



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **316539**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

E 21 B 47/12

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19993947	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1999.08.17	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	1999.08.17	(30) Prioritet	1998.08.18, US, 135774
(41) Alm. tilgj.	2000.02.21		
(45) Meddelt dato	2004.02.02		

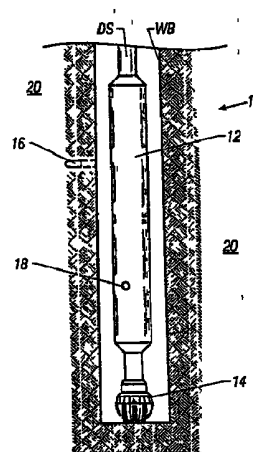
(71) Patenthaver	Schlumberger Holdings Ltd, P O Box 71, Craigmuir Chambers, Road Town, Tortola, VG
(72) Oppfinner	Reinhart Ciglenec, Houston, TX, US Jacques René Tabanou, Houston, TX 77027, US
(74) Fullmektig	Bryn Aarflot AS, 0104 Oslo

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte og anordning for måling av formasjonstrykk med en fjernsensor i et føret borehull**

(56) Anførte publikasjoner NO 19982483

(57) Sammendrag

Foreliggende oppfinnelse gjelder en fremgangsmåte og et apparat for å opprette kommunikasjon i en føret borebrønn med en datasensor, som før føringsrør er installert i borebrønnen, er blitt utenforliggende utplassert i en underjordisk formasjon som gjennomtrenges av borebrønnen. Kommunikasjon opprettes ved å installere en antenne i en åpning i føringsrørveggen. Foreliggende oppfinnelse gjelder videre en fremgangsmåte og et apparat for å danne åpning i føringsrørveggen, og derpå innsette en antenne i denne åpning i avtettet forbindelse med føringsrørveggen. En datamottaker blir innført i den førede borebrønnen for å kommunisere med datasensoren over antennen for derved å motta formasjonsdatasignaler som er avfølt og sendt ut av datasensoren. Fortrinnsvis, datasensorens beliggenhet i den underjordiske formasjon blir fastlagt før antennen installeres, slik at åpningen i føringsrøret kan dannes i nærheten av dataføleren. Antennen kan da installeres i føringsrørveggenes åpning for optimal kommunikasjon med dataføleren. Det er også å foretrekke at datasensoren utstyres med midler for å sende ut et signatursignal som gjør det mulig å bestemme datasensorens beliggenhet ved å avføle signatursignalet. Datasensorens beliggenhet bestemmes da ved først å bestemme den dybde som datasensoren ligger i, og derpå fastlegge asimut for datasensoren i forhold til borebrønnen.



Oppfinnelsens område

Foreliggende oppfinnelse gjelder hovedsakelig bestemmelse av forskjellige parametre i en underjordisk formasjon som er gjennomboret av et borehull, og nærmere bestemt slik bestemmelse etter at fôringsrør er blitt installert i borehullet ved å opprette kommunikasjon gjennom fôringsrørveggen med fjernsensorer som er lagt inn i formasjonen forut for installasjonen av fôringsrøret

Beskrivelse av beslektet teknikk

Drift av oljebrønner og oljeproduksjon omfatter nå for tiden kontinuerlig overvåking av forskjellige brønnparametre. En av de mest kritiske parametre når det gjelder å sikre stabil produksjon er reservoartrykk, også kjent som formasjonstrykk. Kontinuerlig overvåking av slike parametre som reservoartrykk gjør det mulig å følge med i forandringer i formasjonstrykket over en tidsperiode, og er nødvendig for å forutsi produksjonskapasiteten og levetiden for en underjordisk formasjon. Vanligvis overvåkes formasjonsparametre, innbefattet formasjonstrykket, over trådleddning til formasjons-utprøvningsredskaper, slik som de redskaper som er beskrevet i US-patenter nr. 3 934 468, 4 860 581, 4 893 505, 4 936 139, og 5 622 223.

Patentet med sluttstiftelse '468 og som er overdratt til Schlumberger Technology Corporation, som også har fått overdratt foreliggende oppfinnelse, beskriver et langstrakt rørformet legeme som er anordnet i en ufôret borebrønn for å utprøve en formasjonssone av interesse. Dette rørformede legemet har en avtettingspute som drives til tettende anlegg mot borebrønnen i formasjonssonen ved hjelp av sekundære brønn-kontaktende buffere rett overfor avtettingsputen samt en rekke hydrauliske utløsere. Dette legemet er utstyrt med fluid-tilførselsmidler, innbefattet en bevegelig sonde som kommuniserer med og tar ut formasjonsstikkprøver gjennom en midtåpning i avtettingsputen. Slik fluidkommunikasjon og stikkprøve-uttak av denne art gjør det mulig å samle opp formasjonsparameterdata, innbefattet men ikke begrenset til, formasjonstrykket. Den bevegelige sonde i henhold til '468-patentet er særlig innrettet for utprøving av formasjonssoner som oppviser avvikende og ukjente produksjonsforhold eller driftsstabiliteter.

'581-patentet og '139-patentet, som også er overdratt til innehaveren av foreliggende oppfinnelse, angir modulære formasjonsutprøvningsredskaper som oppviser mange bruksmuligheter, innbefattet formasjonstrykkmåling og stikkprøveuttak i uførede borebrønner. Disse patenter beskriver redskaper som er i stand til å ta målinger og stikkprøver i mange formasjonssoner under en enkelt tripping av redskapet.

'505-patentet, som er overdratt til Western Atlas International, Inc., angir på lignende måte et formasjonsutprøvningsredskap som er i stand til å måle trykk og temperatur i den formasjon som er gjennomboret av en uføret borebrønn, såvel som å samle opp fluid-stikkprøver i flere formasjonssoner.

Patentet med sluttstiftelse '223, som er overdratt til Halliburton Company, angir et annet formasjons-utprøvningsredskap med trådlede forbindelser samt for å trekke ut et formasjonsfluid fra en sone av interesse i en uføret borebrønn. Dette redskap utnytter en oppblåsbar pakning, og angis å kunne brukes for å bestemme på stedet type og boblepunkts-trykk for det fluid som trekkes ut, samt for selektivt å samle opp fluid-stikkprøver som er hovedsakelig fri for slam-filtrater.

Hver av de ovenfor nevnte patenter er begrenset ved at de formasjonsutprøvningsredskaper som er beskrevet i dem bare er i stand til å utlede formasjonsdata så lenge redskapene er anordnet i borebrønnen og befinner seg i fysisk kontakt med den formasjonssone som er av interesse.

US-patentsøknad nr. 09/019 466, som også er overdratt til innehaveren av foreliggende oppfinnelse, beskriver fremgangsmåte og apparat for å sette ut intelligente sensorer, slik som trykksensorer, fra en borekrage på borestrengen inn i den underjordiske formasjon på utsiden av borebrønnen samtidig som borearbeidene utføres. Utplasseringen av slike intelligente sensorer under en oljebrønns utboringfase oppnås ved hjelp av enten utskytning, utboring, hydraulisk utdrivning, eller på annen måte innføring av sensorene i formasjonen, slik som beskrevet i '466-søknaden som herved tas inn her som referanse i sin helhet. Denne publikasjonen tilsvarer norsk patentsøknad NO 1998 2483 som er en PL § 2 2 3-søknad som det ikke kreves oppfinneshøyde for.

'466-søknaden beskriver videre bruk av utstyr for å identifisere beliggenheten av slike intelligente sensorer lenge etter at de er utplassert, særlig ved bruk av gammastråle-glimttagger (gamma-ray pip-tags) i sensorene. Disse gammastråle-

glimttaggene avgir distinkte radioaktive "signaturer" som står i klar kontrast til gammastråle-bakgrunnsprofilene eller signaturene for de forskjellige lokale underjordiske formasjoner, slik at de derved letter en bestemmelse av hver sensors beliggenhet i formasjonen. Ved et visst fremdriftstrinn under ferdigstillingsfasen av brønnen vil en fôringsbønn bli installert i borebrønnen. Etter at borebrønnen er blitt
5 fôret med fôringsstrengen og denne fôring er blitt sementert, hvis nødvendig, vil vanlig elektromagnetisk kommunikasjon med de enkelte fjernsensorer utenfor fôringen ikke lenger være mulig fra det indre av borebrønnen. Hvis det ikke foreligger noen effektive midler for å kommunisere med en intelligent sensor som er blitt inn-
10 leiret utenfor den fôrede borebrønn i formasjonen, så vil denne datafôler ikke lenger være til noen nytte. For at de fjerntliggende intelligente sensorer skal kunne avgir kontinuerlig overvåkingsinformasjon under hele borebrønnens produktive liv, så må således kommunikasjon med de intelligente sensorene bli gjenopprettet. For å kunne optimalisere kommunikasjonen med disse datafôlere, så må videre
15 fôlerens beliggenhet kunne fastlegges etter av borebrønnen er blitt fôret og sementert.

De redskaper og metoder som er beskrevet i de ovenfor nevnte patenter med sluttsifre '468, '581, '139, '505 og '223 er ikke beregnet på bruk i fôrede borebrønner, og er vanligvis ikke permanent tilsluttet borebrønnen eller formasjonen.
20 Formasjonsutprøvningsredskaper på fremgangsmåter som er beregnet for bruk i fôrede borebrønner er imidlertid vel kjent innenfor dette tekniske felt, slik det som f.eks. vil fremgå av US-patentskrifter nr. 5 065 619, 5 195 588 og 5 692 565.

Patentet med sluttsifre '619, og som er overdratt til Halliburton Logging Services, Inc., angir utstyr for undersøkelse av trykket i en formasjon utenfor fôringen i en borebrønn som gjennomskjærer formasjonen. En "oppbakkings-sko"
25 rager hydraulisk ut fra den ene side av en trådleddnings-formasjonsmåler for å bringes i kontakt med fôringsrørveggen, og en utprøvningssonde rager hydraulisk ut fra den annen side av måleren. Denne sonde omfatter en omgivende tetningsring som danner en avtetting mot fôringsrørveggen på motsatt side av oppbakkings-skoen. En liten formet sprengladning er plassert i midten av tetningsringen for å
30 kunne gjennomhulle fôringen og det omgivende sementlag, hvis dette foreligger.

Formasjonsfluid strømmer da gjennom perforeringen og tetningsringen inn i en strømningsledning for overføring til en trykksensor og et par tanker for fluidbehandling og stikkprøveuttak

Patentet med sluttsifre '588, og som også er overdratt til innehaveren av foreliggende oppfinnelse, angir forbedringer på de formasjons-utprøvere som perforerer fôringen for å vinne tilgang til formasjonen på utsiden av denne fôring ved å sørge for midler for tilplugging av fôringshullet. Nærmere bestemt angir '588-patentet et verktøy som er i stand til å plugge igjen en perforering mens redskapet fremdeles befinner seg innstilt i den posisjon hvor perforeringen ble utført. Lukking av den eller de foreliggende perforeringer ved et passende tidspunkt ved gjenplugging utelukker muligheten for tap av borebrønnsfluid inn i formasjonen og/eller degradering av formasjonen. Den hindrer også ukontrollert innløp av formasjonsfluid i borebrønnen, hvilket kan være skadelig, slik som i tilfellet gassinntrengning.

Patentet med sluttsifre '565, som også er overdratt til Schlumberger Technology Corporation, beskriver et ytterligere forbedret apparat samt en fremgangsmåte for stikkprøveuttak fra en formasjon utenfor en fôret borebrønn, idet denne oppfinnelsesgjenstand utnytter en bøyelig boringsaksel for å frembringe en mer ensartet fôringsperforering enn det som er tilfellet med en formet sprengladning. Denne uniforme perforering gir større sikkerhet for at fôringen vil bli korrekt gjenplugget, da de formede ladninger frembringer ujevne perforeringer som det kan være vanskelig å plugge igjen og ofte krever både en faststoff-plugg og et formbart tetningsmateriale. Den jevne perforering som dannes ved hjelp av den bøyelige boringsaksel vil således øke påliteligheten ved bruk av pluggen for å avtette fôringen. Så snart fôrings-perforeringene er tilplugged, vil det imidlertid ikke foreligge noen mulighet for å kommunisere med formasjonen uten å gjenta perforeringsprosessen. Men også i dette tilfellet vil slik formasjonskommunikasjon bare være mulig så lenge formasjons-utprøveren er innstilt i borebrønnen og fôrings-perforeringen forblir åpen.

For å kunne overvinne de problemer og mangler som foreligger i den beslektede teknikk, er det et hovedformål for foreliggende oppfinnelse å frembringe

en fremgangsmåte og et apparat for å gjenopprette kommunikasjon med fjernutlagte intelligente sensorer gjennom fôringsrørveggen og sementlaget i en fôret borebrønn

Det er et ytterligere formål å frembringe en fremgangsmåte og et apparat for å bestemme beliggenheten av hver slik intelligent sensor i den underjordiske formasjon i forhold til fôringsrørveggen

Det er enda et formål å frembringe en fremgangsmåte og et apparat for å frembringe en åpning i den fôringsrørvegg og det sementlag som omgir en fôret borebrønn i nærheten av det sted hvor en intelligent sensor eller en gruppe av intelligente sensorer befinner seg

Det er et ytterligere formål å frembringe en fremgangsmåte og et apparat for å installere en antenne i den frembrakte åpning og i avtettet forhold til fôringsrørveggen med det formål å kommunisere med den eller de foreliggende fjernsensorer

Det er enda et ytterligere formål å angi en fremgangsmåte og frembringe et apparat for å overføre kommandosignaler til de fjerne intelligente sensorene og å motta datasignaler fra disse intelligente sensorer over den installerte antenne for å overvåke borebrønnen

Det er et ytterligere formål å frembringe en datamottaker som utnytter et mikrobølge-hulrom og kan anbringes inne i borebrønnen for å kommunisere med den eller de utenforliggende intelligente sensorer over den eller de installerte antenner

SAMMENDRAG AV OPPFINNELSEN

De formål som er beskrevet ovenfor, såvel som andre forskjellige formål og fordeler er oppnådd ved hjelp av en fremgangsmåte og et apparat som etter at fôringsrøret er blitt installert i en borebrønn, muliggjør kommunikasjon med en intelligent sensor som er blitt fjernplassert i en underjordisk formasjon som gjennomtrenges av borebrønnen, før fôringsrøret er blitt installert i den utplasserte dybde. Kommunikasjon opprettes ved å installere en antenne i fôringsrørveggen, og derpå innføre en datamottaker i den fôrede borebrønn for å kunne kommunisere med den intelligente sensoren over antennen for å motta formasjons-datasignaler som avføles og utsendes av den intelligente sensoren

I en foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse blir beliggenheten av den intelligente sensoren i den underjordiske formasjon fastlagt før antennen installeres, slik at antennen kan anbringes i en åpning i føringsrørveggen i nærheten av den intelligente sensorens beliggenhet. Det foretrekkes også at den intelligente sensoren utstyres med midler for utsendelse av et signatursignal som gjør det mulig å fastlegge plasseringen av den intelligente sensoren ved avføring av signatursignalet. I denne forbindelse er den intelligente sensoren fortrinnsvis utført med en gammastråle-glimttagg for å sende ut et glimttagg-signatursignal. Plasseringen av den intelligente sensoren bestemmes ved først å opprette en gammastråle-logg for den åpne borebrønn, og derpå bestemme den intelligente sensorens dybde ved å utnytte det åpne borehulls gammastråle-logg og glimttagg-signatursignalet for vedkommende den intelligente sensor, samt derpå å fastlegge asimut for den intelligente sensoren i forhold til borebrønnen ved å anvende en gammastråle-detektor og glimttagg-signatursignalet. Asimut-verdien fastlegges fortrinnsvis ved å anvende en kollimert gammastråle-detektor.

