



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 318908

(13) B1

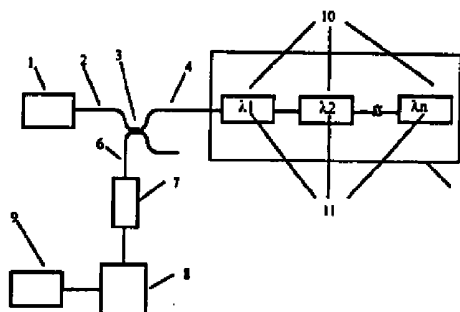
(51) Int Cl<sup>7</sup>

G 01 B 9/02, G 01 D 5/26

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19944534	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	1994.11.25	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	1994.11.25	(30)	Prioritet	1993.11.26, GB, 9324333
(41)	Alm.tilgj	1995.05.29			
(45)	Meddelt	2005.05.23			
(73)	Innehaver	Sensor Dynamics Ltd, 3 Abbas Business Centre, Itchen Abbas, SO211BQ WINCHESTER, HAMPSHIRE, GB			
(72)	Oppfinner	Mahmoud Farhadiroushan, London, England, GB			
(74)	Fullmektig	Arild Friberg - Bryn & Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 Oslo, NO			
(54)	Benevnelse	<b>Måling av en eller flere fysiske parametere</b>			
(56)	Anførte publikasjoner	NO 1984 2569 (Utdrag)			
(57)	Sammendrag				

Oppfinnelsen angår et apparat for måling av en eller flere fysiske parametere, omfattende en kildeanordning (1) for å frembringe en kilde for elektromagnetisk stråling, en sensor-nettverkanordning (5) som omfatter et flertall av sensorinterferometeranordninger (10), som hver omfatter et bølglengdefilter for å velge et bånd av bølglengder (11) av elektromagnetisk stråling som frembringes av kildeanordningen (1), og som er egnet for å omforme verdien av en eller flere fysiske parametere til en endring i en sensors optiske banelengdeforsinkelse; en referanseinterferometeranordning (7) for å velge en optisk referansebaneforsinkelse; en bølglengdevelgeranordning (8) for å velge ett eller flere av båndet av bølglengder (11) filtrert av en eller flere av sensorinterferometeranordningene (10); og en detektoranordning (9) for å omforme den elektromagnetiske stråling som er valgt av bølglengdevelgeranordningen (8) til et elektrisk signal.



Oppfinnelsen angår et apparat for måling av fysiske parametere, og gjelder spesielt et distribuert system av optiske fibersensorer.

I de senere år har det vært utviklet et stort antall optiske fibersensorer som passer for måling av et bredt område av fysiske og miljømessige parametere, hvor man har utnyttet de optiske fibersensorers spesielle fordeler med høy følsomhet og små dimensjoner. I tillegg er det utviklet et antall forskjellige multipleksing systemer som benytter optiske fibere til å kommunisere mellom optiske fibersensorer og måleinstrumenter, som forenkler målingene av et antall parametere over et distribuert område. I områdene seismisk avbildning og overvåkning av lekkasjedeteksjon i undersjøiske olje- og gass-rørledninger, er det et behov for distribuerte sensorer for måling av akustisk energi, hvor det er spesielt vanskelige behov for høy følsomhet, høy romopløsning og respons over et bredt frekvensbånd. Målesystemer med distribuerte og multipleksede optiske fibersensorer er spesielt attraktive siden de gir løfte om å møte disse tekniske krav, og samtidig er forholdsvis rimelige i kostnad, både for fremstilling og utplassering.

Det er ønskelig å produsere fiberoptiske sensornettverk i hvilke et stort antall sensorer er plassert i en- eller to-dimensjonale systemer. I noen anvendelser, så som faserettede sonarsystemer, kan man ønske et lineært akustisk sensorsystem med en lengde på mellom 100 meter og 50 kilometer. I noen tilfeller, for eksempel for å detektere akustisk støy fra lekkende rør, eller for å oppnå høy retningsvirkning for sonarsystemer, kan det være ønskelig å konstruere sensorer for deteksjon av høye akustiske frekvenser opptil 100 kHz eller høyere. For rørledninger kan avstandene bli så store som 200 km, og det er et klart økonomisk behov for å øke antallet sensorer pr. system og således å redusere antallet av utplasserte systemet. Optiske fibersensorer kan gi ypperlig deteksjon ved disse høye frekvenser. Eksisterende fremgangsmåter for å av søke systemer av sensorer er imidlertid ikke velegnet til å utføre sanntid, samtidig av søkning av lange

lineære systemer over en enkelt fiberledning, spesielt ved høye deteksjonsfrekvenser.

For eksempel, de velkjente systemer med tidsdelt multipleksing involverer utsending av pulser av lys inn i et sensornettverk, og observerer fasemodulasjonen av de returnerte lyspulser. De nøyaktige tidspunkt for signalenes retur fra et langs system gjør det imidlertid vanskelig å detektere høye akustiske frekvenser. Bølgelengde-multipleksede systemer som bruker skannede laserklider kan bare avsøke sensorer på en sekvensiell basis, og er derfor uegnet for sanntids deteksjon fra et system hvis ikke frekvensen for akustisk deteksjon er meget lav, og tillater sampling av signalene ved to ganger den akustiske frekvens eller høyere, for å tilfredsstille det velkjente Nyquist samplingskriterium. Bruk av flere optiske klider, som hver blir modulert og som hver har forskjellige bølgelengder, er selvfølgelig mulig, men representerer en kostbar opsjon for store systemer.

Målet for den foreliggende oppfinnelse er et multiplekset system som bruker teknikken med "spektral oppdeling" av energien som emitteres av en bredbånd kilde, for å dele den tilgjengelige energi i et antall separate spektrale områder, hvor hvert spektralt område blir brukt for avspøking av et separat interferometrisk sensorelement. I en implementering inneholder således hvert interferometer i systemet et optisk filter med smalt bånd for å definere et smalt spektralt bånd for hver sensors interferometrisk element. Dette filter virker i kombinasjon med den normale periodiske lystransmisjons-funksjon av interferometeret, til å begrense operasjonen av interferometeret til det smale spektrale området som definert ved dette tilleggsfilter. Det lys som blir reflektert fra eller som blir sluppet gjennom sensor/filter-kombinasjonen blir så matet til et balanse-interferometer som i hovedsak kompenserer for ubalansen i banen i sensor-interferometeret, og kan også inneholde et fase- eller frekvensmodulasjonselement i en av sine lysbaner for å tillate heterodyn-signalbehandling i sensorutgangen. Lysutgangen for dette mottaker-interferometer blir så matet

til et spektrometer for å skille lys som i hovedsak ligger i hvert smalt spektralt bånd, tilsvarende hver sensor i systemet, før dette dirigeres inn i et optisk detektorsystem. Hvert av signalene fra hvert element i dette detektorsystem kan så behandles, for eksempel ved fase- eller frekvensmodulasjon av det detekterte heterodynsignal, for å utvinne en elektronisk analog av det akustiske signal som påvirker den akustiske sensor, utstyrt med et filter av bølgelengde som tilsvarer vedkommende kanal i mottaker-spektromeret.

