

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 911307 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 911307

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
G01N 21/45
G01J 9/02

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 18.03.1991

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 18.03.1991

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 20.09.1991

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

19.03.1990 US 495721

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Eli Lilly and Company, Lilly Corporate Center, INDIANAPOLIS, IN 46285, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Lipson, David, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 • Loebel, Nicolas Gaston, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Kuituoptinen interferometrianturi

Fiberoptisk interferometerdetektor

Kuituoptinen interferometrianturi

Esillä oleva keksintö liittyy kuituoptiseen anturisysteemiin biolääketiedettä ja muita käyttöjä varten. Eri-
5 tyisemmin esillä oleva keksintö liittyy kuituoptiseen anturisy-
steemiin, joka käyttää yhden valosäteen vaiheen ver-
tailua toiseen, kun toinen valonsäde on herkkä analyyttille
ja toista käytetään vertailuun. Vaihevertailu toteutetaan
interferenssitekniikan avulla.

10 Perinteisessä kuituoptisessa mittaussysteemissä
valoa siirretään yhdellä tai useammalla aallonpituudella
optoelektronisesta perusyksiköstä etäänpäen olevaan antu-
riin kuituoptisen valonjohtimen kautta. Etäänpäen oleva
anturi sijaitsee analysoitavana olevan ympäristön sisällä.
15 Anturi moduloi sisään tulevaa valoa tunnetulla suhteella
yhteen tai useampaan läsnäolevaan analyyttiin, jotka si-
jaitsevat ympäristön sisällä, nähden. Moduloitu valo kään-
netään sitten perusyksikköön saman kuituoptisen sisäänme-
nokuidun kautta tai yhden tai useamman vaihtoehtoisen kui-
20 dun kautta. Analyytin tai analyyttien tasoa voidaan merki-
tä anturista perusyksikköön palautuneen optisen intensi-
teetin kvantitatiivisella vahvistuksella verrattuna antu-
riin siirtyneeseen optiseen intensiteettiin. Systeemiin,
joka käyttää kvantitatiivista optista intensiteetin vah-
25 vistusta, viitataan intensiteettimoduloituna anturisy-
steeminä.

Yhdessä tekniikan tason intensiteettimoduloidussa
anturisyteemissä anturi koostuu reaktiivisesta kemiasta,
joka on sijoitettu pääosin kokonaan multimoodisen optisen
30 kuidun etäänpäen olevaan päähän muodostuneen aukon sisään.
Valoa siirretään yhdellä tai useammalla aallonpituudella
kuidun läheisestä päästä etäänpäen olevaan lävistettyn
päähän, jossa valo vuorovaikuttaa reaktiivisen kemian, joka
voi koostua fluoresoivasta tai optisesti vaimentavasta
35 materiaalista, kanssa. Fluoresoivan emission suuruus tai

vaimentavan materiaalin optisen vaimennuksen määrä on yleensä verrannollinen tietyn analyytin, joka on kontaktissa kuidun etäämpänä olevan pään kanssa, konsentraatioon. Fluoresoiva intensiteetti tai optisen vaimennuksen
 5 määrä voidaan mitata laitteella, joka sijaitsee kuidun läheisessä päässä.

Yksi tämäntyyppiseen perinteiseen intensiteettimoduloituun anturisyysteemiin liittyvä ongelma on, että valon modulointiin voidaan vaikuttaa muilla tekijöillä kuin analyytin konsentraatiolla. Jos multimoodinen optinen kuitu
 10 taipuu siirron aikana, voi osa anturiin siirtyneestä valosta hävitä ohjausmoodien konversiolla kuidun sisällä säteilymoodeihin. Lisäksi osa anturista palautuneesta valosta voi hävitä samalla mekanismilla. Tämän valon häviö
 15 voi olla virheellisesti tulkittuna analyytin konsentraation muutos, koska korrelaatio tehdään analyytin tason ja valon modulaatiomäärän välillä. Itse asiassa kaikki kuidun sisällä matkaavan optisen energian absoluuttiseen suuruuteen vaikuttavat tekijät voidaan tulkita virheellisesti
 20 systeemissä analyytin konsentraation muutoksena. Nämä tekijät käsittävät säteilytysintensiteetin muutokset, muutokset siirrosta kuitujen kytkentäpisteissä ja sisäiset muutokset antureissa, kuten valaistun materiaalin optisen valkaisun, mutta eivät ole rajoittuneet niihin.

25 Toinen joihinkin intensiteettimoduloituihin anturisysteemihin liittyvä ongelma on erittäin alhainen kokonaistoimintatehokkuus, usein alle 10^{-10} . Tämä erittäin alhainen toimintatehokkuus asettaa suuria kahleita systeemiin. Riittävän signaali-kohinasuhteen ylläpitämiseksi
 30 näissä vastaisissa olosuhteissa täytyy käyttää suurintensiteettistä valaistusta (esim. laseria tai kaarilamppua) ja suurtehodetektoreita (esim. valomonistinputkia). Monimutkaisia ja kalliita aallonpituusvalintaisia laitteita tarvitaan usein, jotta valaisu saadaan sovitettua mittaus-
 35 materiaaliin. Koska lähde ja detektori edellyttävät spek-

tristä energiaa ja teho-ominaisuuksia, eivät yritykset muuntaa perinteiset intensiteettimoduloidut anturisyteemikomponentit kiinteään olomuodon optisiksi laitteiksi olleet erityisen menestyksellisiä biolääketieteellisellä mittausalueella.

Muutamia eräisiin intensiteettimoduloituihin anturisyteemeihin liittyviä ongelmia voidaan voittaa käyttämällä yksimoodista polarisaation säilyttävää kuituoptista aaltoputkea interferometrisen anturisyteemin muodostamiseen, kuten US-patenttijulkaisussa 4697876 on esitetty. Tällaisessa syteemissä koherentista lähteestä, kuten laserista, tuleva valo suunnataan säteenjakajan, joka lähettää puolet valosta vertailukuituun ja toisen puolen anturikuituun, kautta. Anturikuitu kytketään ympäristöön, jota yritetään mitata siten, että valon vaihe moduloidaan ympäristösignaalilla. Molempien kuitujen valo yhdistetään toisella säteenjakajalla ja syötetään valodetektoriin, joka on herkkä yhdistetyn signaalin amplitudille. Syteemi säädetään synnyttämään terävä nolla ympäristöolosuhteiden muutoksen heijastuessa nollattomana signaalina. Samalla kun tällainen syteemi nauttii merkittävää lisääntynyttä herkkyyttä ympäristön signaaleille intensiteettimoduloidussa anturisyteemissä, asettaa syteemi kokonaisuudessaan muita ongelmia, jotka johtuvat syteemin Mach-Zehnder-rakenteesta, kuten tarpeen optisiin detektoreihin, jotka sijaitsevat kuitujen etäämpänä olevissa päissä ja tarpeen erittäin monimutkaiseen signaalin käsittelyalgoritmiin nollasignaalien toivotun kvantifioinnin tarjoamiseksi.

Siksi esillä olevan keksinnön eräs kohde on tarjota kuituoptinen anturisyteemi, joka ei nojaa intensiteettimodulointiin yhden tai useamman analyytin konsentraation määrittämiseksi.

Toinen esillä olevan keksinnön kohde on tarjota kuituoptinen anturisyysysteemi, joka ei ole herkkä ympäristölle tai muille häiriölähteille.

5 Edelleen eräs esillä olevan keksinnön kohde on tarjota kuituoptinen anturisyysysteemi, jonka tehokkuustaso on olennaisesti suurempi kuin perinteisen kuituoptisen anturisyysysteemin.

10 Edelleen eräs esillä olevan keksinnön kohde on tarjota kuituoptinen anturisyysysteemi, joka käyttää erittäin yksinkertaista signaalin käsittelyalgoritmia mitattujen muutosten mittaamiseen.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti tarjotaan laite yhden tai useamman lajin tai analyytin konsentraatiomuutosten havainnointiin nestemäisessä väliaineessa. Laite
15 käsittää ensimmäisen ja toisen yksimoodisen optisen kuidun, kun vähintään ensimmäisessä optisessa kuidussa on anturiosa, joka sallii kuidussa matkaavan ohjatun valoal-
lon vaiheen moduloinnin anturiosaa ympäröivällä väliai-
neella aallon lyhytaikaisen komponentin kautta. Laite kä-
20 sittää myös keinot tunnetut ominaisuudet omaavan valon sisään tuomiseksi sekä ensimmäiseen että toiseen optiseen kuituun. Lisäksi tarjotaan keinot ensimmäisestä ja toises-
ta optisesta kuidusta emittoituvan valon sekoittamiseen
niin, että muodostetaan optisesti reunakuvio, joka on omi-
25 nainen kahden optisen kuidun valon väliselle keskinäiselle vaiheelle. Reunakuvion havaitsemiseen tarjotaan keinot
siten, että kuvion toistettavat ominaiset muutokset voi-
daan liittää analyyttikonsentraation muutoksiin. Samalla
kun esillä olevan keksinnön polttopiste pääasiallisesti on
30 elävän organismin detektoinnissa ja yhden tai useamman
lajin analyytin konsentraation mittaamisessa, voidaan lai-
tetta käyttää myös fysikaalisten vaikutusten, kuten pai-
neen, lämpötilan ja jännityksen, havainnointiin ja laitteen
käyttötarkoitusta ei tulisi tarkastella esillä olevan kek-
35 sinnön rajoituksena.

Toisin kuin perinteiset intensiteettimoduloidut anturisyteemit esillä oleva kuituoptinen anturisyteemi ei nojautu valoaallon amplitudimodulointiin optisessa kuidussa olipa kysymys analyytin tai väliaineen reaktiivisesta kemiasta. Sen sijaan esillä oleva keksintö mittaa analyyttikonsentraation vertailemalla kahden hyvin karakterisoidun valosäteen vaihetta toisiinsa nähden. Optinen kuitu, joka kuljettaa toista valosädettä, on herkkä analyyttille samoin kuin häiriölähteille, kun taas optinen kuitu, joka kuljettaa toista valosädettä, on herkkä ainoastaan häiriölähteille. Analyytin taso voidaan johtaa yhdistämällä optisesti kaksi valosädettä, jotta saadaan interferenssikuvio, joka on riippuvainen ainoastaan analyyttikonsentraatiosta. Häiriön myötävaikutus ilmenee tavallisena moodysignaalina molemmissa valosäteissä eikä vaikuta interferenssikuvioon.

Vaihevertailu saavutetaan johtamalla interferenssikuvio detektroin tai joukkoon detektoreja ja reunojen suhteellinen avaruudellinen sijoittuminen korreloidaan sekoitettujen säteiden väliseen vaiheeseen vaiheen antaessa viitteen analyytin tasosta. Vaihemoduloimalla ohjattu aalto vuorovaikutuksen kautta aallon lyhytaikaisten komponenttien kanssa voidaan optinen vaimennus rajoittaa mielivaltaisen alhaisille tasoille. Hyödyntämällä ennenminkin vaihetta kuin intensiteettimittauksia tehdään analyyttitason mittaus epäherkäksi energiahäviölle, joka johtuu kuidun taipumisesta ja muista intensiteettia moduloivista vaikutuksista.

Esillä olevan keksinnön mukaisen systeemin kokonaistehokkuus on riittävän korkea salliakseen halpojen ja luotettavien kiinteän olomuodon komponenttien käytön kaikkialla. Interferenssimenetelmä tarjoaa herkkyyden tasolla, jotka lähestyvät tunnetun teknologian rajoja. Tämä eliminoi tarpeen anturin suurtehovalotukseen. Mittausmenetelmä on aallonpituudelle epäherkkä, ainakin ensimmäiseen

kertalukuun niin kauan kuin valittu aallonpituus ei ole lähellä analyytin adsorptiopiikkiä sallien kuitenkin infrapunalaserdiodien käytön germanium- ja piipohjaisten valoantureiden lähteinä käytettäväksi detektoreina. Koska

5 tämän tyyppisiä kiinteän olomuodon komponentteja käytetään laajasti erilaisissa teollisuuksissa tietoliikenneteollisuus mukaanlukien, tekevät alhaiset kustannukset ja näiden elementtien suora saatavuus niistä erittäin toivottavia käytettäväksi esillä olevan keksinnön systeemeissä.

10 Sellaisissa interferometreissä, joita käytetään esillä olevassa keksinnössä, valosäteen vaihe anturikuidussa muuttuu aina silloin, kun tämän optisen matkan pituutta muutetaan. Voidaan ymmärtää, että optisen matkan pituus on taitekertoimen tuote ja matkan fysikaalinen pituus.

15 Muutos joko taitekertoimessa tai matkan fysikaalisessa pituudessa synnyttää muutoksen optisen matkan pituudessa. Interferometrisen anturin täytyy siksi olla kykeneväinen optisen matkan pituuden modulointiin analyyttitason funktiona. Tämä optisen matkan pituuden modulointi voidaan

20 suorittaa anturilla, joka on herkkä yhden kuituhaaran fysikaalisen laajennokseen matkan fysikaalisen pituuden muuttamiseksi. Tavallisesti tällainen fysikaalinen laajennus saavutetaan paineen ja lämpötilan jne. muutoksilla. Edullinen anturi on kuitenkin sellainen, jossa muutos optisen matkan pituudessa johtuu ulkoisen väliaineen taitekertoimen muutoksesta.

Esillä olevan keksinnön systeemien eräs piirre on, että ensimmäinen optinen kuitu käsittää anturiosan, joka sallii ohjatun aallon lyhytaikaisten osan kulun ensimmäisessä kuidussa vuorovaikuttavan minkä tahansa anturiosaa

30 ympäröivän väliaineen kanssa tässä anturiosuudessa. Valoaallon lyhytaikainen komponentti kokee nopeuden muutoksen minkä tahansa ympäröivän väliaineen taitekertoimen muutoksen kanssa. Tämä nopeuden muutos ilmaistaan välttämättömästi ohjatun aallon vaiheen muutoksena kokonaisuudessaan

35

suhteessa häiritsemättömään aaltoon, joka etenee toisessa kuidussa. Koska analyyttikonsentraation muutoksiin liittyvät tavallisesti taitekertoimen muutokset, jolloin lineaarisella alueella on systeemi siksi tehty herkäksi ympäröivässä väliaineessa olevan analyytin tasolle.

