lineær polarisasjon, og et tredje heterodynt optisk utgangssignal som forplanter seg som en ekstraordinær stråle med en andre lineær polarisasjon som er ortogonal til den første lineære polarisasjonen.

33. Fremgangsmåte ifølge krav 31,
karakterisert ved at trinnet med å dele den roterte gjennomgående stråle-delen omfatter det trinn å:

dele den roterte gjennomgående stråle-delen opp i (a) et andre heterodynt optisk utgangssignal som forplanter
seg som en andre gjennomgående stråle-del, og (b) et tredje heterodynt optisk utgangssignal som forplanter seg som en andre reflektert stråle-del.

34. Fremgangsmåte ifølge krav 33,
karakterisert ved at den andre gjennomgående stråle-delen er omtrent 100% p-polarisert, og at den andre reflekterte stråle-delen er omtrent 100% s-polarisert.

FIG. 1

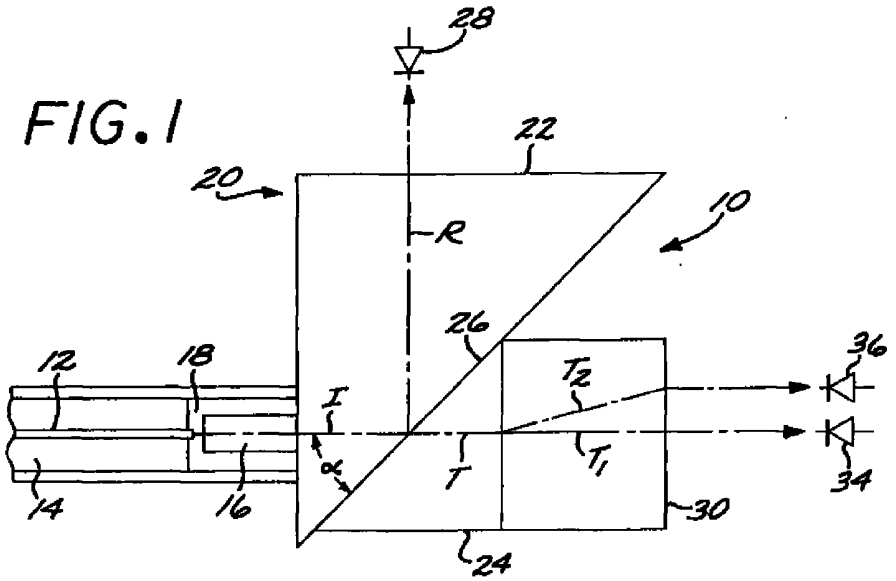


FIG. 2

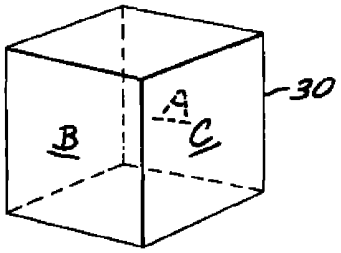


FIG. 3

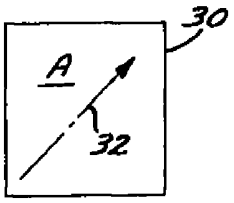


FIG. 4

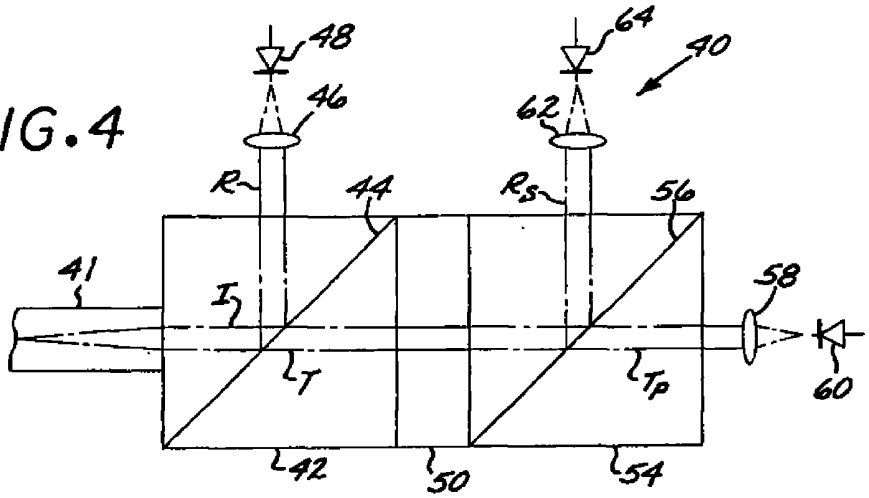


FIG.5

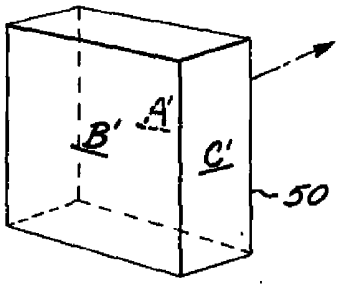


FIG.6

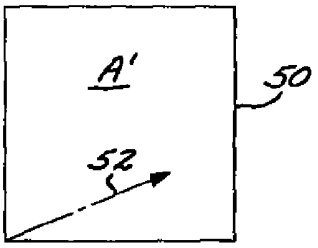
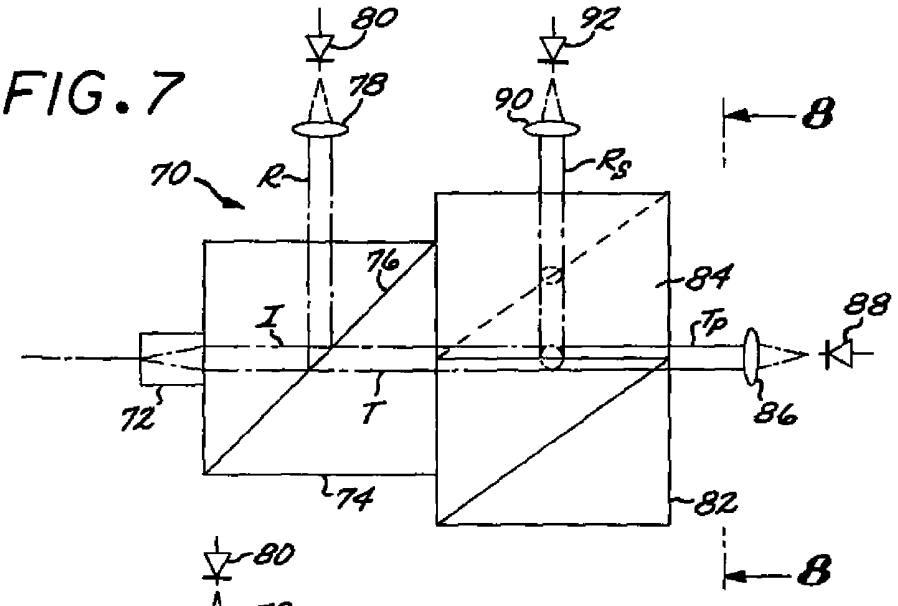


FIG.7



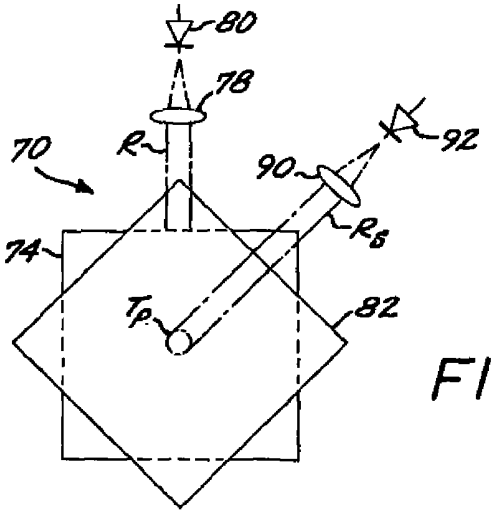


FIG.8