



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20131660

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

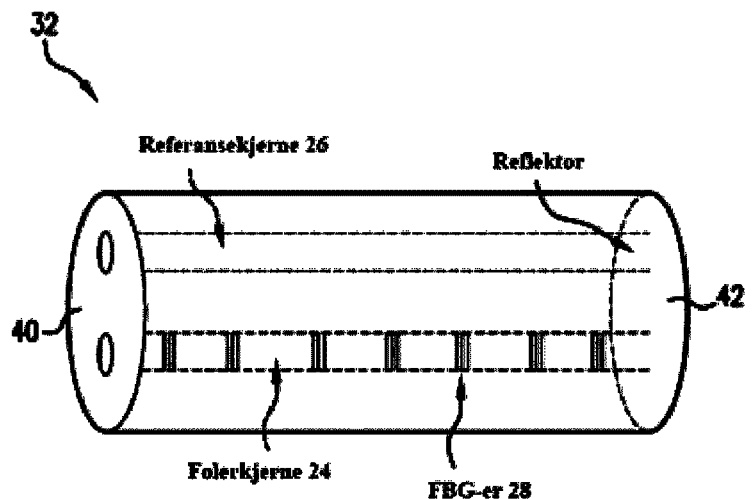
G01V 8/16 (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01)
G01N 21/84 (2006.01)
G01B 9/02 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20131660	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2012.06.14 PCT/US2012/042401
(22)	Inng.dag	2013.12.12	(85)	Videreføringsdag	2013.12.12
(24)	Løpedag	2012.06.14	(30)	Prioritet	2011.07.21, US, 13/187,853
(41)	Alm.tilgj	2013.12.30			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Inc, P O Box 4740, US-TX77210-4740 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Brooks A Childers, 1425 Red Hawk Run, US-VA24073 CHRISTIANSBURG, USA Roger G Duncan, 345 Silver Leaf Drive, US-VA24073 CHRISTIANSBURG, USA Philip Robin Couch, Cotleigh Court, GB-EX149HG COTLEIGH, HONITON, Storbritannia			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54) Benevnelse **System og framgangsmåte for distribuert fiberoptisk føling med integrert referansevei.**
(57) Sammendrag

En anordning for å estimere en parameter omfatter: en optisk fiber som omfatter minst én kjerne som er konfigurert til sende ut et spørresignal og omfatter en mengde følersteder distribuert langs en målelengde av den optiske fiberen og konfigurert til å reflektere lys; en optisk referansevei som er konfigurert til å sende ut et referansesignal, der den optiske referanseveien er anbrakt i et fast forhold til den minst ene kjernen og strekker seg i det minste vesentlig parallelt med den minst ene kjernen, der den optiske referanseveien omfatter en referansereflektor som definerer en hulromslengde som svarer til målelengden; en detektor som er konfigurert til å motta et reflektert retursignal; en referanseinterferensmåler som er konfigurert til å motta minst et referansesignal og generere et interferometrisk referansesignal; og en prosessor som er konfigurert til å anvende det interferometriske referansesignalet på det reflekterte retursignalet for å kompensere for én eller flere miljøparametere.



SYSTEM OG FRAMGANGSMÅTE FOR DISTRIBUTUERT FIBEROPTISK FØLING MED INTEGRERT REFERANSEVEI

KRYSSREFERANSE TIL RELATERTE PATENTSØKNADER

[0001] Denne søknaden krever fordelingen av US patentsøknad nr. 13/187 853, inngitt 21. juli 2011, som er inkorporert her i sin helhet ved referanse.

BAKGRUNN

[0002] Fiberoptiske følere er benyttet i en rekke anvendelser, og har vist seg å være særlig nyttige for å føle parametere i ulike miljøer. Optiske fiberfølere kan inkorporeres i miljøer så som borehullmiljøer, og brukes til å føle ulike parametere i et miljø og/eller komponentene som er anbrakt der, så som temperatur, trykk, belastning og vibrasjon.

[0003] Parameterovervåkingssystemer kan inkorporeres med borehullkomponenter som fiberoptisk distribuerte følersystemer (DSS). Eksempler på DSS-teknikker omfatter optisk frekvensdomene-reflektometri (OFDR), som går ut på å spørre en optisk fiberføler med et optisk signal for å generere reflekterte signaler spredt fra følersteder (f.eks. fiber-Bragg-gitter) i den optiske fiberføleren.

[0004] Interferensmålerbaserte følersystemer med sveipet bølgelengde, ofte brukt til distribuert fiberoptisk føling, kalles så fordi de benytter seg av interferensmåling for å kode følerinformasjonen. I noen anvendelser opplever imidlertid følerfiberen (fiberen som inneholder eller består av føleren/følerne) vibrasjoner. Disse vibrasjonene kan føre til at data forringes, og kan i siste rekke redusere dataektheten eller gjøre det umulig å foreta en måling i det hele tatt.

SAMMENDRAG

[0005] En anordning for å estimere en parameter omfatter: en optisk fiber som omfatter minst én kjerne som er konfigurert til å koples optisk til en lyskilde og sende ut et spørresignal, der den minst ene kjernen omfatter en mengde følersteder distribuert langs en målelengde av den optiske fiberen og konfigurert til å reflektere lys; en optisk referansevei som er konfigurert til å sende ut et referansesignal, der den optiske referanseveien er anbrakt i et fast forhold til den minst ene kjernen og strekker seg i det minste vesentlig parallelt med den minst ene kjernen, der den optiske referanseveien omfatter en referansereflektor som definerer en hulromslengde som svarer til målelengden; en detektor som er konfigurert til å motta et reflektert retursignal som omfatter lys som er reflektert fra ett eller flere av mengden følersteder; en referanse-interferensmåler som er konfigurert til å motta minst et referansesignal returnert fra den optiske referanseveien og generere et interferometrisk referansesignal; og en prosessor som er konfigurert til å anvende det

interferometriske referansesignalet på det reflekterte retursignalet for å kompensere for én eller flere miljøparametere.

