



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **324687**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

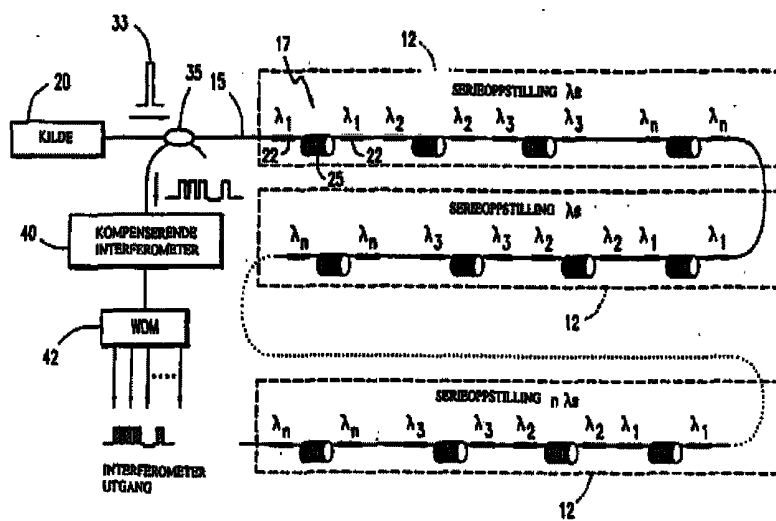
G01D 5/353 (2006.01)

G01H 9/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20002369	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1998.11.03 PCT/US98/23413
(22)	Inng.dag	2000.05.05	(85)	Videreføringsdag	2000.05.05
(24)	Løpedag	1998.11.03	(30)	Prioritet	1997.11.07, US, 966260
(41)	Alm.tilgj	2000.07.04			
(45)	Meddelt	2007.12.03			
(73)	Innehaver	Weatherford/Lamb Inc, 515 Post Oak Boulevard, Suite 600, TX77027 HOUSTON, US			
(72)	Oppfinner	Alan D Kersey, 75 Taylor Town Road, South Glastonbury, CT 06973, US			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO			
(54)	Benevnelse	Interferometeroppstilling for implementering av serielle fiber Bragg gitterinterferometeroppstillinger, og optisk fibersystem som benytter denne			
(56)	Anførte publikasjoner	A. B. Lobo: "Progressive ladder network topology combining interferometric and intensity fibre-optic-based sensors", Applied Optics, vol. 34, no. 28, 1. October 1995, pp. 6481 - 6488 GB 2 284 256 A			
(57)	Sammendrag				

En interferometeroppstilling innbefattende flere interferometer deloppstillinger, hver deloppstilling innbefatter flere interferometre. Hvert interferometer i en deloppstilling er implementert med et par av fiber Bragg gittere og en avførende lengde med optisk fiber anbrakt mellom det respektive par av fiber Bragg gittere. Fiber Bragg gitterene i hvert respektive par av fiber Bragg gittere har den samme karakteristiske bølgelengden som er forskjellig fra den karakteristiske bølgelengden til ethvert annet par av fiber Bragg gittere i deloppstillingen. Deloppstillingene er sammenkoblet for å minimalisere krysstale ved samme bølgelengde mellom sensorene i den totale interferometeroppstillingen. I en utførelsesform er deloppstillingene koblet i serie langs en felles lengde optisk fiber slik at den maksimale krysstalen ved samme bølgelengde er begrenset av antallet deloppstillinger som er koblet i serie. I en andre utførelsesform av oppfinnelsen er grener sammenkoblet til en felles optisk inngangs/utgangsfiber via optiske koblere, og hver gren har en eller flere deloppstillinger koblet i serie. Krysstalen ved samme bølgelengde er begrenset av antallet oppstillinger i hver deloppstilling. I en tredje utførelsesform av oppfinnelsen er grener sammenkoblet mellom en optisk inngangsfiber og en optisk utgangsfiber via optiske koblingsinnretninger og hver gren har en eller flere deloppstillinger koblet i serie. Optiske signalforsinkelselementer er anbrakt i den optiske inngangsfiberen for inkrementelt å øke forsinkelsen av et optisk inngangssignal før det når hver påfølgende gren koblet til den optiske inngangsfiberen. Følgelig er de optiske retursignalene fra hver deloppstilling i en gren adskilt i tid fra de optiske retursignalene &a deloppstillingene i de andre grenene.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en multipleksede intrinsiske fiberoptiske elementer og nærmere bestemt forbedrede oppstillingstopologier for seriell fiber Bragg gitterinterferometeroppstillinger.

5

En suboppstilling av interferometre kan konfigureres i en enkelttimer ved bruk av en serie av svakt reflekterende fiber Bragg gitterelementer (FBG-elementer) med en bestemt bølgelengde, langs fiberen anbrakt med et mellomrom L . Fiberlengdene mellom gitterne danner interferometre, da lys fra en laser (med en bølgelengde
10 sammenpasset til gitterne) som går ned fiberen, blir reflektert fra hvert gitter. For å isolere interferometereffektene fra kun ett par gittere (dvs. en bestemt lengde L) kan lyset som kobles inn i fiberen være pulsmodulert. Dette produserer en rekke av pulsrefleksjoner fra oppstillingen som vist i figur 1. Hvis lyset fra oppstillingen måles til et interferometer, f.eks. et Mach Zehnder og veiforskjellen mellom armene er lik tur-
15 retur avstanden mellom to nærliggende fiber Bragg gitterreflektorer i oppstillingen ($2L$), så er det dannet et differensialinterferometer. Et slikt veitilpasset (kompenserende) interferometer er vist i figur 1.

Det henvises til figur 1, lys som reflekteres fra den første fiber Bragg gitterreflektoren, men går i den lange armen i det kompenserende interferometeret går den samme optiske
20 avstanden som lyset som reflekteres fra den andre fiber Bragg gitterreflektoren, men som går gjennom den kortere armen til det kompenserende interferometeret. Det henvises også til figur 2, disse optiske komponentene interfererer ved utgangen av det kompenserende interferometeret, og produserer et interferenssignal ved en fase som
25 avhenger av faseperturbasjoner i fiberlengden L mellom de to fiber Bragg gitterreflektorene. Denne veitilpasningen (path matching) skjer for ethvert påfølgende par av fiber Bragg gitterrefleksjoner langs oppstillingen, og resulterer i en rekke av tidsadskilte utgangssignaler fra det kompenserende interferometeret, hver representerer fasen av en sekvensiell lengde L av fiberen.