Tämän piirteen eräs etu on, että altistamalla ohjatun valoaallon lyhytaikainen osa ympäröivälle väliaineelle, valoaalto jää loukkuun kuidun rajattuun ydingeometriaan eikä pyri leviämään väliaineeseen, kuten perinteisen kuitupään geometrisessa tapauksessa on.

Tämän piirteen toinen etu on, että lyhytaikaisen aallon rajoitettu tunkeutumisvyvyys ympäröivään väliaineeseen vähentää optisen vaimennuksen, joka liittyy valon kulkuun minkä tahansa väliaineen kautta, sallien siten matalatehoisen alkuvalaistuksen.

Vielä eräs tämän piirteen etu on, että pienentynyt energiavuo ja matala tunkeutumisvyvyys aiheuttavat ympäröivän väliaineen optisesti vähemmän indusoidun heikkene-
misen, ilmiö, joka tavallisesti kohdistetaan vapaiden radikaalien muodostumiseen fluoresenssiprosessin aikana ja kutsutaan tavallisesti fotovalkaisuksi. Tämän fotovalkaisu-
kertoimen pienenminen sallii matalakonsentraatioisten indikaattorilajien käytön ja pidentää anturikemian elin-
ikää.

Keksinnön pääasiallisin etu on, että analyyttikemioita, jotka osoittavat absorbanssimuutoksia ennemminkin kuin fluoresenssimuutoksia, voidaan myös käyttää, koska absorbanssimuutokset aiheuttavat muutoksia taitekertoimessa. Absorbanttikemiat ovat paljon ylivoimaisempia kuin fluoresenssikemiat ja siten helpommin yhdistettävissä systeemirakenteisiin. Edelleen spektrin absorbanssipiikkiin liitettyillä aallonpituuksilla heijastuskerroin voi muuttua rajusti kemian muuttuessa vähän epäsäännöllisellä dispersioalueella.

Eräs esillä olevan keksinnön systeemin piirre on, että tarjotaan keinot tunnetut ominaisuudet omaavan valon laittamiseksi kumpaankin yksimoodiseen kuituun periaatteessa johtamalla kumpikin säde samasta koherentista lähteestä, esim. laserista. Tämän piirteen eräs etu on, että vaiheen muutokset eivät voi johtua valolähteen vaihteluis-
 5 ta, ja niiden täytyy johtua muutoksista väliaineessa, joka ympäröi anturiosuutta, joka voidaan liittää analyyttikon-
 sentraation muutoksiin.

10 Esillä olevan keksinnön edullisessa suoritusmuodossa vähintään ensimmäinen optinen kuitu sisältää soikean ytimen ja pyörähdysasymmetrisen suojakuoren. Yksi edellä mainitun rakenteen piirre on, että tarjoamalla soikiomai-
 nen ydin säilytetään ohjatun valoallon polarisaatio kui-
 15 dussa. Edellä mainitun rakenteen lisäpiirre on, että tar-
 joamalla pyörähdysasymmetrinen suojakuori, voidaan suojakuori asteittain poistaa symmetrisellä tavalla, mikä voi
 altistaa ytimen toisen sivun samalla kun ylläpidetään yti-
 men osa ytimen jäänteiden ympärillä tarvittavan kuitukoko-
 20 naisuuden pitämiseksi.

Esillä olevan keksinnön mukaan tarjotaan menetelmä analyytin konsentraatiomuutoksen havaitsemiseksi nestemäisessä väliaineessa. Tämä menetelmä käsittää vaiheet:

25 optisen kuidun osan upottamisen nestemäiseen väli-
 aineeseen;

ominaisuuksiltaan tunnetun valon laittamisen opti-
 seen kuituun; ja

30 valon vaiheen havainnoimisen optisessa kuidussa vai-
 heen muutoksen, joka johtuu analyyttikonsentraation muu-
 toksesta, havainnoimiseksi nestemäisessä väliaineessa.

Siten esillä oleva keksintö tarjoaa laitteen ja menetelmän analyytin konsentraation määrittämiseen käyt-
 täen hyväksi kuituoptista anturisysteemiä, joka on riippu-
 vainen vaiheen vertailusta, kun määritetään analyytin kon-
 35 sentraatiota. Systemi hyödyntää ohjatun aallon lyhytai-

kaista aalto-osuutta, jotta sallitaan, että aalto on herkkä taitekertoimen muutoksille ulkoisessa väliaineessa. Lyhytaikainen aalto vuorovaikuttaa väliaineen kanssa tuottaakseen ohjatun aallon vaihe-eron, joka analysoidaan analyysin konsentraation määrittämiseksi.

Keksinnön lisäkohteet, piirteet ja edut tulevat ilmeisiksi alaa taitaville tarkasteltaessa edullisten suoritusmuotojen seuraava yksityiskohtaista kuvausta, joka valaisee parasta moodia, jolla keksintö toteutetaan, kuten kohta nähdään.

Kuvio 1 on kaaviomainen kuvaus kuituoptisesta interferometrisestä anturista esillä olevan keksinnön mukaisesti.

Kuvio 2 on suuri suurennos etsatusta optisesta kuidusta, jossa on valoaalto, joka on esitetty tämän yhteydessä sen lisäksi kaaviomaisesti.

Kuvio 3 on yksityiskohtainen kuva kuidun etsatusta osasta, joka on esitetty kuviossa 2.

Kuvio 4 poikkileikkauskuva sensorin eräästä suoritusmuodosta käytettäväksi esillä olevassa keksinnössä.

Kuvio 5 a on perspektiivikuva optisesta kuidusta, joka on edullinen käytettäväksi esillä olevassa keksinnössä paksun polymeeripuskurin tai suojaavan päällysteen, jota ei ole esitetty, kanssa.

Kuvio 5 b on perspektiivikuva etsaustekniikasta, jota voidaan käyttää kuviossa 5 a esitetyn optisen kuidun muuntamiseen.

Kuvio 5 c on perspektiivikuva kuviossa 5 a esitetystä kuidusta, jota seuraa etsausprosessi.

Kuvio 6 on kaaviomainen kuva esillä olevan keksinnön mukaisesta kuituoptisesta interferometrisestä anturista, joka käyttää kerrannaisia aallonpituuksia.

Kuvio 7 on suuri suurennos etsatusta optisesta kuidusta, jossa on kaksi valoaaltoa, jotka on esitetty tämän lisäksi tässä yhteydessä kaaviomaisesti.

Kuvio 8 on kaaviomainen kuva esillä olevan keksinnön mukaisesta kuituoptisesta interferometrisestä, joka käyttää kerrannaisia aallonpituuksia, mukaisesti.

5 Kuvio 9 on kaaviomainen kuva esillä olevan keksinnön mukaisesta kuituoptisesta interferometrisestä anturista, jossa käytetään laitetta lähteen optiseen eristämiseen.

10 Kuvio 10 on kaaviomainen kuva esillä olevan keksinnön mukaisesta kuituoptisesta anturista, jossa käytetään toista laitetta lähteen optiseen eristämiseen.

Kuvio 11 on kaaviomainen kuva kuituoptisesta anturista esillä olevan keksinnön mukaisesti, jossa käytetään edelleen toista laitetta lähteen optiseen eristämiseen.

15 Kuvio 12 a on kaaviomainen kuva kuituoptisesta systeemistä interferenssikentän, josta vaihemuutoksen suunta voidaan määrittää, kehittämiseksi.

Kuvio 12 b on kaaviomainen kuva kuituoptisesta systeemistä toisen interferenssikentän, josta vaihemuutoksen suunta voidaan määrittää, kehittämiseksi.

20 Kuvio 13 on kaaviomainen kuva esillä olevan keksinnön mukaisesta kuituoptisesta interferometrisestä anturista, jossa käytetään sekä Mach-Zehnder ja Michelson interferometristä signaalia sekä lähteen että analyytin arvioimiseen.

25 Kuvio 1 esittää kaaviomaisesti kuituoptista interferometristä perusanturiasysteemiä 10 esillä olevan keksinnön mukaisesti. Systeemi 10 perustuu Michelson-tyyppisen interferometriin. Systeemi 10 käsittää laserdiodilähteen 12, joka edullisessa suoritusmuodossa voi olla kiinteän olomuodon infrapunalaserdiodi. Tällaisia infrapunalaserdiodeja on yleisesti saatavissa tietoliikenneteollisuudessa ja useita voidaan soveltaa käytettäväksi esillä olevassa systeemissä 10. Tällaisilla infrapunalaserdiodeilla on tavallisesti suuri tehokkuus, alhaiset tehovä-

30 timukset, pitkä ikä, jossain määrin aallonpituuden säätöä,

35

optista koherenssia, sisäistä polarisaatiota, suuri kirkkaus, tiheä jalanjälki ja alhaiset kustannukset.

Yksimoodinen optinen kuitu 16, joka vastaanottaa laserdiodilähteen 12 ulostulon, annetaan käyttöön. Tämä lähdeoptinen kuitu 16 kytketään kaupallisesti saatavaan kuituoptiseen kytkimeen 20, joka kuten alaa taitavat ymmärtävät, jakaa sisääntulosäteen kahteen tai useampaan ulostulokuituun. Kytkin 20 säilyttää sisääntulosäteen vaiheen ja taajuusinformaation, mutta pienentyneellä amplitudilla, koska sisääntulovallo jaetaan kunkin ulostulokuidun kesken. Kuvaavassa suoritusmuodossa on kaksi ulostulokuitua 24 ja 26. Kuituun 24 viitataan anturikuituna ja kuituun 26 viitataan erityisesti vertailukuituna. Molemmat kuidut 24 ja 26 ovat yksimoodisia optisia kuituja, vaikka eivät rakenteeltaan välttämättä identtisiä ensimmäisen optisen kuidun 16 kanssa. Lisäksi kaikki kuidut 16, 24 ja 26 ovat edullisesti polarisaation säilyttäviä kuituja toisin sanoen kuituja, joissa lasersuihkun polarisaatio säilyy. Yhdestä tietystä kuitujen 16, 24 ja 26 rakenteesta tämän polarisaation saavuttamiseksi keskustellaan alla kuvion 5 a yhteydessä.

Anturissa 24 on anturielementti 30, joka sijaitsee sen ulommassa päässä. Laajimmassa mielessä anturielementti 30 voi olla anturiväliaineen, joka on sijoitettu anturikuidun 24 ulomman päänsä viereen ja, joka reagoi tunnetulla tavalla aiheuttaen taitekertoimen muutoksen anturiväliaineessa. Vaihtoehtoisesti anturielementti 30 voi olla viereinen nestetilavuus, jolla on taitekerroin, joka muuttuu tunnetulla tavalla, kun analyysin konsentraatio muuttuu. Kummassakin tapauksessa taitekertoimen muutos anturimateriaalissa tai anturielementissä 30 voidaan havaita altistamalla valosäteeseen lyhytaikainen osuus anturiväliaineelle. Vain aallon lyhytaikaisen osuuden käyttämisestä ja sen ominaisuuksista keskustellaan alla kuvioon 2 ja 3 liittyvissä keskusteluissa.

Vertailukuidussa 26 on vertailuelementti 32, joka sijaitsee sen ulommassa päässä. Sekä vertailukuitu 26 ja anturikuitu 24 päättyvät tavallisesti heijastimien pätepintaan (ei esitetty), joka kääntää kussakin kuidussa kul-

5 jetettavan säteen suunnan ja ohjaa uudelleen säteet takaisin kytkintä 20 kohti. Kytkimessä 20 takaisin palaavat kaksi sädetä sekoittuvat ja oikeammin yhtyvät toisiinsa nähden siten, että vaiheen vertailu voidaan tehdä. Vaihe-

10 suhdetta karakterisoidaan häiriökentällä, joka syntyy kahden palaavan säteen autokorrelaationa. Koska palaavat säteet rajoittuvat yksimoodikuituihin, ei näiden kahden säteen välissä ole kallistumaa, ja synnytetty häiriökenttä esittää "yhdistettyä pistettä" ennemminkin kuin yhdensuuntaisen reunan" esiintymistä.

15 Annetaan käyttöön detektoriyksikkö 36, joka on kiinnitetty kytkimen 20 ulostuloon optisella kuidulla 34, jonka ei tarvitse olla polarisaation säilyttävä. Optinen kuitu 34 ja detektoriyksikkö 36 vastaanottavat yhdistetyn aallon, joka on synnytetty yhdistämällä anturi- ja vertailusäteet kytkimessä 20. Yhdistetyn aallon, joka havaitaan

20 detektoriyksiköllä 36 millä hetkellä tahansa, amplitudi edustaa suhteellista vaihetta anturi- ja vertailukuidun välillä kunkin säteen annetulla polarisaatiokulmalla. Jos toisen säteen kulkema optinen matka muutetaan tasaisesti

25 puoli aallonpituutta, niin suhteellinen vaihe kahden säteen välillä muuttuu 0:sta 2π radiaaniin sinimuotoisella tavalla. Tämä aiheuttaa muutoksen yhdistyneen aallon amplitudissa, joka havaitaan detektoriyksiköllä 36 analogisesti sen kanssa, mikä havaittaisiin ortogonaalisesti mat-

30 kaavasta sinimuotoisesta häiriökentästä, joka havaitaan kallistuneen aallon interferogrammista. Puolen aallonpituuden toistojakso johtuu Michelson-interferometrin kaksoiskulkuluonteesta.