[0006] En framgangsmåte for å estimere en parameter omfatter: å anbringe en optisk fiber i et borehull i en jordformasjon, der den optiske fiberen omfatter minst én kjerne som har en mengde følersteder distribuert langs en målelengde av den optiske fiberen og konfigurert til å reflektere lys; å anbringe i borehullet en optisk referansevei som er konfigurert til å sende ut et referansesignal, der den optiske referanseveien er anbrakt i et fast forhold til den minst ene kjernen og strekker seg i det minste vesentlig parallelt med den minst ene kjernen, der den optiske referanseveien omfatter en referansereflektor som definerer en hulromslengde som svarer til målelengden; å sende et første spørresignal inn i den minste ene kjernen; å sende et andre spørresignal inn i den optiske referanseveien; å motta et reflektert retursignal som omfatter lys som er reflektert fra ett eller flere av mengden følersteder; å motta ved en referanse-interferensmåler et referansesignal returnert fra den optiske referanseveien, og generere et interferometrisk referansesignal; å anvende det interferometriske referansesignalet på det reflekterte retursignalet for å kompensere for én eller flere miljøparametere ut ifra endringer i hulromslengden av den optiske referanseveien; og å estimere én eller flere miljøparametere ut ifra det kompenserte reflekterte retursignalet.

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

[0007] Emnet som betraktes som oppfinnelsen, er spesielt utpekt og kreves tydelig i kravene til slutt i beskrivelsen. Oppfinnelsens foregående og andre trekk og fordeler framgår av den følgende detaljerte beskrivelsen sammenholdt med de tilhørende tegningene, der like elementer har like henvisningstall, og der:

[0008] FIG. 1 illustrerer en eksemplarisk utførelsesform av et borehullsystem for boring, overvåking, vurdering, leting og/eller produksjon;

[0009] FIG. 2 illustrerer en eksemplarisk utførelsesform av en del av en fiberoptisk målesammenstilling;

[0010] FIG. 3 illustrerer en eksemplarisk utførelsesform av en fiberoptisk målesammenstilling; og

[0011] FIG. 4 er et flytskjema som illustrerer en eksemplarisk utførelsesform av en framgangsmåte for å estimere en borehullparameter.

DETALJERT BESKRIVELSE

[0012] Med henvisning til FIG. 1 vises en eksemplarisk utførelsesform av et borehullsystem 10 for boring, overvåking, vurdering, leting og/eller produksjon i et borehull 12. En borehullstreng 14 anbringes i borehullet 12, som gjennomskjærer minst én jordformasjon 16 for å utføre

funksjoner så som å hente ut materiale fra formasjonen og/eller gjøre målinger av egenskaper hos formasjonen 16 og/eller nede i borehullet 12. Borehullstrengen 14 er laget av for eksempel et rør, flere rørseksjoner eller fleksirør. Systemet 10 og/eller borehullstrengen 14 omfatter et hvilket som helst antall borehullverktøy 18 for ulike prosesser, inkludert boring, hydrokarbonproduksjon og å måle én eller flere fysiske størrelser i eller rundt et borehull. Ulike måleverktøy 18 kan inkorporeres i systemet 10 for å påvirke måleregimer, så som anvendelser med wireline-måling eller anvendelser med logging under boring (LWD).

[0013] I én utførelsesform inkluderes et parametermålesystem som en del av systemet 10 og konfigureres til å måle eller estimere ulike borehullparametere i formasjonen 16, borehullet 14, verktøyet 18 og/eller andre borehullkomponenter. Målesystemet omfatter en optisk spørrer eller måleenhet 20 som er forbundet i operabel kommunikasjon med minst én optisk fiberfølede sammenstilling 22. Måleenheten 20 kan for eksempel finnes seg et sted på overflaten, et sted under havet og/eller et sted på overflaten på en havbrønnplattform eller et havfartøy. Måleenheten 20 kan også inkorporeres med borehullstrengen 12 eller verktøyet 18, eller på annen måte anbringes i borehullet som ønsket.

[0014] En optisk fibersammenstilling 22 er operabelt forbundet med måleenheten 20 og konfigurert til å anbringes i et borehull. Den optiske fibersammenstillingen 22 omfatter minst én optisk fiberkjerne 24 (kalt en «følerkjerne» 24) konfigurert til å ta en distribuert måling av en borehullparameter (f.eks. temperatur, trykk, belastning, spenning og andre) og minst én optisk fiberkjerne 26 (kalt en «systemreferansekjerne» 26) konfigurert til å generere et referansesignal. Følerkjernen 24 omfatter ett eller flere følersteder 28 anbrakt langs følerkjernen, som er konfigurert til å reflektere og/eller spre optiske spørresignaler utsendt av måleenheten 20. Eksempler på følersteder 28 er fiber-Bragg-gitter, Fabry-Perot-hulrom, delvis reflekterende speil, og steder med iboende spredning, så som steder med Rayleigh-spredning, Brillouin-spredning og Raman-spredning. Systemreferansekjernen 26 anbringes i et fast forhold til følerkjernen 24 og tilveiebringer en optisk referansevei som har en effektiv hulromslengde som er stabil i forhold til den optiske veiens hulromslengde hos følerkjernen 24. Systemreferansekjernen kan brukes til å returnere referansesignaler som brukes av en referanseinterferensmåler for å kompensere de distribuerte målingene ut ifra endringer i hulromslengden forårsaket av f.eks. vibrasjon.

[0015] I én utførelsesform definerer en lengde av den optiske fibersammenstillingen 22 et måleområde 30 som distribuerte parametermålinger kan utføres langs. For eksempel strekker måleområdet 30 seg langs en lengde av sammenstillingen som omfatter følerkjernens følersteder 28. Systemreferansekjernen 26 anbringes i forhold til følerkjernen 24 og tilveiebringer en referansevei som har en effektiv hulromslengde som er stabil i forhold til den optiske veiens hulromslengde hos følerkjernen 24 i måleområdet 30, som fungerer slik at det modererer eller reduserer virkningen av

vibrasjon og annen bevegelse i systemet. For eksempel anbringes følerkjernen 24 og systemreferansekjernen 26 i hver sine optiske fibre som anbringes sammen i en optisk fiberkabel, festet til hverandre eller på annen måte anbrakt slik at i det minste lengdene av hver kjerne i måleområdet 30 deformeres sammen som reaksjon på borehullparametere. Den optiske referanseveien og følerveien er således konfigurert slik at de befinner seg i en fast posisjon i forhold til hverandre, slik at referanseveien opplever den samme vibrasjonen eller annen bevegelse som følerveien. I én utførelsesmåte anbringes følerkjernen 24 og systemreferansekjernen 26 inne i en flerkjernet optisk fiber 32.

[0016] Måleenheten 20 omfatter for eksempel én eller flere elektromagnetiske signalkilder 34, så som en innstillbar lyskilde, en LED og/eller en laser, og én eller flere signaldetektorer 36 (f.eks. fotodioder). Signalbehandlingselektronikk kan også inkluderes i måleenheten 20 for å kombinere reflekterte signaler og/eller behandle signalene. I én utførelsesform er en behandlingsenhet 38 i operabel kommunikasjon med signalkilden 34 og detektoren 36, og er konfigurert til å styre kilden 34, motta reflekterte signaldata fra detektoren 36 og/eller behandle reflekterte signaldata.