Denne oppfinnelsen gjør bruk av et antall veletablerte teknikker, så som bølgelengdedelt multipleksing, sensorsystemnettverk, heterodyn deteksjon, tilpassede interferometere, og bølgelengde-demultipleksing til parallelle detektorsystemer. Det er kombinasjonen av disse teknikker ifølge teknikkens stand for å frembringe den eneste kjente praktiske løsning på det krevende problem med samtidig innsamling av informasjon med stor båndbredde og i meget lange systemer som inneholder et stort antall sensorelementer, som er det nye aspekt ved denne oppfinnelsen.

Ifølge en ikke-begrensende utførelse av den foreliggende oppfinnelse, er det anordnet et apparat for måling av en eller flere fysiske parametere, omfattende en kildeanordning for å frembringe en kilde av elektromagnetisk utstråling, sensornettverk-anordning som omfatter et flertall sensorinterferometere som hver omfatter et bølgelengdefilter for å velge et bånd av bølgelengder av elektromagnetisk stråling frembrakt av kilden, og som er passende for å omforme størrelsen av en eller flere fysiske parametere til en endring i forsinkelsen i en sensors optiske banelengde; en referanseinterferometeranordning for å velge en referanse-forsinkelse i en optisk bane; en bølgelengde-velgeranordning for å velge en eller flere av båndene av bølgelengdefilteret ved en eller flere av sensorinterferometeranordningene; en detektoranordning for å omforme den elektromagnetiske stråling som er valgt av bølgelengde-bølgeanordningene til et elektrisk signal.

Det er ønskelig at apparatet er slik at det optiske banes forsinkelse i sensor-interferometeret er større enn koherenslengden til kildeanordningen, koherenslengden til den elektromagnetiske stråling som velges av hvert av bølglengdefiltrene, og koherenslengden til den elektromagnetiske stråling som velges av bølglengde-velgeranordningen.

Kildeanordningen kan være en eller flere bredbåndsløsemitterende dioder koplet sammen ved bruk av bølglengdedelt multiplekser koplere til å danne et spektrum med et meget bredt bånd, som kan formes og forsterkes av en optisk forsterker for å forbedre signal/støy-forholdet eller å øke rekkevidden av sensornettverket.

Kildeanordningen kan være en fiberoptikk-kilde, så som en super-fluorescerende fiberoptikk-kilde som kan være fulgt av en fiberoptikk-forsterker.

Sensornettverket kan omfatte mange sensor-interferometere som virker ved refleksjon eller transmisjon, eller en kombinasjon av refleksjon og transmisjon.

Sensornettverket kan omfatte en eller flere fiberoptikkforsterkere for å forsterke eller justere den relative effektfordeling av optiske signaler.

Bølglengdefilteranordningen kan være et bølglengde-selektivt gitter inne i en fiberoptisk bølgeleder, eller kan være en bølglengde-selektiv fiberoptisk kopler, eller kan være en integrert optisk gitteranordning.

Sensor-interferometeranordningen kan omfatte et par bølglengdefiltre som kan være fiberoptiske gittere med lignende bølglengderespons, adskilt med en kort lengdefiber som er gjort følsom for den parameter som skal måles.

Referanse-interferometeranordningen kan være et interferometer i en Mach Zehnder konfigurasjon, eller kan være et interferometer i en Michelson konfigurasjon. Referanseinterferometeret kan også være konstruert helt eller delvis på en slik måte at den elektromagnetiske utstråling blir holdt inne i optiske fibere. I tillegg kan en frekvensskifter, så som en akustisk optisk modulator eller en fiberoptisk frekvensskifter, settes inn i en eller flere baner i

referanse-interferometeranordningen, for å frembringe et middel for et heterodyn-deteksjon, eller alternativt kan en fasemodulator, så som en elektor-optisk modulator eller en fiber viklet rundt en piezoelektrisk transduser, brukes i en eller flere baner i referanse-interferometeranordningen for å frembringe et middel for syntetisk heterodyn deteksjon.

Sensor-interferometeranordningen kan anordnes i en orden som optimaliserer signal/støy-forholdet i systemet.

Bølgelengde-velgeranordningen kan være en optisk spektrumanalysator, en monokromator, et optisk filterhjul, et optiske diffraksjonsgitter, eller en eller flere fiberoptiske diffraksjonsgittere tilpasset bølgelengdeområdet for bølgelengde-filteranordningen, og kan være forbundet i serie med en fiberoptisk kopler for å dirigere hvert valgt bølgelengdeområde til en detektor.

Deteksjonsanordningen kan være et linjeskannings-kamera eller det kan være et system av diskrete detektorer.

I en utførelse av den foreliggende oppfinnelse, er apparatet ett i hvilket den elektromagnetiske stråling som benyttes i apparatet blir overført mellom en eller flere av de forskjellige komponenter i apparatet ved en eller flere fiberoptiske bølgeledere.