30

Systemet beskrevet ovenfor med hensyn til figurene 1 og 2 gjør det mulig å danne en suboppstilling av interferometeret i en enkel fiber. Et slikt system produserer imidlertid krysstale på grunn av det faktum at optiske pulser som reflekteres fra et av fiber Bragg gitterelementene i oppstillingen kan gjennomgå påfølgende retursignaler ved andre fiber
35 Bragg gittere og interfererer med normalt produserte optiske retursignaler. Dette problemet er vist i figur 3. Det henvises til figur 3 der det er vist en oppstilling som omfatter 8 fiber Bragg gitterelementer med en bestemt bølgelengde der hvert

sensorelement er umiddelbart tilleggende til det neste. Andre topologier er mulig og kan være mer ønskelig, men den fundamentale kilden til krysstale forblir den samme. Et "primært optisk retursignal" fra oppstillingen er definert som en optisk utgangspuls generert fra den optiske pulsen som gjennomgår et enkelt retursignal fra et fiber Bragg gitterelement. For et lavt reflekterende fiber Bragg gitter, si 1 %, er retursignalet omtrent 1% av inngangseffekten. For de 8 fiber Bragg gittersystemer som er vist, genereres 8 primærpulser (for 7 sensorlengder).

En puls som reflekteres fra et fiber Bragg gitter kan også bli reflektert en andre og tredje gang fra andre fiber Bragg gittere og vil produsere et svært svakt refleksjonssignal (ned til R^3 av inngangslýsnivået). Dette svake lyssignalet går ut av oppstillingen i en tidsluke (time slot) som vil forbindes med den til den primære optiske refleksjonen og vil således føre til krysstale. Det faktum at det svake signalet er interferometrisk blandet med det sterkere primærsignalet, betyr at denne kilden til krysskobling kan være betydelig med mindre det anvendes svært svake gitterreflektorer. Antallet sekundære krysstalepulser i oppstillingen øker sterkt med antallet multipleksede sensorer og dette kan føre til uakseptabelt høy krysstale.

GB 2284256 beskriver en interferometeroppstilling for måling av fysiske parametere. Oppstillingen består av én eller flere deloppstillinger, er hver deloppstilling er sammensatt av et flertall av interferometre langs en optisk fiber, og der hvert interferometer i deloppstillingen filtrerer ut én bølgelengde, og gir et signal som er avhengig av den fysiske parameteren som skal måles.

Kjent teknikk på feltet beskrives i A. B. Lobo: "Progressive ladder network topology combining interferometric and intensity fibre-optic-based sensors", Applied Optics, vol 34, no. 28, 1. oktober 1995, sidene 6481-6488. Her beskrives og analyseres et progressivt stignettverk for fiberoptiske sensorer. Andre fiberoptiske nettverkstopologier er beskrevet i innledningen.

30

Det eksisterer et behov for en forbedret oppstillingstopologi for seriell fiber Bragg gitterinterferometeroppstillinger som reduserer krysstale mellom de individuelle interferometerne i oppstillingen.

35

Ifølge oppfinnelsen er det tilveiebragt en interferometeroppstilling som beskrevet i de medfølgende krav.

Den foreliggende oppfinnelsen fremskaffer en betydelig forbedring sammenlignet med kjent teknikk. Anvendelse av oppfinnelsens oppstillingstopologier reduserer betydelig krysstalen ved samme bølgelengde mellom multiple interferometre i oppstillingen. I tillegg kan oppstillingene konfigureres til å frembringe generelt balanserte retursignaler (når det gjelder effekt) fra de forskjellige sensorene i oppstillingen. I en utførelsesform av oppfinnelsen varieres refleksjonen til de forskjellige fiber Bragg gitterne i oppstillingen slik at det mottas balanserte retursignaler fra de forskjellige sensorene i oppstillingen. I en annen utførelsesform av oppfinnelsen er antallet koblingselementer som et optisk signal må gå igjennom, minimalisert, derfor minimaliseres dempningen forårsaket av koblingsinnretningene og det frembringes balanserte optiske retursignaler. Den foreliggende oppfinnelsen frembringer fordelene med redusert krysstale mens den samtidig muliggjør et økende antall interferometriske sensorer i oppstillingen.

De foregående og andre formål, trekk og fordeler med den foreliggende oppfinnelsen vil komme klarere frem i lys av den følgende detaljerte beskrivelsen med eksempler på utførelsesformer som illustrert i de medfølgende tegningene.

Figur 1 er et skjematisk blokkdiagram av et multiplekset interferometersystem som har en kjent fiber Bragg gitter(FBG)-interferometeroppstilling;

20

Figur 2 er et pulset tidsdiagram som viser interferenssignalet som produseres av et kompenenserende interferometer i systemet til figur 1;

Figur 3 er et diagram som viser direkte refleksjonsvei og krysstalerefleksjonsveier av optiske signaler i fiber Bragg gitterinterferometeroppstillingen i figur 1;

25

Figur 4 er et skjematisk blokkdiagram av et multiplekset interferometersystem som anvender en første utførelsesform av en seriell fiber Bragg gitterinterferometeroppstilling i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen;

30

Figur 5 er et skjematisk blokkdiagram av et multiplekset interferometersystem som anvender en andre utførelsesform av en seriell fiber Bragg gitterinterferometeroppstilling i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen;

Figur 6 er et skjematisk blokkdiagram av et multiplekset interferometersystem som bruker en tredje utførelsesform av en seriell fiber Bragg gitterinterferometeroppstilling i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen; og

35

Figur 7 er et skjematisk blokkdiagram av et multiplekset interferometersystem som anvender en fjerde utførelsesform av en seriell fiber Bragg gitterinterferometeroppstilling i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen.

5

Den foreliggende oppfinnelsen fremskaffer forbedrede oppstillingstopologier for multipleksede fiber Bragg gitterinterferometeroppstillinger som betydelig reduserer krysstalen mellom de enkelte ferometrene i oppstillingen mens den samtidig øker antallet interferometre i oppstillingen sammenlignet med kjent teknikk. Den foreliggende oppfinnelsen anvender oppstillingstopologier basert på bølgelengde-inndelings(division)-multiplekset oppstilling av Bragg gitterinterferometre. Ved å anvende denne grunnoppstillingstopologien i forskjellige oppstillingskonfigurasjoner, kan antallet interferometre i oppstillingen betydelig økes uten å få et uakseptabelt nivå på krysstale mellom de enkelte interferometrene i oppstillingen.

15

Den kjente krysstaleeffekten mellom interferometre implementert ved anvendelse av Bragg gittere, alle med den samme sentrale bølgelengden, kan betydelig oppheves ved å bruke gittere med forskjellige bølgelengder for å definere sett av interferometre ved forskjellige bølgelengder langs oppstillingen. Det henvises til figur 4 der flere serieoppstillinger 12 (deloppstillinger) er sammenkoblet til hverandre langs lengden av en optisk fiber 15. Hver deloppstilling 12 innbefatter flere interferometre 17. Hvert interferometer 17 innbefatter et par Bragg gittere 22 og en lengde av avfølende optisk fiber 25 anbrakt mellom Bragg gitrene 22. Den avfølende lengden av optisk fiber 25 kan være viklet på en dor (mandrel) i en hydrofon konfigurasjon som vist i figur 4.