[0017] I én utførelsesform er målesystemet konfigurert som et koherent optisk frekvensdomene-reflektometri-system (OFDR). I denne utførelsesformen omfatter kilden 34 en kontinuerlig innstillbar laser som brukes til å spektralt spørre den optiske fiberfølersammenstillingen 22. I én utførelsesform har spørresignalet en bølgelengde eller frekvens som moduleres eller sveipes (f.eks. lineært) over et valgt bølgelengde- eller frekvensområde. Spredte signaler som reflekteres fra utover spredte steder, følersteder 28 og andre reflekterende overflater i den optiske fibersammenstillingen 22, kan oppdages, demoduleres og analyseres. Hvert spredte signal kan korreleres med en lokalitet, for eksempel ved en matematisk transformasjon eller ved å interferometrisk analysere de spredte signalene sammenliknet med en valgt felles referanselokalitet. Hvert spredte signal kan integreres for å rekonstruere kabelens totale lengde og/eller form. Det kan tilveiebringes en modulator (f.eks. funksjonsgenerator) i optisk kommunikasjon med den innstillbare optiske kilden 34 som modulerer den optiske kilden 34 etter for eksempel kraft, intensitet eller amplitude, ved hjelp av et moduleringsignal.

[0018] Med henvisning til FIG. 2 omfatter en eksemplarisk optisk fibersammenstilling 22 en flerkjernefiber 32 som har minst to kjerner 24, 26 og en kledning 40. Følerkjernen 24 er konfigurert til å lede lys fra måleenheten 20 til målerstedene 28, og den minst ene systemreferansekjernen 26 er konfigurert til å lede et referanselyssignal fra måleenheten. Kjernene 24, 26 kan motta et spørresignal fra en enkelt måleenhet 20 eller en enkelt kilde 34, eller motta individuelle signaler fra separate kilder 34. Én eller flere følere og/eller referansereflektorer 42 er plassert ved valgte aksiallokalteter for å tilveiebringe referansesignaler. I én utførelsesform anbringes reflektoren(e) 42

slik at en del av et spørresignal i hver kjerne 24, 26 reflekteres fra reflektoren(e) 42 ved vesentlig samme aksiallokalitet for hver kjerne. I eksempelet vist i FIG. 2 omfatter reflektorene 42 en enkelt referansereflektor 42 så som et speil, som plasseres ved en aksiallokalitet som er felles for hver kjerne. Referansereflektoren kan anbringes i en ende av den optiske fibersammenstillingen 22 og/eller ett eller flere steder langs måleområdet 30. Således dannes en hulromslengde mellom en valgt aksiallokalitet og en aksiallokalitet hos hver reflektor 42. For eksempel kan reflektoren 42 omfatte flere delvis reflekterende speil anbrakt ved ulike aksiallokaliteter langs den fiberoptiske sammenstillingen 22 og danne flere respektive hulromslengder.

[0019] I én utførelsesform danner følerkjernen 24 én eller flere komponenter av en følerinterferensmåler. For eksempel kan følerinterferensmåleren dannes av retursignaler som reflekteres langs en følervei, dvs. en retursignalvei fra et følersted 28 og en aksiallokalitet (f.eks. enden av følerkjernen 24 koplet til detektoren 36), og av et retursignal som reflekteres langs en følerreferansevei, dvs. en retursignalvei i kjernen 24 mellom reflektoren 42 og aksiallokaliteten. Hvert av disse retursignalene kan returneres til måleenheten 20, der de kan kombineres for å generere interferometriske signaler for parametermålinger. En ytterligere interferensmåler (en referanseinterferensmåler) kan dannes av et referansevei-retursignal, dvs. et retursignal i systemreferansekjernen 26 som reflekteres langs en systemreferansevei mellom reflektoren 42 og aksiallokaliteten. Vær oppmerksom på at selv om følerveien og referanseveien er tatt med i separate kjerner, kan disse veiene etableres i en enkelt kjerne. I tillegg kan følerkjernen 24 og systemreferansekjernen 26 tas med i separate optiske fibre som festes sammen, anbringes i en enkelt kabel og/eller på annen måte anbringes slik at systemreferanseveien anbringes i et fast forhold til kjernen 24 og strekker seg i det minste vesentlig parallelt med kjernen 24.

[0020] Systemreferansekjernen 26 og systemreferanseretsignalet kan brukes til å kompensere for f.eks. virkningen av ikke-lineariteter i tilfelle systemet 10 benytter interferensmåling med sveipet bølglengde (SWI). Ettersom den SWI-baserte spørreenheten (f.eks. den optiske fibersammenstillingen 22) kan utsettes for vibrasjon, og ettersom følerkjernen 24 ofte utsettes for ulike stimuli, kan vibrasjonen potensielt produsere redusert dataekthet. Dette skjer fordi interferensmålerens effektive hulromslengde dannet av følerkjernen 24 og reflektoren 42 (og som svarer til målelengden 30) endres i løpet av en innhenting. Konfigurasjonen av kjernene 24 og 26 i forhold til hverandre gjør det mulig å kompensere for vibrasjonsvirkninger.

[0021] Med henvisning til FIG. 3 vises en utførelsesform av systemet 10 der systeminterferensmåleren konfigureres som en utløserinterferensmåler. I denne utførelsesformen koples en innstillbar laser eller annen lyskilde 34 (f.eks. lyskilde med sveipet bølglengde) til en strålesplitter 44 som er konfigurert til å dele lys fra lyskilden i minst én følerstråle og minst én referansestråle. En koplingsanordning 46 så som en sirkulator konfigureres for å lede følerstrålen

inn i følerkjernen 24 og lede referansestrålen inn i referansekjernen 26.

[0022] I én utførelsesform omfatter måleenheten 20 en behandlingssammenstilling 50 som er konfigurert til å motta inngående lysstråler samt returnere signaler fra den optiske fibersammenstillingen 22. For eksempel kombineres lys som reflekteres og/eller spres fra hvert følersted 28 («føler-retursignalet») og lys i følerkjernen 24 som reflekteres fra reflektoren 42 («føler-referanseretursignalet») for å generere et føler-interferometrisk signal i form av et interferensmønster som indikerer faseforskjeller mellom føler-retursignalet og føler-referanseretursignalet. Interferensen mellom føler-referanseretursignalet og føler-retursignalet skjer ved en viss optisk veilengde hos føleren, også kjent som følerens romfrekvens.