I en utførelse av den foreliggende oppfinnelse, er apparatet ett i hvilket det er anordnet et sensornettverk av sammenkoblede fiberoptiske sensor-interferometeranordninger, hvor hver sensor-interferometeranordning har et flertall optiske baner med en eller flere forsinkelser, avhengig av de fysiske mengder som skal måles, i hvilket en bredbånd lyskilde brukes til å illuminere det nevnte sensornettverk i den neste sensor-interferometeranordning, og hvor hvert av de nevnte sensor-interferometere inneholder en ytterligere bølgelengde-filteranordning for å velge et smalt spektralt bånd av optisk energi fra det totale lysspektrum av energi som blir emittert fra den nevnte lyskildeanordning, hvor hvert bølgelengdefilter dekker et forskjellige smalt spektralt bånd, for hver sensor-interferometeranordning i det nevnte sensornettverk, og hvor lyset som overføres av og reflekteres fra

hver sensor-interferometeranordning i den nevnte nettverk-anordningen, så blir overført til et mottakersystem hvor mottakersystemet omfatter en referanse-interferometeranordning som har et flertall optiske baner, og hvor forskjellen mellom minst to av disse banene tilsvarer en eller flere av de optiske baneforskjeller i sensor-interferometeranordningen, og hvor lyset som passerer gjennom de optiske baner så blir overført til en bølgelengde-velgeranordning for å dirigere lyset i hovedsak til hvert av den nevnte smale spektralbånd til separate foto-detektoranordninger, avhengig av bølgelengden til det nevnte spektrale bånd, slik at detektoranordningens utgangssignal reagerer på endringer i en optisk baneforsinkelse i sensor-interferometeranordningen forbundet med den bølgelengde-filteranordning med tilsvarende spektralt transmisjonsbånd, og hvor, om ønsket, referanse-interferometeranordningen kan inneholde en optiske fase- eller frekvensmodulasjonsanordning i en eller flere av de optiske baner for å frembringe et periodisk modulasjonssignal på de optiske detektorer for å lette elektronisk signalbehandling av den detekterte intensitet for å gjenvinne informasjon om banelengde-endringer i sensor-interferometeranordningen.

Den elektroniske signalbehandling kan være basert på frekvensmodulasjon (FM) demoduleringsteknikker, så som en faselåst sløyfe.

Referanse-interferometeranordningen kan være passert ved utgangen av kildeanordningen.

I en videre utførelse av den foreliggende oppfinnelse, er apparatet slik at kildeanordningen og bølgelengde-velgeranordningen er kombinert som en bølgelengde-avsøkende kilde. Den bølgelengde-avsøkende kilde kan være en avsøkende fiberoptikk-kilde eller et avsøkende halvleder-laserdiodesystem som benytter integrerte optiske innretninger.

Oppfinnelsen skal i det følgende beskrives gjennom eksempler, og under henvisning til tegningene, hvor:

Fig. 1 er et diagram av en utførelse av den foreliggende oppfinnelse, i hvilken optiske fibere blir brukt, og hvor sensornettverket blir brukt i refleksjon;

- Fig. 2 er et diagram av en utførelse av sensor-interferometeranordningen;
- Fig. 3 er et diagram av en utførelse av sensor-interferometeranordningen hvor det benyttes bølglengde-selektive koplere;
- Fig. 4 er et diagram av en utførelse av en del av sensor-nettverkanordningen, hvor to sensor-interferometeranordninger overlapper;
- Fig. 5 er et diagram av en utførelse av referanse-interferometeranordningen som tar form av et Mack-Zehnder interferometer;
- Fig. 6 er et diagram av en utførelse av referanse-interferometeranordningen som tar form av et Michelson interferometer;
- Fig. 7 er et diagram av en foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelse, hvor sensor-nettverket består av to grupper av sensor-interferometeranordninger med lignende optiske baneforsinkelser og bølglengdekarakteristikker for sensoren;
- Fig. 8 er et diagram av en foretrukken utførelse av den foreliggende oppfinnelse, hvor sensor-nettverket består av to grupper av sensor-interferometeranordninger med forskjellige optiske baneforsinkelser for sensoren, men lignende bølglengdekarakteristikker;
- Fig. 9 er et diagram av en utførelse av den foreliggende oppfinnelse, i hvilket optiske fibere blir brukt, og sensor-nettverkanordningen blir brukt i transmisjon;
- Fig. 10 er et diagram av en utførelse av sensor-interferometeranordningen som passer for bruk i et sensornettverk når det brukes i transmisjon; og
- Fig. 11 er et diagram av en foretrukken utførelse av den foreliggende oppfinnelse, som består av en bredbånds kildeanordning, en sensor-nettverksanordning av sammenkoblede par av fiberoptiske gittere langs en lengde av fiber, et Mack-Zehnder referanseinterfero-



meter, et optisk gitter, et detektorsystem og en demodulator-anordning.

En utførelse av den foreliggende oppfinnelse, hvor fiberoptiske bølgeledere blir brukt og sensornettverk-anordningen brukes i refleksjon, er vist på figur 1. En kildeanordning 1 danner en bredbåndskilde for elektromagnetisk stråling, som blir ledet blir ved optiske fibere 2 til fiberoptisk kopler 3, inn i fiberoptisk kabel 4 og deretter inn i sensornettverks-anordningen 5. En del av den elektromagnetiske stråling blir reflektert tilbake av sensor-anordningen 5, som har vært påvirket av de miljømessige parametere som sensoranordningen 5 er følsom for. Denne reflekterte elektromagnetiske stråling returneres langs den fiberoptiske kabel 4, inn i fiberoptisk kopler 3, og en del entrer den optiske fiber 6. Denne del passerer gjennom referanse-interferometeranordningen 7, bølgelengde-selektiv anordning 8, slik at et referansebølgelengdeområde av elektromagnetisk stråling faller på deteksjonsanordning 9. Sensornettverk-anordningen 5 inneholder et flertall av sensor-interferometeranordninger 10, hver av hvilke har et spesifisert sensor-bølgelengdeområde 11. I bruk kan bølgelengde-velgeranordningen 8 justeres for å skille det spesifiserte sensor-bølgelengdeområdet 11 slik at koherens av det valgte lys blir kortere enn sensorens optiske baneforsinkelse. En referanse-optisk baneforsinkelse kan velges av referanse-interferometeranordningen 7 til å tilpasses en optisk baneforsinkelse i sensoren i sensor-interferometeranordningen 10. Sensorens optiske baneforsinkelse kan måles ved å detektere et interferens-mønstersignal med detektoranordningen 9.