35 Täydellisten koherenttien teholtaan samanlaisten anturi- ja vertailusäteiden identtisiä polarisaatiokulmia

varten "täydellinen" vahvistava ja sammuttava interferenssi tapahtuisi yhdistyneen aallon, joka liikkuu nollan ja lähteen sisääntulointensiteetin resultantti-intensiteetissä vaiheen funktiona. Perinteisesti käytetään näkyvyyskerrointa yhdistymisen tehokkuuden tai "täydellisyyden" mittaamiseen. Näkyvyyskerroin on kokonaisuus täydelliselle vahvistavalle ja sammuttavalle interferenssille ja vähenee nolnaan, kun tehokkuus vähenee. Minkä tahansa superpositiotehokkuuden väheneminen on tavallisesti luettavissa suuntautumattomista polarisaatiokulmista, epätasaisesta tehosta tai kahden säteen koherenssin epätasapainosta johtuvaksi.

Kuidun 34 kuljettama ulosmenosäde, joka edustaa anturi- ja vertailusäteiden optista superpositiota, vaikuttaa detektoriin 36, joka kehittää sähköisen ulosmenosignaalin 38, joka on verrannollinen yhdistyneen säteen optiseen sisäänmenointensiteettiin detektorissa. Muutos toisen säteen optisen matkan pituudessa johtaa muutokseen detektoriyksikön 36 ulosmenossa 38, joka on myös sinimuotoisesti vaihtelevan arvon signaali, joka heijastaa interferometrin puolen aallonpituuden vaihesuhdetta. Kuten edellä osoitettiin, muutos optisen matkan pituudessa koetaan anturisäteellä anturielementin 30 taitekertoimen minkä tahansa muutoksen tuloksena. Siten taitekertoimen muutos ja niin myös tason mittaus tai analyytin läsnäolo voidaan havaita ulosmenosignaalista 38.

Rakennetulla Michelson-interferometrillä, joka on esitetty kuviossa 1, on etuja muun tyyppisiin interferometreihin nähden. Ensiksikin siinä on päätylevyheijastimet, jotka kääntävät etenevän säteen suunnan ja ohjaavat uudelleen takaisin lähteeseen sallien kuidun päiden sijaitsevan analyyttialtaassa, kun taas optoelektroninen perusyksikkö (esimerkiksi laserdiodi 12 ja detektori 36) voivat sijaita kauempana. Tämä on päinvastoin kuin Mach-Zehdner-rakenteessa, jossa optisten detektoreiden on si-

jaettava kuitujen uloimmissa päissä. Toiseksi, koska valo kulkee kuidun pituuden kahdesti Michelson-tyyppisessä interferometrissä, tehdään optinen matka kaksi kertaa heremmäksi häiriöille verrattuna Mach-Zehnder-interferometrin yksimatkaiseen rakenteeseen. Kolmanneksi kuidun koko pituus kytkimen 20 ja anturielementin 30 tai vastaavasti vertailuelementin 32 välissä on tai tehdään interferometrisesti herkäksi siten, että sallitaan kierukkakela-anturirakenteita, jotka osoittavat parantunutta herkkyyttä verrattuna vaihtoehtoisen rakenteen lyhyisiin Fabry-Perot moniväyläonkaloihin. Neljänneksi Michelson-rakenteen synnyttämä interferenssikuvio on hyvin karakterisoitu sini-aalto. Muun tyyppiset interferometrirakenteet johtavat monimutkaisempiin kuvioihin, joka edellyttävät, että käytetään monimutkaisempia signaalin prosessointialgoritmeja toivotun mittaustuloksen antamiseksi.

Kuten edellä osoitettiin, on mahdollista rakentaa anturi käytettäväksi esillä olevassa keksinnössä, jossa muutos optisen matkan pituudessa saavutetaan muuttamalla fysikaalisen matkan pituutta. Jos esimerkiksi entsyymi kiinnitetään kuituun kuituoptisen interferometrin toiseen ulokkeeseen ja entsyymien sallitaan muuttaa substraatti tuotteeksi, aiheuttaa tavallisesti eksotermisen reaktio paikallisen lämpötilan nousun. Tämä lämpötilan nousu aiheuttaa optisen kuidun laajenemisen ja vaikuttaa siten fysikaalisen matkan pituuden muutokseen. Tämä tapahtuu esimerkiksi vapaan glukoosin hapetuksessa vetyperoksidiksi ja glukonihapoksi kuituun kiinnitetyn glukosioksidaasin ollessa läsnä. Edellisestä keskustelusta voidaan kuitenkin ymmärtää, että interferometrinen anturi, joka perustuu kokonaan fysikaalisen matkan pituuden muutokseen, rajoittuu muutosten havainnointiin sellaisissa fysikaalisissa ominaisuuksissa, kuten paine, lämpötila ja taivutus- tai vetolujuus. Anturi, joka perustuu taitekertoimen modulointiin, ei ole rajoittunut tiukkoihin fysikaalisiin ominais-

uuksien muutoksiin ympäröivissä olosuhteissa, mutta sitä voidaan käyttää kemiallisten aineiden tai analyyttien konsentraation mittauksiin. Siten mikä tahansa muutos analyytin tasossa, joka johtuu anturiväliaineen taitekertoimen muutoksesta, voidaan mitata.

Erityisen hyödyllinen rakenne on interferometrinen anturi, joka perustuu taitekertoimen modulointiin, jossa käytetään hyväksi ohjaavan valoallon lyhytaikaista osuutta. Tiedetään, että yksimoodisen ohjaavan aallon lyhytaikainen osuus koostuu matkaavasta aallosta, joka ulottuu ydin/suojakuorirajan ulkopuolelle vähemmän tiheämpään väliaineeseen kulkien matkaavana aaltona optisen kuidun pitkittäisessä suunnassa. Lyhytaikaisella osuudella on Bessel-K tai Mathieu-funktio sähkökentän amplitudin lähes-
 10 tyessä nollaa asymptoottisesti yhdellä tai kahdella aallonpituudella poikittäisessä suunnassa. Tämä on päinvastoin verrattuna tekniikan tason diskretisoituihin lyhytaikaisiin kenttiin, joihin liittyy tekniikan tason askelindeksiset multimoodiaaltoputket, joissa lyhytaikainen intensiteetti putoaa eksponentiaalisesti vähemmän tiheään väliaineeseen kussakin kytkentäheijastuksessa, ja pientä, äärellistä Goos-Hanchen siirtymää lukuunottamatta ei etene
 15 matkaavana aaltona pitkittäisessä suunnassa.

Pääsy lyhytaikaiseen aaltoon voidaan toteuttaa ilman pääsyä optisen kuidun ytimeen. Kuvio 2 esittää yksimoodikuidun 44 osuutta, joka käsittää ulomman suojakuoren 46 ja sisemmän ytimen 48. Etsattu alue 50 on kuvattu sellaisena, että suurin osa suojakuoresta 46 on etsattu pois jättäen vain kerros ydintä 48 ympäröivää suojakuorta. Valoallon yksittäinen aaltorintama 52 on esitetty kaaviomaisesti jakauman kuvaamiseksi optisen kuidun halkaisijan yli siirrettäessä optista energiaa kuidun 44 avulla.

Kuvio 3 kuvaa yksityiskohtaisemmin etsatun alueen 50 osuutta, joka on esitetty kuviossa 2. Kuvio 3 kuvaa erityisesti kaaviomaisesti optisen energian jakaumaa valo-
 35

aallossa 52. Ytimen 48 ulkopuolella olevan energian osa on määritetty lyhytaikaisena kenttänä ja sitä identifioidaan numerolla 58. Ohjaava kenttä 60 on valoaallon osa, joka on sisällytetty ytimeen 48. Tavallisesti ymmärretään, että
 5 noin 30 % optisesta energiasta, joka virtaa yksimoodisessa optisessa kuidussa, on läsnä lyhytaikaisessa kentässä 58 samalla kun noin 70 % optisesta energiasta sisällytetään ohjaavaan kenttään 60, joka on riippuvainen stabiilin ohjaavan moodin kehityksestä, kuidun numeerisesta valovoimasta, raja-aallonpituudesta ja V-parametristä. Lyhytaikaisen kentän tunkeutumissyvyyttä voidaan kontrolloida lukuisien tekijöiden avulla, jotka käsittävät aallonpituuden, ulkoisen taitekertoimen, valinnaiset heijastuspäällysteet, teholähteen, jne..

15 Kuten kuvioista 2 ja 3 voidaan nähdä, on valoaallon lyhytaikaiseen aalto-osuuteen pääsemiseksi kuidussa 44, kuitu 44 etsattava joko ytimen itsensä altistamiseksi tai etsattava pisteeseen, jossa pääosa suojakuorta on poistettu siten, että lyhytaikainen aalto laajenee jäljelle jäävän suojakuoren kautta ja on siksi helposti käsiteltävissä. Kun lyhytaikaiseen osuuteen 58 on pääsy, voivat taitekertoimen muutokset ympäröivässä väliaineessa vaikuttaa valoaallon 52 lyhytaikaiseen aalto-osuuteen 58. Kun taitekertoimen muutos ympäröivässä aineessa johtaa siten optisen matkan pituuden muutokseen aallon lyhytaikaisessa osuudessa, vaikutetaan koko valoaaltoon 52 kuidussa 44 ja synnytetään siten vaihe-ero, joka voidaan mitata kuviossa 1 esitetyllä systeemillä 10. Koska taitekertoimella on sisäinen vaikutus optisen matkan pituuteen, on se herkempi
 20 ja siten luotettavammin mitattavissa systeemillä 10 kuin epäsuorasti tai ulkoisten vaikutusten, kuten termisen laajenemisen avulla, joista keskusteltiin aiemmin glukosioksideasianturin yhteydessä.

35 Kuvio 4 kuvaa tyypillistä sisäistä anturirakennetta, jota voidaan käyttää kuviossa 1 esitetyssä systeemissä

10. Kuvio 4 kuvaa erityisesti paineanturia 84, joka kuten ymmärretään esittää kuvion 1 anturielementtiä 30. Paineanturi 84 käsittää anturielementin 88, joka on kiinnitetty kuidun 24 loppupäähän 86. Kuten kuviosta 4 voidaan havaita, on pääosa suojakuorta 90 loppupään 86 ympäriltä poistettu etsaamalla tai muilla keinoin ja anturielementti 88 on sijoitettu alueelle, josta suojakuori 90 on poistettu. Tullaan ymmärtämään, että riittävä osa suojakuorta 90 on poistettu ohjaavan aallon, jota kuitu 24 kuljettaa, lyhytaikaisen osuuden altistamiseksi. Kuvaavassa suoritusmuodossa valoelastinen elementti 96 on sijoitettu etsatun alueen ympärille anturielementin 88 muodostamiseksi. Heijastin 98 on sijoitettu ytimen 92 päähän valosäteen heijastamiseksi takaisin kytkintä 20 kohti. Täyttöpää 100 on varustettu rakenteellisen kokonaisuuden tarjoamiseksi paineanturille 84, heijastimen 98 suojaamiseksi ja antamaan tasaisesti vaihteleva poikkipinta-ala hemodynaamisten virtausparametrien optimoimiseksi.

Kuvaavasti valoelastinen elementti 96, joka koostuu esimerkiksi sellaisesta materiaalista kuin galliumfosfidi (GaP), läpikäy etenemismuutoksen muutokseen altistuessaan paineelle. Kuidun 24 kuljettama lyhytaikainen osuus tunkeutuu valoelastiseen materiaaliin 96, jossa se on materiaalin sisäisen etenemismuutoksen kohde. Käytettävän paineen poissaollessa anturiosan 30 tehokas taitekerroin määritetään ydinindeksin 92, jäljelle jääneen suojakuori-indeksin 90 ja ympäröivän valoelastisen elementti-indeksin 96 integroituna myötävaikutuksena. Anturiaalto, joka etenee kuidussa 24, olettaa sen vuoksi stationaarisen vaiheen, joka liittyy kuidussa 26 matkaavaan vertailuaaltoon. Käytettäessä painetta anturiin moduloidaan anturimateriaalin valoelastista vakiota määrällä, joka on verrannollinen käytetyn paineen suuruuteen ja suuntaan. Taitekerroinkokonaisuus, jonka kautta anturiaalto kulkee, muuttuu tämän vuoksi tuottaen vastaavan muutoksen anturi- ja vertailu-

aaltojen suhteellisessa vaiheissa. Vaihesuhteen muutos voidaan havaita yksikössä 36 kahden aallon sekoittamisen jälkeen kytkimessä 20, kuten aiemmin keskusteltiin, ja vaiheen muutos korreloi käytettyyn paineeseen.

5 Elementti 96 voidaan myös valita kaasuksi, joka läpäisee yhden tai useamman kiinnostavan kaasun, kuten hiilidioksidin. Sellaisessa polymeerissä, kuten polyak-
 10 ryyliamidissa, pulkkitaitekerroin voi tulla kaasukonsent-
 raation tai osittaispaineen funktioksi. Ioniläpäiseviä
 membraaneja tai valikoituja lajeja puoliläpäiseviä memb-
 raaneja voidaan lisätä anturielementtiin 96. Täysin läpäi-
 semättömät päällysteet, esim. metallit, ovat edullisia,
 kun kyseessä on lämpötila-anturi, jossa elementti 96 kä-
 sittäisi yhdisteen, joka on valittu käsittämään erittäin
 15 korkea taitekertoimen muuntuvuus käytettyn lämpötilan
 kanssa. Erityisesti elementti voisi koostua yhdestä tai
 useammasta orgaanisesta liuottimista, kuten dikloorime-
 taanista, trikloorieteenistä tai tetrahydrofuraanista,
 jotka kaikki omaavat kohtuullisen korkean taitekerto-
 20 men/lämpötilakertoimet.