[0023] Lys i systemreferansekjernen 26 som reflekteres fra reflektoren 42 (systemreferanseretursignal) brukes i en referanseinterferensmåler. For eksempel ledes systemreferanseretursignalet til måleenheten 20 og kombineres med den første følerstrålen eller den delte følerstrålen for å generere et interferensmønster som indikerer endringer i hulromslengden som er dannet mellom en aksiallokaltet (f.eks. sirkulatorens 44 lokalitet) og referansereflektoren 42. Endringen i hulromslengde kan brukes som indikasjon på endringer i den totale måleveien 30, produsert av parametere så som temperatur, trykk og vibrasjon. Denne referanseinterferensmåleren kan brukes til å kompensere føler-interferensmålerdata for parameterendringer som skjer langs hele måleområdet 30, noe som gjør det mulig med målinger av bedre kvalitet av parametere som måles ved hjelp av målestedene 28.

[0024] Igjen med henvisning til FIG. 3 omfatter behandlingssammenstillingen 50 i én utførelsesform en detektor 52 så som en optisk-elektrisk konverterer (OEC) som mottar det reflekterte lyset fra kjerne 24 (f.eks. føler-retursignalet, føler-referanseretursignalet, eller et kombinert signal) via sirkulatoren 46. Detektoren 52 kan være en hvilken som helst egnet detektor for å konvertere et optisk signal til et elektrisk signal, så som en fotodetektor, eller en ladningskoplett anordning. I én utførelsesform produserer detektoren 52 et elektrisk signal 54 som svarer til bølgeformen i det mottatte lyset. Det elektriske signalet 54 sendes via et valgfritt filter 56 (f.eks. et programmerbart anti-aliasingfilter) som filtrerer ut støysignalene.

[0025] I én utførelsesform omfatter behandlingssammenstillingen 50 en prøvetaker 56 så som en analog-til-digital-konverterer (ADC). Prøvetakeren 56 mottar det elektriske signalet 54 og prøvetar signalet i henhold til valgte prøvetakingsparametere, så som prøvetakingsfrekvens og varighet, som produserer et prøvetatt signal 58 som kan sendes til en prosessor så som prosessoren 38 eller en ekstern prosessor. Prøvetakeren 56 kan motta prøvetakingsparametere fra en ekstern klokke eller en bølgeform som svarer til en bestemt føler, et bølgelengdeskifte ved den bestemte føleren, en belastning hos føleren, en temperatur hos føleren, eller en deformasjon av et element koplett til den fiberoptiske sammenstillingen 22. Alternativt kan parameteren bestemmes ved en

hvilken som helst prosessor, inkludert prosessor 38.

[0026] I én utførelsesform omfatter behandlingssammenstillingen en systemreferanseinterferensmåler 58 som er konfigurert til å generere et systemreferanseinterferometrisk signal ved hjelp av systemreferansereturssignalet som mottas fra systemreferansekjernen 26. Det systemreferanseinterferometriske signalet kan brukes sammen med eller anvendes på signalet 52 for å kompensere for parametere så som borehulltemperaturer og vibrasjon langs måleveien 30.

[0027] I én utførelsesform er systeminterferensmåleren 58 konfigurert som en utløserinterferensmåler 58 for å generere prøvetakingsparametere ut ifra et interferometrisk signal avledet fra systemreferansereturssignalet som mottas fra systemreferansekjernen 26. Utløserinterferensmåleren 58 mottar et interferensmønstersignal eller kombinerer signaler i seg for å generere interferensmønstersignalet som brukes for å etablere prøvetakingsparametere. For eksempel mottar utløserinterferensmåleren 58 en del av referansestrålen fra strålesplitteren 44 og mottar også systemreferansereturssignalet fra referansekjernen 26, og kombinerer disse strålene for å generere interferensmønstersignalet.

[0028] Utløserinterferensmåleren 58 tilveiebringer et utløersignal 60 ut ifra interferensmønstersignalet. For eksempel produserer utløserinterferensmåleren 58 et utløersignal ved hjelp av en negativ-til-positiv nullgjennomgang hos et interferensfrynsemønster hos interferensmønstersignalet, så som en overgang fra et mørkt område av frynsemønsteret til et tilstøtende opplyst område av frynsemønsteret. I en alternativ utførelsesform kan utløersignalet 60 produseres av en positiv-til-negativ nullgjennomgang. En hvilken som helst egnet del av frynsemønsteret kan brukes til å produsere utløersignalet. I én utførelsesform tas en OEC 62 med for å konvertere utløersignalet 60 fra et optisk signal til et elektrisk utløersignal. Utløersignalet sendes til prøven 56 for å tilveiebringe prøvetakingsparametere, så som en prøvetakingsrate som svarer til frekvensen av negativ-til-positive nullgjennomganger og/eller en prøvetakingsvarighet som svarer til tidsvinduer der interferensmønsteret har en amplitude eller størrelse over en valgt verdi.

[0029] FIG. 4 illustrerer en framgangsmåte 70 for å måle borehullparametere. Framgangsmåten 70 omfatter ett eller flere trinn 71–74. Selv om framgangsmåten 70 beskrives i sammenheng med systemet 10 og målesystemet som beskrives ovenfor, er ikke framgangsmåten 70 begrenset til bruk sammen med disse utførelsesformene, og kan utføres av måleenheten 20 eller annen behandlings- og/eller signaloppdagingsanordning. I én utførelsesform omfatter framgangsmåten 70 utførelsen av alle trinnene 71–74 i rekkefølgen som beskrives. Likevel kan noen trinn utelukkes, trinn kan legges til, og rekkefølgen på trinnene kan endres.

[0030] I det første trinnet 71 senkes den optiske fibersammenstillingen 22 sammen med

borehullstrengen 12, verktøyet 18 og/eller andre komponenter ned i borehullet. Komponentene kan senkes ned via for eksempel en wireline eller en borestreng.

[0031] I det andre trinnet 72 sendes lys fra lyskilden 34 til strålesplitteren 44 som kan dele lyset i følerstrålen for å innhente signaler fra ett eller flere følersteder 28, og referansestrålen for å brukes i en systeminterferensmåler 58 så som utløser-signalinterferensmåleren 58. I en eksemplarisk utførelsesform deler strålesplitteren 44 det mottatte lyset slik at følerstrålen omfatter rundt 90 % av lyset, og referansestrålen omfatter rundt 10 % av lyset. Imidlertid kan et hvilket som helst delingsforhold benyttes. Referansestrålen kan også videre deles slik at en del av referansestrålen ledes til systemreferanseinterferensmåleren 58, og en annen del av referansestrålen ledes til referansekjernen 26. Sirkulatoren 46 leder følerstrålen inn i følerkjernen 24 og leder referansestrålen inn i referansekjernen 26.