Figur 2 er et diagram av en utførelse av sensor-interferometeranordningen 10, konstruert ved bruk av optisk fiber, hvor bølgelengde-filteranordningen omfatter et første innrettet gitter 20 og et andre innrettet gitter 21 inne i en optisk fiber 22, adskilt med en spesifisert distanse 23 som utgjør en optisk baneforsinkelse for sensoren. Innkommende elektromagnetisk stråling 24 faller på det første innrettede

gitter 20, og en første reflektert del 2 blir reflektert av det første gitter 20, og en første overført del 26 faller på det andre diffraksjonsgitter 21. På lignende måte blir en annen reflektert del 27 reflektert fra det andre gitter 21 og returnerer tilbake langs den optiske fiber 22, og en annen overført del 28 blir overført gjennom det første gitter 20. Det første innrettede gitter 20 og det andre innrettede gitter 21 velger et sensor-bølgelengdeområde, slik at det valgte lys har en koherens som er kortere enn sensorens optiske bane-forsinkelse som bestemt av den optiske lengde av den optiske fiber 22. Det kan derfor ikke bli noen koherent interferens mellom den første reflekterte del 25 og den andre reflekterte del 28.

Figur 3 er et diagram av en utførelse av sensor-interferometeranordningen 10 konstruert ved bruk av optisk fiber, hvor bølgelengdefilteranordningen omfatter en første bølgelengde-selektiv kopler 30 og en annen bølgelengde-selektiv kopler 31 forbundet med en optisk fiber 32, og adskilt med en spesifisert avstand 33. En arm 34 av den første bølgelengde-selektive kopler 30 og den andre bølgelengde-selektive kopler 31 ender i speil 35 slik at lengden 33 og lengdene av armene 34 utgjør en optisk baneforsinkelse for sensoren. Innkommende elektromagnetisk stråling 36 faller på den første bølgelengde-selektive kopler 30, og en første reflektert del 7 blir reflektert av speilet 35 i den første bølgelengde-selektive kopler 30, og en første overført del 38 faller på den andre bølgelengde-selektive kopler 31. På lignende måte blir en annen reflektert del 39 reflektert fra speilet 35 i den andre bølgelengde-selektive kopler 31, og returnerer tilbake langs den optiske fiber 32, og en annen overført del 40 blir overført gjennom den første bølgelengde-selektive kopler 30.

Figur 4 er et diagram av en utførelse av en del av sensor-nettverksanordningen i hvilken to sensor-interferometeranordninger overlapper. En første sensor-interferometeranordning 42 og en annen sensor-interferometeranordning 43 er konstruert slik at adskillelsen

av den første refleksjon fra bølglengdefilteranordningen i den første sensor-interferometeranordning 42 og den andre sensor-interferometeranordning 43 er nærmere sammen enn den optiske bane 44 i den første sensor-interferometeranordning 42 og den optiske banen 45 i den andre sensor-interferometeranordning 43.

Figur 5 er et diagram av en utførelse av referanse-interferometeranordningen 7 som tar en form av en Mach-Zehnder interferometer, og som omfatter en modulasjonsanordning 50 i en av de optiske banene. Modulasjonsanordningen 50 kan være en akustisk-optisk modulatoranordning, en fiberoptisk frekvensskifter eller en integrert fiberoptisk skifter for heterodyn signalbehandling. Alternativt kan modulasjonsanordningen være en fasemodulator så som en elektrooptisk innretning eller en optisk fiber festet på en piezoelektrisk transduser for syntetisk heterodyn-teknikk.

Figur 6 er et diagram av en utførelse av referanse-interferometeranordningen 7 hvor det tar form av et Michelson interferometer, og som omfatter en modulasjonsanordning 50 i en av de optiske banene. Modulasjonsanordningen 50 kan være en akustisk-optisk modulatoranordning, en fiberoptisk frekvensskifter eller en integrert optisk frekvensskifter for heterodyn signalbehandling. Alternativt kan modulasjonsanordningen være en fasemodulator så som en elektro-optisk anordning eller en optisk fiber festet på en piezoelektrisk transduser for syntetisk heterodyn-teknikk.

Figur 7 er et diagram av en foretrukken utførelse av den foreliggende oppfinnelse, hvor sensornettverk-anordningen består av to grupper av sensor-interferometeranordninger med lignende optiske baneforsinkelser og bølglengde-karakteristikker. Den elektromagnetiske stråling som mottas fra to separate grupper av sensor-interferometeranordninger kan adskilles ved å bruke en første modulatoranordning 70 og en annen modulatoranordning 71.

Figur 8 er et diagram av en foretrukken utførelse av den foreliggende oppfinnelse i hvilken sensornettverket består av to grupper av sensor-interferometeranordninger med forskjelli-

ge optiske baneforsinkelser, men lignende bølgelengde-karakteristikker, hvor referanse-interferometeranordningen 7 kan velge to forskjellige referanse-optiske baneforsinkelser slik at den ene eller den andre av de to separate grupper av sensor-interferometere kan velges, hvor hver gruppe er plassert i en arm av den fiberoptiske kopler 3.

Figur 9 er et diagram av en utførelse av den foreliggende oppfinnelse hvor optiske fibere blir brukt, og sensornettverkanordningen 5 brukes i transmisjon, i hvilken sensor-interferometeranordningen 90 skaper en optisk baneforsinkelse for elektromagnetisk stråling som blir overført gjennom hver sensor-interferometeranordning 90.

Figur 10 er et diagram av en utførelse av sensor-interferometeranordningen 90 som passer for bruk i et sensornettverk når det brukes i transmisjon, i hvilken en Mach-Zehnder konfigurasjon blir brukt, hvor en første sensor i form av en bølgelengde-selektiv kopler 100 er forbundet med en annen bølgelengde-selektiv kopler 101 ved en første lengde av optisk fiber 102 og en annen optisk fiber 103 av forskjellig lengde, slik at det dannes en optisk baneforsinkelse.