 Tunnetaan useita kemiallisia ja biokemiallisia
 reaktioita, jotka aiheuttavat muutoksen materiaalien bulk-
 kitaitekertoimessa, joita voitaisiin käyttää esillä ole-
 vassa keksinnössä. Tavallisesti tällaisen anturin yhtey-
 25 dessä käytetyn valon aallonpituus voidaan valita normaalin
 tai tavallisuudesta poikkeavan kirjospektrin alueelle,
 mutta sitä ei tulisi sovittaa tarkasti absorbanssipiik-
 kiin, koska tavallisuudesta poikkeava dispersiokerroin
 muuttuu hieman absorptiokertoimen myötä tällä aallonpi-
 30 tuudella. Edullinen toiminta-aallonpituus sijaitsee ke-
 miallisen absorbanssin muutoksen maksiminopeudessa aallon-
 pituuden, joka tavallisesti on 1 ja 25 nanometrin välillä,
 myötä spektrin absorbanssipiikin jommalle kummalle puolel-
 le.

Yksi kuidun etsaukseen liittyvä ongelma, joka on esitetty kuvioissa 2 - 4, on että kun suojakuori 46 on etsattu pois ytimen 48 paljastamiseksi, menettää kuitu olennaisesti kaiken lujuutensa ja rikkoutuu helposti. Ymmärretään, että ydin 48 on halkaisijaltaan erittäin pieni ja tukemattomana sillä ei juuri ole lujuutta. Siten kuviossa 2 esitetty etsaus on tavallisesti epätoivottava, erityisesti siellä missä etsattua kuitua 44 käytetään ihmiskehossa kehon nestekomponenttien tason mittaamiseen, jne.. Eräs tapa saavuttaa pääsy kuidussa kulkevan aallon lyhytaikaiseen osuuteen on aloittaa D-muotoisella kuidulla, kuten kuviossa 5 a on esitetty.

Erityisesti kuvio 5 a kuvaa D-muotoista kuitua 64, joka käsittää suojaavan kerroksen 66 ja soikiomaisesti muotoillun ytimen 68. Kuidussa 64 on tasainen sivu 70, joka on lähempänä ydintä 68 kuin vastapäistä kaarevaa sivua 72. Koska ytimen 68 ja tasaisen sivun 70 välillä on läsnä vähemmän suojaavaa materiaalia 66, johtaa kuidun 64 etsaus etsaushauteessa, kuten vetyfluorihappohauteessa, ytimen asymmetriseen altistukseen. Tasainen osa 70 etsautuu ytimeen 68 asti niin, että sallitaan ohjatun aallon lyhytaikaisen osan osuuden altistaminen samalla kun kuidun jäljelle jäävä osa ei heikkene merkittävästi tässä etsausprosessissa. D-muotoinen kuitua, joka soveltuu tähän käyttötarkoitukseen, on saatavissa Andrew Corporation, Orland Park, Illinois.

Kuvio 5 b esittää etsausprosessia ja erityisesti se esittää etsausliuosta 74, jota säilytetään keraamittomassa säiliössä 76. Kuvaavasti etsausliuos 74 on 10 % - 40 % vetyfluorihappoliuosta. Etsauksen suorittamiseksi D-muotoinen kuitu 64 upotetaan etsausliuokseen 74 ajanjaksoksi, joka on noin 5 - 45 minuuttia hapon konsentraatiosta, lämpötilasta, jne. riippuen. Tämä ajanjakso määräytyy ajasta, joka tarvitaan suojakuoren 66 etsaamiseen pois kuidun 64 tasaisesta sivusta 70 kunnes riittävä määrä ytimen 68

osuutta altistuu tai ainakin kunnes suojakuori 66 on poistettu kunnes voidaan päästä ohjatun aallon lyhytaikaiseen osuuteen.

Eräs tapa määrittää sopiva aikamäärä kuidun 64 pitämiseksi etsausliuoksessa 74 on käyttää interferometristä anturisyhteimiä 10, joka on esitetty kuviossa 1, kuten edellä kuvailtiin. Siten jos etsattavaa kuitua 64 käytetään kuvion 1 anturikuituna 24 ennenkuin lyhytaikainen aalto altistuu, ovat kummankin kuidun 24 ja 26 valosäteet kiinteässä vaihesuhteessa. Heti kun lyhytaikainen aalto-osuus altistetaan etsausprosessilla muuttuu vaihesuhde. Tämä muutos vaihesuhteessa aiheutuu altistettavana olevasta lyhytaikaisesta aalto-osuudesta ja johon vaikuttaa etsausliuoksen 74 aiheuttama taitekertoimen muutos. Siten niin nopeasti kun vaihesuhde on identifioitu, voidaan kuitu 64 poistaa etsausliuoksesta 74 ja pysäyttää etsausprosessi upotuksella laimeaan emäkseen, kuten nestemäiseen natriumbikarbonaattiin, jota seuraa tislattu vesi. Etsausprosessi voidaan viedä mielivaltaiseen syvyyteen tällä tavalla varmistuen, että tarvittava osuus lyhytaikaisesta aallosta on altistettu.

Kuvio 5 c kuvaa etsattua kuitua 78, joka on etsattu yllä kuvatun etsausmenettelyn mukaisesti. Vaikka kuvio 5 c esittää, että ydin 68 on altistettu, on ymmärrettävää, että pieni osa suojakuorta 66 voi jäädä ytimen 68 yli ja silti voidaan päästä lyhytaikaisen aallon osuuteen. Kuvion 4 yhteydessä keskustellun kaltainen anturi voidaan liittää etsattuun D-muotoiseen kuituun. Vaihtoehtoisesti heijastimen 98 lisäyksen jälkeen etsattu D-muotoinen kuitu voidaan ainoastaan upottaa mielenkiintoiseen ympäristöön, jonka oletetaan läpikäyvän bulkkitaitekertoimen muutoksen sillä tuloksella, että muutokset voidaan havaita suoraan ohjatun aallon altistetun lyhytaikaisen osuuden avulla.

Vaikka yllä kuvatut suoritusmuodot liittyvät käytökelpoiseen anturisyhteimiin, jota voidaan käyttää ana-

lyyttikonsentraation tai kehossa tai muuntyyppisissä olosuhteissa olevan tason mittaamiseen, liittyy tällaiseen anturisysteemiin tiettyjä ongelmia. Eräs yksimoodiseen kuituoptyseen interferometreihin liittyvä ongelma on erityinen herkkyys optisen matkan pituuden muutoksiin johtuen siirtymästä, joka suoritetaan vertaamalla kahden ultrakorkeataajuuden valosäteiden vaihetta. Erilaiset ympäristövaikutukset voivat aiheuttaa ulkoisia vaihemuutoksia ilmakehän paineen ja lämpötilan muutokset, optiset siirtimen liikkeitä ja eitoivotut valolähteen vaihtelut mukaanlukien. Nämä ulkoiset vaihemuutokset on kollektiivisesti nimetty "vaihehäiriöksi".

Useimmat vaihehäiriöt voidaan minimoida altistamalla kuviossa 1 esitetyn interferometrin molemmat varret 24 ja 26 samalle ympäristölle. Tämä voidaan suorittaa verhoamalla kummatkin varret 24 ja 26, jotka ovat edullisesti samanpituaisia, tavalliseen suojakuoreen tai -peitteeseen tai sitomalla kummankin varren 24 ja 26 suojaus yhteen. Kaikki fysikaaliset muutokset, jotka toteutetaan anturivarten 24 nähden, tulisi toteuttaa myös vertailuvarren 26 suhteen. Tämä käsittää minkä tahansa kemiallisen jyrsimisen tai etsauksen ohjatun aallon lyhytaikaisen osuuden altistamiseksi, mikä tulisi tehdä kummallekin varrelle. Sekä jyrsiminen että etsatut osuudet tulisi koteloida materiaaliin, jolla on samanlainen jatkuvuustaitekerroin samanlaisine diffuusiokertoimineen kiinnostavalle analyysille, lämpötilalle, taitekertoimille jne.. Ainoastaan anturivarren 24 materiaali tulisi käsitellä siten, että se omaa analyyttispesifisen aktiivisuuden, joka tarvitaan lisäämään taitekertoimen muutosta analyysin läsnäollessa. Tämä varmistaa tavallisesti sen, että molemmat varret altistuvat samanlaisille vaikutuksille, kuten paineen ja lämpötilan muutoksille.

Tämä ei eliminoi vaihehäiriöongelmia ympäristöissä, joissa kuidun taipumista voidaan odottaa, esimerkiksi sai-

raaloissa vuoteen viereisissä seurantalaitteissa, joissa optiset kuidut kytkevät optoelektronisen perusyksikön portilaaseen. Kuidun taivuttaminen interferometrin varsien sisällä saattaa aiheuttaa vaihehäiriön, joka on tarpeeksi suuri aiheuttamaan analyytin aiheuttaman optisen matkan pituuden muutoksen. Riippumatta siitä, että molemmat varret on sidottu tai suljettu suojakuoreen, kuidut ovat herkkiä taipumishäiriöille silloin kun kuidut vääntyvät. Melkein minkä tahansa taivutusjännityksen alaisena kuitu kokee erilaisia jännityksiä, koska kukin kuitu sijaitsee hieman erilaisessa säteittäisessä asemassa taipuman kaarevuuskeskukseen nähden. Erilaiset jännitykset siirtyvät kunkin kuidun erilaisiin optisiin matkan pituuden muutoksiin samoissa taivutusolosuhteissa, mikä johtaa vaihehäiriöön. On mahdotonta eliminoida tehokkaasti kaikkia mekaanisesti aiheutettua vaihehäiriötä kuituoptisesta interferometristä yksinomaan mekaanisen ulkomuodon avulla silloinkaan, kun varret on kiedottu toistensa ympäri tai on muodostettu puristetuksi (co-extruded) samakeskeiseksi aaltoputkeksi.

Eräs menetelmä ympäristön aiheuttaman vaihehäiriön kompensoimiseksi on käyttää lukuisia säteilytyslähteitä, kukin monikertaistettuna interferometriin jotta vaikutetaan radiometrinen mittauksiin. Erilaisten aaltojen demultipleksointi niiden yhdistämisen jälkeen kytkimessä on riippuvainen aaltojen itsensä erilaisista ominaisuuksista. Sähkömagneettisen aallon kolme päätekijää ovat amplitudi, taajuus ja polarisaatiokulma, kun kaikki muut ominaisuudet (esim. aallonpituus, nopeus tietyssä valiaineessa, jne.) johdetaan jossain määrin kolmesta pääominaisuudesta. Tämän mukaan interferometriin moninkertaistetun yhden tai useamman aallon yhdistelmää yhden tai useamman tunnetun ominaisuuden kanssa voidaan käyttää radiometriinseen stabilointisysteemiin, kun demultipleksoinnin vaikutukset on suunniteltu valitsemaan optisten tai elektronis-

ten komponenttien kautta yksi tietty aalto, joka perustuu tämän aallon määräävään ominaisuuteen. Mikä tahansa sähkömagneettisen aallon määräävistä ominaisuuksista voidaan käyttää moninkertaistamaan ja demultipleksoida niihin liittyviä interferogrammeja, jotka edellyttävät optoelektronisen systeemin tai laitteen, joka kykenee erottamaan erilaisia monikertaisia aaltoja ominaisuuksien perusteella, tarjolla oloa.

Esimerkiksi kaksi sädetä kahdesta eri lähteestä voidaan tuoda yhteen, kumpikin eri taajuudella ("väri" suoraan aallonpituuteen liittyvä), samaan interferometriin lähdekuidun 16 kautta. Molemmat säteet käyvät läpi heijastuksen pääteheijastimissa 98 ja yhtyvät kytkimessä 20, kuten ennen, jossa tapahtuu interferenssi kullakin taajuudella, mikä johtaa kahteen kerroksiseen samakeskiseen interferogrammiin vastaavan säteilylähteen kullakin aallonpituudella. Molemmat samakeskiset interferogrammit ohjataan sitten detektoriyksikköön 36 kuidun 34 kautta. Jos aallonpituusvalinnainen suodatin, jonka kaistanleveys sijaitsee nimellisesti kahdesta lähteestä toisen keskellä, sijoitetaan detektoriyksikön 36 eteen, niin detektori tehdään herkäksi ainoastaan interferogrammille, joka on johdettu tähän liittyvästä lähteestä, eikä samakeskiselle interferogrammille.

Superpositon periaate takaa, että keskinäistä interferenssiä kahden interferometrissä etenevän samakeskisen aallon välillä ei voi tapahtua. Siten aallonpituusvalinnaisen suodattimen sijainti detektorissa eliminoi samakeskisen interferogrammin vaikutuksen kokonaan. Jos suodattimen kaistanleveyttä muutetaan siten, että toinen aallonpituus voi edetä detektoriin samalla kun toinen estetään, niin silloin sama tilanne koskee toista interferogrammia.