[0032] I det tredje trinnet 73 forplantes strålene gjennom sine respektive kjerner, og retursignaler genereres og mottas av detektoren 36 og/eller måleenheten 20. For eksempel kombineres lys som reflekteres og/eller spres fra hvert følersted 28 (føler-retursignal), og lys i følerkjernen 24 som reflekteres fra reflektoren 42 (føler-referanseretsignal) for å generere interferometriske data. Lys i systemreferansekjernen 26 som reflekteres fra reflektoren 42 (systemreferanseretsignal) brukes i systemreferanseinterferensmåleren 58, for eksempel for å generere et utlørsignal.

[0033] De reflekterte signalene (referanse- og føler-) som reflekteres fra følerkjernen 24 kombineres og ledes til detektoren 36 (f.eks. via sirkulatoren 46). I én utførelsesform konverteres signalene til et elektronisk signal via OEC-en 36. Det reflekterte referansesignalet fra referansekjernen 26 kombineres med inngangssignalet (f.eks. via utløser-interferensmåleren 58) for å produsere et interferometrisk referansesignal. Det interferometriske referansesignalet kombineres med eller anvendes på annen måte på det føler-interferometriske signalet for å produsere et resulterende signal som kompenseres for vibrasjon eller andre borehullparametere som erfares av måleveien.

[0034] I det fjerde trinnet 74 benyttes de reflekterte signaldataene til å estimere ulike parametere langs den optiske fiberen 22, så som langs måleveien 30. De reflekterte signaldataene korreleres til lokaliteter med følersteder 28, og parametere estimeres for ett eller flere følersteder 28. Eksempler på slike parametere er temperatur, trykk, vibrasjon, belastning og deformasjon av borehullkomponenter, kjemisk sammensetning av borehullfluider eller formasjonen, akustiske hendelser og annet.

[0035] Systemene og framgangsmåtene som beskrives her, tilveiebringer ulike fordeler framfor kjent teknikk. Systemene og framgangsmåtene tilveiebringer integrasjon av én eller begge

av systemreferanse og følerreferanse med følerfiberen, slik at systeminterferensmåleren og følerfiberen opplever vesentlig samme vibrasjonsmiljø, noe som fører til bedre dataekthet. Denne konfigurasjonen kan også ha fordeler ved at den tilveiebringer mer lokalisert vibrasjonskorrigering ved å etablere flere hulromslengder i referanseveien (f.eks. kjerne 26). Systemene og framgangsmåtene er dermed nyttige i underjordiske operasjoner for leting, boring og produksjon av hydrokarboner, på grunn av borehullvibrasjoner som kan være til stede.

[0036] Den optiske fibersammenstillingen 22 og/eller målesystemet er ikke begrenset til utførelsesformene som beskrives her, og kan anbringes på en hvilken som helst egnet bærer. Målesystemet, den optiske fibersammenstillingen 22, borehullstrengen 14 og/eller verktøyet 18 kan være utført på en hvilken som helst egnet bærer. En «bærer» slik den beskrives her, vil si enhver anordning, anordningskomponent, kombinasjon av anordninger, ethvert medium og/eller element som kan brukes til å forflytte, huse, støtte eller på annen måte legge til rette for bruken av en annen anordning, anordningskomponent, kombinasjon av anordninger, et annet medium og/eller element. Eksemplariske ikke-begrensede bærere omfatter borestrenger av kveilrørtypen, av skjøterørtypen og en hvilken som helst kombinasjon eller del av disse. Andre eksempler på bærere omfatter fôringsrør, wirelines, wirelinesonder, slicklinesonder, dropshots, borehullstusser, bunnhullsammenstillinger og borestrenger.

[0037] Til støtte for det foreliggende kan det anvendes ulike analysekomponenter, inkludert et digitalt og/eller et analogt system. Komponenter av systemet, så som måleenheten 20, prosessoren 38, behandlingssammenstillingen 50 og andre komponenter av systemet 10, kan ha komponenter som en prosessor, lagringsmedier, minne, inngang, utgang, kommunikasjonslenk, brukergrensesnitt, programvare, signalbehandlere (digitale eller analoge) og andre slike komponenter (for eksempel motstander, kondensatorer, induktorer og annet) for å besørge drift og analyse av anordningen og framgangsmåtene beskrevet her på en hvilken som helst av flere måter fra velkjent teknikk. Det anses at det foreliggende kan, men ikke trenger å implementeres sammen med et sett datamaskinekksekverbare instruksjoner lagret på et datamaskinlesbart medium, inkludert minne (ROM, RAM), optisk (CD-ROM) eller magnetisk (disker, harddisker), eller en hvilken som helst annen type som når den eksekveres, får en datamaskin til å implementere framgangsmåten i den foreliggende oppfinnelsen. Disse instruksjonene kan besørge utstyrsdrift, kontroll, datainnsamling og dataanalyse samt andre funksjoner som betraktes som relevante av en systemdesigner, eier, bruker eller annet slikt personale, i tillegg til funksjonene som er beskrevet her.

[0038] Videre kan forskjellige andre komponenter inkluderes og benyttes for å levere aspekter av det foreliggende. For eksempel kan en kraftforsyning (f.eks. minst én av en generator, en fjernforsyning og et batteri), avkjølingskomponent, oppvarmingskomponent, drivkraft (så som

en translasjonskraft, framdriftskraft eller rotasjonskraft), magnet, elektromagnet, føler, elektrode, sender, mottaker, sender-mottaker, antenne, regulator, optisk enhet, elektrisk enhet eller elektromekanisk enhet inkluderes til støtte for de ulike aspektene som er diskutert her, eller til støtte for andre funksjoner utenom denne beskrivelsen.

[0039] Det vil anerkjennes at de ulike komponentene eller teknologiene kan gi visse nødvendige eller fordelaktige funksjoner eller trekk. Disse funksjonene og trekkene som kan være nødvendige for å støtte de medfølgende kravene og variasjoner av disse, anerkjennes følgelig som en iboende del av det foreliggende, og som en del av den beskrevne oppfinnelsen.

[0040] Selv om oppfinnelsen er beskrevet med henvisning til en eksemplariske utførelsesformer, vil det forstås at det kan gjøres ulike endringer og settes inn ekvivalenter for elementer i den uten at det avviker fra oppfinnelsens omfang. Dessuten kan mange modifiseringer gjøres for å tilpasse et spesielt instrument, en spesiell situasjon eller et spesielt materiale til oppfinnelsens lærdom uten at det avviker fra dens essensielle omfang. Det er derfor meningen at oppfinnelsen ikke skal være begrenset til den spesifikke utførelsesformen som beskrives som den best uttenkte måten å gjennomføre denne oppfinnelsen på, men at oppfinnelsen skal omfatte alle utførelsesformer som faller innenfor kravenes omfang.