Antennen blir fortrinnsvis installert og avtettet i en åpning i føringen under anvendelse av et trådleknings-verktøy. Dette trådleknings-verktøy omfatter midler for å identifisere den intelligente sensorens asimut i forhold til borebrønnen, utstyr for å dreie verktøyet til den fastlagte asimut-vinkel, utstyr for å bore eller på annen måte danne en åpning gjennom føringen og sementen i den fastlagte asimut-retning, samt midler for å installere antennen i åpningen og i avtettet forhold til føringsrøret.

Datamottakeren innføres fortrinnsvis i den førede borebrønn på en trådleknings- og omfatter et mikrobølge-hulrom.

I et annet aspekt, omfatter foreliggende oppfinnelse boring av en borebrønn med en borestreng som har en borekrage og en borekrone. Borekragen har en intelligent sensor innrettet for fjernplassering inne i en valgt underjordisk formasjon som gjennomskjæres av borebrønnen, for derved å avføle og utsende datasignaler som representerer forskjellige parametre for formasjon. Før borebrønnen er fullstendig føret, blir den intelligente sensoren fjernet fra borekragen og ført inn i den valgte underjordiske formasjon. Etter at føringsrør er blitt installert i borebrønnen, blir en antenne anbrakt i en åpning som er utformet i føringsrørveggen. En

datamottaker blir derpå innført i den førede borebrønn for å kommunisere med den intelligente sensoren over antennen med det formål å motta formasjons-data-signaler som er avfølt og utsendt av den intelligente sensoren

I et annet aspekt gjelder foreliggende oppfinnelse bruk av en borekrage
5 som utgjør et vektør med et verktøy som har avfølingsmidler som kan beveg-
fra en tilbaketrunket stilling inne i verktøyet til en fremskutt posisjon inne i den und-
erjordiske formasjon på utsiden av borebrønnen. Avfølingsutstyret har indre elek-
troniske kretser som er utført for å avføle valgte formasjonsparametre og frem-
bringe datautgangssignaler som representerer de avføyte formasjonsparametre
10 Når vektøret og verktøyet er posisjonsinnstilt i en ønsket stilling i forhold til en
underjordisk formasjon av interesse, blir avfølingsutstyret fjernet fra en tilbaketrunk-
ket stilling inne i verktøyet til en utplassert posisjon inne i den underjordiske forma-
sjon av interesse og i avstand fra vektøret samt på utsiden av borebrønnen. Etter
at føeringsrør er blitt installert i borebrønnen blir beliggenheten av den intelligente
15 sensoren i den underjordiske formasjon fastlagt, og en antenne installeres i en
sideåpning gjennom føeringsrørveggen i avtettet forhold til føeringsrøret og nær den
intelligente sensorens beliggenhet. En mottakerinnretning blir så innført i den fø-
ede borebrønn og de elektroniske kretser i avfølingsutstyret blir elektronisk akti-
vert, hvilket bringer avfølingsutstyret til å avføle de valgte formasjonsparametre og
20 sende ut datasignaler som representerer disse avføyte formasjonsparametre. De
utsendte datasignaler blir så mottatt av mottakerutstyret.

Ved enda et annet aspekt av foreliggende oppfinnelse, omfatter oppfinnel-
sesgjenstanden et vektør innrettet for å påføres en borestreng og utstyrt med en
sensor-beholder. En inspeksjonssensor er anbrakt inne i sensor-beholderen på
25 vektøret og er utstyrt med elektroniske kretser for å avføle utvalgte formasjons-
data, samt for å motta kommandosignaler og sende ut datasignaler som angir de
avføyte formasjonsdata. Den fjernplasserte inspeksjonssensor er innrettet for side-
veis utplassering fra føler-beholderen til en plassering inne i den underjordiske for-
masjon utenfor borebrønnen. En antenne for kommunikasjon med den utenforligg-
ende inspeksjonssensor er utstyrt med midler for etter installasjonen av bore-
30 brønnsføringen å frembringe en åpning i føeringsrørveggen i nærheten av den

Utlagte inspeksjonssensor samt for å innføre antennen i den frembrakte åpning i avtettet forhold til føringsrørveggen. En datamottaker innrettet for innføring i borebrønnen og utstyrt med elektroniske kretser for å sende ut kommandosignaler over antennen etter antenneinstallasjonen, samt for å motta formasjons-datasignaler over antennen fra den utenforliggende inspeksjonssensor, er også anordnet

Fortrinnsvis er sender- og mottaker-kretsene i datamottakeren innrettet for å sende ut kommandosignaler på en frekvens F og for å motta datasignaler på en frekvens $2F$, mens mottaker- og sender-kretsene for den bortenforliggende inspeksjonssensor er innrettet for å motta kommandosignaler på en frekvens F samt for å sende ut datasignaler på en frekvens $2F$

Fortrinnsvis omfatter den bortenforliggende inspeksjonssensor en elektronisk lagringskrets for å samle opp formasjonsdata over en viss tidsperiode. De dataavføende kretser i inspeksjonssensoren omfatter fortrinnsvis utstyr for å føre inn formasjonsdata i den elektroniske lagringskrets samt en spole-reguleringskrets for å motta utgangssignaler fra den elektroniske lagringskrets og for å aktivere mottaker- og sender-kretsene i den fjernliggende inspeksjonssensor til å sende ut signaler som representerer de avfødte formasjonsdata fra utplasseringsstedet for den fjernliggende inspeksjonsføler til sender- og mottaker-kretsene i datamottakeren

Oppfinnelsen er angitt i de vedføyde patentkravene

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

For å forstå hvorledes de ovenfor omtalte formål og fordeler ved foreliggende oppfinnelse er oppnådd og forstås i detalj, vil en mer grundig beskrivelse av den oppfinnelse som er kort sammenfattet ovenfor, bli gitt under henvisning til den foretrukne utførelse av oppfinnelsen og som er vist på de vedføyde tegninger, som da inngår som en del av den følgende beskrivelse

Det bør imidlertid bemerkes at de vedføyde tegninger bare viser en eneste typisk utførelse av foreliggende oppfinnelse og derfor ikke må betraktes som begrensende for dens omfang, idet oppfinnelsen også muliggjør andre like effektive utførelser

Det skal da henvises til tegningene, hvorpå

fig 1 er en oppriss-skisse av en borestreng-seksjon i en borebrønn, og viser et vektør samt en utenforliggende plassert intelligent sensor som er blitt utplassert fra vektøret inn i en underjordisk formasjon av interesse,

5 fig 2 er en snittskisse gjennom den underjordiske formasjon etter at føringsrør er blitt installert i borebrønnen, og med en antenne anbrakt i en åpning gjennom føringsrørveggen og sementlaget i umiddelbar nærhet med den utenforliggende utplasserte dataføler,

fig 3 viser skjematisk et trådleddningsredskap plassert inne i føringsrøret og med øvre og nedre rotasjonsverktøy samt et mellomliggende antenne-installasjonsverktøy,

fig 4 er en skjematisk skisse av det nedre rotasjonsverktøy tatt langs en snittlinje 4-4 i fig 3,

fig 5 er en sideveis strålingsprofil tatt i en valgt borebrønnsdybde for å vise gammastråle-signaturen for en intelligent sensor-glimttagg i kontrast med den underjordiske formasjons bakgrunns-gammastrålesignatur,

fig 6 viser skjematisk og i snitt et verktøy for å frembringe en perforering i føringsrøret og installere en antenne i denne perforering for kommunikasjon med den intelligente sensoren,

20 fig 6A viser et par føringsplater som anvendes av antenneinstallasjonsverktøyet for å fremføre en bøyelig aksel som anvendes for å gjennomhulle føringsrøret,

fig 7 er et flytskjema som viser driftsprosess-sekvensen for det verktøy som er vist i fig 6,

25 fig 8 viser et snitt gjennom et alternativt verktøy for perforering av føringsrøret,

fig 9A-9C er påfølgende snittskisser som viser installasjonen av en antenneutførelse i perforeringshullet i føringsrøret,

fig 9D er en snittskisse av en andre utførelse av antennen installert i føringsrør-perforeringen,

30 fig 10 er en detaljert skisse som viser et snitt gjennom det nedre parti av antenne-installeringsverktøyet, og særlig antennemagasinet og installasjonsmekanismen for den antenneutførelse som er vist i fig 9A-9C,

fig 11 er en skjematisk skisse av datamottakeren som er plassert inne i føringsrøret for kommunikasjon med den utenforliggende utplasserte dataføler over en antenne som er installert gjennom perforeringen i føringsrørveggen, og anskueliggjør elektriske og magnetiske felter inne i et mikrobølge-hulrom i datamottakeren,

fig 12 er en opptegning av datamottakerens resonansfrekvens som en funksjon av mikrobølge-hulrommets lengde,

fig 13 er en skjematisk skisse av den datamottaker som kommuniserer med den intelligente sensoren, og omfatter et blokkskjema av datamottakerens elektronikk,

fig 14 er et blokkskjema av datafølerens elektronikk, og

fig 15 er et pulsbredde-modulasjonsskjema som angir tidsforløpet av data-signaloverføringen mellom den intelligente sensoren og datamottakeren

BESKRIVELSE AV FORETRUKKET UTFØRELSE

Det skal nå henvises til tegningene og først til fig 1, hvor det i henhold til foreliggende oppfinnelse er vist utboring av en borebrønn WB med en borestreng DS som har et vektør 12 og en borekrone 14. Vektørret har flere intelligente inspeksjons-sensorer 16 som bæres på vektøret for innføring i borebrønnen under utbøringsarbeidet. Som det vil bli nærmere beskrevet nedenfor, har de intelligente sensorene 16 elektronisk instrumentering og integrerte kretser for avføling av utvalgte formasjonsparametre, samt elektroniske kretser for å motta valgte kommandosignaler og frembringe data-utgangssignaler som representerer de avfølte formasjonsparametre.

Hver intelligente sensor 16 er utført for å kunne utplasseres fra sin tilbaketrunkne eller lagrede stilling 18 på vektørret 12 til en utenforliggende beliggenhet inne i en utvalgt underjordisk formasjon 20 som gjennomskjæres av borebrønnen WB for å kunne avføle og sende ut datasignaler som angir forskjellige parametre, slik som formasjonstrykk, temperatur og permeabilitet for den valgte formasjon. Når således vektørret 12 er plassert av borestrengen DS på et ønsket sted i forhold til den underjordiske formasjonen 20, vil den intelligente sensoren 16 bli forflyttet til en utplassert posisjon inne i den underjordiske formasjon 20 utenfor borebrønnen WB drevet ut av et drivmiddel eller et hydraulisk støtstempel, eller annen

lignende kraftvirkning med utgangspunkt i vektørret og som påvirker den intelligente sensoren. Slik drevet bevegelse er beskrevet i detalj i US-patentsøknad nr 09/019 466 i forbindelse med et vektør som er forsynt med utplasseringsutstyr.

Utplassering av et ønsket antall av slike intelligente sensorer finner sted i forskjellige borebrønnsdybder fastlagt av de nivåer hvorfra formasjonsdata ønskes. Så lenge borebrønnen forblir åpen eller ufôret, vil de utplasserte intelligente sensorer kunne kommunisere direkte med vektør, sonde eller trådlineverktøy som inneholder en datamottaker, slik det også er beskrevet i '466-søknaden, for å overføre data som angir formasjonsparametre til en lagringsmodul i datamottakeren for midlertidig lagring, eller direkte til jordoverflaten over datamottakeren.

Ved et visst tidspunkt under ferdigstillingen av brønnen vil borebrønnen være fullstendig fôret og fôringsrøret vil vanligvis være sementert på plass. Etter dette tidspunkt vil normal kommunikasjon med utplasserte intelligente sensorer som ligger i formasjonen 20 utenfor borebrønnen WB ikke lenger være mulig. Kommunikasjon må således gjenopprettes med de utplasserte intelligente sensorer gjennom den fôringsrørvegg og det sementlag, hvis dette foreligger, som fører borebrønnen.

Det skal nå henvises til fig. 2, som angir at kommunikasjon gjenopprettes ved å frembringe en åpning 22 i fôringsrørveggen 24 og sementlaget 26, og derpå installere en avettet antenne 28 i åpningen 22 i fôringsrørveggen. For optimal kommunikasjon bør imidlertid antennen 28 være plassert i en posisjon nær eller inntil den utlagte intelligente sensor. For å muliggjøre effektiv elektromagnetisk kommunikasjon er det å foretrekke at antennen anbringes innenfor 10-15 cm fra vedkommende intelligent sensor eller sensorer i formasjonen. Beliggenheten av de intelligente sensorene i forhold til den fôrede borebrønn må således fastlegges.

Fastleggelse av datafølers beliggenhet

For å kunne bestemme plasseringen av datafølerne, må disse intelligente sensorer være utstyrt med midler for å sende ut hvert sitt identifiserende signatur-signal. Nærmere bestemt må de intelligente sensorene være utstyrt med gamma-stråle-glimttagg 21 for utsendelse av et glimttagg-signatursignal. Denne glimttagg

er en smal strimmel av papirlignende materiale som er mettet med en radioaktiv løsning og plassert inne i den intelligente sensoren 16 for å kunne stråle ut gammastråler

Beliggenheten av hver intelligent sensor blir da fastlagt ved en totrinns prosess. Først blir den intelligente sensorens dybdeplassering bestemt ved anvendelse av en gammastrålelogg i åpent hull, og som opprettes for borebrønnen etter at datafølerne 16 er utlagt, samt ut i fra det kjente glimttagg-signatursignal for den intelligente sensoren. Den intelligente sensoren vil kunne identifiseres på loggen for det åpne hull på grunn av at den radioaktive utstråling fra glimttaggen 21 vil bringe den lokalt omgivende gammastråle-bakgrunn til å økes i det område hvor dataføleren befinner seg. Denne gammastråle-bakgrunn vil da klart kunne utskilles på loggen i den intelligente sensorens utplasseringsområde sammenlignet med strålingsbakgrunnen i sonene på oversiden og undersiden av sensoren. Dette vil bidra til å fastlegge den vertikale dybde og posisjon for den intelligente sensoren.

Den intelligente sensorens asimut-plassering i forhold til borebrønnen vil så bli fastlagt ved anvendelse av en gammastråledetektor og den intelligente sensorens glimttagg-signatursignal. Asimut bestemmes da ved å anvende en kollimert gammastråle-detektor, slik det vil bli nærmere beskrevet nedenfor i forbindelse med et flerfunksjons-trådleddingsverktøy.

Antennen 28 blir fortrinnsvis installert og avtettet i åpningen 22 i føringen ved bruk av et trådleddings-verktøy. Dette trådleddingsverktøy, som generelt er angitt ved 30 i fig. 3 og 4, er et komplisert apparat som utfører flere arbeidsfunksjoner og omfatter øvre og nedre rotasjonsverktøy 34, 36 samt et mellomliggende antenne-installasjonsverktøy 38. Fagkyndige på området vil erkjenne at verktøyet 30 kunne være like effektivt i det minste for noen av sine tilsiktede formål som en borestreng-sub eller -redskap, selv om dets beskrivelse her ville være begrenset til en utførelse som trådline-redskap.

Trådline-redskapet 30 senkes ned på en trådline eller kabel 31, og lengden av denne vil bestemme dybden av redskapet 30 i borebrønnen. Dybdemålere kan anvendes for å måle kabeluttrekket over en bæremekanisme, slik som et skivehjul, og angir da trådline-verktøyet dybdebeliggenhet på en måte som vil være velkjent innenfor fagområdet. På denne måte vil trådline-redskapet 30 kunne an-

bringes i samme dybde som dataføleren 16. Dybden av trådline-redskapet 30 kan også måles ved hjelp av elektriske, nukleære eller andre følere som korrelerer dybden med tidligere målinger som er utført i borebrønnen eller med fôringsrørets lengde. Kabelen 31 utgjør også et middel for å kommunisere med regulerings- og
5 behandlingsutstyr på jordoverflaten over kretser som bæres i kabelen.