Figur 11 er et diagram av en foretrukken utførelse av den foreliggende oppfinnelse, hvor utgangen av bredbånds lyskilden 1 blir overført ved optiske fibere 2 til en fiberoptisk kopler 3, i en fiberoptisk kabel 4, og inn til sensornettverkanordningen 5. Sensor-nettverkanordningen 5 består av sensor-interferometeranordningen 10 som er konstruert ved bruk av et par innrettede diffraksjonsgittere 20 adskilt ved en lengde av optiske fiber 23, slik at lengden av fiber mellom diffraksjonsgitterparene 20 er like. Den optiske baneforsinkelsen i sensor-interferometeret 10 bestemmes av den tid det tar for lyset å krysse lengden av optisk fiber mellom parene av diffraksjonsgitteret 20. Hver par av diffraksjonsgitteret velger og reflekterer bestemt bånd av bølgelengder 11 som blir emittert av kildeanordningen 1, slik at koherens av det valgte lys er meget kortere enn den optiske baneforsinkelse av sensor-interferometeranordningen 10, derfor blir ikke de reflekterte optiske signaler koherente. Det

reflekterte lys blir overført til et referanse-interferometer 7 hvor det blir delt i to baner 130 og 131 som er forskjellige ved en lignende optisk baneforsinkelse av sensor-interferometeranordningen 10. Ved utgangen av referanse-interferometeranordningen 7, blir lyssignalene kombinert og end el av de etterfølgende reflekterte lyssignaler som gjennomgår lignende optiske baneforsinkelser, interfererer koherent med hverandre. For eksempel, en del av det første reflekterte lys som passerer gjennom den lange banen 131 av referanse-interferometeranordningen 7 interfererer koherent med den del av det senere reflekterte lys som passerer gjennom den korte banen 130 av referanse-interferometeranordningen 7. Det er å foretrekke at man inkluderer en modulasjonsanordning 50, som kan være en frekvensskifter, i en av vanene i referanse-interferometeret for heterodyn-deteksjon hvor bærefrekvensen blir levert av en oscillatorkilde 124. Alternativt kan modulasjonsanordningen 50 være en optisk fasemodulator for å danne et middel for syntetisk heterodyn deteksjon. Ved utgangen av referanse-interferometeranordningen 7, blir båndet av bølgelengder 11 reflektert av hvert sensor-interferometer 10 adskilt ved et sprednings-element 8 så som et optisk diffraksjonsgitter, og så overført til et fotodetektorsystem 120 som omfatter de optiske signaler 121 til elektriske signaler 122. Utgangen av hvert fotodetektor-element 122 blir matet til separate demulatorer 123, som for deteksjon av frekvensmodulasjon kan være faselåste sløyfer, for samtidig å gjenvinne den relative optiske fase 125 som blir indusert i hver sensor-interferometeranordning 10.

Man må forstå at de utførelser av oppfinnelsen som er beskrevet ovenfor under henvisning til tegningene, er gitt bare som eksempler, og at modifikasjoner og ytterligere komponenter kan anordnes for å forbedre apparatets ytelse.

## P A T E N T K R A V

1. Apparat for måling av en eller flere fysiske parametere, k a r a k t e r i s e r t v e d at det omfatter en kildeanordning for å danne en kilde for elektromagnetisk stråling, en sensor-nettverkanordning som omfatter et flertall sensor-interferometeranordninger, som hver omfatter en bølgelengde-filteranordning for å velge et bånd av bølgelengder av elektromagnetisk stråling som frembringes av kildeanordningen, og som er egnet for å omforme verdien av en eller flere fysiske parametere til en endring i en sensors optiske banelengde-forsinkelse; en referanse-interferometeranordning for å velge en optisk referanse-baneforsinkelse; en bølgelengde-velgeranordning for å velge ett eller flere av båndet av bølgelengder som blir filtrert av en eller flere av sensor-interferometeranordningene; og en detektoranordning for å omforme den elektromagnetiske stråling som velges av bølgelengde-velgeranordningen til et elektrisk signal.

2. Apparat ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at sensorinterferometeranordningens optiske baneforsinkelse er større enn kildeanordningens koherenslengde, koherenslengden for elektromagnetisk stråling som velges av hver av bølgelengdefilteranordningene og koherenslengden for elektromagnetisk stråling som velges av bølgelengde-velgeranordningen.

3. Apparat ifølge krav 1 eller krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at sensornettverkanordningen omfatter minst en fiberoptisk forsterker for å forsterke eller justere den relative effektfordeling for optiske signaler.

4. Apparat ifølge krav 1 eller krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at bølgelengdefilteranordningen er et bølgelengde-selektivt gitter inne i en fiberoptisk bølgeleder, en bølgelengde-selektiv optisk fiber-

kopler, eller en integrert optisk diffraksjonsgitter-anordning.

5. Apparat ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at det omfatter et par bølgelengde-filteranordninger.

6. Apparat ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at det omfatter en frekvensskifter i en eller flere baner av referanseinterferometeranordningen for å tilveiebringe en anordning for heterodyn-deteksjon.

7. Apparat ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 5, karakterisert ved at det omfatter en fasemodulator i en eller flere baner i referanseinterferometeranordningen for å tilveiebringe en anordning for syntetisk heterodyn-deteksjon.

8. Apparat ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at det er anordnet en sensor-nettverkanordning av sammenkoblede fiberoptiske sensorinterferometeranordninger, hvor hver sensorinterferometeranordning har et flertall av optiske baner med en eller flere forsinkelser, avhengig av de fysiske størrelser som skal måles, hvor en bredbånds lyskilde blir brukt til å belyse sensor-nettverkanordningene i sensorinterferometeranordningene, og hvor hver sensorinterferometeranordning inneholder en ytterligere bølgelengde-filteranordning for å velge et smalt spektrumbånd av optisk energi fra det totale lysspektrum av energi som utsendes fra lyskildeanordningen, hvor hver bølgelengde-filteranordning dekker et forskjellig smalt spektrumbånd, for hver sensorinterferometeranordning i sensor-nettverkanordningen, og hvor lyset som blir overført

av, eller reflektert fra, hver sensor-interferometeranordning i sensornettverket så blir overført til et mottakersystem som omfatter en referanse-interferometeranordning med et flertall av optiske baner og hvor forskjellen mellom minst to av disse banene tilsvarer en eller flere av de optiske baneforskjeller i sensor-interferometeranordningen, og hvor det lys som passerer gjennom de optiske baner, så blir ført til en bølgelengdeselektiv anordning for å dirigere lys til i hovedsak hvert av de smale spektrumbånd til separate fotodetektoranordninger, avhengig av spektrumbåndets bølgelengde, slik at detektoranordningens utgangssignal reagerer på endringer i optisk baneforsinkelse i den sensorinterferometeranordning som er forbundet med bølgelengdefilteranordningen for det tilsvarende spektrale transmisjonsbånd.

9. Apparat ifølge krav 8,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at referanse-interferometeranordningen inneholder en optisk fase- eller frekvensmodulasjonanordning i en eller flere av de optiske baner, for å frembringe et periodisk modulasjonssignal på de optiske detektorer for å lette elektronisk signalbehandling av den detekterte intensitet for å gjenvinne informasjonen om banelengdeendringer i sensor-interferometeranordningen.