Patentkrav

1. Anordning for å estimere en parameter, der anordningen omfatter:

en optisk fiber som omfatter minst én kjerne som er konfigurert til å koples optisk til en lyskilde og sende ut et spørresignal, der den minst ene kjernen omfatter en mengde følersteder distribuert langs en målelengde av den optiske fiberen og konfigurert til å reflektere lys;

en optisk referansevei som er konfigurert til å sende ut et referansesignal, der den optiske referanseveien er anbrakt i et fast forhold til den minst ene kjernen og strekker seg i det minste vesentlig parallelt med den minst ene kjernen, der den optiske referanseveien omfatter en referansereflektor som definerer en hulromslengde som svarer til målelengden;

en detektor som er konfigurert til å motta et reflektert retursignal som omfatter lys som er reflektert fra ett eller flere av mengden følersteder;

en referanse-interferensmåler som er konfigurert til å motta minst et referansesignal returnert fra den optiske referanseveien og generere et interferometrisk referansesignal; og

en prosessor som er konfigurert til å anvende det interferometriske referansesignalet på det reflekterte retursignalet for å kompensere for én eller flere miljøparametere.

2. Anordning i henhold til krav 1, der den optiske fiberen er en flerkjernet optisk fiber, og den optiske referanseveien er en ytterligere kjerne inne i den optiske fiberen.

3. Anordning i henhold til krav 1, der referanse-interferensmåleren er en utløser-interferensmåler koplet til en prøvetaker, der prøvetakeren er konfigurert til å prøveta det reflekterte retursignalet i henhold til prøvetakingsparametere som er avledet av det interferometriske referansesignalet.

4. Anordning i henhold til krav 1, der den optiske fiberen omfatter en føler-referansereflektor anbrakt på en aksiallokaltet som er i det minste vesentlig den samme som en aksiallokaltet hos referansereflektoren.

5. Anordning i henhold til krav 4, som ytterligere omfatter en føler-interferensmåler som er konfigurert til å generere et interferometrisk målesignal ved å kombinere det reflekterte retursignalet med et føler-referanseretursignal som svarer til lys som reflekteres fra føler-referansereflektoren i den minst ene kjernen.

6. Anordning i henhold til krav 1, der prosessoren er konfigurert til å bruke det kompenserte reflekterte retursignalet til å estimere minst én parameter hos den optiske fiberen ved én eller flere lokaliteter som svarer til ett eller flere av følerstedene.

7. Anordning i henhold til krav 6, der prosessoren er konfigurert til å anvende det interferometriske referansesignalet på det reflekterte retursignalet for å kompensere for vibrasjon, og estimere miljøparametere ut ifra det kompenserte reflekterte retursignalet.

8. Anordning i henhold til krav 1, der referansereflektoren er valgt blant minst én av et speil og et delvis reflekterende speil.

9. Anordning i henhold til krav 1, der den optiske fiberen og den optiske referanseveien er konfigurert til å anbringes i et borehull i en jordformasjon.

10. Anordning i henhold til krav 9, der den ene eller flere miljøparameterne er valgt blant minst én av temperatur, trykk, belastning og vibrasjon.

11. Anordning i henhold til krav 1, der lyskilden er konfigurert til å sende ut et koherent spørresignal med sveipet bølgelengde.

12. Framgangsmåte for å estimere en parameter, der framgangsmåten omfatter:

å anbringe en optisk fiber i et borehull i en jordformasjon, der den optiske fiberen omfatter minst én kjerne som har en mengde følersteder distribuert langs en målelengde av den optiske fiberen og konfigurert til å reflektere lys;

å anbringe i borehullet en optisk referansevei som er konfigurert til å sende ut et referansesignal, der den optiske referanseveien er anbrakt i et fast forhold til den minst ene kjernen og strekker seg i det minste vesentlig parallelt med den minst ene kjernen, der den optiske referanseveien omfatter en referansereflektor som definerer en hulromslengde som svarer til målelengden;

å sende et første spørresignal inn i den minste ene kjernen;

å sende et andre spørresignal inn i den optiske referanseveien;

å motta et reflektert retursignal som omfatter lys som er reflektert fra ett eller flere av mengden følersteder;

å motta ved en referanse-interferensmåler et referansesignal returnert fra den optiske referanseveien, og generere et interferometrisk referansesignal;

å anvende det interferometriske referansesignalet på det reflekterte retursignalet for å kompensere for én eller flere miljøparametere ut ifra endringer i hulromslengden av den optiske referanseveien; og

å estimere én eller flere miljøparametere ut ifra det kompenserte reflekterte retursignalet.

13. Framgangsmåte i henhold til krav 12, der den optiske fiberen er en flerkjernet optisk fiber, og den optiske referanseveien er en ytterligere kjerne inne i den optiske fiberen.

14. Framgangsmåte i henhold til krav 12, der interferensmåleren er en utløser-interferensmåler, og det å anvende det interferometriske referansesignalet omfatter å prøveta det reflekterte retursignalet i henhold til prøvetakingsparametere som er avledet av det interferometriske referansesignalet.

15. Framgangsmåte i henhold til krav 12, der den optiske fiberen omfatter en føler-referansereflektor anbrakt på en aksiallokaltet som er i det minste vesentlig den samme som en

aksiallokaltet hos referansereflektoren.

16. Framgangsmåte i henhold til krav 15, som ytterligere omfatter å generere et interferometrisk målesignal ved å kombinere det reflekterte retursignalet med et føler-referanseretursignal som svarer til lys som reflekteres fra føler-referansereflektoren i den minst ene kjernen.

17. Framgangsmåte i henhold til krav 12, der det å estimere omfatter å bruke det kompenserte reflekterte retursignalet til å estimere minst én parameter hos den optiske fiberen ved én eller flere lokaliteter som svarer til ett eller flere av følerstedene.

18. Framgangsmåte i henhold til krav 12, der den ene eller flere miljøparameterne er valgt blant minst én av temperatur, trykk, belastning og vibrasjon.

19. Framgangsmåte i henhold til krav 12, som ytterligere omfatter å sende ut et koherent spørresignal med sveipet bølgelengde fra lyskilden, og dele spørresignalet med sveipet bølgelengde i det første spørresignalet og det andre spørresignalet.

20. Framgangsmåte i henhold til krav 12, der det interferometriske referansesignalet anvendes på det reflekterte retursignalet for å kompensere for en vibrasjon.