Trådlednings-redskapet omfatter videre utstyr, i form av øvre og nedre rotasjonsverktøy 34, 36 for å dreie trådline-redskapet 30 til den fastlagte asimut, etter å ha blitt nedsenket til den korrekte den intelligente sensor-dybde, slik den er fastlagt ut i fra det første trinn i lokaliseringsprosessen for den intelligente sensoren.
10 En utførelse av et enkelt rotasjonsverktøy er angitt ved det øvre rotasjonsverktøy 34 som er vist i fig. 3 og 4, og omfatter et sylinderformet legeme 40 med et sett av to drivhjul 42, 44 i samme plan og som rager ut gjennom en side av legemet. Disse drivhjul blir trykket mot fôringsrøret av et drivende hydraulisk oppbakkingsstempel 46 på vanlig måte. Utdrivning av det hydrauliske stempel 46 vil da drive
15 hjulet 48 til kontakt med den indre fôringsrørvegg. På grunn av at fôringen 24 er sementert i borebrønnen WB, og således fast forbundet med formasjonen 20, vil fortsatt utdrivning av stempelet 46 etter at presshjulet 48 har kommet i kontakt med innsiden av fôringsrørveggen tvinge drivhjulene 42, 44 mot den indre fôringsrørvegg på motsatt side i forhold til presshjulet.

20 De to drivhjul på hvert rotasjonsverktøy drives over hvert sitt tannhjulsdrev, slik som tannhjulene 45a og 45b, fra en elektrisk servomotor 50. Primærtannhjulet 45a er forbundet med motorens utgangsaksel for rotasjon sammen med denne. Rotasjonskraften overføres til drivhjulene 42, 44 over sekundære tannhjul 45b, og friksjonen mellom drivhjulene og den indre fôringsrørvegg bringer trådline-redskapet 30 til å dreies etterhvert som drivhjulene 42, 44 "krabber" langs innsiden av
25 fôringen 24. Denne drivvirkning utføres både av det øvre og det nedre rotasjonsverktøy 34, 36 for å muliggjøre dreining av hele redskaps-sammenstillingen 30 inne i fôringsrøret 24 om fôringsrørets lengdeakse.

Antenne-installasjonsverktøyet 38 omfatter utstyr for å fastlegge asimut for
30 den intelligente sensoren 16 i forhold til borebrønnen WB i form av en kollimert gammastråle-detektor 32, hvilket da utgjør det andre trinn i den bestemmelsesprosess som går ut på å bestemme den intelligente sensorens beliggenhet. Som angitt tidligere, kan den kollimerte gammastråle-detektor 32 anvendes for å detek-

tere strålingssignaturen for alt som er plassert i dens deteksjonssone. Denne kollimerte gammastråle-detektor som vil være velkjent i boringsindustrien, er utstyrt med skjermende materiale som er anbrakt omkring en tallium-aktivert natriumjodid-krystall, bortsett fra et lite åpent område med detektorvinduet. Dette åpne område er buet og av liten utstrekning for nøyaktig fastleggelse av den intelligente sensorens asimut.

En 360 graders dreining av trådline-redskapet under utgangs-dreiemomentet fra motoren 50 inne i føringen 24 vil således åpenbare et sideveis strålingsmønster i enhver bestemt dybde hvor trådline-redskapet, eller nærmere bestemt den kollimerte gammastråle-detektor befinner seg. Ved å anbringe gammastråle-detektoren i den dybde hvor den intelligente sensoren 16 befinner seg, vil det siderettede strålingsmønster omfatte den intelligente sensorens gammastrålesignatur overfor en målt basislinje. Denne målte basislinje har sammenheng med den grad av detektert gammastråling som tilsvarer den foreliggende lokale formasjonsbakgrunn. Glimttagg for hver dataføler vil gi et sterkt signal ovenpå denne basislinje og fastlegge den asimutretning hvori den intelligente sensoren befinner seg, slik som angitt i fig. 5. På denne måte kan antenne-installeringsverktøyet 38 bringes til å "peke" meget nær i retning av den intelligente sensoren av interesse.

Arbeidsfunksjonen for verktøyet 38 er nærmere anskueliggjort ved flytskjema-sekvensen i fig. 7, som nå vil bli nærmere beskrevet. Ved dette tidspunkt er trådleddings-redskapet 30 posisjonsinnstilt i korrekt dybde og orientert til korrekt asimutretning, slik som angitt ved blokk 800 i fig. 7, og vil være riktig plassert for utboring eller på annen måte å danne en sideveis åpning 22 gjennom føringsrøret 24 og sementlaget 26 i nærheten av den posisjonsbestemte dataføler 16. For dette formål utnyttes i henhold til foreliggende oppfinnelse en modifisert versjon av verktøyet for formasjons-prøvetagning som er beskrevet i US-patent nr 5 692 565, som også er overdratt til innehaver av foreliggende oppfinnelse. Dette '565-patent tas da inn her som referanse i sin helhet.

30 Føringsrørperforering og antenneinstallasjon

Fig. 6 viser en utførelse av perforeringsverktøyet 38 for å danne den laterale åpning i føringsrøret 24 og installasjon av en antenne i denne. Verktøyet 38 er anbrakt inne i trådleddings-redskapet 30 mellom det øvre og det nedre rotasjons-

verktøyet 34, 36 og har et sylinderformet legeme 217 som omgir et indre hus 214 og tilhørende komponenter. Forankringsstempler 215 blir hydraulisk aktivert på vanlig måte for å drive en verktøypakning 217b mot innsiden av føringsrøret 24, for derved å danne en trykktett avtetning mellom antenne-installasjonsverk-
 5 tøyet 38 og føringsrøret 24, samt for å stabilisere redskapet 30, slik som angitt ved blokk 801 i fig. 7.

Fig. 3 angir skjematisk et alternativ til pakningen 217b i form av en hydraulisk pakningssammenstilling 41, som omfatter en avtettingspute på en bæreplate som kan beveges ved hjelp av hydrauliske stempler til avtettende inngrep med før-
 10 ingsrøret 24. Fagkyndige på området vil erkjenne at andre tilsvarende midler er like godt egnet for å opprette en tetning mellom antenne-installasjonsverktøyet 38 og føringsrøret omkring det område som skal gjennomhulles.

Det skal nå henvises tilbake til fig. 6, hvor det er vist at det indre hus 214 er understøttet for bevegelse inne i legemet 217 langs legemets akse ved hjelp av
 15 husets forskyvningsstempel 216, slik det vil bli nærmere beskrevet nedenfor. Huset 214 inneholder tre underinnretninger, nemlig utstyr for å perforere føringsrøret, utstyr for å utprøve trykktetningen på føringsrøret, samt midler for å installere en antenne i perforeringen. Bevegelsen av det indre hus 214 ved hjelp av forskyvningsstemplet 216 posisjonsinnstiller komponentene i hver av husets tre indre
 20 underinnretninger over den avtettede føringsrør-perforering.

Den første av de indre underinnretninger i huset 214 omfatter en bøyelig aksel 218 som fremføres gjennom tilpassede føringsplater 242, hvorav en er vist i fig. 6A. Borekronen 219 roteres ved hjelp av den bøyelige aksel 218 som drives av drivmotoren 220, og som er fastholdt av en motorbrakett 221. Denne motorbrakett
 25 221 er festet til forskyvningsmotoren 222 ved hjelp av en gjenget aksel 223 som befinner seg i inngrep med en mutter 221a som er festet til motorbraketten 221. Forskyvningsmotoren 222 vil således rotere den gjengede aksel 223 til å bevege drivmotoren 220 oppover og nedover i forhold til det indre hus 214 og føringsrør 24. Bevegelse nedover av drivmotoren 220 påfører en nedoverrettet kraft på den
 30 bøyelige aksel 218 og øker derved gjennomtrengningstakten for borekronen 219 gjennom føringsrøret 24. En J-formet kanal 243 utformet i føringsplatene 242 overfører den nedoverrettede kraft som påføres akselen 218 til en tverrettet kraft på borekronen 219, og hindrer også akselen 218 fra å utbuktes under den trykk-

belastning som påføres borekronen. Etter hvert som borekronen trenger gjennom føringsrøret, danner den en ren ensartet gjennomhulling som er meget å foretrekke fremfor den som oppnås ved hjelp av formede sprengladninger.

Boringsprosessen er representert ved blokken 802 i fig. 7. Etter at føringsrørperforeringen er blitt utboret, blir borekronen 219 tilbaketrukket ved å reversere omdreiningretningen for forskyvningsmotoren 222.

Den andre indre underinnretning i huset 214 har sammenheng med utprøvingen av trykktetningen på føringsrøret. For dette formål blir hus-forskyvningsstemplet 216 energisert fra reguleringsutstyr på jordoverflaten over kretser som er ført gjennom kabelen 31 for forskyvning av det indre hus 214 oppover for derved å bevege pakningen 217c omkring åpningen i huset 217. Paknings-innstillingsstempelet 224b blir så aktivert til å drive pakningen 217c mot innsiden av huset 217, slik at det derved dannes en avtettet passasje mellom føringsrørperforeringen og strømningskanalen 224, slik som angitt ved blokk 803. Formasjonstrykket kan da måles på vanlig måte, og en fluid-stikkprøve kan tas ut hvis så ønskes, som angitt ved blokk 804. Så snart de tilsiktede målinger og stikkprøver er blitt tatt, blir stempelet 224b trukket tilbake for å trekke med seg pakningen 217c, slik som angitt i blokk 805.

Fig. 8 viser alternativt utstyr for utboring av en perforering i føringsrøret, innbefattet en tannhjulsutveksling 330 i rett vinkel og som overfører det dreiemoment som frembringes av en tilkopledd drivaksel 332 til et dreiemoment på borekronen 331. Aksialkraft påføres borekronen 331 av et hydraulisk stempel (ikke vist) som energiseres av det fluid som avgis gjennom strømningskanalen 333. Dette hydrauliske stempel aktiveres på vanlig måte til å forskyve tannhjulsutvekslingen 330 i retning av borekronen 331 ved hjelp av et støttelegeme 334 som er innrettet for glidebevegelse langs banen 335. Så snart føringsrør-gjennomhulling er fullført, blir tannhjulsutvekslingen 330 og borekronen 331 trukket tilbake fra perforeringen ved bruk av det hydrauliske stempel.

Husforskyvningsstemplet 216 blir så aktivert til å forskyve det indre hus 214 oppover enda mer for å rette inn antennemagasinet 226 i posisjon og over føringsrørperforeringen, slik som angitt ved blokk 806. Antenne-innsetningsstempelet

225 blir så aktivert for å drive en antenne 28 fra magasinet 226 inn i fôringsrørperforeringen. Arbeidssekvensen ved innsetting av antennen er nærmere vist i fig 9A-9C, og 10

Under henvisning først til fig 9A-9C er det vist at antennen 28 omfatter to
5 sekundære komponenter som er utført for fullt ut å kunne sammenstilles inne i fôringsrørperforeringen, nemlig en rørformet sokkel 176 og et avsmalnende legeme 177. Den rørformede sokkel 176 er utført i et elastomer-materiale beregnet på å motstå de krevende omgivelser i borebrønnen, og inneholder en sylindereformet åpning gjennom sin akterende samt en avsmalnende åpning med liten diameter
10 gjennom sin for-ende. Den rørformede sokkel er også utstyrt med en bakre leppe 178 for å begrense utstrekningen av antennens bevegelse inn i fôringsrørperforeringen, samt en mellomliggende ribbe 179 mellom forsenkede områder for å bidra til å opprette en trykktett avtetting i perforeringen.

Fig 10 viser i detalj et avsnitt av sammenstillingen for antenneinnsetning
15 inntil antennemagasinet 226. Innsetningsstemplet 225 omfatter et ytre stempel 171 og et indre stempel 180. Innsetting av antennen i fôringsrørperforeringen er en totrinns prosess. Til å begynne med under innsetningsprosessen blir begge stempler 171, 180 aktivert til å beveges tvers over hulrommet 181 og trykke en antenne 28 inn i fôringsrørperforeringen. Denne prosess bringer både det avskrå-
20 nede antennelegeme 177, som allerede er delvis innsatt i åpningen i den bakre ende av den rørformede sokkel 176, og den rørformede sokkel 176 til å forskyves mot fôringsrørperforeringen, slik som angitt i fig 9A. Når den bakre leppe 178 kommer til anlegg mot innsiden av fôringsrørveggen 24, slik som vist i fig 9B, vil det ytre stempelet 171 stoppe, men fortsatt påføring av hydraulisk trykk på stem-
25 pelsammenstillingen bringer det indre stempel 180 til å overvinne kraften fra fjær-sammenstillingen 182 å trengte frem gjennom den sylindereformede åpning i den bakre ende av den rørformede sokkel 176. På denne måte blir det avsmalnende legeme 177 i sin helhet innført i den rørformede sokkel 176, slik som vist i fig 9C.

Det avsmalnende antennelegeme 177 er utstyrt med en langstrakt antenne-
30 pinne 177a, en konusformet isolasjonsmuffe 177b og et ytre isolerende sjikt 177c, slik som vist i fig 9C. Antennepinnen 177a strekker seg utover bredden av fôringsrørperforeringen 22 i hver ende av pinnen for å motta datasignalet fra dataføleren 16 og kommunisere signaler til datamottakeren som befinner seg i borebrøn-

nen, slik det vil bli nærmere beskrevet nedenfor. Isolasjonsmuffen 177b er avsmalnet nær for-enden av antennen for å danne en interferenskle-lignende pasning inne i den avskrånede åpning i for-enden av den rørformede sokkel 176, slik at det derved opprettes en trykktett avtetting i grensesnittet mellom antennen og perforeringshullet

Magasinet 226 som er vist i fig. 10, lagrer flere antenner 28 og mater ut antenne under installeringsprosessen. Etter at en antenne 28 er installert i et fôringsrørhull, blir stempelsammenstillingen 225 trukket fullstendig tilbake og en annen antenne drives oppover av fjæren 186 i skyvesammenstillingen 183. På denne måte kan flere antenner installeres i fôringsrøret 24.

En alternativ antennestruktur er vist i fig. 9D. I denne utførelse er antennen 312 permanent innsatt i isolasjonsmuffen 314, som i sin tur er permanent innsatt i innstillingskonusen 316. Isolasjonsmuffen 314 er sylinderformet, og innsetningskonusen 316 har en konisk utside samt en sylinderformet indre utboring som er dimensjonert for å motta utsiden av muffen 314. Innsetningsmuffen 318 har en konisk indre utboring som er dimensjonert til å motta utsiden av innstillingskonusen 316, og den ytre overflate av muffen 318 er svakt avskrånet for derved å lette dens innføring i fôringsrørperforeringen 22. Ved å påføre motsatt rettede krefter på konusen 316 og muffen 318 blir det oppnådd en interferenspasing metall til metall for å avtette antenne-sammenstillingen 310 i perforeringen 22. Ved påføring av kraft over motsatt rettede hydraulisk drevne stempler i retning av de piler som er vist i fig. 9D, vil drive utsiden av muffen 318 til å ekspandere og innsiden av konusen 316 til å trekke seg sammen, hvilket fører til en avtetting av perforeringen eller åpningen 22 metall til metall overfor antennesammenstillingen.