20

Alternativt kan den avfølende (sensing) optiske fiberen 25 ha en hvilken som helst egnet konfigurasjon slik at den reagerer på belastning/tøyning (strain) for å frembringe en interferometerbelastningssensor (strain sensor). Paret med Bragg gittere 22 har den samme karakteristiske bølgelengden λ_n slik at interferometeret er unikt identifisert med sin karakteristiske bølgelengde λ_n . Imidlertid har hver av interferometrene 17 i deloppstillingen 12 forskjellig karakteristisk bølgelengde λ_n slik at hver av de mange interferometrene 17 er unikt identifisert ved sin karakteristiske bølgelengde ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$).

30

En lyskilde 20, slik som en pulset laser, frembringer et optisk inngangssignal 33 til den optiske fiberen 15. Hvert interferometer 17 i hver deloppstilling 12 fremskaffer et primært optisk retursignal (refleksjon) som går via en koblingsinnretning 35 til et kompensierende interferometer 40. Som beskrevet med hensyn til figur 2, gir hver fiber

35

Bragg gitter i et par med fiber Bragg gittere 22 som danner et interferometer 17 et primært optisk retursignal. Det kompenserende interferometeret 40 reagerer på disse primære optiske retursignalene og sender et interferenssignal der fasen avhenger av fasepertubasjoner i lengden til den avfølende optiske fiberen 25. Utgangssignalet fra det kompenserende interferometeret 40 sendes til en bølgelengde multiplekserfilter (wavelength division multiplex filter, WDM) 42 som gir et unikt utgangssignal for hvert interferometer 17 i deloppstillingen 12 basert på dets karakteristiske bølgelengde ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$).

Retursignalene fra de forskjellige interferometrene 17 i de forskjellige deloppstillingene 12 blir unikt adskilt fra hverandre ved anvendelse av tidsdelingsmultipleksing (time division multiplexing, TDM) teknikker. Denne teknikken anvender forsinkelsestiden mellom mottakelse av retursignaler fra forskjellige interferometre 17 basert på deres fysiske adskillelse langs lengden av fiberen 15.

Oppstillingstopologien i figur 4 frembringer betydelig redusert krysstale ved samme bølgelengde (common-wavelength crosstalk) sammenlignet med kjente oppstillingstopologier. For eksempel, hvis det anvendes fire deloppstillinger 12 som hver har åtte interferometre (implementert ved bruk av seksten Bragg gittere og åtte lengder med avfølende optiske fibre 25), så er 32 interferometersensorelementer multiplekset langs lengden av den optiske fiberen 15. Ved en hvilken som helst gitt karakteristisk bølgelengde λ_n , er det imidlertid kun fire interferometre som kan interferere med hverandre. Ved passende valg av veilengden (lengden av optisk fiber) mellom de forskjellige deloppstillingene 12, kan retursignalene fra interferometrene med samme karakteristiske frekvens bli avpasset/beregnet tidsmessig for å minimalisere potensialet/muligheten for krysstale ved den samme bølgelengden.

Oppstillingskrysstalebegrensningene kan ytterligere betydelig minskes ved anvendelse av en hybridoppstillingskonfigurasjon. Det henvises til oppstillingstopologien i figur 5 der oppstillingen er dannet ved å innlemme grenkoblingsinnretninger 50 i oppstillingen for å koble lys fra inngangsfiberen 55 til mange grener 56, 57, 58. Hver gren 56, 57 og 58 innbefatter en deloppstilling (serieoppstillinger) 59 av interferometre 60. Hvert interferometer 60 i en bestemt deloppstilling har en annen karakteristisk bølgelengde ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) enn alle de andre interferometrene 60 i deloppstillingen. Krysstale ved samme bølgelengde elimineres i konfigurasjonen i figur 5 fordi det primære optiske retursignalet fra hvert interferometer 60 aldri går gjennom et annet interferometer 60 som har den samme karakteristiske bølgelengden λ_v .

Det henvises nå til figur 6, oppstillingstopologien i figur 5 kan bli utvidet for å tillate en begrenset serie av deloppstillinger 65, 66 i hver gren 70, 71, 72. Den karakteristiske bølgelengden til sensorer i den ene deloppstillingen 65, kan gjentas i den andre
 5 deloppstillingen 66. I denne konfigurasjonen er det kun svært begrenset krysstale ved den samme bølgelengden (common-wavelength crosstalk). For eksempel, hvis to deloppstillinger 65, 66 er koblet i serie i hver gren 70, 71, 72, så er det kun en annen sensor i hver gren som har den samme karakteristiske bølgelengden som en annen sensor i den grenen. Dette vil produsere kun svært begrenset krysstale ved den samme
 10 bølgelengden. Hvis antallet sensorer i hver deloppstilling holdes lavt (f.eks. åtte interferometre med åtte forskjellige karakteristiske frekvenser), med kun to deloppstillinger i hver gren er krysstalen ved den samme bølgelengden svært liten og sannsynligvis neglisjerbar. Med åtte bølgelengder og åtte grenkoblinger er totalt 128 sensorer i stand til å bli understøttet langs fiberen. Økning av antallet bølgelengder eller
 15 forgreningsarmer i oppstillingen øker det totale antallet av sensorer som er adresserbare. Dette representerer en betydelig forbedring i den praktiske anvendelsen av seriell fiber Bragg gitterinterferometertilnærmingen.

Det henvises igjen til figur 5, når det anvendes en slik grenkonfigurasjon, vil
 20 effektnivået i de optiske retursignalene fra de fjernere (mer distale) sensorene i oppstillingen (dvs. sensorene i den distale grenen 58) være svært svak sammenlignet med de fra den første oppstillingen 56. Dette oppstår på grunn av tapet som akkumuleres når lyset går nedover oppstillingen gjennom koblingselementene og skjøtene og tilbake til det kompenserende interferometeret og påvisningssystem. Denne
 25 effekten kan delvis kompenseres ved økning av refleksjonen fra fiber Bragg gitterelementene ved de mer distale punktene i oppstillingen. For eksempel kan fiber Bragg gitrene i den første grenen 56 være 1% reflekterende, mens fiber Bragg gitrene i den siste grenen 58 kan være laget å være 2% reflekterende. Dette er kun illustrerende, og hver oppstilling kan spesiallages for å ta med i beregningen tapene i
 30 koblingsinnretningene og skjøtene for en gitt oppstillingskonfigurasjon.