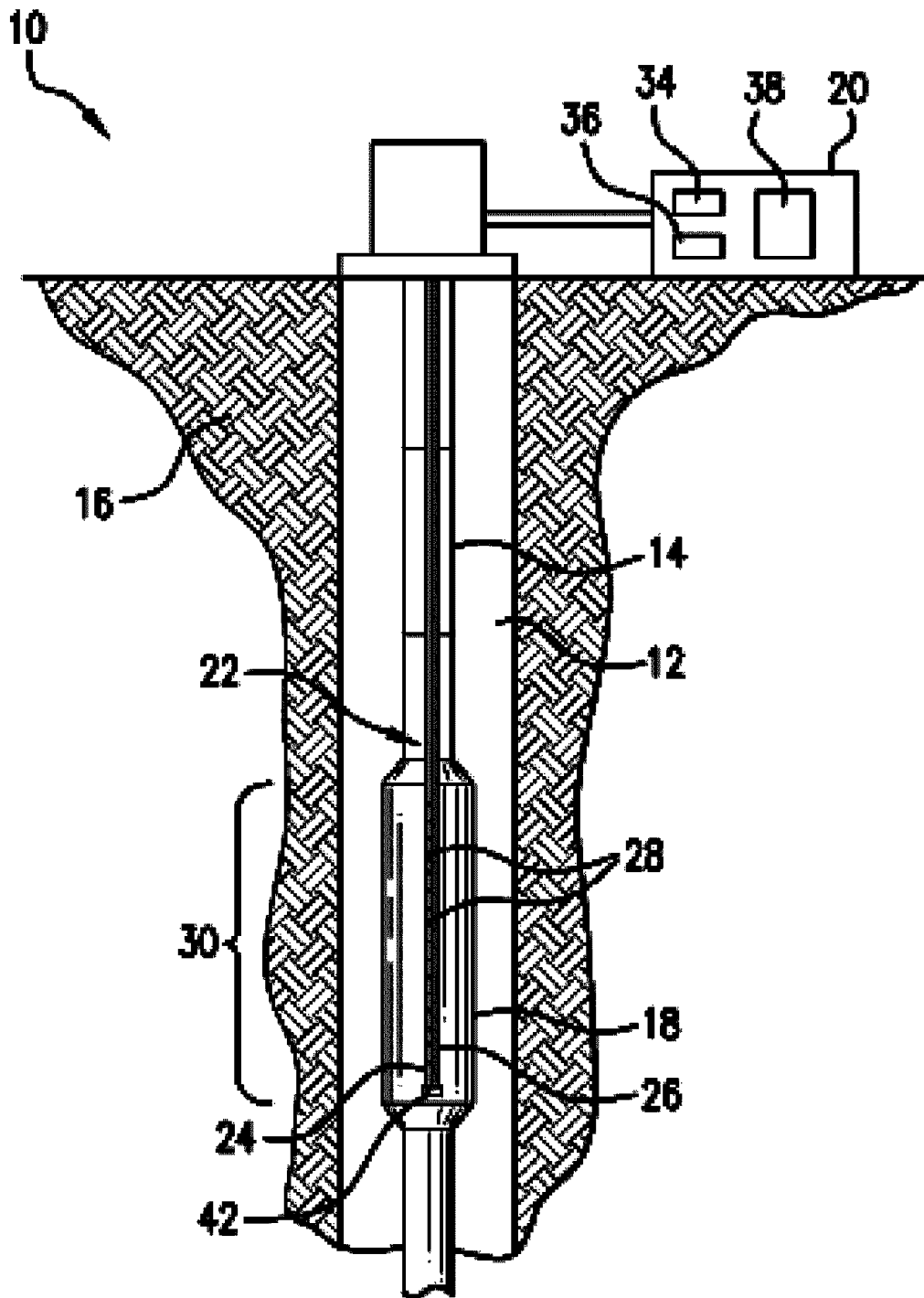


FIG. 1

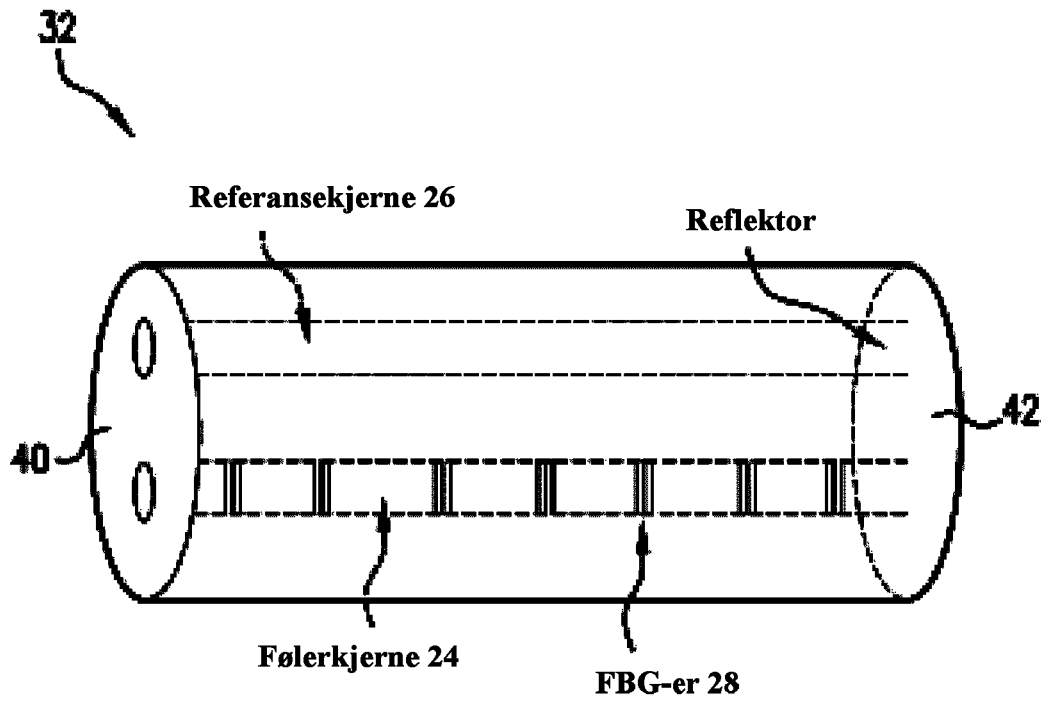


FIG.2