Tettheten av den installerte antenne, enten den foreligger i den viste konfigurasjon i fig. 9A-9C, konfigurasjonen i fig. 9D eller en hvilken som helst annen konfigurasjon som like godt kan utnyttes i henhold til foreliggende oppfinnelse, kan utprøves ved atter å forskyve det indre hus 214 ved hjelp av forskyvningsstempelet 216 på en slik måte at målingspakningen 217c forskyves over den laterale åpning i huset 217, som tilbakestilling av pakningen med stempelet 224b, slik som angitt i blokk 808 i fig. 7. Trykk gjennom strømningskanalen 224 kan da overvåkes for å se om det foreligger lekkasjer, slik som angitt med blokk 809, ved bruk av et nedtrekkstempel eller lignende for å redusere strømningskanal-trykket. Når et

nedtrekks-stempel anvendes, vil en lekkasje bli angitt ved stigning av strømnings-kanal-trykket over nedtrekkstrykket etter at nedtrekkstempelet er pasifisert. Så snart trykkutprøvingen er fullført, blir forankringsstemplene 215 tilbaketrukket for å frigjøre verktøyet 38 og trådleddings-redskapet 30 fra føringsrørveggen, slik som angitt ved blokken 810. Ved dette tidspunkt kan redskapet 30 posisjonsinnstilles på nytt i føringsrøret for installasjon av andre antenner, eller også fjernes fra borebrønnen.

Datamottaker

Etter at antennen 28 er installert og korrekt avtettet på plass, blir et trådleddingsredskap som inneholder en datamottaker 60 innført i det førede borehull for kommunikasjon med den intelligente sensoren 16 over antennen 28. Datamottakeren 60 omfatter sender- og mottaker-kretser for å overføre kommandosignaler over antennen 28 til den intelligente inspeksjons-sensoren 16 og motta informasjons-datasignaler over antennen fra inspeksjonssensoren.

Nærmere bestemt, og med henvisning til fig. 11, blir kommunikasjon mellom datamottakeren 60 inne i føringsrøret 24 og den intelligente sensoren 16 som befinner seg på utsiden av føringsrøret, i en foretrukket utførelse oppnådd ved hjelp av to små sløyfeantenner 14a og 14b. Disse antenner er innleiret i en antennesammenstilling 28 som er blitt plassert inne i åpningen 22 ved hjelp av antenneinstallasjonsverktøyet 38. Den første antennesløyfe 14a er posisjonsinnstilt parallelt med føringsrøraksen, mens den andre antennesløyfen 14b er posisjonsinnstilt vinkelrett på føringsrøraksen. Følgelig vil den første antennen 14a være følsom overfor magnetiske felter som forløper vinkelrett på føringsrøraksen, mens den andre antenne 14b er følsom for magnetiske felter parallelt med føringsrøraksen.

Den intelligente sensoren 16, som også er kjent som et inspeksjonsprosjektil, inneholder i en foretrukket utførelse to like sløyfeantenner 15a og 15b. Disse sløyfeantenner har samme relative orientering i forhold til hverandre som sløyfeantennene 14a og 14b. Sløyfeantennene 14a og 14b er imidlertid koplet i serie, slik som angitt i fig. 11, slik at disse to antenner i kombinasjon vil være følsomme for begge retninger av det magnetiske felt som utstråles av sløyfeantennene 14a og 14b.

Datamottakeren i redskapet inne i føringen utnytter et mikrobølge-hulrom 62 med et vindu 64 som er innrettet for tett posisjonsinnstilling inntil innsiden av føringrørveggen 24. Krumningsradius for hulrommet er den samme eller ligger meget nær føringsrørets indre radius, slik at en stor del av vinduets overflateområde vil være i kontakt med den indre føringrørvegg. Føringrøret lukker effektivt mikrobølge-hulrommet 62, bortsett fra utbøringsåpningen 22 som forsiden av vinduet 64 er anbrakt mot. En slik posisjonsinnstilling kan oppnås ved bruk av komponenter av samme art som de som er beskrevet ovenfor i forbindelse med trådle-
 5 lednings-redskapet 30, slik som rotasjonsverktøyene, gammastråle-detektoren og forankringsstemplene. (Ingen ytterligere beskrivelse av slik posisjonsinnstilling av datamottakeren vil bli gitt her.) Ved innretning av vinduet 64 på linje med perforeringen 22 kan slik energi som mikrobølgeenergi bringes til å stråle inn og ut over antennen gjennom åpningen i føringrøret, hvilket utgjør et middel for toveis kommunikasjon mellom det avfølede mikrohulrom 62 og den intelligente sensorens
 10 antenner 15a og 15b.

Kommunikasjon fra mikrobølgehulrommet finner sted på en frekvens F som tilsvarer en spesifisert resonansmodus, mens kommunikasjon fra den intelligente sensoren finner sted med den dobbelte frekvens, eller $2F$. Hulrommets dimensjoner er valgt slik at det får en resonansfrekvens som ligger nær $2F$. De foreliggende elektriske felter 66, 68 og magnetiske felter 70, 72 er vist i fig. 11 for å bidra til visualisering av hulrommets feltmønstre. I en foretrukket utførelse har det sylindrerformede hulrom 62 en radius på 5 cm og en vertikal utstrekning på omtrent 30 cm. Et sylindrisk koordinatsystem (z, ρ, ϕ) anvendes for å angi et hvilket som helst fysisk punkt inne i hulrommet. Det elektromagnetiske felt (EM) som eksiteres inne i hulrommet består av et elektrisk felt med komponentene E_z , E_ρ og E_ϕ samt et mag-
 25 netisk felt med komponentene H_z , H_ρ og H_ϕ .

I sendermodus eksiteres hulrommet 62 med mikrobølgeenergi som tilføres fra senderoscillatoren 74 og effektforsterkeren 76 over forbindelsen 78 som utgjøres av en koaksialledning koplet til en liten elektrisk dipol som befinner seg på
 30 oversiden av hulrommet 62 for datamottakeren 60.

I mottakermodus blir mikrobølgeenergi som eksiteres i hulrommet 62 ved en frekvens $2F$ avfølt av den vertikale magnetiske dipol 80 som er koplet til en mottakerforsterker 82 som er avstemt til $2F$.

Det er et velkjent forhold at mikrobølge-hulrom har to grunnleggende resonansmodi. Den første av disse er kalt tverrmagnetisk eller "TM"-modus ($H_z=0$), mens den andre modus er kalt tverrelektrisk eller "TE"-modus i forkortet form ($E_z=0$). Disse to modi er derfor innbyrdes ortogonale og kan skjelnes fra hverandre ikke bare ved frekvensdiskriminering, men også med hensyn til fysisk orientering av en elektrisk eller magnetisk dipol som er anbrakt inne i hulrommet for enten å eksitere eller detektere disse modi, og dette er da et særtrekk i henhold til foreliggende oppfinnelse som utnyttes for å skjelne signaler eksitert ved frekvens F fra signalet eksitert ved $2F$. Ved resonans oppviser kaviteten en høy Q -verdi, eller lite dempningsstap, når frekvensen av EM-feltet inne i hulrommet ligger nær resonansfrekvensen, samt en meget lav Q -verdi når frekvensen av EM-feltet inne i hulrommet er forskjellig fra hulrommets resonansfrekvens, hvilket gir ytterligere forsterkning for hver modus og isolasjon mellom de forskjellige modi.

Matematiske uttrykk for de elektriske (E) og magnetiske (H) feltkomponenter i TM- og TE-modus er gitt ved følgende uttrykk

For TM-modi

$$E_z = \lambda_{nm}^2 / R^2 J_n(\lambda_{nm}/R \rho) \cos(n\phi) \cos(m\pi z/L)$$

$$E_\rho = -m\pi\lambda_{nm}/LR J_n'(\lambda_{nm}/R \rho) \cos(n\phi) \sin(m\pi z/L)$$

$$E_\phi = nm\pi/L\rho J_n(\lambda_{nm}/R \rho) \sin(n\phi) \sin(m\pi z/L)$$

$$H_z = 0$$

$$H_\rho = jnk/\rho (\epsilon/\mu)^{1/2} J_n(\lambda_{nm}/R \rho) \sin(n\phi) \cos(m\pi z/L)$$

$$H_\phi = -jnk\lambda_{nm}/R(\epsilon/\mu)^{1/2} J_n'(\lambda_{nm}/R \rho) \cos(n\phi) \cos(m\pi z/L)$$

25

$$\text{med resonansfrekvens } F_{TM_{n,m}} = c/2 ((\lambda_{nm}/\pi R)^2 + (m/L)^2)^{1/2},$$

og TE-modi

$$E_z = 0$$

$$E_\rho = -jnk/\rho (\mu/\epsilon)^{1/2} J_n(\sigma_{nm}/R \rho) \sin(n\phi) \sin(m\pi z/L)$$

$$E_\phi = jk\sigma_{nm}/R(\mu/\epsilon)^{1/2} J_n'(\sigma_{nm}/R \rho) \cos(n\phi) \sin(m\pi z/L)$$

$$H_z = \sigma_{ni}^2 / R^2 J_n(\sigma_{ni} / R \rho) \cos(n\phi) \sin(m\pi z / L)$$

$$H_\rho = m\pi\sigma_{ni} / LR J_n'(\sigma_{ni} / R \rho) \cos(n\phi) \cos(m\pi z / L)$$

$$H_\phi = -nm\pi / L \rho J_n(\sigma_{ni} / R \rho) \sin(n\phi) \cos(m\pi z / L)$$

5 med resonansfrekvens $F_{TE_{nim}} = c/2 ((\sigma_i/\pi R)^2 + (m/L)^2)^{1/2}$,

hvor

Q = dempningskoeffisient,

n, m = hele tall som angir den uendelige rekke av resonansfrekvenser for asimet-

10 komponenter (ϕ) og vertikalkomponenter (z),

i = ligningens rot-orden,

c = lyshastigheten i vakuum,

μ , ϵ = henholdsvis magnetisk og elektrisk egenskap av mediet inne i hulrommet,

F = frekvens,

15 $\omega = 2\pi F$,

$$k = \text{bølgetall} = (\omega^2 \mu \epsilon + i\omega \mu \sigma)^{1/2},$$

R, L = henholdsvis radius og lengde av hulrommet,

J_n = Bessel-funksjon av orden n,

$$J_n' = \delta J_n / \delta \rho,$$

20 λ_{ni} = roten av $J_n(\lambda_{ni}) = 0$, og

$$\sigma_{ni} = \text{roten av } J_n(\sigma_{ni}) = 0$$

Hulrommets dimensjoner (R og L) er blitt valgt slik at

$$F_{TE_{nim}} = c/2 ((\sigma_i/\pi R)^2 + (m/L)^2)^{1/2} = 2F_{TM_{nim}} = c ((\lambda_{ni}/\pi R)^2 + (m/L)^2)^{1/2}$$

25 En av løsningene for $F_{TM_{nim}}$ er å velge TM-modus som tilsvarer $n = 0$, $i = 1$,

$m = 0$, og $\lambda_{01} = 2,40483$, hvilket tilsvarer den laveste TM-frekvensmodus (senkning av frekvensen senker også hulrommets dempningsgrad) Dette valg gir følgende resultater

30 $E_z = \lambda_{01}^2 / R^2 J_0(\lambda_{01} / R \rho)$

$$E_\rho = 0$$

$$E_\phi = 0$$

$$H_z = 0$$

$$H_\rho = 0$$

$$H_\phi = -jk \lambda_{01} / R (\epsilon/\mu)^{1/2} J_0'(\lambda_{01}/R \rho)$$

5

$$\text{med } F_{TM010} = c/2 \lambda_{01}/\pi R$$

En løsning F_{TEnm} er å velge TE-modus som tilsvarer $n = 2$, $l = 1$, $m = 1$, og $\sigma_{21} = 3,0542$. Dette valg ligger vinkelrett på valget av den TM010-modus som er valgt ovenfor, og frembringer en frekvens for TE-modusen som er det dobbelte av TM010-frekvensen. Følgende resultater oppnås ved valg av denne TE-modus

10

$$E_z = 0$$

$$E_\rho = -j2k/\rho (\mu/\epsilon)^{1/2} J_2(\sigma_{21}/R \rho) \sin(2\phi) \sin(\pi z/L)$$

15

$$E_\phi = jk \sigma_{21} / R (\mu/\epsilon)^{1/2} J_2'(\sigma_{21}/R \rho) \cos(2\phi) \sin(\pi z/L)$$

$$H_z = \sigma_{21}^2 / R^2 J_2(\sigma_{21}/R \rho) \cos(2\phi) \sin(\pi z/L)$$

$$H_\rho = \Pi \sigma_{21} / LR J_2'(\sigma_{21}/R \rho) \cos(2\phi) \cos(\pi z/L)$$

20

$$H_\phi = -2\Pi/L\rho J_2(\sigma_{21}/R \rho) \sin(2\phi) \cos(\pi z/L)$$

$$\text{med } F_{TE211} = c/2 \left((\sigma_{21}/\pi R)^2 + (1/L)^2 \right)^{1/2}$$

25

TM-modusen kan eksiteres enten ved hjelp av en vertikal elektrisk dipol (E_z) eller en horisontal magnetisk dipol (vertikal sløyfe H_ϕ), mens TE-modusen kan eksiteres ved hjelp av en vertikal magnetisk dipol (horisontal sløyfe H_z)

30

I fig. 12 er $2F_{TM010}$ og F_{TE211} opptegnet som funksjon av hulromslengden for en hulromsradius på $R = 5$ cm. For $L \cong 28$ cm vil TE-modusen komme i resonans ved det dobbelte av TM-modusen, og ved de gitte hulromsdimensjoner kan følgende resonansfrekvenser fastlegges

$$F_{TM010} = 494 \text{ MHz og } F_{TE211} = 988 \text{ MHz}$$

Vanlige fagkyndige i beslektet teknikk som tar del i denne omtale vil erkjenne at med forandring av hulrommets form, dimensjoner og fyllmateriale vil de nødvendige verdier av resonansfrekvensene avvike fra de som er angitt ovenfor. Det bør også forstås at de to modier som er beskrevet ovenfor bare er ett mulig sett av resonans-modi, og det foreligger derfor i prinsipp et uendelig antall sett som man kan velge fra. I alle tilfeller faller det foretrukne frekvensområde for oppfinnelses-gjenstanden innenfor området fra 100 MHz til 10 GHz. Det bør også forstås at frekvensområdet kunne vært utvidet utover dette foretrukne området uten at man derfor avviker fra oppfinnelsens grunnprinsipper.

Det er også velkjent at et hulrom kan eksiteres ved korrekt plassering av en elektrisk dipol, magnetisk dipol, en apertur-åpning (hvilket vil si en isolert sliss i en ledende flate) eller en kombinasjon av disse inne i hulrommet eller på hulrommets utside. Koplingssløyfe-antennene 14a og 14b kunne f.eks. vært erstattet av elektriske dipoler eller av en enkelt apertur. Den intelligente sensorens sløyfeantennene kunne også vært erstattet av en enkelt elektrisk og/eller magnetisk dipol eller en kombinasjon av slike dipoler og/eller aperturer.

Fig. 13 viser en skjematisk oversikt over foreliggende oppfinnelsesgjenstand, innbefattet et blokkskjema over datamottakerens elektronikk. Som angitt ovenfor, arbeider den innstillbare mikrobølge-oscillator 74 på en frekvens F for å drive mikrobølge-effektforsterkeren 76 som er forbundet med den elektriske dipol 78 som er plassert nær midtpunktet på den ene side av datamottakeren 60. Denne dipol er anordnet på linje med z -aksen for å gi maksimal kopling til E_z -komponenten i modus TM_{010} (ligning 1) nedenfor (E_z er maksimal ved $\rho = 0$)).