En alternativ oppstillingstopologi er illustrert i figur 7. Det henvises til figur 7 der hybridnaturen til oppstillingen tas et skritt videre ved at en inngangsbussfiber 75 og en utgangsbussfiber 77 er innlemmet i oppstillingskonfigurasjonen. Lys frembringes fra en
 35 inngangslyskilde 78 til påfølgende grener 79, 80, 81 i oppstillingen. Hver gren 79, 80, 81 innbefatter en eller flere deloppstillinger 83. Lyset for hver gren 79, 80 i oppstillingen, unntatt for den siste grenen i oppstillingen 81, splittes fra

inngangsbussfiber (input bus fiber) 75 til grenene 79, 80 via en kobler 85. Hver gren 79, 80, 81 innbefatter en retningskobler 88 som fremskaffer inngangsslyset fra inngangsbussfiberen 75 til deloppstillingen(e) i grenen. Lyset for deloppstillingen 80 i den siste grenen 81 fremskaffes direkte fra inngangsbussfiberen 75 til retningskobleren 88. De tilbakesendte optiske signalene fra deloppstillingen(e) i hver gren går tilbake gjennom kobleren 88 til utgangsbussfiberen 77. Lys fra deloppstillingen(e) i den første grenen 79 går direkte til utgangsbussfiberen 77 via kobleren 88. Lys fra underoppstillingene i de gjenværende grenene 80, 81 kobles fremover til utgangsbussfiberen 77 via koblere 92.

10

Fremoverkoblingen av signalene sikrer at hver vei (path) gjennom hver av sensoroppstillingene opplever tilnærmet det samme antallet koblere og derved utjevnes tapene. De første og siste grenene i hver oppstilling har hver en mindre kobler. Denne forskjellen er imidlertid ikke viktig. I oppstillingskonfigurasjonen i figur 7 går hvert optiske inngangssignal gjennom omtrent den samme lengden av optisk fiber, og derfor vil de optiske retursignalene fra de forskjellige oppstillingene 80 ankomme det kompenserende interferometeret 95 ved omtrent det samme tidspunkt. For å anvende teknikken med tidsinndelingsmultipleksing (time division multiplexing) for å differensiere mellom optiske retursignaler fra de forskjellige oppstillingene 80, innsettes optiske forsinkelselementer 97 i den optiske inngangsfiberen mellom hver gren (etter hver kobler 85). Hvert forsinkelselement 97 kan simpelthen være en lang lengde av en optisk fiber, f.eks. 40 meter av optisk fiber, for å fremskaffe den ønskede forsinkelsen slik at det optiske retursignalet fra de forskjellige deloppstillingene 80 ankommer det kompenserende interferometeret 95 til forskjellige tider.

25

Oppstillingstopologien i figur 7 produserer lite krysstale og gir balanserte optiske retursignaler mens den anvender en topologi med kun ett begrenset antall av fiberkoblere (f.eks. 3 pr. "deloppstilling"). For en deloppstilling på 16 sensorer, blir dette omtrent 0,18 koblere pr. sensor. Dette sammenlignet med omtrent 4 koblere pr. sensor i en konvensjonell Mach-Zehnder stigeoppstillingstopologi.

30

Som med oppstillingskonfigurasjonen i figur 5, kan hver gren i oppstillingskonfigurasjonen i figur 7 innbefatte mer enn en deloppstilling av interferometeret koblet i serie. Det totale antallet med sensorer i oppstillingskonfigurasjonen bestemmes basert på antallet deloppstillingsgrener, antallet sensorer pr. deloppstilling og antallet deloppstillinger pr. gren.

35

Oppfinnelsen er her beskrevet ved anvendelse av fiber Bragg gitterinterferometre som sensorer. Imidlertid er oppstillingstopologiene i oppfinnelsen også anvendbare for fiber Bragg gitter lasersensorer. I en slik konfigurasjon er den avførende lengden av optisk fiber dopet med et sjeldent jordmetallmateriale, slik som erbium, for derved å lage fiber

5 Bragg gitter lasersensorer.

P a t e n t k r a v

1.

Interferometeroppstilling omfattende:

- 5 flere interferometer deloppstillinger (12, 59, 65, 66, 83), hver deloppstilling (12, 59, 65, 66, 83) innbefatter flere interferometre (17, 60), hvert interferometer er implementert med et respektivt par av fiber Bragg gittere (22) og en avførende lengde optisk fiber (25) anbrakt mellom nevnte respektive par av fiber Bragg gittere (22), nevnte fiber Bragg gittere i hvert respektive par av fiber Bragg gittere (22) har den samme
- 10 karakteristiske bølgelengden som er forskjellig fra den karakteristiske bølgelengden til ethvert annet par av fiber Bragg gittere (22) i nevnte deloppstilling (12, 59, 65, 66, 83); og

- deloppstillingssammenkoblingsinnretninger som sammenkobler nevnte deloppstillinger
- 15 (12, 59, 65, 66, 83) til hverandre for å danne nevnte interferometeroppstilling, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte deloppstillingssammenkoblingsinnretninger innbefatter optiske signalforsinkelsesinnretninger for å forsinke signaler fra et par av fiber Bragg gittere i en deloppstilling (12, 59, 65, 66, 83) i forhold til hvert par av fiber Bragg gittere i en
- 20 annen deloppstilling (12, 59, 65, 66, 83) som har den samme karakteristiske bølgelengden som den karakteristiske bølgelengden til det ene paret av fiber Bragg gittere; og

- ved at nevnte optiske signalforsinkelsesinnretninger i nevnte
- 25 deloppstillingssammenkoblingsinnretninger minimaliserer krysstalen ved samme bølgelengde mellom interferometrene (17, 60) i interferometeroppstillingen.

2.

- Interferometeroppstilling ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
- 30 v e d at nevnte deloppstillingssammenkoblingsinnretninger innbefatter en seriesammenkobling av nevnte deloppstillinger langs en felles lengde med optisk fiber (97) og der nevnte optiske signalforsinkelsesinnretninger innbefatter en lengde av optisk fiber mellom nevnte deloppstillinger valgt ut for å gi en ønsket tidsforsinkelse for å minimalisere krysstale ved samme bølgelengde.

3.

Interferometeroppstilling ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at nevnte deloppstillingssammenkoblingsinnretning innbefatter:

5 en inngangs/utgangsoptisk fiber (75, 77); og

flere grener som hver er sammenkoblet til nevnte inngangs/utgangsoptiske fiber via
optiske koblingsinnretninger (85, 92);

10 der hver av nevnte flere grener innbefatter en eller flere av nevnte deloppstillinger (83)
sammenkoblet i serie; og

der nevnte optiske signalforsinkelsesinnretninger innbefatter en lengde av nevnte
inngangs/utgangsoptiske fiber (75, 77) anbrakt mellom hver av nevnte optiske
15 koblingsinnretninger.

4.

Interferometeroppstilling ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t
v e d at refleksjonen fra hver av nevnte fiber Bragg gittere (22) velges ut slik at de
20 primæroptiske retursignalene fra hver av nevnte fiber Bragg gittere (22) generelt
balanserer i forhold til hverandre når det gjelder effekt.

5.