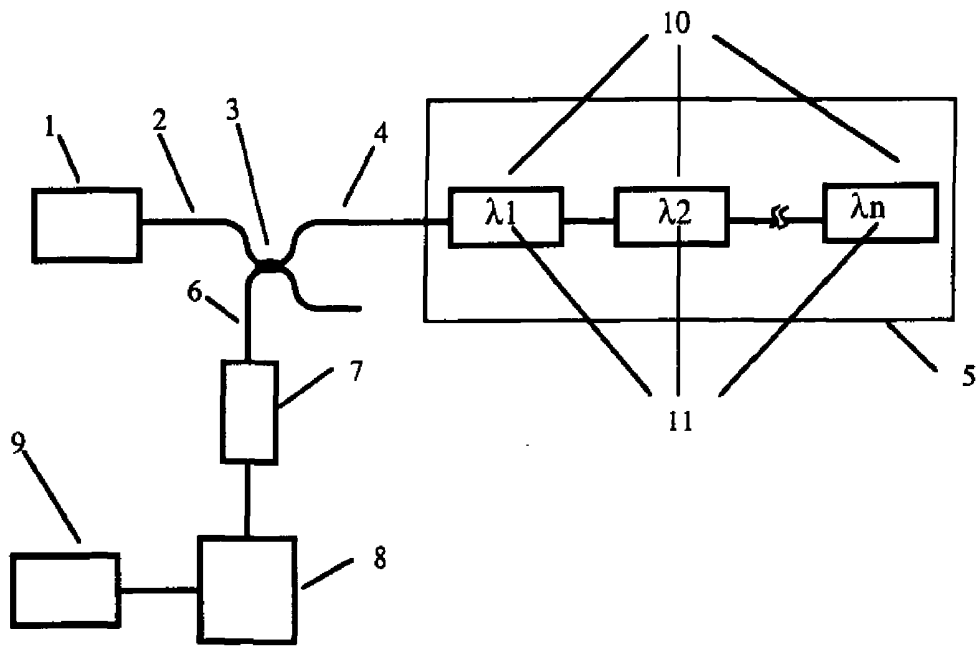
10. Apparat ifølge ett hvilket som helst av de foregående krav,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at kildeanordningen og bølgelengde-velgeranordningen er kombinert som en bølgelengde-avsøkningskilde.



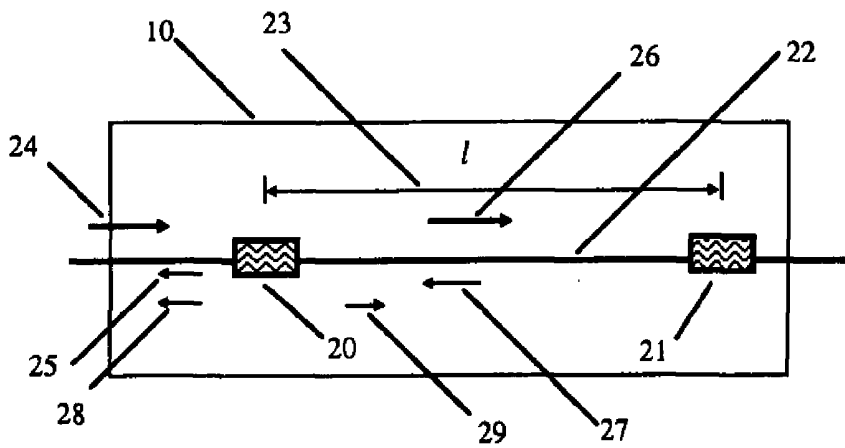
## SAMMENDRAG

Oppfinnelsen angår et apparat for måling av en eller flere fysiske parametere, omfattende en kildeanordning (1) for å frembringe en kilde for elektromagnetisk stråling, en sensor-nettverkanordning (5) som omfatter et flertall av sensor-interferometeranordninger (10), som hver omfatter et bølgelengdefilter for å velge et bånd av bølgelengder (11) av elektromagnetisk stråling som frembringes av kildeanordningen (1), og som er egnet for å omforme verdien av en eller flere fysiske parametere til en endring i en sensors optiske banelengdeforsinkelse; en referanse-interferometeranordning (7) for å velge en optisk referansebaneforsinkelse; en bølgelengde-velgeranordning (8) for å velge ett eller flere av båndet av bølgelengder (11) filtrert av en eller flere av sensor-interferometeranordningene (10); og en detektoranordning (9) for å omforme den elektromagnetiske stråling som er valgt av bølgelengdevelgeranordningen (8) til et elektrisk signal.