For å avgjøre om oscillatorfrekvensen F er avstemt til TM_{010} -resonansfrekvensen for hulrommet 62, er en horisontal magnetisk dipol 88, nemlig en liten vertikal sløyfe som er følsom for $H_{\phi TM_{010}}$ (ligning (2) nedenfor), koplet gjennom en koaksial kabel til en bryter 81, samt gjennom bryteren 81, til en mikrobølge-mottakers forsterker 90 som er avstemt til F . Frekvensen F justeres inntil et maksimalt signal mottas i den avstemte mottaker ved hjelp av tilbakekopling 83.

$$E_{zTM_{010}} = \lambda_{01}^2 / R^2 J(\lambda_{01}\rho/R) \quad (1)$$

$$H_{\phi TM_{010}} = -jk\lambda_{01} / R (\epsilon/\mu)^{1/2} J_0'(\lambda_{01}\rho/R) \quad (2)$$

$$F = c\lambda_{01}/2\pi R \quad (3)$$

$$H_{zTE211} = \sigma_{21}^2 / R^2 J_2(\sigma_{21}\rho/R) \sin(2\phi) \cos(\pi z/L) \quad (4)$$

$$2F = c/2 ((\sigma_{21}\rho/R)^2 + (1/L)^2)^{1/2} \quad (5)$$

For å kunne avstemme hulrommet til TE211-modusfrekvensen 2F, genereres et 2F-avstemningssignal i avstemningskretsen 84 ved å likerette et signal med frekvens F som kommer fra oscillatoren 74 gjennom bryteren 85 ved hjelp av en diode som ligner den diode 19 som anvendes med den intelligente sensoren 16. Utgangen fra avstemmeren 84 er koplet gjennom en koaksialkabel til en vertikal magnetisk dipol 86, nemlig en liten horisontal sløyfe som er følsom for H_z i TM211 (ligning (4) ovenfor), for å eksitere TE211-modusen ved frekvens 2F. En lignende horisontal magnetisk dipol 80, nemlig en liten horisontal sløyfe som også er følsom for H_z ved TM211 (ligning (4)), er forbundet med en mikrobølge-mottakerkrets 82 som er avstemt til 2F. Utgangen fra mottakeren 82 er forbundet med motorregulatoren 62 som driver en elektrisk motor 94 for bevegelse av et stempel 96 med det formål å forandre lengden L av hulrommet, på en måte som vil være kjent for avstembare mikrobølgehulrom, inntil et maksimalt signal mottas og mottakeren 82 er avstemt. Det vil være åpenbart for dem som har vanlig fagkunnskap innenfor dette område at en enkelt sløyfeantenne kunne erstatte sløyfeantennene 80 og 86 og være koplet til begge kretser 82 og 84.

Så snart både TM-frekvensen F og TE-frekvensen 2F er avstemt, kan målesyklusen begynne, forutsatt at vinduet 64 i hulrommet 62 er blitt posisjonsinnstilt i retning av den intelligente sensoren 16 og at antennen 28 omfatter sløyfeantennene 14a og 14b, eller lignende kommunikasjonsmidler, er blitt korrekt installert i føringsåpningen 22. Maksimal kopling kan oppnås for TE211-modusen hvis data-mottakeren 60 er posisjonsinnstilt slik at antennen 28 befinner seg tilnærmet til nivå med det vertikale midtpunkt av mikrobølgehulrommet 62. I denne forbindelse bør det bemerkes at $H_{\phi TM010}$ er uavhengig av z, men H_{zTE211} har en maksimalverdi ved $z = L/2$.

30 Måling og oppsamling av formasjonsdata

En sekvens for måling og oppsamling av formasjonsdata innledes ved å eksitere mikrobølgeenergi i hulrommet 62 ved anvendelse av oscillatoren 74, effektforsterkeren 76 og den elektriske dipol 78. Mikrobølgeenergien blir koplet til

den intelligente sensorens eller inspeksjonsprosjektilets sløyfeantennene 15a og 15b gjennom koplings-sløyfeantennene 14a og 14b i antennesammenstillingen 28. På denne måten stråles mikrobølgeenergi ut på utsiden av føringen med frekvens F som er fastlagt ved oscillatorfrekvensen og vist på tidsskjemaene i fig. 15 ved

5 120. Frekvensen F kan velges innenfor området fra 100 MHz opptil 10 GHz, slik som beskrevet ovenfor.

Det skal atter henvises til fig. 13, hvor det er angitt at så snart inspeksjonsprosjektilet 16 er blitt energisert av den overførte mikrobølgeenergi, så vil mottaker-sløyfeantennene 15a og 15b som befinner seg inne i inspeksjonsprosjektilet

10 stråle tilbake en elektromagnetisk bølge ved $2F$ eller det dobbelte av den opprinnelige frekvens, slik som angitt ved 121 i fig. 15. En lavterskel-diode 19 er koplet over sløyfeantennene 15a, 15b. Under normale forhold, og særlig i det "sovende" modus, er den elektroniske bryter 17 åpen for å nedsette effektforbruket til et minimum. Når sløyfeantennene 15a, 15b blir aktivert av det overførte elektromagnetiske mikrobølgefelt, blir en spenning induisert i sløyfeantennene 15a, 15b og som

15 en følge av dette vil en strøm flyte gjennom antennene. Dioden 19 vil imidlertid bare tillate strøm å flyte i en retning. Denne ikke-lineære eliminerer induisert strøm ved grunnfrekvensen F og genererer en strøm med grunnfrekvens $2F$. Under denne tid brukes også mikrobølge-hulrommet 62 som mottaker og er koplet

20 til mottakerforsterkeren 82 som er avstemt til $2F$.

Nærmere bestemt og nå under henvisning til fig. 14, kan det angis at når et signal detekteres av den intelligente sensorens detektorkrets 100 som er avstemt til $2F$, og som overskrider en fast terskel, vil inspeksjonsprosjektilet eller den intelligente sensoren 16 gå over fra en sovende tilstand til en aktiv tilstand. Dens elektronikk koples om til oppsamlings- og utsendelsesmodus og regulatoren 102 utløses.

25 Ved dette tidspunkt og i samsvar med styring fra regulatoren 102, blir trykkinformasjon som detekteres av trykkmåleren 104 eller annen informasjon som er detektert ved hjelp av egnede detektorer, konvertert til digital informasjon og lagret ved hjelp av den analoge/digitale omformer- og lagringskrets 106 (ADC). Regulatoren 102 utløser så overføringssekvensen ved å omforme trykkmålerens digitale

30 informasjon til en rekke digitale signaler som sørger for å slå bryteren 17 av og på ved hjelp av en mottakerspole-regulatorkrets 108.

Forskjellige opplegg for dataoverføring er mulig. For å anskueliggjøre er et overføringsopplegg med pulsbredde-modulasjon vist i fig. 15. En overføringssekvens starter ved at det sendes et synkroniseringsmønster ved å slå bryteren 17 av og på i løpet av en forutbestemt tid T_s . Bit-enhetene 1 og 0 tilsvarer et lignende mønster, men med et avvikende "på/av"-tidssekvens (T_1 og T_0). Det signal som kastes tilbake av den intelligente sensoren ved 2F blir bare sendt ut når bryteren 17 er av. Som en følge av dette vil visse særegne tidsmønstre bli mottatt og dekodet av den digitale dekode 110 i den redskaps-elektronikk som er vist i fig. 13. Disse mønstre er vist under henvisningstallene 122, 123 og 124 i fig. 15. Mønsteret 122 tolkes som en synkroniseringskommando, mønsteret 123 tolkes som bit 1 og 124 som bit 0.

Etter at trykkmålingen eller annen digital informasjon er blitt detektert og lagret i datamottakerens elektronikk, blir redskapets effektsender slått av. Den intelligente målsensoren blir da ikke lenger energisert og koples tilbake til "sovende" modus inntil den neste dataauthenting innledes av datamottaker-verktøyet. Et lite batteri 112 inne i den intelligente sensoren forsyner den tilhørende elektronikk med energi under oppsamlingen og utsendelsen av data.

Fagkyndige på området vil erkjenne at når først utenforliggende intelligente sensorer, slik som den foretrukne "inspeksjonsprosjekttil"-utførelse som er beskrevet her, er blitt utplassert i borebrønnformasjonen og er gitt dataoppsamlingsmuligheter ved målinger, slik som trykkmålinger, under utboring av en åpen borebrønn, vil det være ønskelig å fortsette å anvende disse intelligente sensorer etter at et føringsrør er blitt installert i borebrønnen. Den oppfinnelse som er omtalt her angir en fremgangsmåte og et apparat for å kommunisere med de intelligente sensorene på utsiden av føringsrøret, og gjør det således mulig å anvende slike intelligente sensorer for fortsatt overvåkning av formasjonsparametre, slik som trykk, temperatur og permeabilitet under brønnens produksjon.

Det vil videre kunne erkjennes av fagkyndig på området at den mest vanlige utnyttelse av foreliggende oppfinnelse sannsynligvis vil være ved borebrønner opptil ca. 22 cm i sammenheng med vektør på ca. 17 cm. For optimalisering og sikker vellykket anvendelse ved utplassering av intelligente sensorer 16, må flere tilhørende parametre modelleres og evalueres. Disse omfatter formasjonens inn-trengningsmotstand i sammenheng med påkrevet inntrengningsdybde i formasjo-

nen, parametre og fordringer ved "utskytnings"-utstyret i sammenheng med tilgjengelig plass i vektørret, den intelligente sensorens ("inspeksjonsprosjektilets") hastighet sett i sammenheng med nedbremsningsanslaget, samt også andre

For borebrønner som er større enn 22 cm vil de geometriske fordringer
5 være mindre strenge. Større intelligente sensorer kan anvendes i utplasseringsutstyret, særlig ved mindre dybder hvor jordformasjonens inntrengningsmotstand er redusert. Det kan således tenkes at for borebrønnstørrelser over 22 cm vil de intelligente sensorene være større i omfang, omfatte flere elektriske funksjoner, være i stand til å kommunisere over en større avstand fra borebrønnen, vil kunne
10 utføre flere målinger, slik som av resistivitet, nukleær magnetisk resonans, og akselerometerfunksjoner, samt være i stand til å virke som datarele-stasjoner for sensorer som er plassert enda lengre fra borebrønnen.

Det er imidlertid tenkelig at utvikling av miniatyriserte komponenter i fremtiden sannsynligvis vil redusere eller eliminere slike begrensninger som har sammenheng med borebrønnens størrelse.
15

Oppfinnelsen er angitt i de vedføyde patentkrav

PATENTKRAV

- 1 Fremgangsmåte for å kommunisere, etter at fôringsrør (24) er blitt installert
i en borebrønn, med en intelligent sensor (16) som før fôringsrørets installering er
5 blitt utenforliggende utplassert i en underjordisk formasjon (20) som gjennomtren-
ges av borebrønnen, og som omfatter følgende prosessstrinn
- (a) installering av en antenne (28) i fôringsrørveggen, og
 - (b) innføring av en datamottaker (60) i den fôrede borebrønn for å kunne
kommunisere med den intelligente sensoren over antennen (28) for derved å mot-
10 ta formasjons-datasignaler som er avfølt og utsendt av den intelligente
sensoren (16)
- 2 Fremgangsmåte ifølge krav 1 videre omfattende følgende prosessstrinn
- (a) bestemmelse av den intelligente sensorens (16) plassering i den
15 underjordiske formasjon, og
 - (b) dannelse av en åpning (22) i fôringsrørveggen i nærheten av den in-
telligente sensorens beliggenhet
- 3 Fremgangsmåte som angitt i krav 2, og hvor den intelligente sensoren (16)
20 er utstyrt med midler (21) for å sende ut et signatursignal, og den intelligente sen-
sorens beliggenhet fastlegges ved avføling av signatursignalet
- 4 Fremgangsmåte som angitt i krav 2, og hvor den intelligente sensoren (16)
er utstyrt med en gammastråle-glimttagg (21) for å sende ut et glimttagg-signatur-
25 signal, og det trinn som går ut på å bestemme den intelligente sensorens beligg-
enhet omfatter følgende prosessstrinn
- bestemmelse av den intelligente sensorens dybde ved bruk av gamma-
stråle-logger for åpent hull og glimttagg-signatursignalet fra den intelligente senso-
ren, og
 - 30 bestemmelse av den intelligente sensorens asimut i forhold til borebrønnen
ved bruk av en gammastråledetektor (32) og glimttagg-signatursignalet

- 5 5 Fremgangsmåte som angitt i krav 4, og hvor asimut for den intelligente sensoren (16) bestemmes ved å bruke en kollimert gammastråle-detektor (32)
- 6 6 Fremgangsmåte som angitt i krav 2, og hvor antennen (28) installeres i en
5 åpning (22) i fôringsrøret ved bruk av et trådleknings-verktøy (30)
- 7 7 Fremgangsmåte som angitt i krav 6, og hvor datamottakeren (60) omfatter et mikrobølge-hulrom (26)
- 10 8 Fremgangsmåte som angitt i krav 2, og hvor det prosesstrinn som går ut på å bestemme beliggenheten av den intelligente sensoren (16) omfatter trinn som går ut på å bestemme dybde og asimut for den intelligente sensoren i forhold til borebrønnen (WB)
- 15 9 Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende
 bestemmelse av den intelligente sensorens (16) beliggenhet i den underjordiske formasjon,
 dannelse av en åpning (22) i fôringsrørveggen for installasjon av antennen (28) i denne i nærheten av den intelligente sensorens beliggenhet,
20 elektronisk aktivering av den intelligente sensoren, hvilket bringer den intelligente sensoren til å avføle de valgte formasjonsparametre og sende ut datasignaler som representerer de avføyte formasjonsparametre, og
 mottakelse av datautgangssignalene fra den intelligente sensoren ved hjelp av datamottakeren (60)
- 25 10 Apparat for å ta opp datasignaler i en fôret borebrønn fra en intelligent sensor som før installasjonen av fôringsrøret (24) i borebrønnen er blitt utenforliggende utplassert i en underjordisk formasjon (20) som gjennomtrenges av borebrønnen, hvor apparatet omfatter
30 en antenne (28) innrettet for installasjon i en åpning (22) som er utformet i veggen av fôringsrøret som er installert i borebrønnen, og

en datamottaker (60) innrettet for innføring i den førede borebrønn (WB) for kommunikasjon med den intelligente sensoren (16) over nevnte antenne (28) for å motta informasjons-datasignaler som utsendes av den intelligente sensoren (16)

5 11 Apparat som angitt i krav 10, og som videre omfatter
utstyr (32) for å bestemme beliggenheten av den intelligente sensoren i den underjordiske formasjon,

utstyr (38) for å danne åpningen i føringsrørveggen i nærheten av den intelligente sensorens beliggenhet, og

10 utstyr (38) for å installere nevnte antenne i åpningen i føringsrørveggen

12 Apparat som angitt i krav 10, og hvor nevnte intelligente sensor (16) er utstyrt med midler (21) for å sende ut et signatursignal som utnyttes av nevnte utstyr (32) for å bestemme beliggenheten

15

13 Apparat som angitt i krav 10, og hvor nevnte intelligente sensor (16) er utstyrt med en gammastråle-glimttagg (2) for å sende ut et glimttagg-signatursignal, og nevnte utstyr (32) for å bestemme beliggenheten omfatter

20 en gammastrålelogg for åpent hull for å kunne bestemme beliggenhetsdybden for nevnte intelligente sensor (16), og

en gammastråledetektor (32) for å bestemme asimut for nevnte intelligente sensor i forhold til borebrønnen

25 14 Apparat som angitt i krav 13, og hvor gammastråle-detektoren (32) er en kollimert gammastråle-detektor