Interferometeroppstilling ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
25 v e d at nevnte deloppstillingssammenkoblingsinnretninger innbefatter:

en optisk inngangsfiber (75);

30 en optisk utgangsfiber (77); og

flere grener sammenkoblet mellom nevnte optiske inngangsfiber (75) og nevnte optiske
utgangsfiber (77) med optiske sammenkoblingsinnretninger (85, 88, 92);

der hver av nevnte mange grener innbefatter en eller flere av nevnte deloppstillinger
35 (83) sammenkoblet i serie, og der hver optiske signalforsinkelsesinnretning (97) er
koblet til nevnte optiske inngangsfiber (75) mellom sammenkoblingen av nevnte
optiske inngangsfiber (75) til hver av nevnte grener.

6.

Interferometeroppstilling ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t
v e d at nevnte optiske signalforsinkelsesinnretninger (97) inkrementelt øker
5 forsinkelsen av et inngangssignal før det når hver påfølgende gren forbundet til nevnte
optiske inngangsfiber (75).

7.

Optisk fibersystem, omfattende en lyskilde som gir et optisk inngangssignal; og
10 en interferometeroppstilling ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, koblet til
nevnte lyskilde (20, 78) med en optisk fiber, k a r a k t e r i s e r t
v e d at hvert fiber Bragg gitter (22) reagerer på nevnte optiske inngangssignal ved
å gi et primært optisk retursignal.

15

8.

Optisk system ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at det
ytterligere omfatter påvisningsinnretninger for påvisning av nevnte primære optiske
retursignaler, nevnte påvisningsinnretninger gir flere interferenssignaler, hvert
20 interferenssignal produseres av de primære optiske retursignalene fra et par med fiber
Bragg gittere (22) som danner et interferometer, nevnte interferenssignaler er relatert til
fase- perturbasjoner i hver avførende lengde optisk fiber (25).

9.

25 Optisk system ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at
nevnte påvisningsinnretning innbefatter:

et kompenserende interferometer (40, 95) tilkoblet for å motta nevnte primære optiske
retursignal for frembringelse av nevnte interferenssignaler; og

30

filterinnretninger for en differensiering mellom interferenssignalene produsert ved
forskjellige interferometre i hver deloppstilling.

10.

35 Optisk system ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at
nevnte optiske inngangssignal går gjennom en lengde med optisk fiber for å nå hver av
nevnte fiber Bragg gittere (22) i hver oppstilling, og der refleksjonen av et respektivt

fiber Bragg (22) gitter koblet nær til nevnte lyskilde (20, 78), slik at nevnte optiske inngangssignal går gjennom en kort lengde av optisk fiber for å nå nevnte respektive fiber Bragg gitter, er mindre enn refleksjonen av nevnte fiber Bragg gittere koblet lenger vekk til nevnte lyskilde (20, 78).

5

11.

Optisk system ifølge krav 7, der nevnte interferomter har trekkene i krav 6,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte grener er koblet til nevnte
optiske utgangsfiber (77) på en foroverrettet måte med nevnte optiske
10 koblingsinnretninger.

12.

Optisk system ifølge krav 7, der nevnte interferomter har trekkene i krav 5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte grener er koblet til nevnte
15 optiske utgangsfiber på en foroverrettet måte med nevnte optiske koblingsinnretninger.

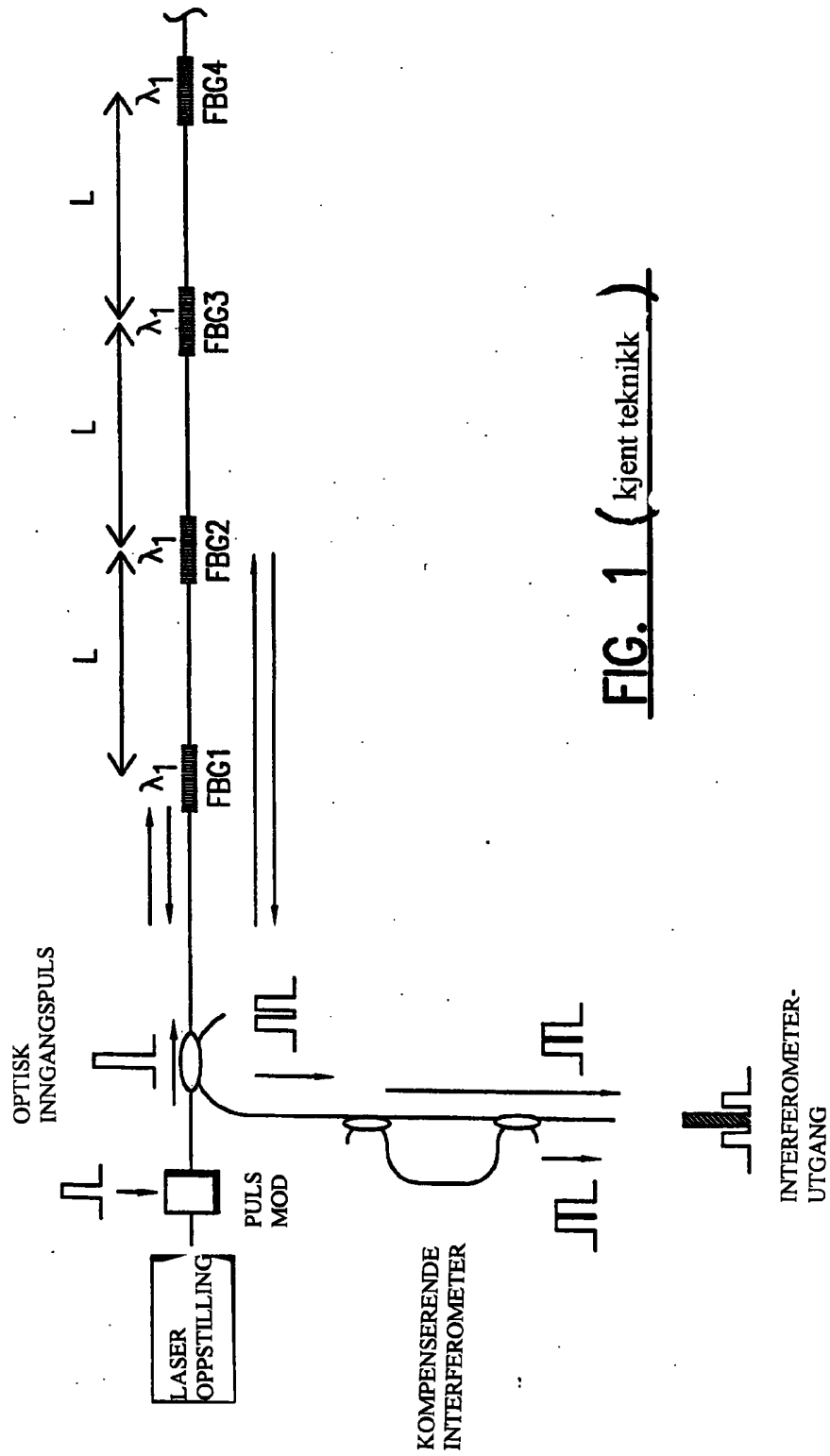
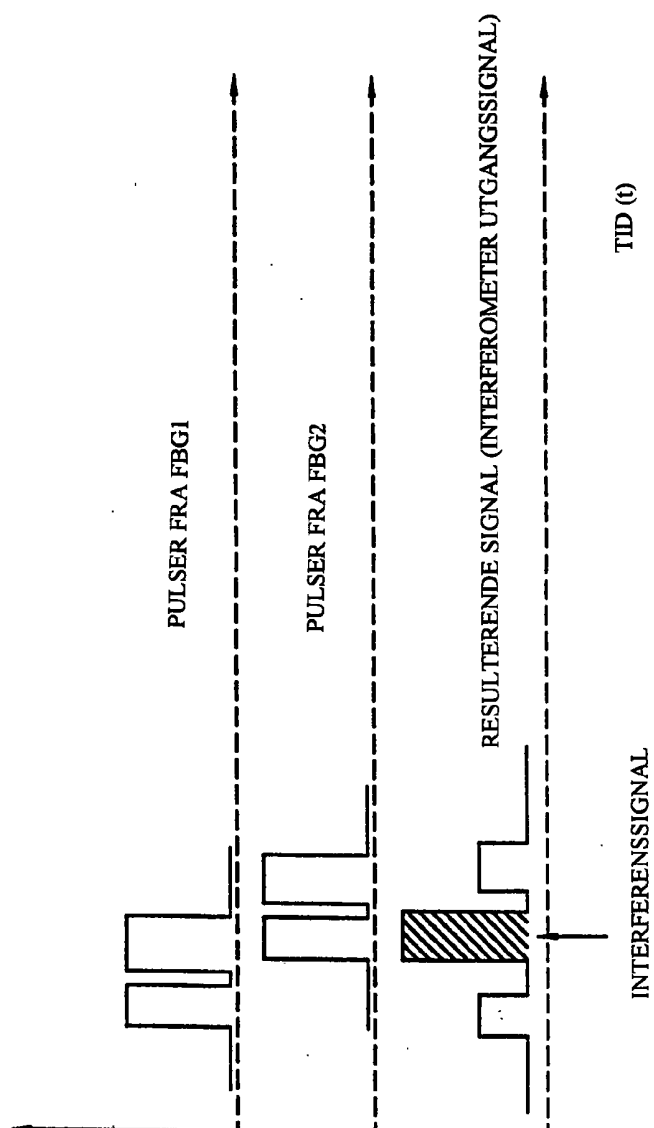