Toimiva radiometrinen systeemi voidaan saada jakamalla kuitu 34, kuten kuviossa 6 on esitetty, kytkinyksi-

köllä 42 kuituihin 33 ja 35, jotka säteilyttävät erillisiä
 detektoriyksikköjä 37 ja 36 vastaavasti. Detektoriyksiköt
 36 ja 37 käsittävät aallonpituusvalinnaisen suodattimen 41
 ja 43 vastaavasti, jotka on suunniteltu hyväksymään yksi
 5 aallonpituus, mutta ei toista. Aallot lähteestä 12 ja 13
 kytketään lähdekuituun 16 kytkinyksikön 22 ja vastaavasti
 kuitujen 14 ja 15 kautta. Kahden lähteen aallot etenevät
 systeemin kautta erilaisilla aallonpituuksilla aiheuttaen
 interferogrammien kehittymisen näillä aallonpituuksilla.
 10 Kumpikin detektori 36 ja 37, jotka vastaanottavat yhden
 interferogrammeista suodattimien 41 ja 43 kautta, kehittää
 sähköisen signaalin 38 ja 39, joka ilmaisee yhden tietyn
 aallonpituuden interferogrammia. Ympäristön vaihehäiriö
 vaikuttaa molempiin interferogrammeihin (ideaalisesti sa-
 15 manlaiset), kun anturiosuus 30 taas voidaan suunnitella
 siten, että se vaikuttaa differentiaalisesti ainoastaan
 yhteen interferogrammiin. Kummankin interferenssisignaalin
 hetkellinen suhde johtaa differentiaalisen analyysin ai-
 heuttaman signaalin havaitsemiseen samalla kun tavallisen
 20 moodin omaava ympäristöllinen vaihehäiriö pienenee. Taipu-
 mishäiriön lähes tarkka tukahduttaminen voidaan tehdä,
 koska samakeskiset aallot etenevät nyt samassa kuituyti-
 messä varmistaen identtisen taipumisen kaarevuussäteen
 kummallekin kahdesta aallosta.
 25 Käytännössä vaiheherkkyyden (ts. vaiheen muutos
 annetulle optiselle matkan muutokselle) tiedetään olevan
 lineaarisesti aallonpituudesta riippuvaisen. Toisen aal-
 lonpituuden differentiaalista herkkyyttä suhteessa toiseen
 kontrolloidaan osittain tämän tietyn aallon lyhytaikaisel-
 30 la tunkeutumissyvyydellä. Syvälle tunkeutuva lyhytaikainen
 aalto-osuus synnyttää suuremman vaihesiirtymän tietylle
 taitekertoimen muutokselle kuin matala lyhytaikainen aal-
 to-osuus. Kuten edellä osoitettiin lyhytaikaisen aallon
 tunkeutumissyvyyttä voidaan kontrolloida lukuisin tekijöin
 35 todellinen aallonpituus, ulkoinen kertoimen epäsovitus,

valinnaiset heijastuspäällystykset, teholähde jne. mukaanlukien.

Kuvio 7 esittää kaaviomaisesti esimerkkiä differentiaalisesti lyhytaikaisesta tunkeutumisyyvyydestä kuidun osassa 150. Kuidun osa 150 käsittää ytimen 152 ja suoja-kuoren 154, joka on etsattu etsatussa osuudessa 156. Kuvaavassa tarkoituksessa on esitetty ensimmäinen aaltorintama 160, jolla on matala lyhytaikainen tunkeutumisyyvyys, ja on esitetty toinen aaltorintama 162, jolla on suhteellisen syvä lyhytaikainen tunkeutumisyyvyys. Voidaan ymmärtää, että toista aaltoa 162 voidaan käyttää analyyttiaaltona ja se kokisi suuremman vaihesiirtymän tietylle taitekerroimelle kuin matala tunkeutumisaaltorintama 160.

Radiometrinen systeemi, joka perustuu kahteen eri aallonpituudet omaavaan lähteeseen, ei tuota jatkuvasti ympäristön vaihehäiriön täydellistä kumoamista, koska eri aallonpituudet itsessään antavat erilaiset herkkyydet. Siksi on edullista käyttää saman aallonpituuden lähdeettä tämän virheen eliminoimiseksi ja luottaa toiseen ominaisuuteen sen erottamiseksi. Eräs keino erottaa saman aallonpituuden aallot toisistaan on niiden polarisaatio. Kaksi aaltoa, jotka on johdettu samasta lähteestä, voidaan moninkertaistaa interferometriin ja (demultiplex) interferometrissä, jos kunkin aallon polarisaatiokulma eroaa mitattavan määrän, ja jos tämä ero pidetään yllä koko interferometrisessä systeemissä.

Tiedetään, että edellä keskusteltu D-muotoiltu kuitu kykenee kuljettamaan valoa sekä ydinsoikion pääakselin että pienemmän akselin suunnassa. Jos yksittäisestä laserlähteestä emittoituva valo jaetaan kahdeksi säteeksi, jotka polarisoidaan 90° :ssa toisiinsa nähden, niin D-muotoiltu kuitu kuljettaa kahta polarisaatiota kahta ortogonaalista akselia pitkin ilman, että se sallii ristipolarisaatiointerferenssin tapahtumisen. Jopa erittäin haitallisten taivutusolosuhteiden alaisena tällaisessa kuidussa etenevän

valon sekoittuminen näissä kahdessa ortogonaalisessa polarisaatiossa on merkityksetöntä. Eroamistaipumus on niin voimakas, että kuitu itsessään erottaa yksittäisen säteen, joka on laukaistu 45° suunnassa jompaan kumpaan akseliin
 5 nähden, samanlaisiksi toisistaan riippumattomasti eteneviksi, polarisoiduiksi komponenteiksi, jotka on suunnattu pää- ja sivuakselien suuntaisiksi. Tämä eliminoi tarpeen erilliseen laitteeseen synnyttämään kaksi ortogonaalisesti polarisoitua sisäänmenosignaalia laserlähteestä. Kahta
 10 detektoriyksikköä voidaan käyttää, kuten kuviossa 6 on esitetty lukuunottamatta, että suodatinelementit 41 ja 43 ovat nyt polarisaatioherkkiä enneminkin kuin aallonpituusherkkiä. Edelleen kahden polarisaation aallonpituus- ja aallonpituusriippuvaliset ympäristöherkkyydet ovat identtisiä.

Kuten edellä, anturiosuus 30 on rakennettava siten, että se vaikuttaa differentiaalisesti kahteen polarisaatioon. Tämä voidaan toteuttaa helposti, koska polarisaation lyhytaikainen tunkeutumisvyvyys on suurempi kuin toisen polarisaation, jossa molemmat polarisaatiot ovat teholtaan yhtä suuret. Vaihtelu kahden polarisaation suhteellisessa tehossa voidaan saavuttaa muuntamalla alkupe-
 20 räiset laukaisukulmat niin, että ne eivät ole 45° . Siten sädetä, joka on suunnattu pienemmän akselin suuntaan, käytetään detektoimaan analyytin aiheuttamia signaaleja, jotka mitataan sitten vertailemalla sähköisten signaalien
 25 38 ja 39 vaihetta, jotka edustavat kahden polarisaation interferogrammeja. Koska kahden ortogonaalisen polarisaation aallonpituudet ovat identtiset, eliminoiduu edellä
 30 keskusteltu aallonpituuksien erilainen suhteuttaminen.

Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kolmea säteilytyslähdettä, kutakin eri aallonpituudella, jotka on valittu kompensoimaan eroavat vaiheet kullakin aallonpituudella. Kuvio 8 kuvaa kaaviomaisesti esimerkkiä interferometrisestä
 35 systeemistä 110, joka käyttää hyväksi kolmea erilaista

aallonpituutta, jotka on johdettu kolmesta laserlähteestä 112, 114 ja 116. Tässä suoritusmuodossa ensimmäinen laserlähde 112 tuottaa ensimmäisen aallonpituuden valoa λ_1 , toinen laserdiodi 114 tuottaa toisen aallonpituuden λ_0 valoa ja kolmas laserdiodi 116 tuottaa kolmannen aallonpituuden λ_2 valoa.

Kolme aallonpituutta λ_1 , λ_0 ja λ_2 lähetetään kuituoptyksen kytkimen 126 ja sitten kytkimen 20 kautta anturikuituun 24 ja vertailukuituun 26. Vaikka valo kaikilla kolmella aallonpituudella λ_1 , λ_0 ja λ_2 rajoitetaan samoihin yksimoodisiin kuituihin 24, 26, ei kolmen aallonpituuden itsensä välillä ole vuorovaikutusta keskinäisen koherenssin puutteen vuoksi.

Valo kummallakin aallonpituudella on jännityksen aiheuttaman vaihesiirtymän kohteena kuiduissa 24, 26 taipumisesta ja ympäristöllisistä tekijöistä johtuen. Käyttöön annetaan kuituoptynen kytkin 128, joka voi antaa kolmen aallonpituuden λ_1 , λ_0 ja λ_2 demultipleksoinnin kun erilliset aallonpituudet ohjataan sitten ensimmäiseen detektoriyksikköön 132, toiseen detektoriyksikköön 134 ja kolmanteen detektoriyksikköön 136 vastaavasti. Demultipleksointi voi tapahtua kytkimessä 128, joka itsessään voi olla aallonpituusjako moninkertaistaja, tai detektorissa 132, 134 ja 136, joista kukin voi sisältää sopivan kaistanleveyssuodattimen, josta keskusteltiin edellä. Ulostulot D_1 , D_3 ja D_5 varustetaan sitten ensimmäisellä, toisella ja kolmannela detektoriyksiköllä 132, 134 ja 136 vastaavasti. Säännöstelytekniikkaa voidaan käyttää kompensointitekijän arvioimiseen jännityksen aiheuttamille häiriöille kuiduissa 24 ja 26.

Jännityksen aiheuttamien virheiden eliminoimiseksi tehokkaasti, taipumisvirheet mukaanlukien, täytyy kaikki kolme kuitua altistaa häiriön aiheuttavalle matkan pituuden muutokselle, kuten taivutuksen aiheuttamalle, mutta ainoastaan yksi aallonpituus altistuu analyysin aiheutta-

malle matkan pituuden muutokselle. Tavallisesti kuviossa 8 esitetyn menetelmässä käytetyn kolmen aallonpituuden ominaisuutta tulisi kontrolloida siten, että keskiaallonpituuden ' λ_0 ' lyhytaikainen aallon tunkeutumissyvyys on suurempi kuin kummankaan toisen aallonpituuden ' λ_1 ' ja ' λ_2 ' amplitudi. Keskiaallonpituuden polarisaatio-ominaisuus esimerkiksi voidaan valita ortogonaaliseksi toisiin aallonpituuksiin nähden siten, että keskeisen aallonpituuden siirtyminen rajoitetaan sähköisen polarisaation säilyttävän kuituytimen toiseen pääakseliin samalla kun kaksi muuta aallonpituutta etenee ensimmäistä akselia pitkin. Tarvittavan kompensaaion laskeminen edellyttää, että kaikki kolme aallonpituutta ovat sijoittuneet samalla tavalla toisiinsa nähden, vaikka aallonpituuden absoluuttiseen arvoon ei ole kohdistu rajoitusta. Aallonpituuksien tarkkailu ja itsekorjaus voidaan saavuttaa sijoittamalla valodetektorit 142, 144 ja 146 kuidun 148 päähän. Valodetektorit on kytketty vähintään lähteeseen 114 kontrollitakaisinkytkentäpiirin 149 kautta varmistamaan, että kolmen lähteen välillä ylläpidetään sopivat aallonpituussuhteet.

Kaikki erilaiset systeemit, jotka on tekemisissä vaihehäiriön kanssa olettavat, että lähde tai lähteet emittoivat luonteeltaan tunnettua stabiilia valoa. Kukin kuvioissa 1, 6 ja 8 esitetty laite ohjaa kuitenkin interferogrammin takaisin lähteeseen samoin kuin erilaisiin detektoreihin. Palaava interferogrammi tulee lähteeseen tai lähteisiin mielivaltaisissa vaihe- amplitudiolosuhteissa niin ulkoisesta vaihehäiriöstä kuin analyysin aiheuttamasta vaihemodulaatiosta johtuen. Tavallisesti tällaisen mielivaltaisen energian laittamisen laserlähteeseen tiedetään epästabilisoivan lähteen aiheuttaen moodin hypäystä, linjan levenemistä tai kapenemista ja suuria amplitudivirtauksia. Tämä on erityisen totta kapeakaistaisissa lähteissä, jotka ovat edullisempia esillä olevassa keksinnössä, jossa aaltoa kuljettavan kuidun kokonaispituus

on paljon lyhyempi kuin itse pitkittäinen aallon koherenssipituus. Tämän epätoivottavan tilanteen välttämiseksi on käytettävä joitakin eristyskeinoja, jotta lähteen spektraalilikokonaisuus suojataan.

5 Kuvio 9 kuvaa suoritusmuotoa, jossa laserlähde 12 voidaan eristää mistä tahansa kuvion 1 interferometrisestä systeemistä palaavasta tehosta. Edullisessa suoritusmuodossa laserlähde 12 on laserdiodi. Jotta estetään minkä tahansa heijastuneen energianosan palaaminen lähteeseen, 10 on eristysyksikkö 170, joka sisältää magneto-optisen laitteen 174 ja polarisaattorit 172 ja 176, joilla on yhdessä kyky siirtää valoa vähäisellä häviöllä yhdessä suunnassa, mutta tehokkaasti estettyä valoa vastakkaisessa suunnassa. Sattumisuhteet välillä - 30 dB ja - 70 dB ovat mahdollisia 15 tämääntyypisillä yksittäisillä kaskadieristinyksiköillä. Siten laserlähde toimii tavallisesti ikäänkuin interferometrisestä systeemistä palaavaa valoa ei olisi.

Toinen menetelmä laserdiodilähteen eristämiseen palaavalta säteilyltä on käyttää hyväksi pulssilaseria tai 20 antaa joitakin keinoja, joiden avulla energia rajataan laserin 12 ja sisäänmenokuidun 16 välille. Kuviossa 10 esitettyssä suoritusmuodossa laserenergia on rajattu laserin 12 ja interferometrin väliin optisen kuidun 182, joka toimii viive-elementtinä 180, polarisaation säilyttävällä 25 pitkällä pituudella. Laser 12 on pulssitettu tai rajattu siten, että laser palaa "irtikytettyyn" tilaan ennenkuin laserenergia on kulkenut viiveviivan ja interferometrin poikki suunnat sekä eteenpäin että taaksepäin. Laser tehdään siksi epäherkäksi palaavalle säteilylle vaikka palaava energia törmää diodin 12 laseroivaan onkaloon. Pulssipituudelle 0,1 mikrosekuntia, joka on tavallinen perinteisille viestintäluokan diodeille, viivelinja, jonka pituus 30 on noin 10 metriä, riittäisi estämään takaisinheijastumisen tunkeutumisen aktiiviseen diodiin.