15 Apparat som angitt i krav 10, og hvor nevnte antenne-installasjonsutstyr (38) omfatter et trådleknings-redskap

30 16 Apparat som angitt i krav 15, og hvor nevnte trådleknings-redskap omfatter utstyr (32) for å identifisere asimut for den intelligente sensoren i forhold til borebrønnen,

utstyr (34, 36) for å dreie trådlednings-redskapet til den fastlagte asimut,
utstyr (38) for å danne en åpning gjennom fôringsrøret og sement ved den
fastlagte asimut, og
utstyr (38) for å installere nevnte antenne (28) i fôringsrøråpningen

5

17 Apparat som angitt i krav 10, og som videre omfatter en datamottaker (60)
innrettet for posisjonsinnstilling i den fôrede borebrønnen inntil nevnte antenne
(28) for å kunne kommunisere med nevnte intelligente sensor over antennen for
derved å motta formasjonsdatasignaler som utsendes av nevnte intelligente
sensor

10

18 Apparat ifølge krav 10 videre omfattende
utstyr (32) for å fastlegge den intelligente sensorens beliggenhet i forma-
sjonen,
15 utstyr (38) for å danne en perforering i fôringsrøret i nærheten av den fast-
lagte intelligente sensor-beliggenhet,
en antenne (28) for å kommunisere med den intelligente sensoren, og
utstyr (225) for innsetting av nevnte antenne i perforeringen gjennom fôr-
ingsrøret

20

19 Apparat som angitt i krav 18, og som videre omfatter et hus (214) som er
innrettet for bevegelse gjennom den fôrede borebrønn og hvor nevnte utstyr (32)
for bestemmelse av beliggenheten, nevnte utstyr (38) for dannelsen av perforering,
nevnte antenne og nevnte antenne-innsetningsutstyr (225) befinner seg

25

20 Apparat som angitt i krav 19, og hvor nevnte hus (214) er opphengt i en
trådledning som kan heve og senke huset i borebrønnen

21 Apparat som angitt i krav 20, og hvor den intelligente sensoren sender ut et
klart skjelnbart strålingssignal, og nevnte utstyr (32) for bestemmelse av beliggen-
het omfatter

30

strålingslogger for åpent hull og for å bestemme den dybde hvor den intelligente sensoren befinner seg, og

en strålingsdetektor (32) som befinner seg inne i nevnte hus for å bestemme asimut for den intelligente sensoren i forhold til borebrønnen

5

22 Apparat som angitt i krav 19, og hvor nevnte hus (214) har en sideåpning, og nevnte apparat videre omfatter utstyr (34, 36) for å kunne dreie huset i forhold til den førede borebrønn med det formål å anbringe åpningen i huset hovedsakelig i asimut for den intelligente sensoren

10

23 Apparat som angitt i krav 22, og hvor nevnte utstyr for å danne perforering (225) omfatter

utstyr (215) for å fastholde nevnte hus i hovedsakelig fastlagt stilling i den førede borebrønn,

15

boringsutstyr (218, 219) som bæres i nevnte hus og innrettet for å frembringe en perforering i borebrønnens føringsrør, og

utstyr (220) som bæres av nevnte hus og som er innrettet for å drive nevnte boringsutstyr

20

24 Apparat som angitt i krav 23, og hvor boringsutstyret (218, 219) omfatter en borekrone (210) innrettet for gjennomtrengning av føringsrøret, utstyr (218, 220) for å rotere borekronen i forhold til føringsrøret for derved å danne en perforering i denne, og

25

utstyr (242) forbundet med nevnte hus og for å påføre en kraft på borekronen på tvers av borebrønnen, for derved å drive borekronen gjennom føringsrøret mens den roteres av roteringsutstyret

25 Apparat som angitt i krav 19, og hvor nevnte utstyr (225) for innsetting av antennen omfatter

30

utstyr (226) som bæres inne i huset for lagring av flere antenner innrettet for kommunikasjon med den intelligente sensoren,

utstyr (183, 186) for å bevege en antenne i posisjon for innføring i perforeringen, og

utstyr (171, 180, 181, 182) for å drive antennen gjennom åpningen i nevnte hus (214) og inn i perforeringen i føringsrøret