FIG. 1 (kjent teknikk)

PULSTIDSDIAGRAM

FIG. 2

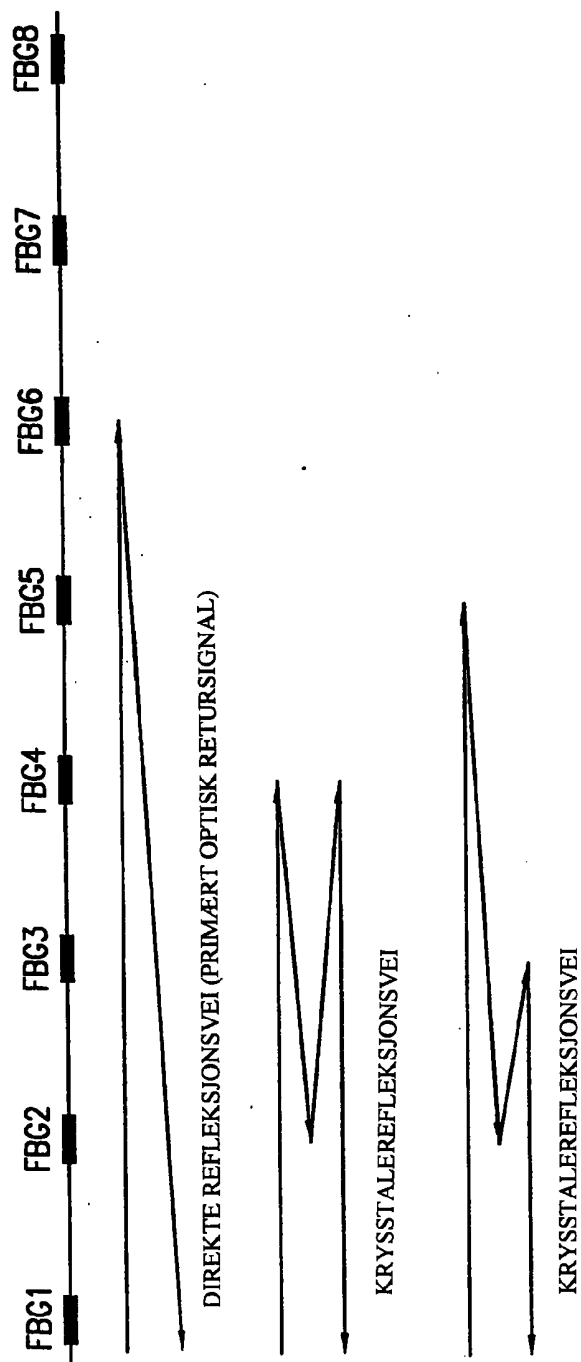


FIG. 3 (kjent teknikk)