Kuvio 11 esittää vaihtoehtoisen menetelmän, jossa käytetään ultranopeaa elektro-optista modulaattoria tai kytkintä 184. Tämän tyyppinen modulaattori on tavallisesti koottu litiumniobaattiin tai muihin elektro-optisiin substraateihin istetuista aaltoputkien sarjasta. Pikosekunnin kytkentäajat voidaan saavuttaa tämäntyyppisellä modulaattorilla, joka sallisi lyhyen viivelinjaelementtien käytön. Sisäänmenokuitu 16, jonka pituus on muutamia senttejä, joka voisi toimia viive-elementtinä. Kukin kuvioista 9 - 11 esittää yksittäistä taajuussysteemiä, mutta on ymmärrettävä, että moninkertainen taajuussysteemi voitaisiin rakentaa käyttäen mitä tahansa esitettyä periaatetta käyttäen. Erilaiset keinot, muut kuin edellä kuvioden 9 - 11 yhteydessä esitetyt, lähteen eristämiseen ovat ilmeisiä alaan perehtyneille.

Toinen esillä olevan anturisysteemin esittämä ongelma liittyy sisäiseen, kaksissuuntaiseen Michelsonin interferometreissä tapahtuvaan informaationkulkuun. Kapeakaistaisen koherentin lähteen, kuten kaasulaserin tai laserdiodin, tuottama interferogrammi koostuu vakioamplitudisesta sinimuotoisesta intensiteettivaihtelusta, kuten edellä keskusteltiin. Jos tämän ulomenon sallitaan pudota yksittäiseen detektoriin, voidaan vain vaiheen informaation skalaarinen esitys johtaa ts. yksi arvo, joka esittää suhteellista vaihetta anturi- ja vertailukuidun välillä. On tarpeen lisätä toinen detektori systeemiin vaiheinformaation vektoriesityksen johtamiseksi ts. sekä suhteellisen vaihe-ero ja -suunta, joissa vaihe muuttuu. Tämä sallii muuttujien mittaamisen tai niiden välin differentioimisen, mikä voi lisätä tai vähentää jatkuvuustilan arvoa. Toinen detektori, samalla kun se altistetaan samalle interferogrammille kuin ensimmäinen, täytyy sijoittaa 90 asteen päähän vaiheeseen ensimmäisestä detektorista suunnallisen informaation johtamiseksi kunnolla. 90 asteen vaih-eroa kutsutaan tavallisesti "neliö"tilaksi. Kuitenkin

niin kauan kuin palaavat anturi- ja vertailusäteet rajoit-
tuvat yksimoodisiin kuituihin on muodostuneella interfe-
rensikentällä "yhdistetty piste" ennemminkin kuin "yhde-
nsuuntaisen reunan" esiintyminen ja neliöllinen demodulaa-
tio ei ole mahdollista.

Kuvio 12 esittää yhtä interferogrammin kehitysmene-
telmää, josta suunnallinen informaatio voidaan havaita.
Palaavat anturi- ja vertailusäteet on suunnattu samansuun-
taisiksi toisiinsa nähden kahdella kuidulla 200 ja 202,
jotka tavallisesti on erotettu noin 1 mm toisistaan. Kui-
duista 200 ja 202 emittoituvat takaisin palaavat koheren-
tit säteet yhdistyvät välillä muodostaen kolmiulotteisen
interferenssikuvion, johon detektorit 204 ja 206 voidaan
sijoittaa vaihemuutoksen suunnan havaitsemiseksi. Sinimuo-
toiselle interferogrammille, jonka reunojen välinen etäi-
syys on δ mm, neliöllinen tila vastaa detektorien etäi-
syyttä $n\delta/4$ -reunakentässä, jossa n on kokonaislukukerran-
nainen 1, 2, Samalla interferenssikuvioden leveyttä
ja etäisyyttä voidaan muunnella muuttamalla kuitujen päi-
den eroa ja kallistusta vapaan tilan sekoittaessa vyöhyke-
vetäytymistä) jossain määrin informaation tarkkuudesta,
kun vaihesiirtymät ovat pieniä ympäristön vaikutuksista
johtuen.

Vaihtoehtoisesti voidaan synnyttää kolmiulotteinen
interferogrammi sijoittamalla kaksi kuitua 200 ja 202 si-
ten, että päätylaukaisusäteet kulkevat ristiin osittain
heijastavassa peilissä 210, kuten kuviossa 12 b on esitet-
ty, kehittären sillä tavoin kaksi Michelson-interferenssi-
kenttää A ja B. Detektorit 204 ja 206 voidaan sijoittaa
jompaan kumpaan kenttään vaihemuutoksen suunnan havaitse-
miseksi. Molemmisssa menetelmissä detektorit on sijoitettu
toisiinsa nähden ja interferenssikenttään nähden siten,
että niillä on neliöllinen vaihesuhde toisiinsa nähden,
kuten yksityiskohtaistettiin yllä. Koska vain kaksi detek-
toria on esitetty, lisädetektorit voidaan sisällyttää

kenttään resoluution ja mittausten tarkkuuden parantamiseksi. On myös ymmärrettävä, että suunnallinen vaiheinformaatio voidaan havaita niin lähteestä kuin analyytistä.

Kuviossa 13 on esitetty hybridi Michelson/Mach-Zehnder interferometri 186, jossa kolmiulotteista interferogrammia käytetään lähteen 12 spektraalisen allekirjoituksen havaitsemiseksi samoin kuin palaavan signaalin. Esitetyssä laitteessa signaalin jakaminen lähteestä 12 tapahtuu kytkimessä 20 samalla kun sekä lähteen että palaavien signaalien erottuminen tapahtuu kytkimissä 190 ja 192. Laserdiodilähteen 12 tapauksessa suhteellista vaihetta interferometrissä etenevien anturi- ja vertailuaaltojen välillä voidaan kontrolloida injektiovirran ja lämpötilan muutosten avulla. Tällainen muutos vaikuttaa kuitenkin lähteen allekirjoitukseen tunnetulla ja toistettavalla tavalla. Spektraalinen allekirjoitus voidaan karakterisoida täydellisesti neliövaihesignaalien Fourier-muunnoksella ulostuloissa M_3 ja M_4 , jotka on otettu Mach-Zehnder interferenssikentästä 194. Tämä tekniikka on samanlainen kuin se, jota käytetään Fourier-muunnosinfrapunaspektroskopiasa (FTIR), koska autokorrelaatio ja spektraaliset tiheysfunktiot ovat Fourier-muunnospareja, kuten Wiener-Khintchine-teoreemassa on kuvattu. Jatkuva informaatio lähdespektriin nähden on tärkeää silloin kun suoraan kytketty interferometrinen vaihesäätö on tarpeen.

Käänteisessä suunnassa aallot, jotka etenevät takaisin kohti primaarista kytkintä 20 anturi- ja vertailuosuuksista heijastumisen jälkeen, erotetaan osittain kytkimillä 190 ja 192 muodostamaan toinen interferenssikenttä 196, josta neliövaihesignaalit M_1 ja M_2 voidaan havaita. Nämä aallot ovat kulkeneet kahdesti anturi- ja vertailuosuuksien 30 ja 32 kautta ja siten signaalit M_1 ja M_2 heijastavat tätä kaksoiskulkuutilannetta. Signaaleja M_1 ja M_2 voidaan käyttää suuriresoluutioiseen suunnalliseen demodulaatioon systeemiin lisättyjen radiometristen keinojen

avulla ympäristön vaihehäiriön vähentämiseksi, kuten edellä keskusteltiin. Jäljelle jäävä energia, joka etenee takaisin kohti lähdettä anturi- ja vertailuvarsia pitkin, sekoitetaan koherentisti kytkimessä 20 ja detektoriin 36 muodostuu primaarinen "yhdistetyn pisteen" Michelson-interferogrammi. Tätä primaarista interferogrammia voidaan käyttää sopimuksesta yllä kuvatun suunnatun informaation kanssa analyysin aiheuttaman vaihemodulaation korkearesoluutioisen arvion saamiseen.

10 Koko interferometristä systeemiä 10, muita kuin anturi- ja vertailuvarsia 24 ja 26, voidaan valmistaa käyttämällä istutusaaltoputkiteknologiaa laserdiodilähteiden, detektorien, kytkimien ja muiden samaan substraattin yhdistettyjen elementtien kanssa. Tämä elektro-optinen
15 "lastu" kytkettäisiin sitten anturi- ja vertailukuituihin ainoan toisen kytkennän ollessa ne elektroniset sisäänmenot ja ulostulot, joita lähteet ja detektorit edellyttävät. Kun vastaavasti ainoastaan kuviot 12 ja 13 ovat esittäneet keksinnön mukaista systeemiä, joka käyttää neliö-
20 demodulaatiota havaitun taitekertoimen muutoksesta aiheutuvan optisen matkan pituuden muutoksen määrittämiseen, voivat muut systeemit myös käyttää samaa tekniikkaa tämän ja muun informaation havaitsemiseen. Lisäksi kuvioiden 12 ja 13 yhteydessä kuvattu neliöllinen demodulaatio voidaan
25 kytkeä kolminkertaisen aallonpituusvaihehäiriön vähentämisen kanssa, mikä on kuvattu kuvion 8 yhteydessä, analyysitaitekertoimen muutosten eristämiseksi ja mittaamiseksi tarkkaan kuitusysteemissä matkaavan ohjatun valon lyhytaikaisen osuuden avulla.

30 Vaikka keksintö on kuvattu yksityiskohtaisesti viittein tiettyihin edullisiin suoritusmuotoihin ja erityisiin esimerkkeihin, esiintyy poikkeamia ja muunnelmia keksinnön ulottuvuudessa ja hengessä, kuten seuraavissa vaatimuksissa kuvataan.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä muutoksen havaitsemiseen näytteessä,
t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

5 a) annetaan käyttöön yksimoodinen optinen kuitu,
jossa on segmentti, joka sallii lyhytaikaisen aallon kyt-
kemisen rajaväliaineeseen;

10 b) optisen kuidun segmentti yhdistetään näytteeseen
lyhytaikaisen aallon vuorovaikutuksen sallimisen sen kans-
sa;

c) tunnetun ominaisuuden omaava valon laitetaan
optiseen kuituun, jotta se kulkee segmentin poikki, hei-
jastuu heijastimesta ja kulkee uudelleen segmentin poikki;

15 d) rakennetaan interferogrammi valon kanssa sen
jälkeen kun se on kulkenut uudelleen segmentin poikki; ja

e) havaitaan interferogrammi valon minkä tahansa
vaiheen modulaation, joka johtuu optisen matkan pituuden
muutoksesta näytteessä, havaitsemiseksi.

20 2. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

tunnetun ominaisuuden omaava valo laitetaan toiseen
optiseen kuituun; ja

valo yhdistetään optisesti kahdessa optisessa kui-
dussa interferogrammin luomiseksi.

25 3. Patenttivaatimuksen 3 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

sekä ensimmäinen että toinen kuitu suljetaan suoja-
kuoreen; ja

30 sekä ensimmäinen että toinen kuitu altistetaan sa-
moille ympäristövaikutuksille vaihehäiriön minimoimiseksi.

4. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

valo, jolla on tavallisen ominaisuuden kaksi eri
arvoa, laitetaan optiseen kuituun;

havaitaan tavallisen ominaisuuden molemmille arvoille kehittyneet interferogrammit valon minkä tahansa vaiheen modulaation havaitsemiseksi; ja

5 havaitut vaiheen modulaatiot tutkitaan radiometrisesti muutoksen havaitsemiseksi näytteen optisen matkan pituudessa.

5. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

10 laitetaan valo, jonka tavallisella ominaisuudella on kolme eri arvoa, optiseen kuituun;

havaitaan tavallisen ominaisuuden kaikille arvoille kehittyneet interferogrammit minkä tahansa valon vaiheessa olevan modulaation havainnoimiseksi;

15 lasketaan kompensointitekijä mille tahansa havaitulle jännityksen aiheuttamille häiriöille optisessa kuidussa; ja

havaituille vaihemodulaatioille radiometrisesti laskettua kompensointitekijää käytetään näytteen optisen matkan pituuden muutoksen havaitsemiseen.

20 6. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

tunnetun ominaisuuden omaava valo laitetaan optiseen kuituun kahden toisistaan riippumatta etenevän ortogonaalisesti polaroidun komponentin muodostamiseksi;

25 sallitaan yhden komponentin lyhytaikaisen aallon vuorovaikuttavan näytteen kanssa; ja

kahdesta komponentista oleva valo yhdistetään optisesti kaksikomponenttisen vertailusäteen kanssa interferogrammin kehittämiseksi.

30 7. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

optisen kuidun segmentti upotetaan nestemäiseen aineeseen, joka sisältää analyytin; ja

interferogrammi havaitaan nestemäisessä näytteessä analyytin konsentraation muutoksen aiheuttaman minkä tahansa muutoksen havaitsemiseksi.

8. Patenttivaatimuksen 7 menetelmä, t u n n e t -
5 t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheet, joissa:

optisen kuidun segmentti laitetaan transdermisesti (transdermally) nestenäytteeseen analyytin konsentraation muutoksen (intervivos) havaitsemiseksi.

9. Häiriön vaimentamismenetelmä kuituoptisessa in-
10 terferometrisessä systeemissä analyytin konsentraation muutoksen havaitsemiseksi nestemäisessä väliaineessa, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

a) systeemi varustetaan valolla, jossa on lukuisia aallonpituuksia aallonpituuksien ollessa toisistaan riit-
15 tävän etäällä, jotta sallitaan aallonpituuden optinen ero toisesta,

b) sallitaan vain yhden valon aallonpituuden lyhyt-
aikaisen osuuden vuorovaikuttavan väliaineen kanssa samal-
la kun kaikki aallonpituudet altistetaan häiriön aiheutta-
20 malle matkan pituuden muutokselle systeemissä;

c) synnytetään interferogrammi kullekin aallonpi-
tuudelle; ja

d) verrataan interferogrammien liikkeen muutosta
analyytin aiheuttaman matkan pituuden muutoksen havaitse-
25 miseksi.