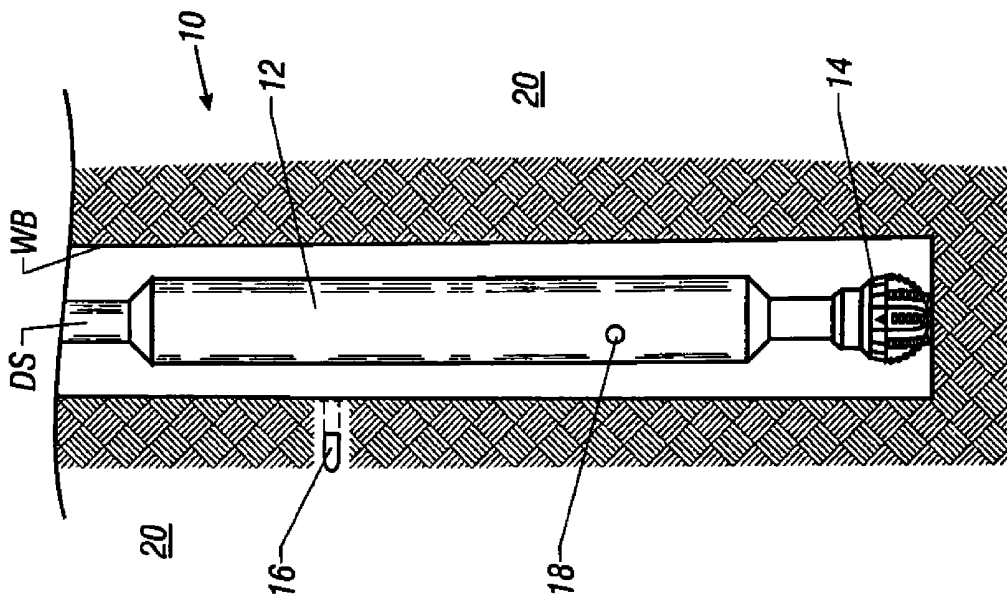


FIG. 1

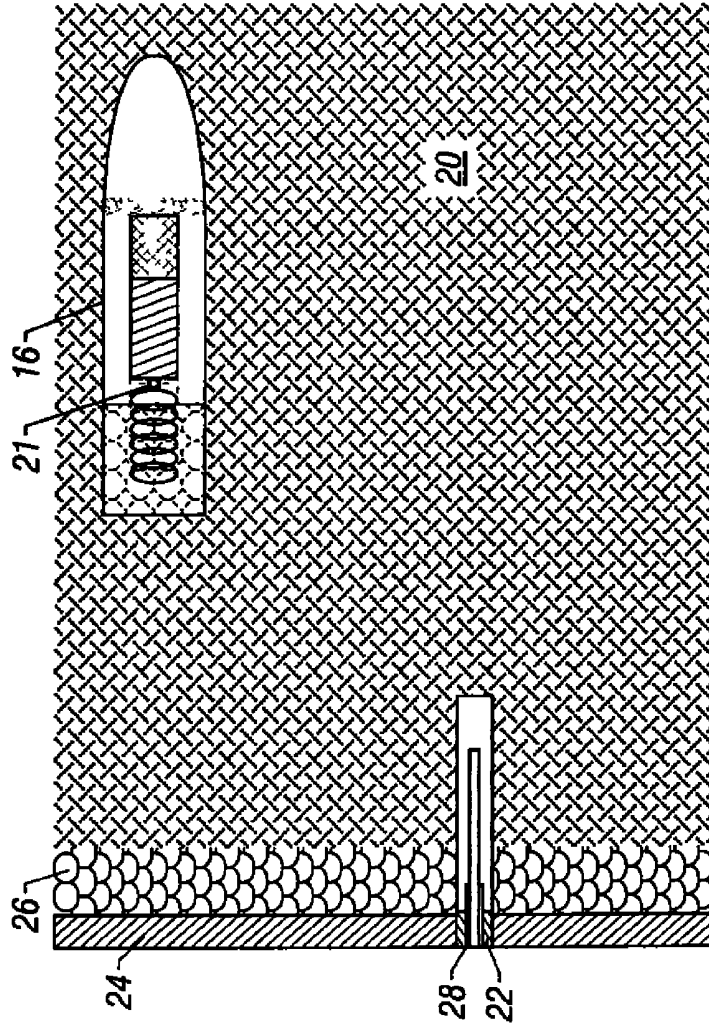


FIG. 2

2/14

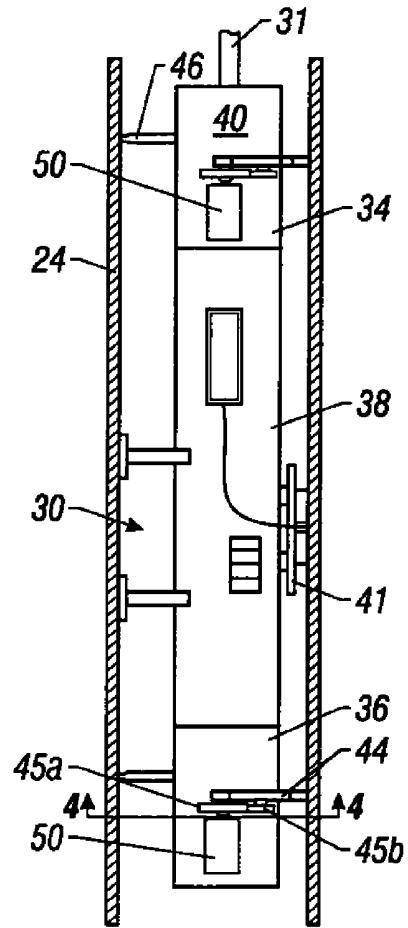


FIG. 3

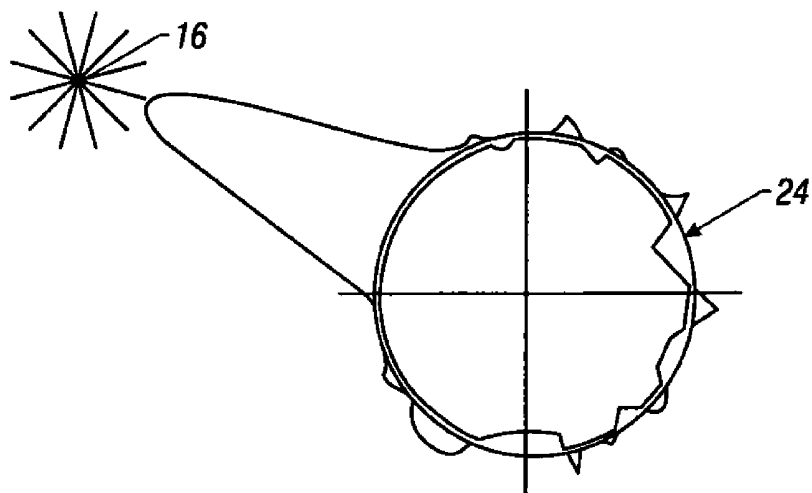


FIG. 5

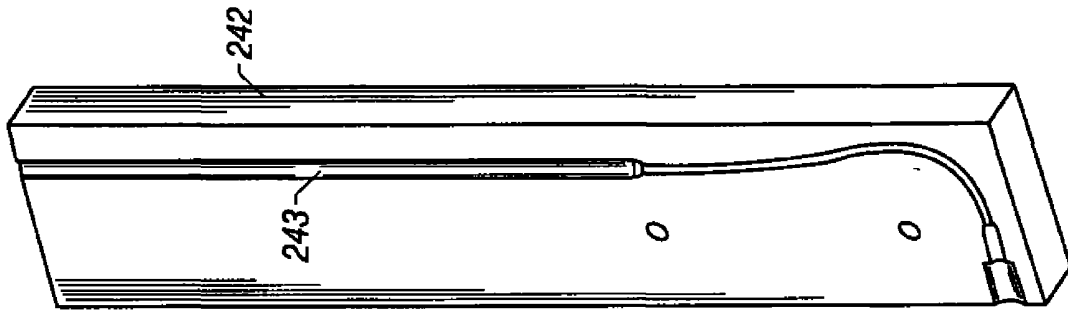


FIG. 6A

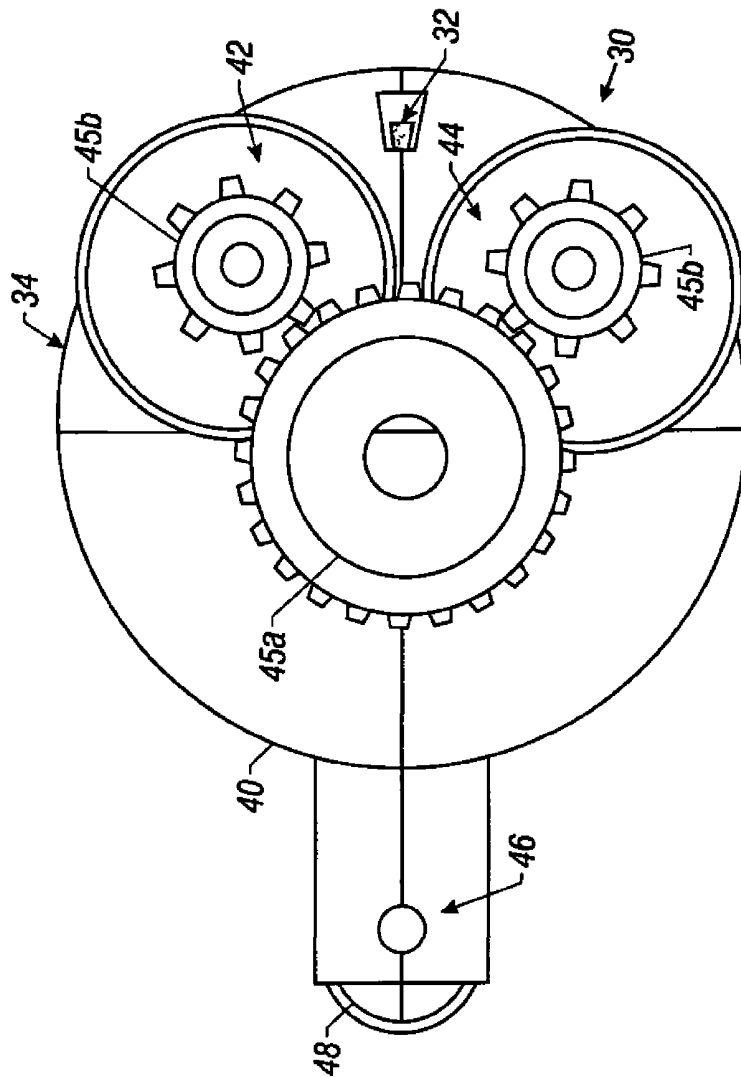


FIG. 4

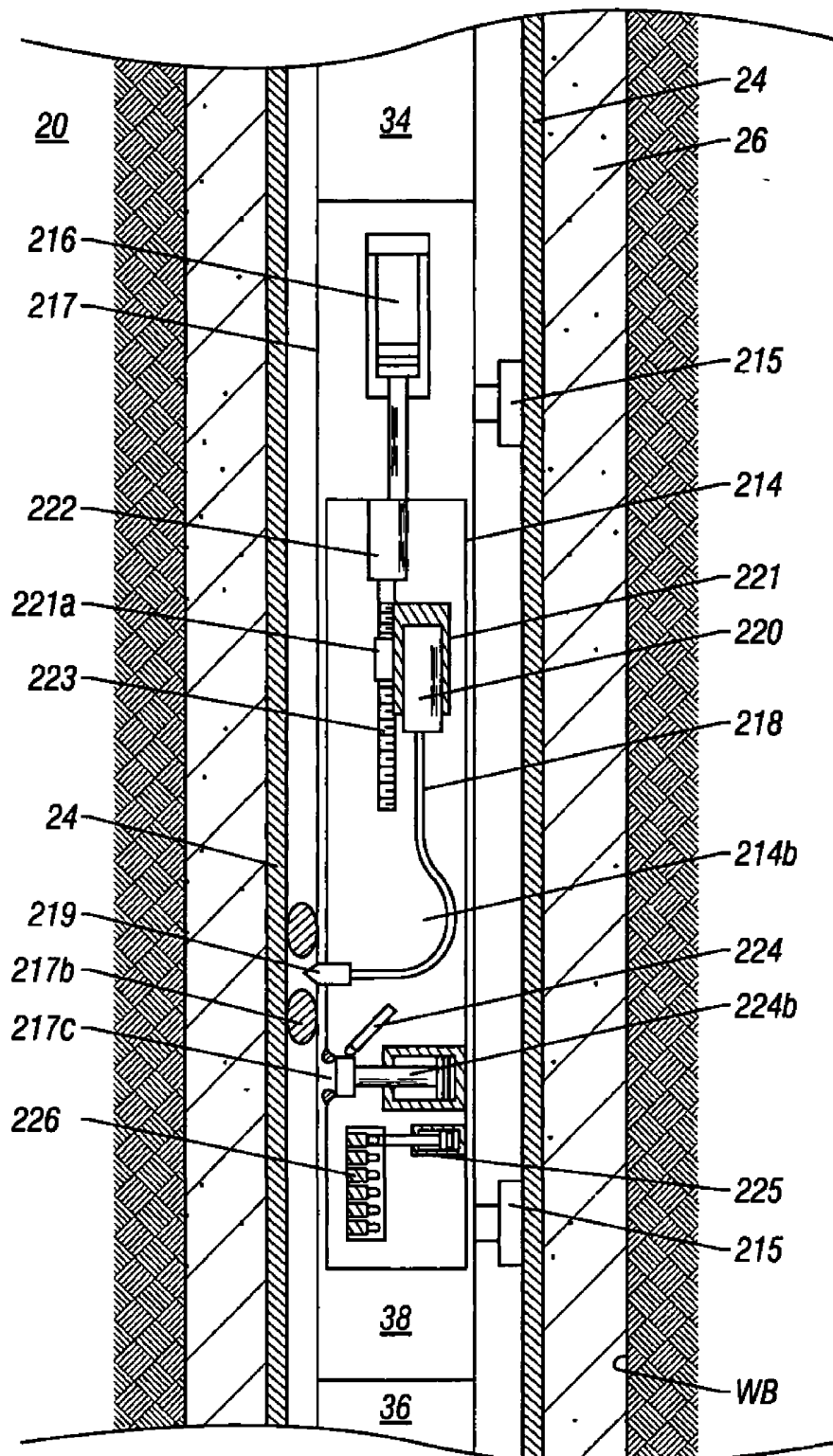


FIG. 6

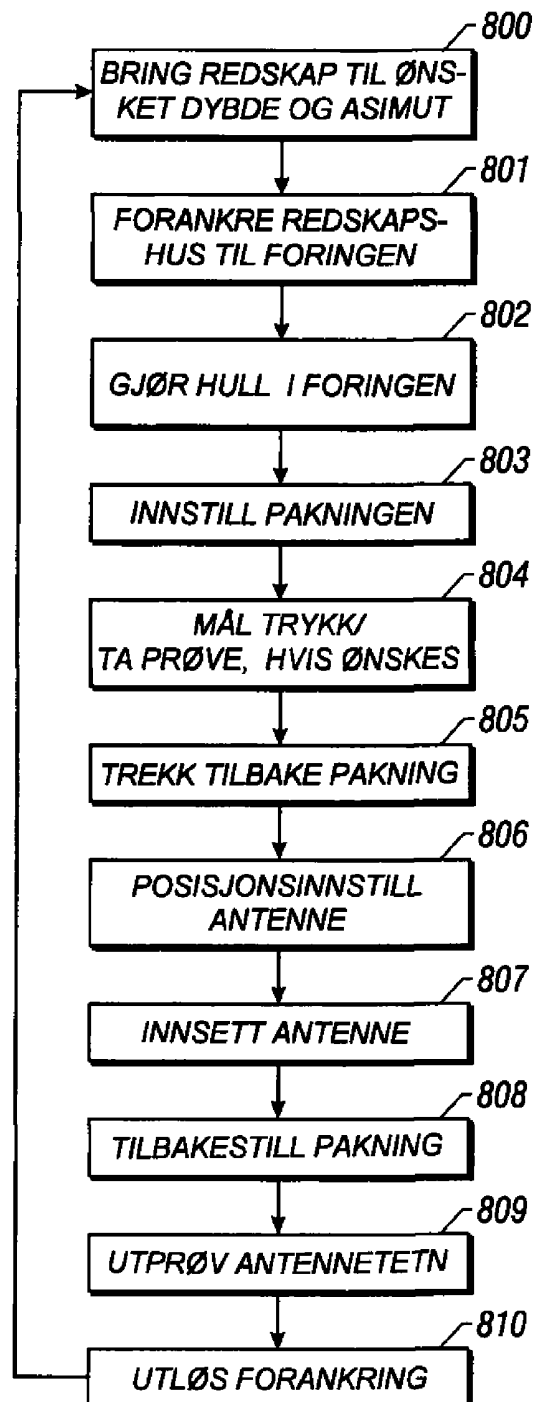


FIG. 7

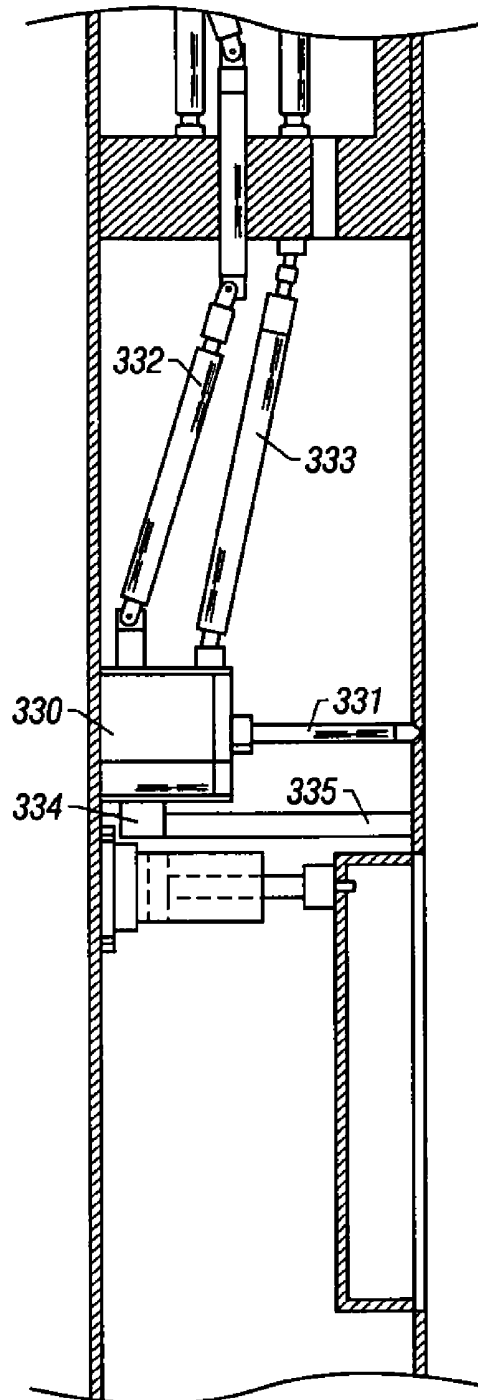
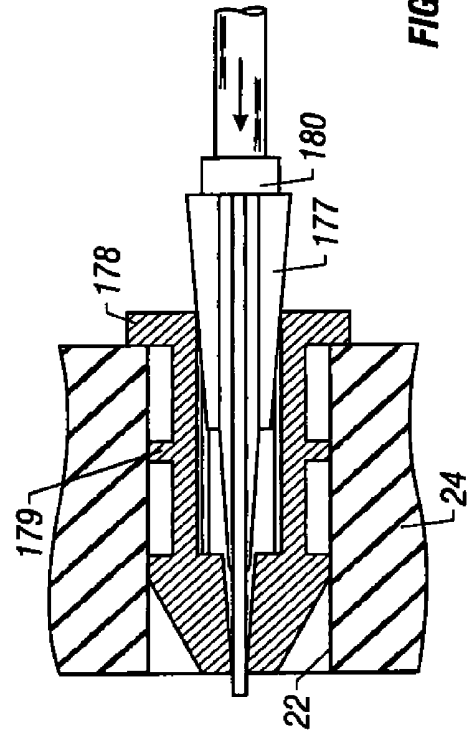
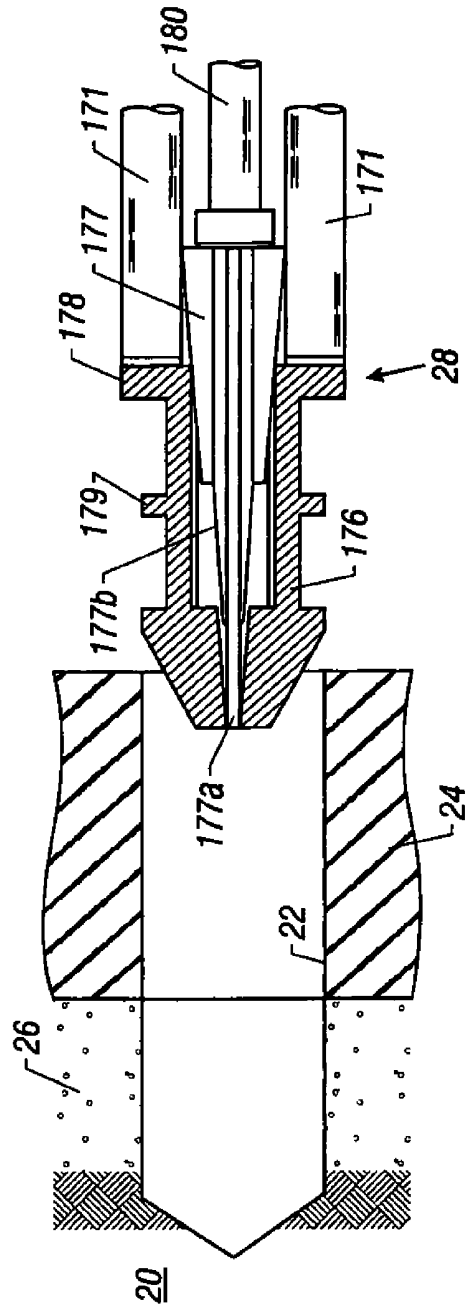