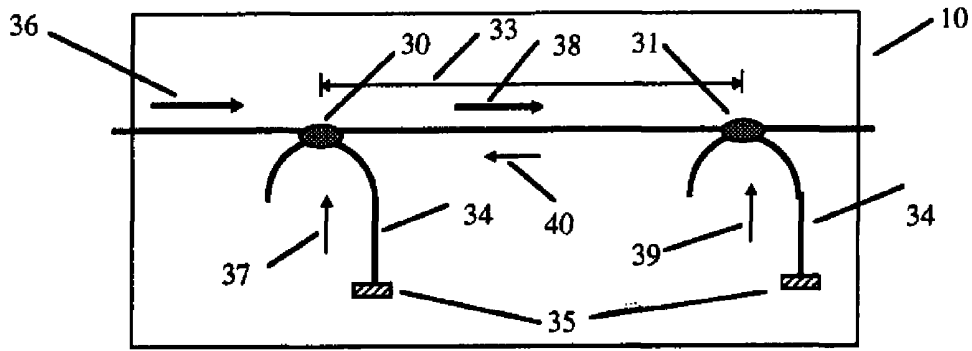
1/6



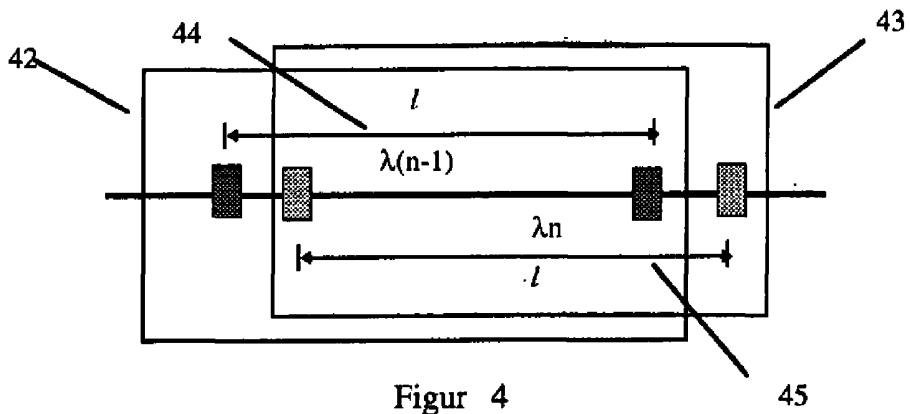
Figur 1



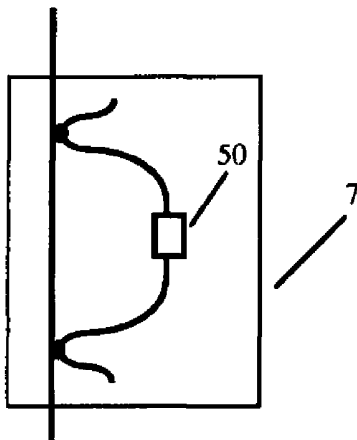
Figur 2



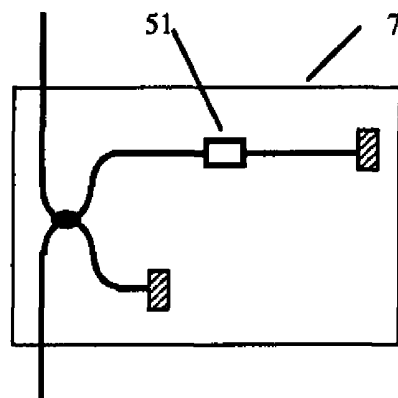
Figur 3



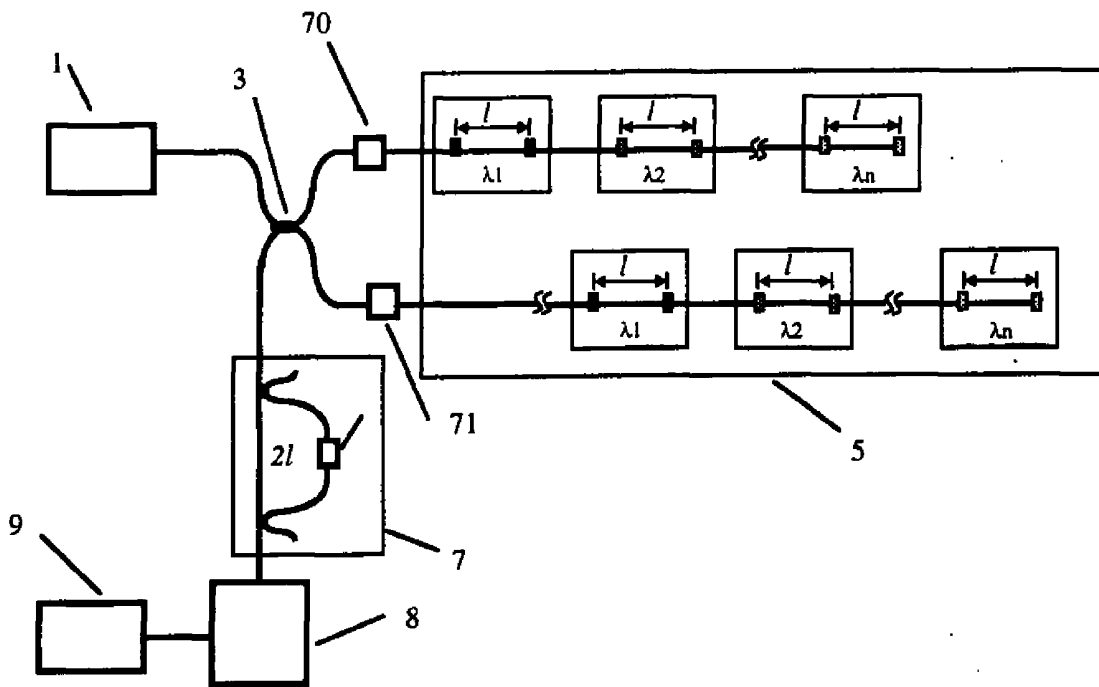