10. Patenttivaatimuksen 9 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että valitut aallonpituudet käsittävät pääasi-
allisesti keskiaallonpituuden λ_0 ja kaksi aallonpituutta
 λ_+ ja λ_- , jotka on sijoitettu samalla tavalla keskiaallon-
30 pituuden kummallekin puolelle.

11. Patenttivaatimuksen 10 menetelmä t u n n e t -
t u siitä, että keskiaallonpituus λ_0 on valittu siten,
että sen lyhytaikaisen osuuden energia ympäröivässä väli-
aineessa on suurempi kuin toisten aallonpituuksien λ_+ ja
35 λ_- .

12. Patenttivaatimuksen 9 menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että valittujen aallonpituuksien amplitudit
ovat sellaisia, että keskiaallonpituuden ' λ_0 ' amplitudi on
suurempi kuin kummankaan toisen aallonpituuden ' λ_1 ' ja ' λ_2 '
5 amplitudi.

13. Menetelmä optisen kuidun valmistamiseksi käy-
tettäväksi interferometrisissä systeemeissä, t u n -
n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

10 valitaan yksimoodinen, polarisaation säilyttävä
kuitu, jossa on asymmetrinen suojakuori;

b) ominaisuuksiltaan tunnettu valo laitetaan opti-
seen kuituun ja havaitaan valo optisessa kuidussa

c) laitetaan kuidun valittu osa väliaineeseen, joka
kykenee etsaamaan pois suojakuoren; ja

15 d) kuitu poistetaan väliaineesta sen jälkeen kun
optinen vuorovaikutus optiseen kuituun laitetun valon ja
väliaineen välillä on havaittu.

14. Patenttivaatimuksen 13 menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheen jossa
20 kuidun toinen pää varustetaan pinnalla kuidun ohjaaman
valon heijastamiseksi.

15. Patenttivaatimuksen 13 menetelmä, jossa vaihe
b) t u n n e t t u siitä, että se edelleen käsittää vai-
heen, jossa tunnetun ominaisuuden omaava valo laitetaan
25 toiseen optiseen kuituun.

16. Patenttivaatimuksen 15 menetelmä, jossa vaihe
b) t u n n e t t u siitä, että se edelleen käsittää vai-
heen, jossa:

30 valo yhdistetään optisesti kahteen optiseen kuituun
interferenssivyöhykkeen kehittämiseksi ja

havaitaan vyöhyke, jotta havaitaan vaiheen muutos,
joka aiheutuu optiseen kuituun laitetun valon ja väliai-
neen välisestä vuorovaikutuksesta.

17. Patenttivaatimuksen 13 menetelmä, t u n -
35 n e t t u siitä, että kuidun poistamista väliaineesta

vaiheessa d) viivytetään optisen vuorovaikutuksen alkupe-
 räisestä tunnistuksesta ajalla, joka on riittävä, jotta
 saavutetaan suojakuoren optimietsaus kuidun ytimen toisel-
 ta puolelta ilman, että vaikutetaan materiaalisesti yti-
 5 meen itse.

18. Patenttivaatimuksen 13 menetelmä, t u n n e t-
 t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheen, jossa op-
 tisen kuidun valittu osa suljetaan kuoreen, joka sisältää
 materiaalia, jolla on tunnettu taitekerroin.

10 19. Laite väliaineen muutokseen havaitsemista var-
 ten, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

a) ensimmäisen ja toisen optisen kuidun, kun vähin-
 tään ensimmäisellä optisella kuidulla on osuus, joka sal-
 l i i kuidussa kulkevan valoallon lyhytaikaisen osuuden
 15 vuorovaikuttavan ensimmäisen kuidun osuutta ympäröivän
 väliaineen kanssa

b) keinot tunnetun ominaisuuden omaavan valon lait-
 tamiseksi optiseen kuituun;

c) keinot optisten kuitujen päätyosuudessa valon
 20 heijastamiseksi päätyosuudesta takaisin kohti aloituskei-
 noja;

d) keinot heijastuneen valon yhdistämiseksi opti-
 sest i kahdessa optisessa kuidussa interferenssivyöhykkeen
 kehittämiseksi; ja

25 e) keinot vyöhykkeen havaitsemiseksi, jotta voidaan
 havaita mikä tahansa vaiheen muutos, joka aiheutuu muutok-
 sesta nestemäisessä väliaineessa.

20. Patenttivaatimuksen 19 laite, t u n n e t t u
 siitä, että vähintään ensimmäinen optinen kuitu käsittää
 30 olennaisesti yksimoodikuidun.

21. Patenttivaatimuksen 20 laite, t u n n e t t u
 siitä, että yksimoodikuitu käsittää polarisaation säilyt-
 tävän kuidun.

22. Patenttivaatimuksen 21 laite, t u n n e t t u siitä, että polarisaation säilyttävä kuitu käsittää soikiomaisen ytimen ja pyörähdysasymmetrisen suojakuoren.

23. Patenttivaatimuksen 22 laite, t u n n e t t u
5 siitä, että suojakuori käsittää ulomman seinän, jossa tasomainen segmentti on liitetty sylinterimäiseen segmenttiin tavallisesti D-muotoisen poikkipinta-alan muodostamiseksi soikiomaisen ytimen sijaitessa lähinnä ulomman seinän tasomaista segmenttiä.

10 24. Patenttivaatimuksen 19 laite, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen kuidun osuus on poikkileikkausulottuvuuksiltaan rajoittunut.

25. Anturilaite analyytin konsentraation määrittämiseksi nestemäisessä väliaineessa, anturilaite t u n -
15 n e t t u siitä, että se käsittää

a) valolähteen, joka tuottaa vähintään yhden erillisen valoaallonpituussignaalin,

b) ensimmäisen yksimoodikuituelementin, joka on
20 kytketty valolähteeseen valosignaalin vastaanottamiseksi ja lähettämiseksi valolähteestä,

c) anturiosuuden, joka järjestetty ensimmäistä kuituelementtiä pitkin, jotta se vuorovaikuttaa analyytin kanssa valosignaalin vaiheen moduloimiseksi,

d) toisen yksimoodikuituelementin, joka on kytketty
25 valolähteeseen; valosignaalin ohjaamiseksi valolähteestä,

e) keinot optisen kuituelementin päätyosassa valon heijastamiseksi päätyosuudesta takaisin kohti valolähdettä; ja

f) keinot ensimmäisen kuituelementin kuljettaman
30 valosignaalin vaiheen vertailua varten sen jälkeen kun analyytti on vuorovaikuttanut toisen kuituelementin kuljettaman valosignaalin vaiheen kanssa, analyytin konsentraation määrittämiseksi.

26. Patenttivaatimuksen 25 anturilaite, t u n -
35 n e t t u siitä, että valolähde käsittää valosignaalien

lähteen, jossa on vähintään kaksi erillistä ominaisuutta, jotka siirretään sekä ensimmäisen kuituelementin että toisen kuituelementin kautta.

27. Patenttivaatimuksen 25 anturilaite, t u n -
 5 n e t t u siitä, että se edelleen käsittää keinot valo-
 lähteen kytkemiseksi ensimmäiseen yksimoodikuituun siten,
 että valo jaetaan kahdeksi säteeksi, jotka polarisoidaan
 90° toisiinsa nähden.

28. Patenttivaatimuksen 27 anturilaite, t u n -
 10 n e t t u siitä, että ensimmäisen kuituelementin anturi-
 osuus käsittää keinot ainoastaan yksittäispolarisoidun
 säteen vuorovaikutuksen sallimiseksi analyysin kanssa va-
 losignaalin vaiheen moduloimiseksi.

29. Patenttivaatimuksen 27 anturilaite, t u n -
 15 n e t t u siitä, että kytkentäkeinot käsittävät keinot
 valon alkulaukaisukulman muuntamiseksi ensimmäiseen yksi-
 moodikuituun kahden polarisaation suhteellisen tehotason
 muuntamiseksi.

30. Optinen kuituinterferometrinen systeemi,
 20 t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

a) yksimoodisen, polarisaation säilyttävän kuidun,
 jolla on asymmetrinen suojakuori, valittu osuus suojakuo-
 resta on poistettu vähintään yhden ytimen sivun altista-
 miseksi;

25 b) keinot valitun osuuden sulkemiseksi materi-
 aaliin, jolla on tunnettu taitekerroin;

c) toisen yksimoodisen, polarisaation säilyttävän
 kuidun ja keinot tunnetun ominaisuuden omaavan valon lait-
 tamisen optiseen kuituun;

30 d) keinot optisten kuitujen päätyosuudessa valon
 heijastamiseksi päätyosuudesta takaisin kohti valonaloi-
 tuskeinoja;

e) keinot heijastuneen säten yhdistämiseksi opti-
 sestä kahdessa optisessa kuidussa niin, että muodostetaan
 35 interferenssivyöhyke; ja

f) keinot vyöhykkeen havaitsemiseksi, jotta havaitaan kyseisen materiaalin minkä tahansa taitekertoimen muutos.

5 31. Patenttivaatimuksen 30 optinen kuituinterferometrinen systeemi, t u n n e t t u siitä, että sulkemiskeinot muodostava materiaali valitun osuuden ympärillä valitaan siten, että fysikaaliset muutokset sulkemiskeinojen ympäristössä aiheuttavat muutoksen kyseisen materiaalin taitekertoimen muutoksessa.

10 32. Patenttivaatimuksen 31 optinen kuituinterferometrinen systeemi, t u n n e t t u siitä, että valon aallonpituus valitaan sijaitsemaan poikkeavalla, sulkemiskeinot muodostavan materiaalin, dispersiospektraalialueella.

15 33. Patenttivaatimuksen 31 optinen kuituinterferometrinen systeemi, t u n n e t t u siitä, että valon aallonpituus valitaan vastaamaan kemiallisen absorbanssin maksimimuutosnopeutta aallonpituuden kanssa materiaalille, joka muodostaa sulkemiskeinot.

20 34. Anturilaite analyytin konsentraation määrittämiseen nestemäisessä väliaineessa, laite t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

a) ensimmäisen optisen kuidun, joka käsittää ytimen ja suojakuoren, mikä ympäröi ytimen, kun osa suojakuorta
25 poistetaan ytimen osuuden altistamiseksi,

b) toisen optisen kuidun,

c) keinot tunnetut ominaisuudet omaavan valon laittamiseksi ensimmäiseen ja toiseen optiseen kuituun siten, että valoon ensimmäisessä kuidussa vaikuttaa analyytin
30 konsentraatio, ja

d) keinot optisten kuitujen päätyosissa valon heijastamiseksi päätyosuudesta takaisin kohti valon aloituskeinoja;

e) keinot ensimmäisen optisen kuidun heijastuneen
35 valon faasin vertailemiseksi sen jälkeen kun siihen on

vaikutettu analyytin konsentraatiolla toisen optisen kuidun valon vaiheen kanssa siten, että analyytin konsentraatio voidaan määrittää.

5 35. Patenttivaatimuksen 34 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää heijastuneen valon aloituskeinoin hin pääsyn estämisen.

10 36. Patenttivaatimuksen 35 laite, t u n n e t t u siitä, että estämiskeinot käsittävät magneettisoptisen eristinyksikön, joka suuntaa magneettisesti valon polari saatio-ominaisuuden siten, että estetään heijastuneen va lon pääsy aloituskeinoihin.

37. Patenttivaatimuksen 35 laiten, t u n n e t t u siitä, että aloituskeinot käsittävät laserdiodin.

15 38. Patenttivaatimuksen 37 laite, t u n n e t t u siitä, että aloituskeinot käsittävät kuituoptisen kytkin yksikön, joka yhdistää laserdiodin ensimmäiseen optiseen kuituun.

20 39. Patenttivaatimuksen 37 laite, t u n n e t t u siitä, että aloituskeinot käsittävät valon viivästyskeinot sen jälkeen, kun laserdiodi on viritetty ja ennen sen saa pumista optiseen kuituun.

25 40. Patenttivaatimuksen 37 laite, t u n n e t t u siitä, että estämiskeinot käsittävät edelleen kuituoptisen kytkimen, joka toimii laserdiodin emittoiman valon kont rollina.

41. Optinen kuituinterferometrinen systeemi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

30 a) yksimoodisen, polarisaation säilyttävän kuitujen parin, yhdestä kuidusta on valikoitu osa suojakuorta on poistettu kuidussa kulkevan valoaaallon lyhytaikaisen osuu den vuorovaikutuksen sallimiseksi minkä tahansa kuitua ympäröivän väliaineen kanssa, kahdella kuidulla on ulompi ja lähempi pääty;

b) valolähteen tunnetun ominaisuuden omaavan valon tuottamiseksi, ja kuituoptisen kytkimen, joka liittää valolähteen kahden optisen kuidun lähimpään päähän;

5 c) keinot optisten kuitujen ulommassa päässä valon heijastamiseksi ulommista päistä takaisin valolähdettä kohti;

d) keinot heijastuneen valon yhdistämiseksi optisesti kahdessa kuidussa interferenssivyöhykkeen kehittämiseksi; ja

10 e) keinot interferenssivyöhykkeen havaitsemiseksi valittua osuutta ympäröivän väliaineen taitekertoimen min-
kä tahansa muutoksen havainnointiin.

15 42. Patenttivaatimuksen 41 laite, t u n n e t t u siitä, että valolähde käsittää keinot lukuisten valittujen aallonpituuksien emittoimiseksi.

43. Patenttivaatimuksen 42 laite, t u n n e t t u siitä, että keinot valon havaitsemiseksi käsittävät keinot valon demultipleksointiin lukuisiin valittuihin aallonpituuksiin.

20 44. Patenttivaatimuksen 43 laite, t u n n e t t u siitä, että valittu aallonpituus koostuu olennaisesti keskiaallonpituudesta λ_0 ja kaksi aallonpituudesta λ_1 ja λ_2 , jotka ovat sijoittuneet samalla tavalla keskiaallonpituuden kummallakin puolelle.