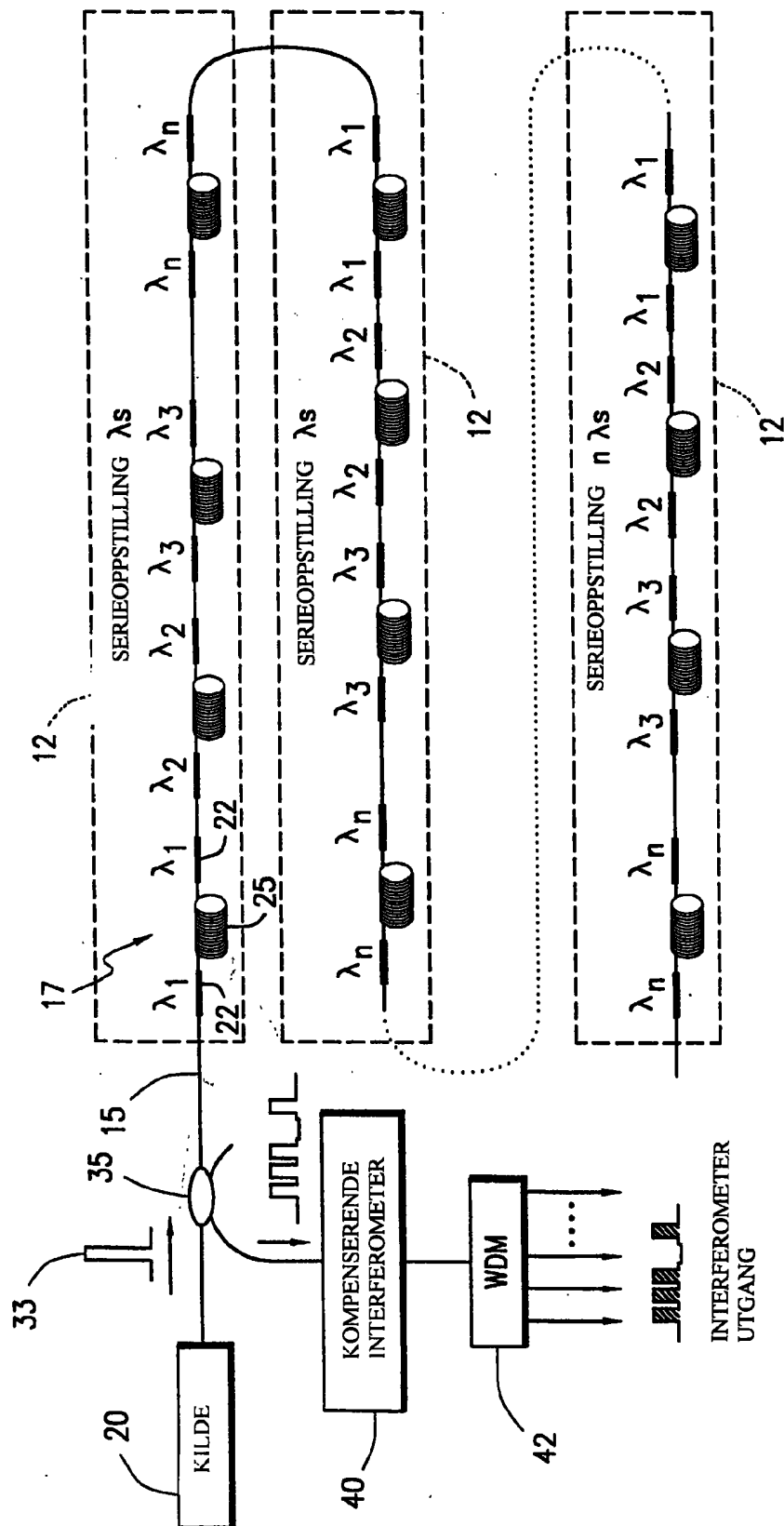


FIG. 4

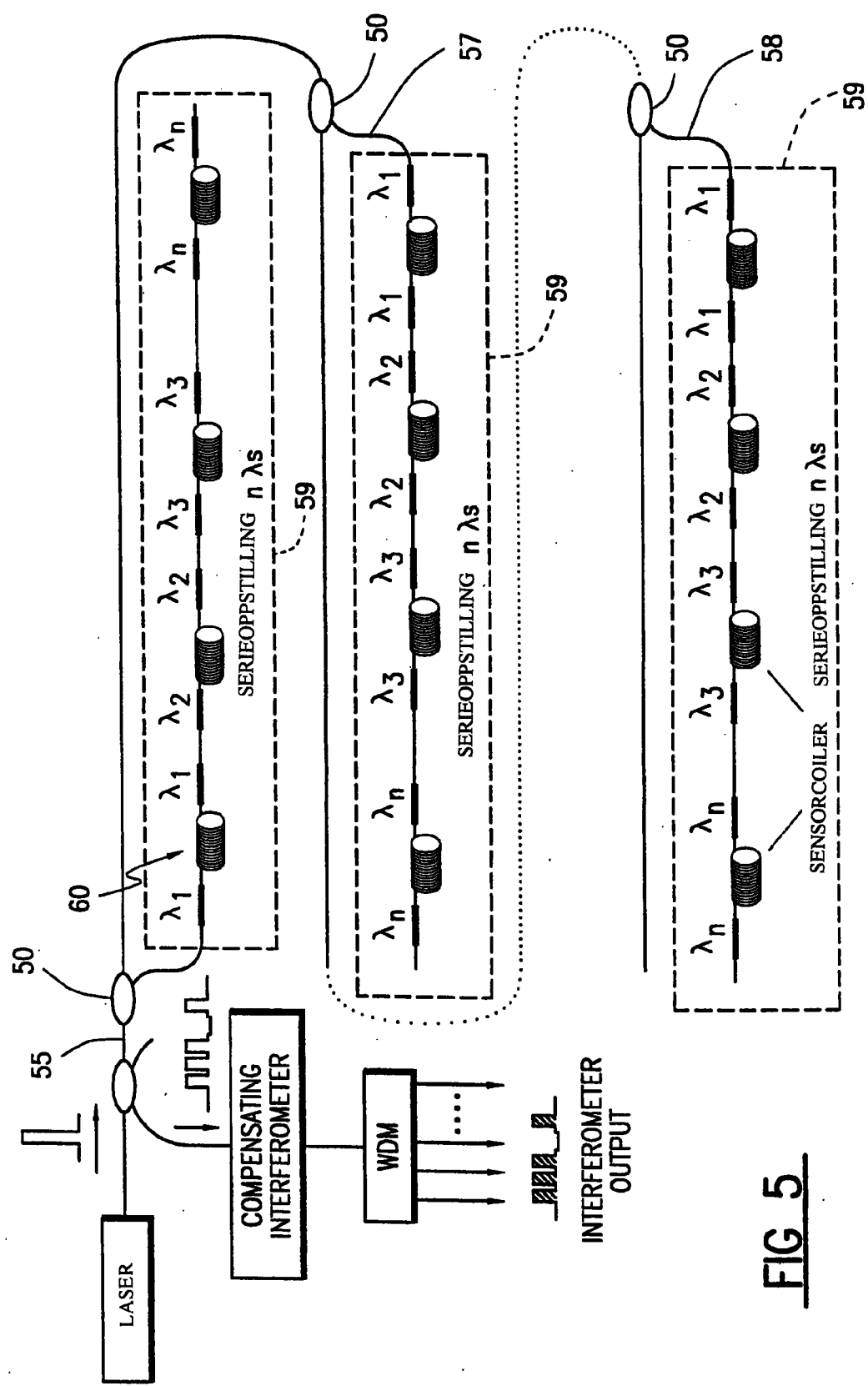
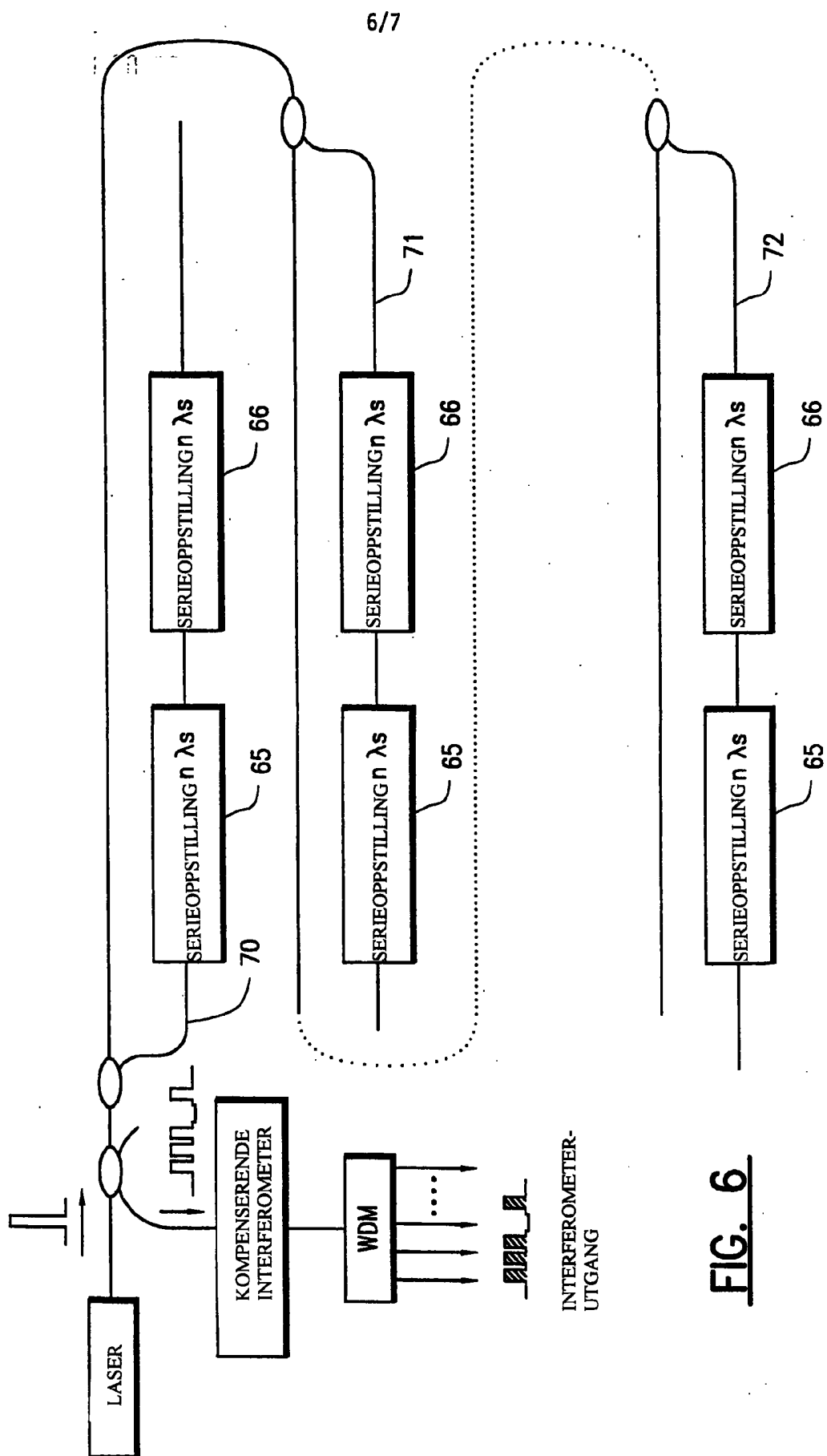