Figur 4



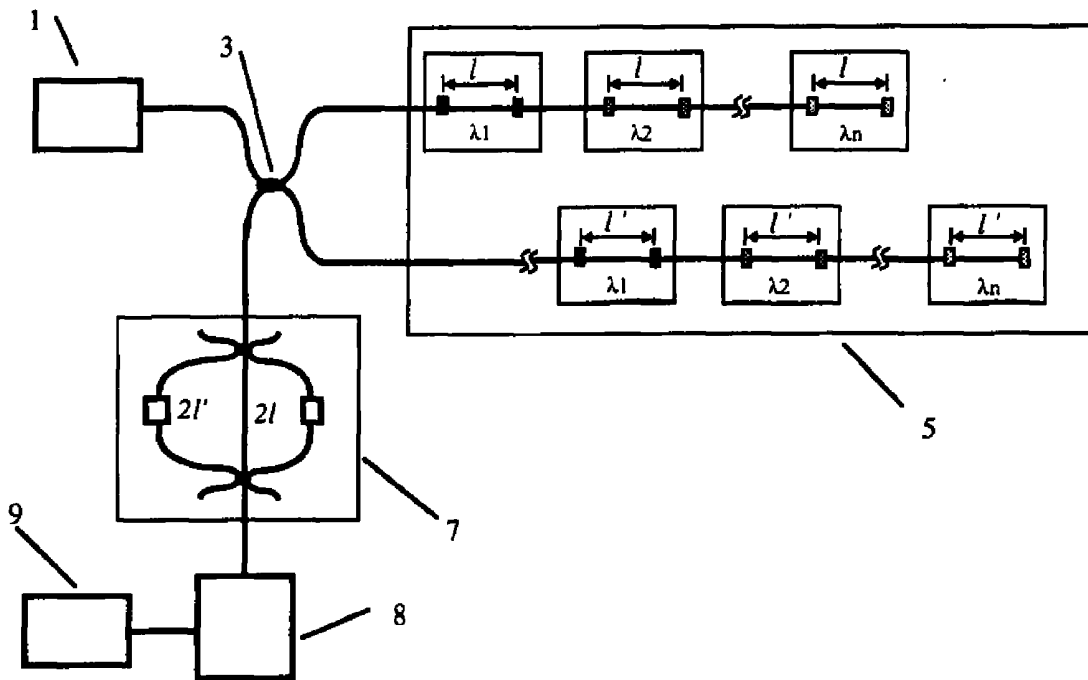
Figur 5



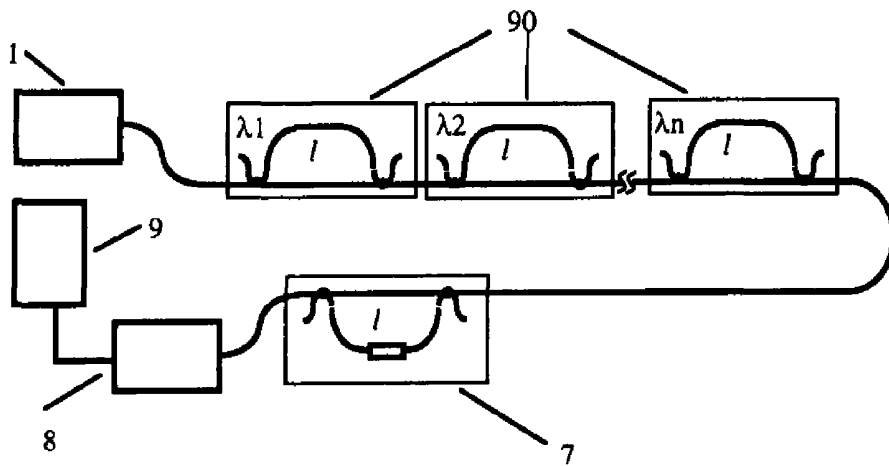
Figur 6



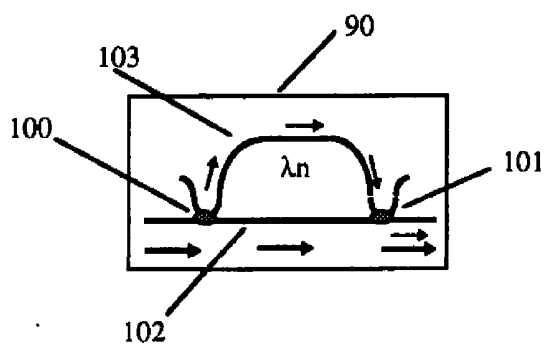
Figur 7



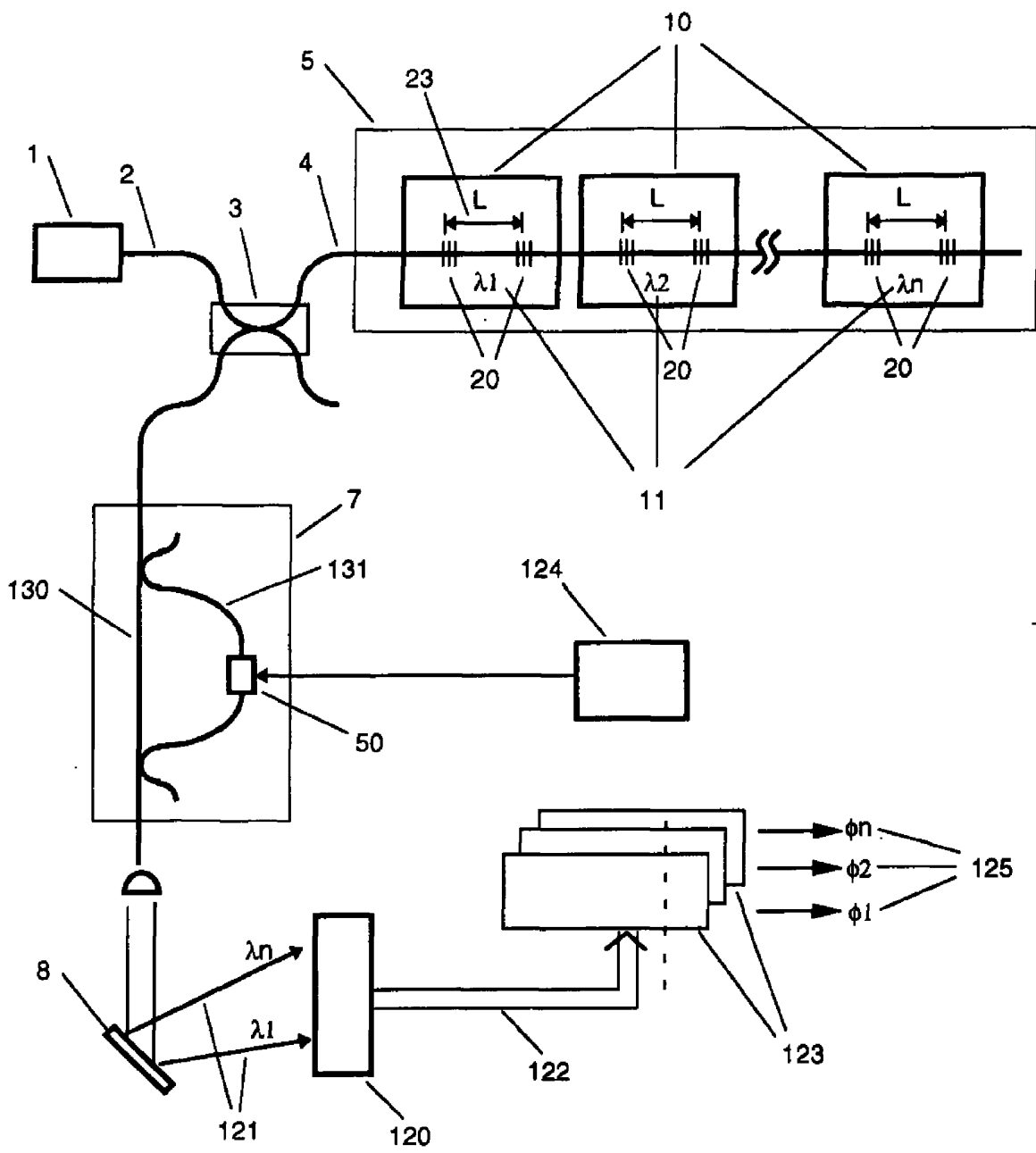
Figur 8



Figur 9



Figur 10



Figur 11