25 45. Patenttivaatimuksen 44 laite, t u n n e t t u siitä, että keskiaallonpituus λ_0 valitaan siten, että lyhytaikaisen osuuden energia ympäröivässä väliaineessa on suurempi kuin toisten aallonpituuksien λ_1 ja λ_2 ominaisuus.

30 46. Patenttivaatimuksen 44 laite, t u n n e t t u siitä, että kunkin valitun aallonpituuden mitattava ominaisuus on sellainen, että keskiaallonpituuden ' λ_0 ' ominaisuus on suurempi kuin kummankaan toisen aallonpituuden ' λ_1 ' ja ' λ_2 '.

35 47. Optinen kuituinterferometrinen systeemi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

a) yksimoodisen, polarisaation säilyttävän kuitujen parin, yhdestä kuidusta on valikoitu osa suojakuorta on poistettu kuidussa kulkevan valoallon lyhytaikaisen osuuden vuorovaikutuksen sallimiseksi minkä tahansa kuidun osuutta ympäröivän väliaineen kanssa, kahdella kuidulla on ulompi ja lähempi pääty;

b) valolähteen tunnetun ominaisuuden omaavan valon tuottamiseksi,

c) kuituoptisen kytkimen, joka liittää valolähteen kahden optisen kuituparin lähimpiin päähin lähdesignaalin laittamiseksi kuitupariin;

d) keinot optisten kuitujen ulommassa päässä valon heijastamiseksi ulommista päistä takaisin valolähdettä kohti;

e) keinot palaavan signaalin havaitsemiseksi ensimmäisessä kuituoptisessa kytkimessä valittua osuutta ympäröivän väliaineen taitekertoimen muutoksen havainnoimiseksi.

48. Patenttivaatimuksen 47 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää toisen kuituoptisen kytkimen ja optisen kuidun, joka kytkee valolähteen ensimmäiseen kuituoptiseen kytkimeen.

49. Patenttivaatimuksen 48 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää keinot toisen kuituoptisen kytkimen kytkemiseksi valolähteen emissio-ominaisuuksien tarkkailemista varten.

50. Patenttivaatimuksen 48 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää keinot toisen kuituoptisen kytkimen kytkemiseksi erottavaan neliöllistä signaalia varten valittua osuutta ympäröivän väliaineen taitekertoimen muutoksen suunnan havainnoimiseksi.

51. Patenttivaatimuksen 47 laite, t u n n e t t u siitä, että valolähde käsittää edelleen eristyskeinot lähteen eristämiseen kuitujen parin ulommasta päästä heijastuneelta valolta .

52. Patenttivaatimuksen 47 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää ylimääräisen kuituoptisen kytkimen, joka sijaitsee kussakin kuitujen parissa lähteen signaalin ja palaavan signaalin jakamiseksi.

5 53. Patenttivaatimuksen 52 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää keinot, jotka on kytketty molempiin ylimääräisiin kytkimiin lähteen signaalin interferogrammien kehittämiseksi.

10 54. Patenttivaatimuksen 53 laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää keinot, jotka on kytketty ylimääräisiin kuituoptisiin kytkimiin palaavan signaalin interferogrammien kehittämiseksi.

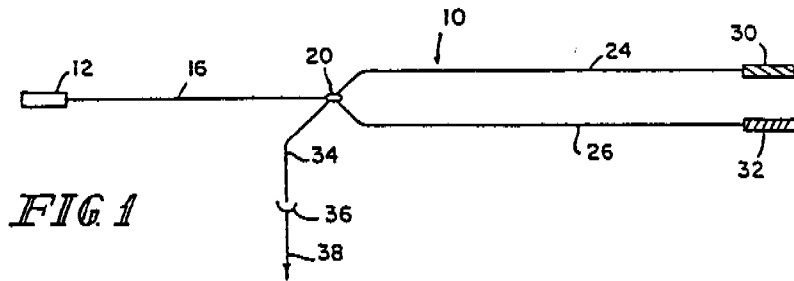


FIG. 1

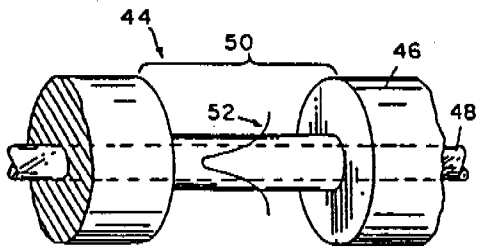


FIG. 2

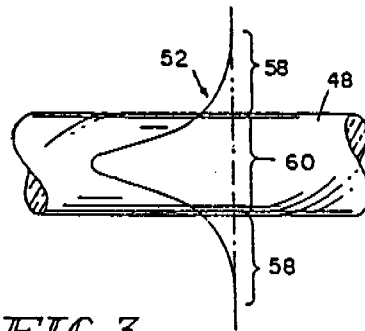


FIG. 3

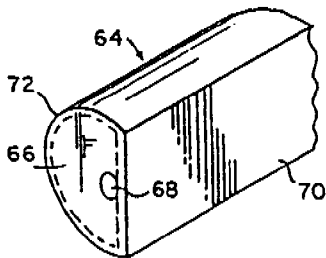


FIG. 5a

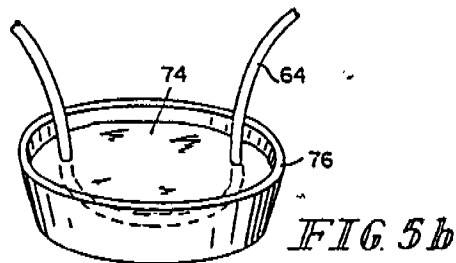


FIG. 5b

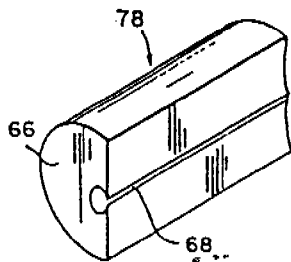


FIG. 5c

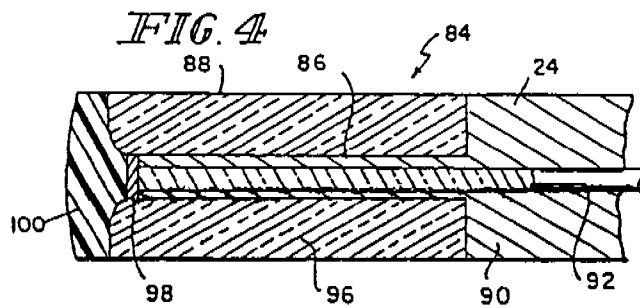
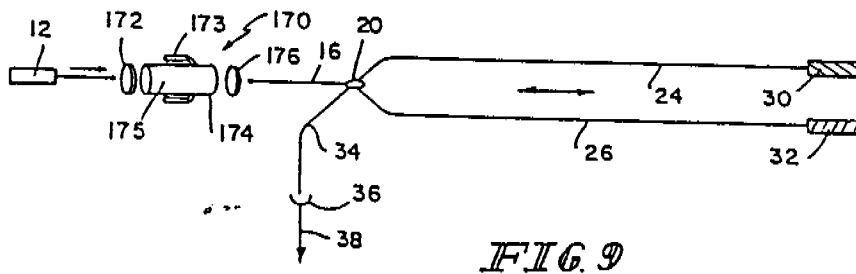
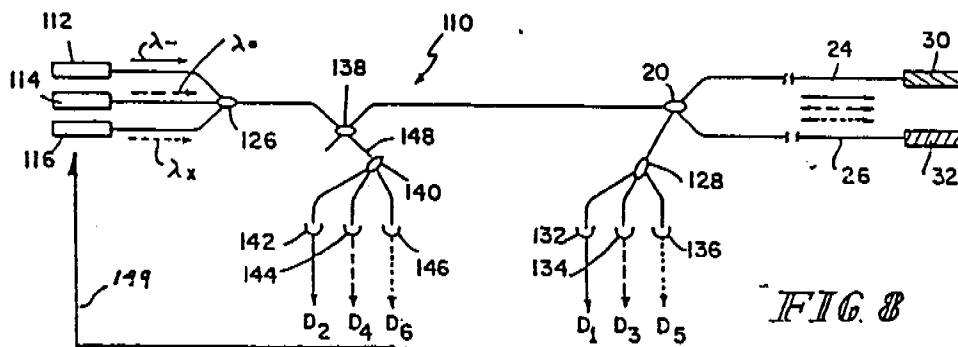
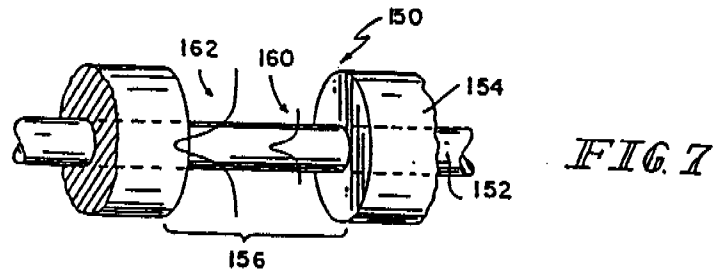
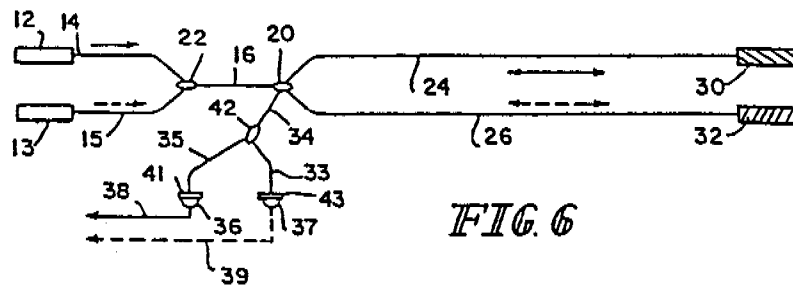


FIG. 4



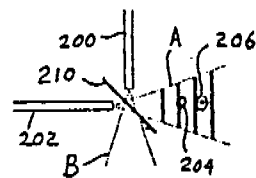
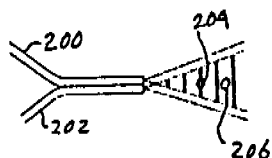
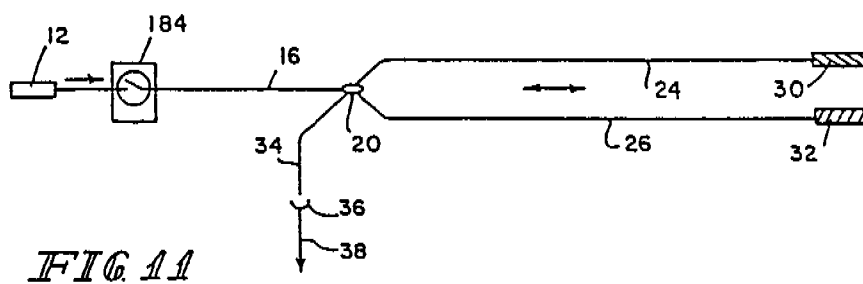
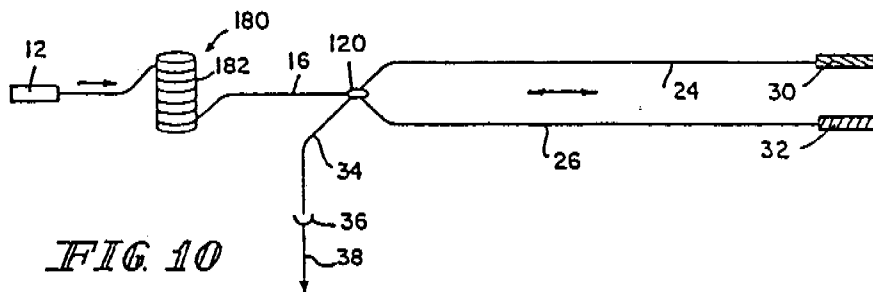
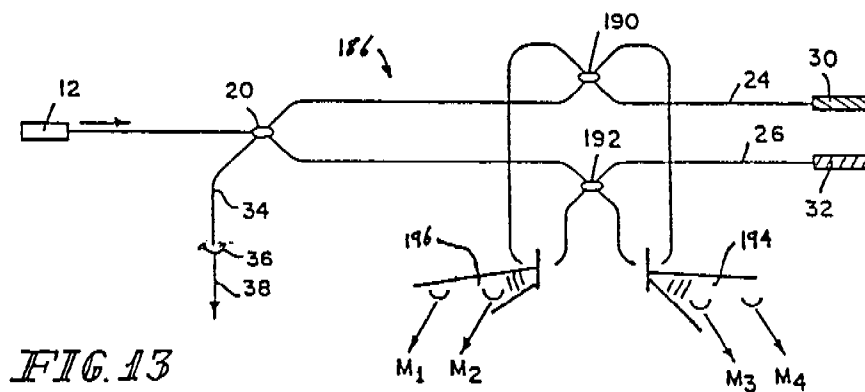


FIG. 12a

FIG. 12b



HAKEMUSNUMERO	LUOKITUS
811307	601N 2145
	☐ jatkuu kääntöpuolella

TUTKITTU AINEISTO
Patenttivirastojen julkaisut FI, SE, NO, DK, DE, CH, EP, WO, GB, US: 601N 2145
☐ jatkuu kääntöpuolella
Muu aineisto
☐ jatkuu kääntöpuolella

VIITEJULKAISUT		
Kategoria*)	Julkaisun tunnistetiedot	Koskee vaatimuksia
	Journal of Physics E: Scientific Instruments, vol 18, no 12, 1985, s. 981-1001; D.A. Jackson: "Heterodyne optical fibre interferometers for precision measurement" US A 4669814 G02B 6/26 — 4712866 — " — 16 — 4815811 — " — 22	
		☐ jatkuu kääntöpuolella
*) X Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu yksinään tarkasteltuna Y Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu, kun otetaan huomioon tämä ja yksi tai useampi samaan kategoriaan kuuluva julkaisu A Yleistä tekniikan tasoa edustava julkaisu, ei kuitenkaan patentoitavuuden este		
Päiväys	Tutkija	