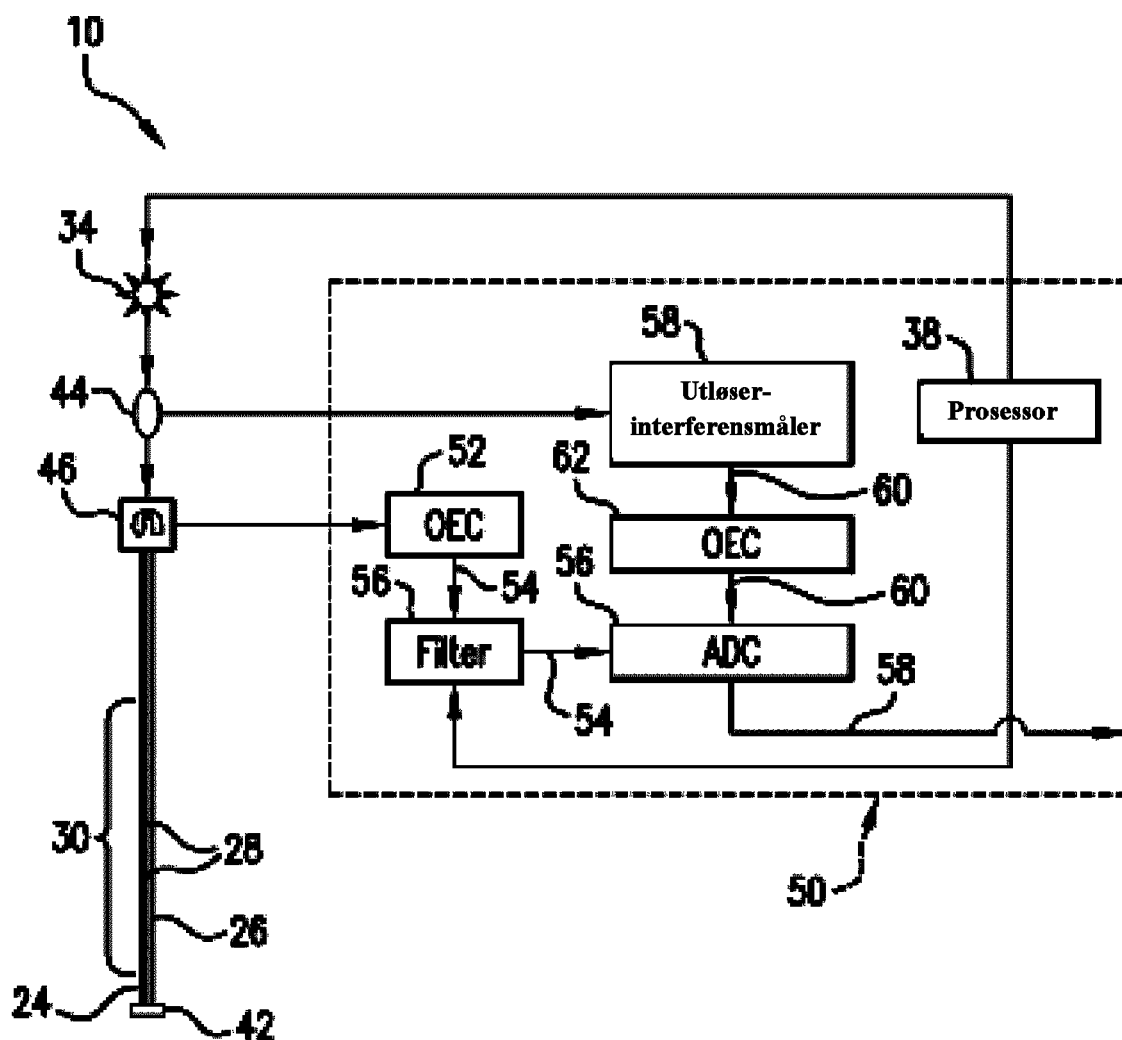


FIG. 3

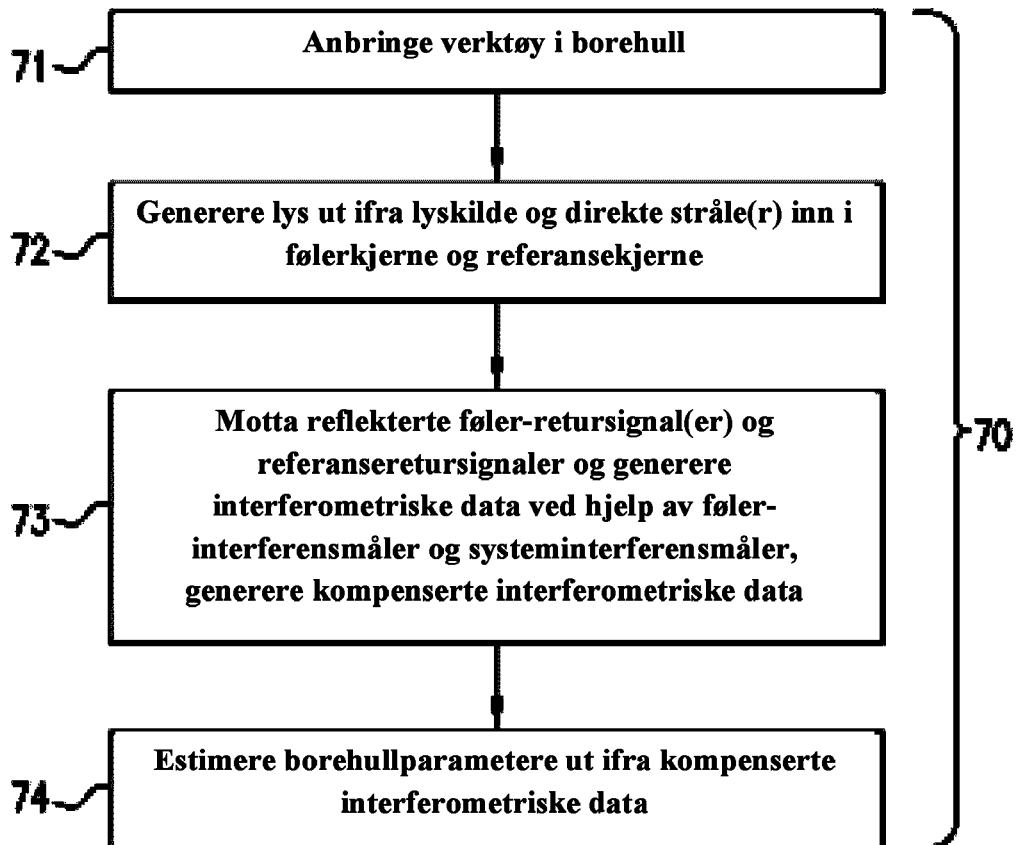


FIG.4