FIG 5



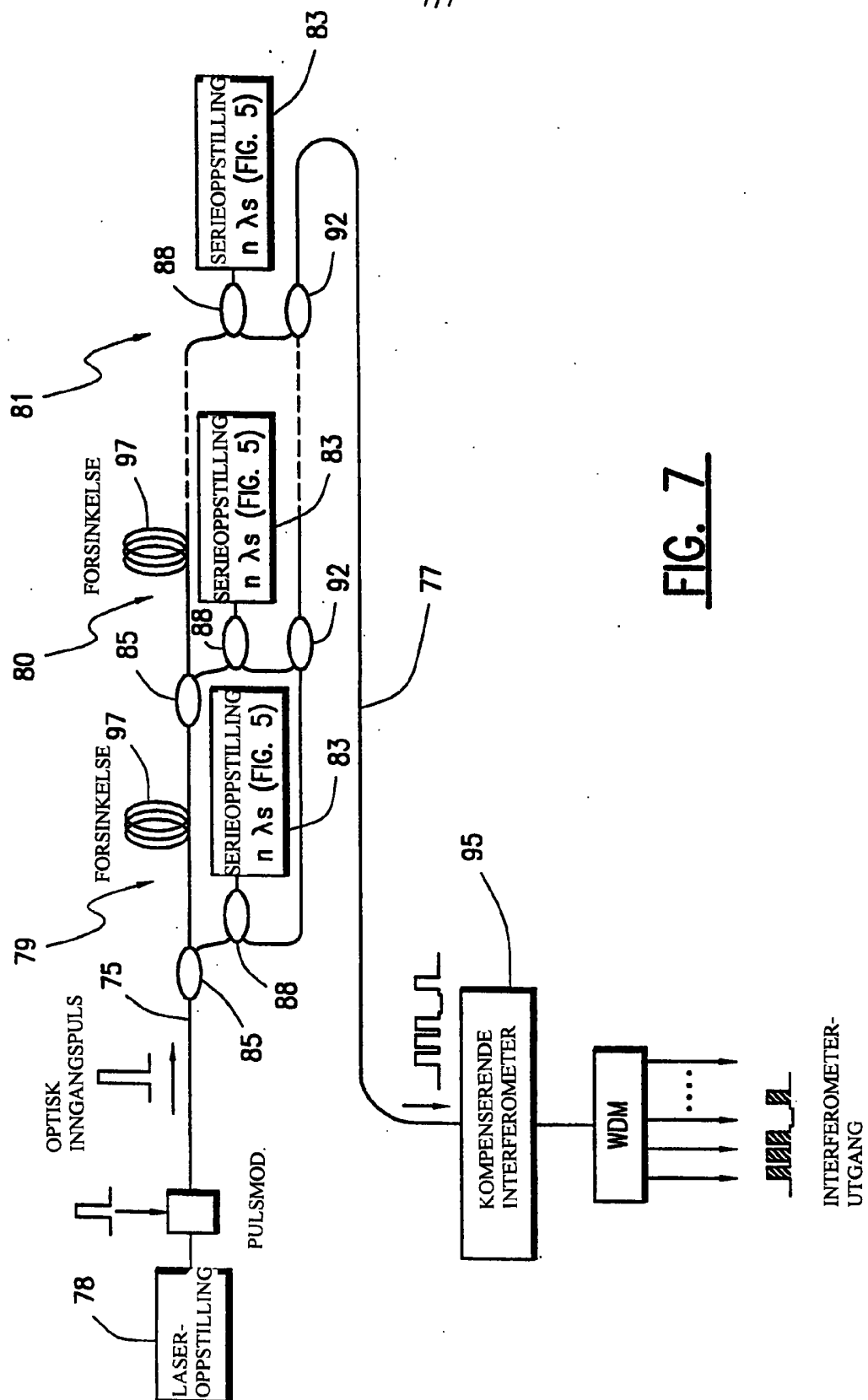


FIG. 7