FIG. 8



8/14

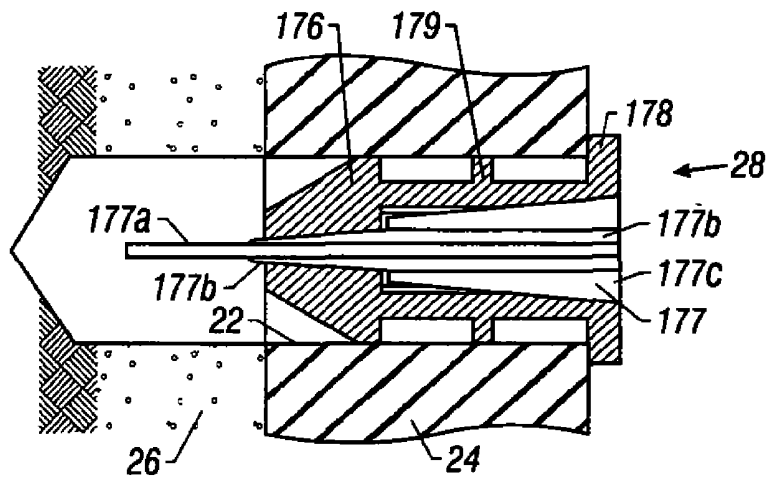


FIG. 9C

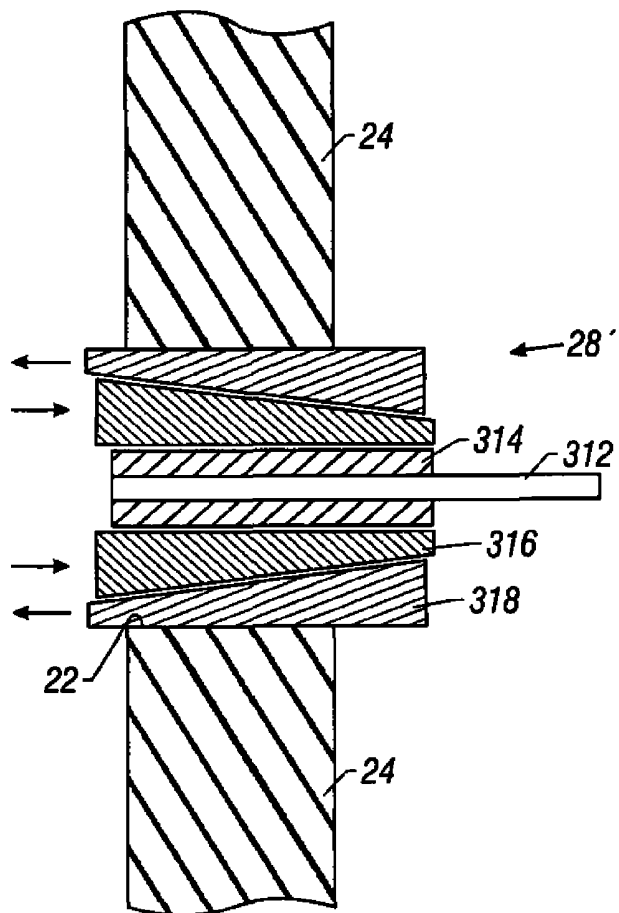


FIG. 9D

9/14

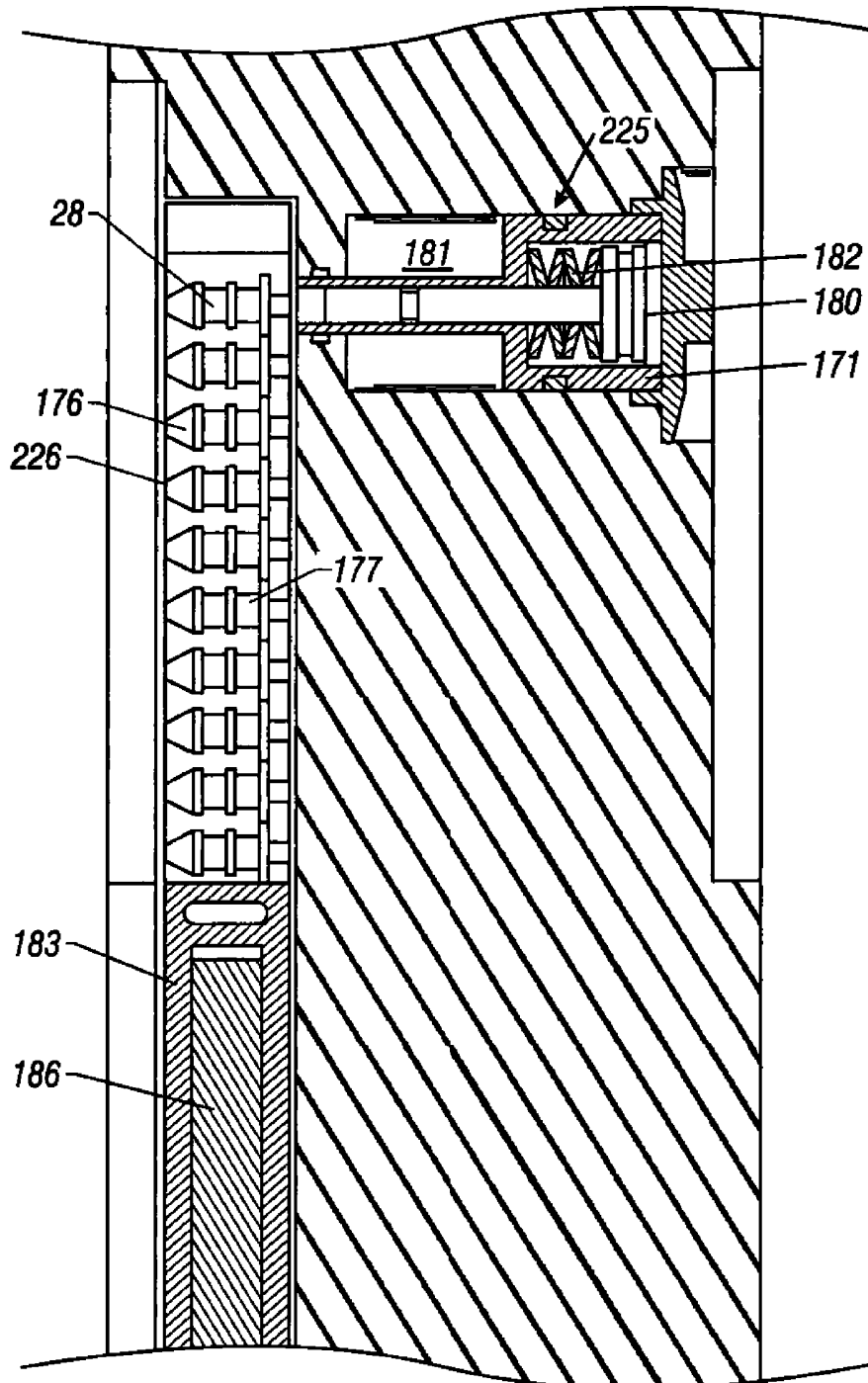


FIG. 10

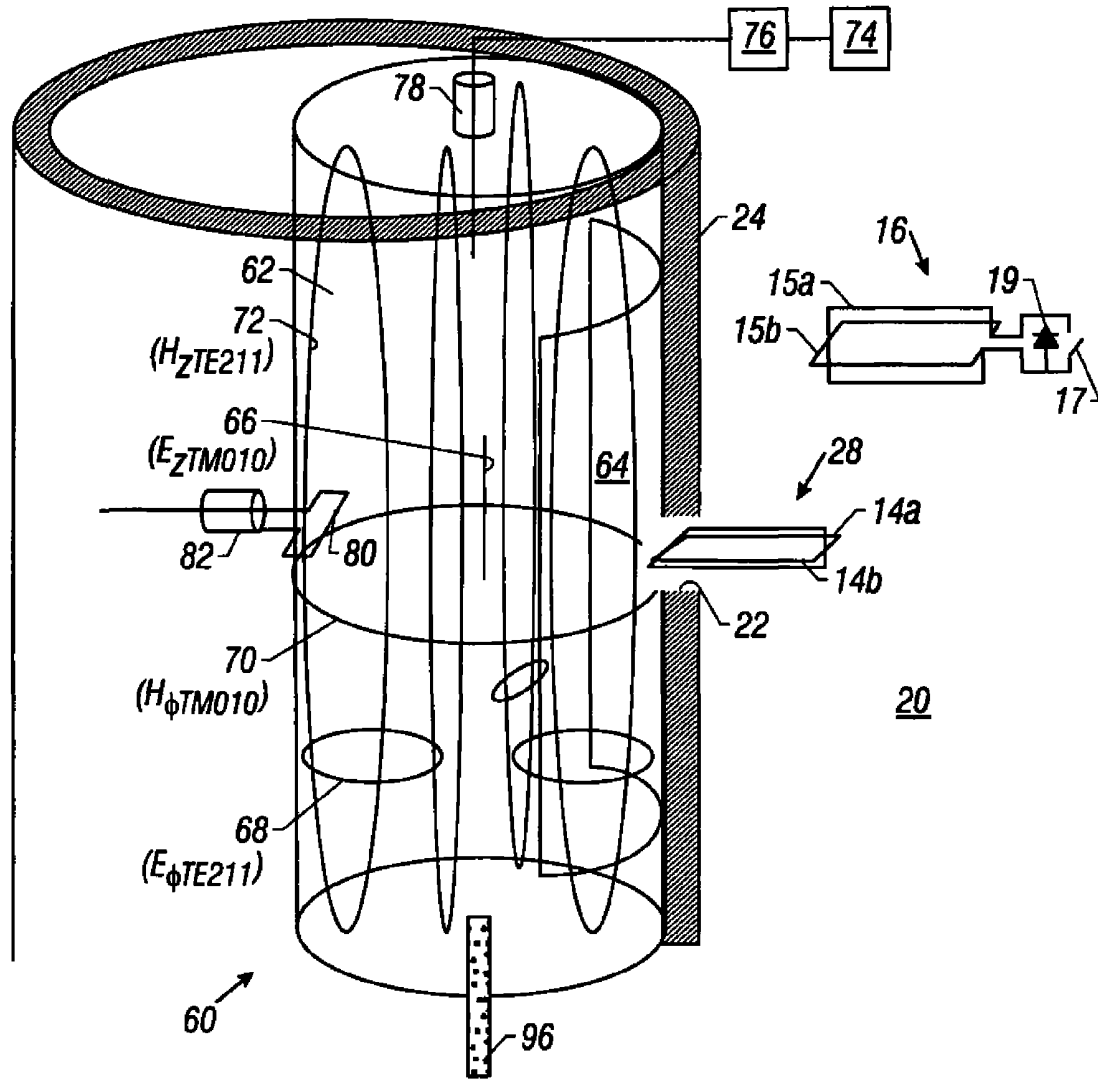


FIG. 11

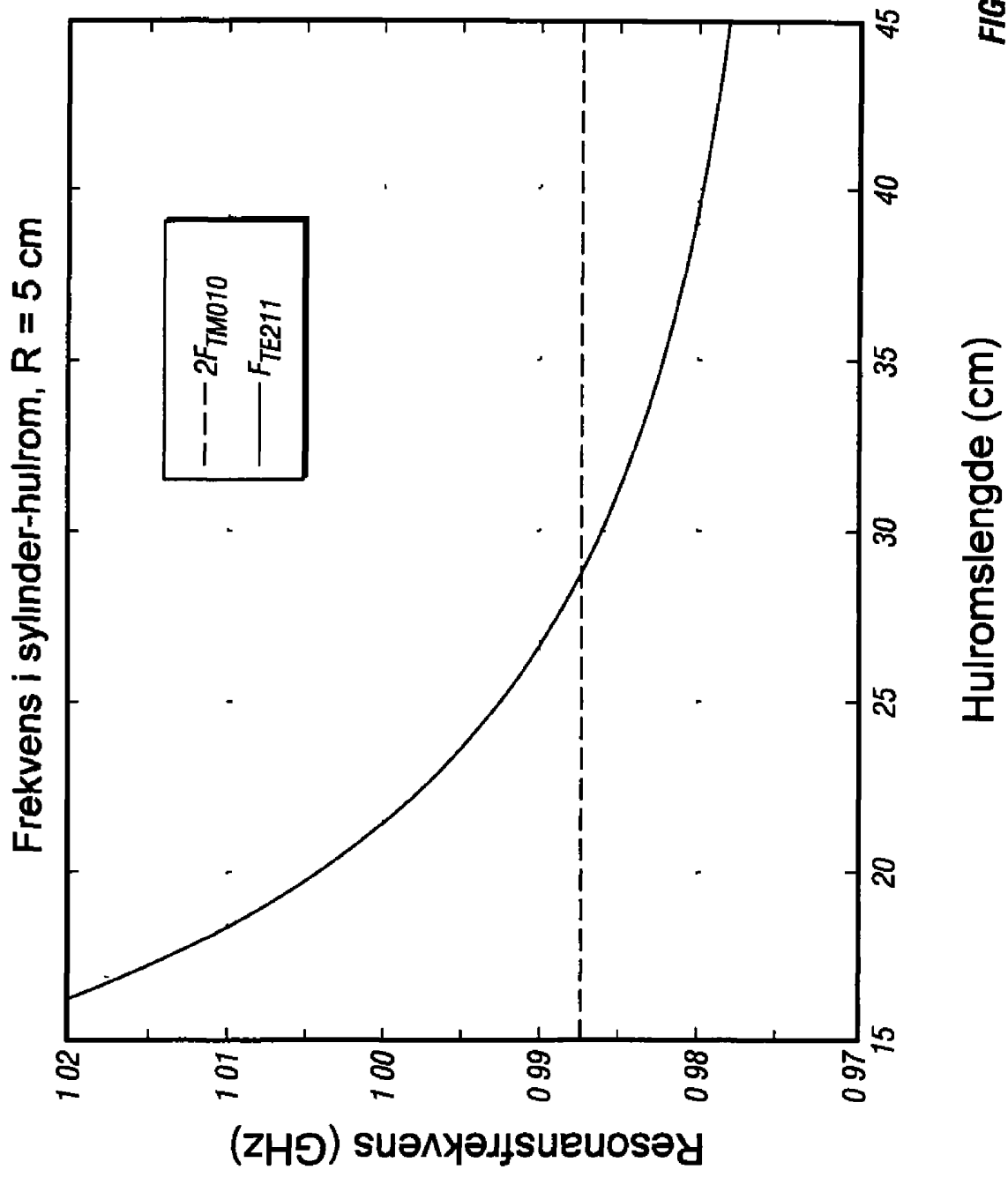


FIG. 12

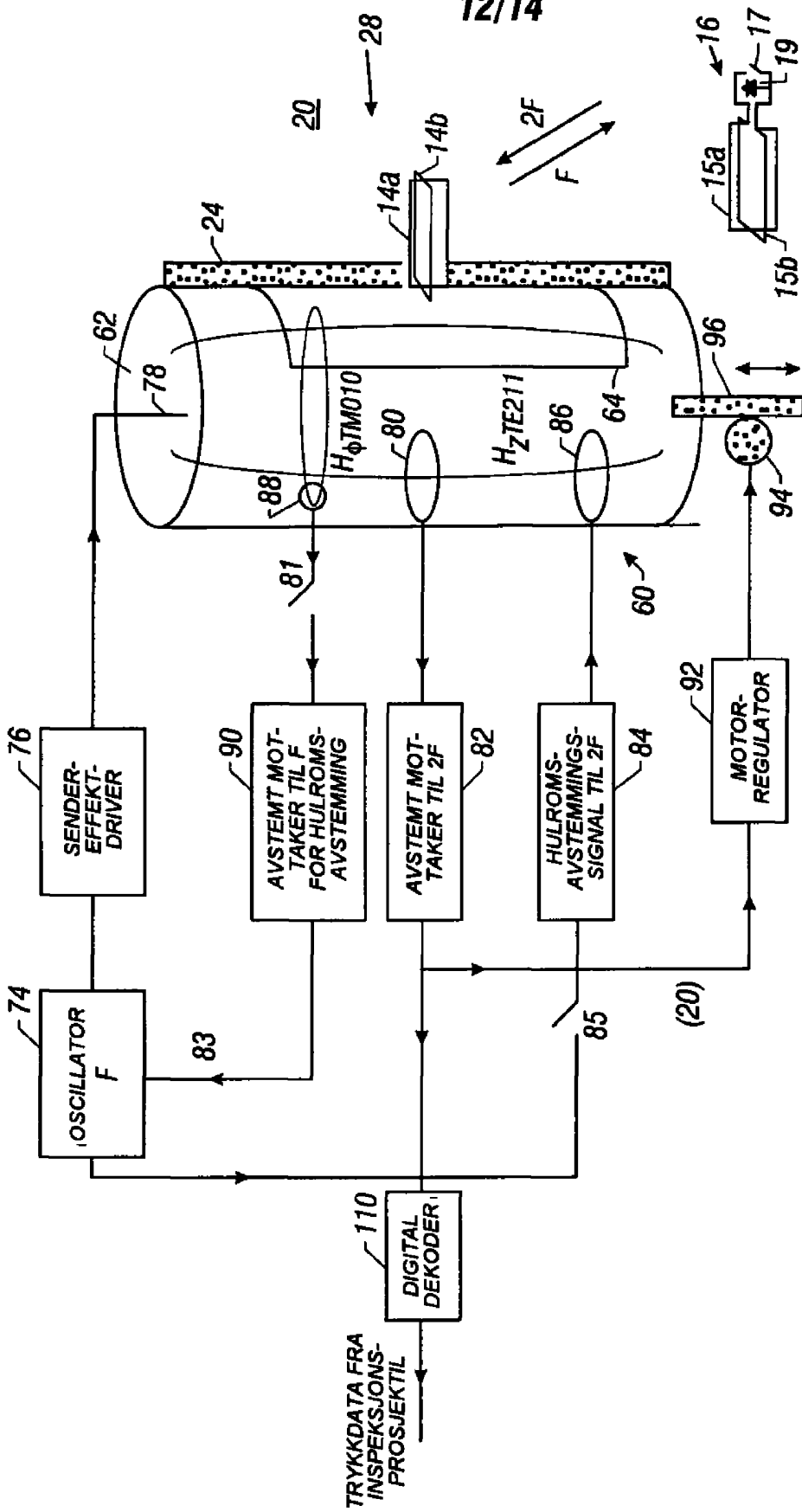


FIG. 13

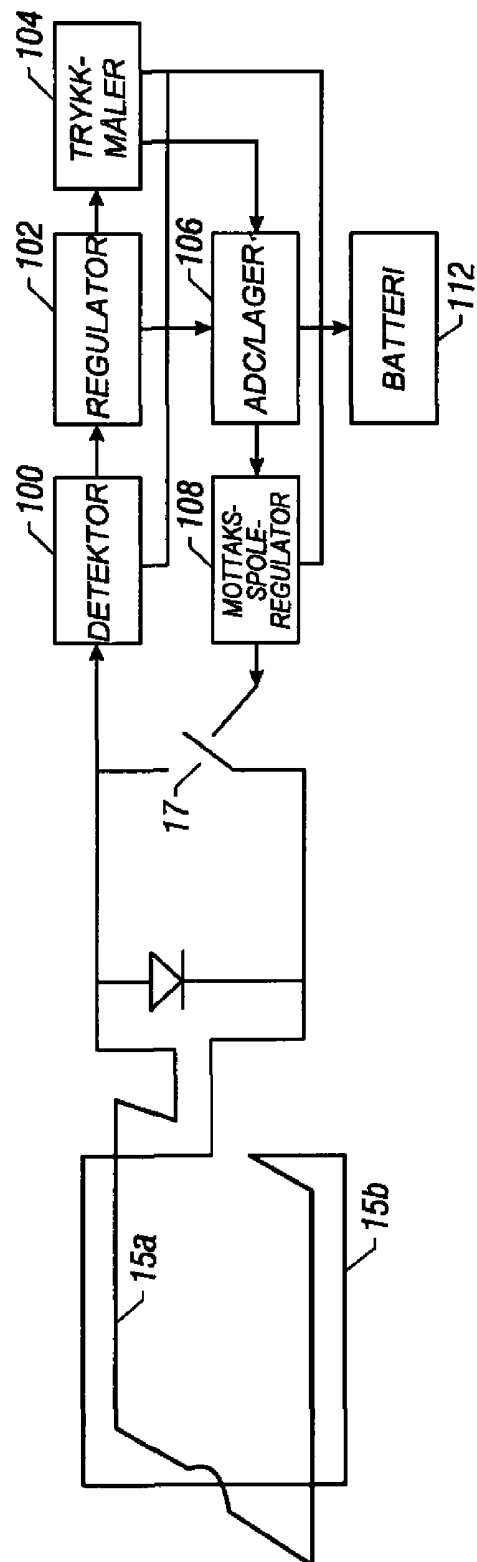


FIG. 14

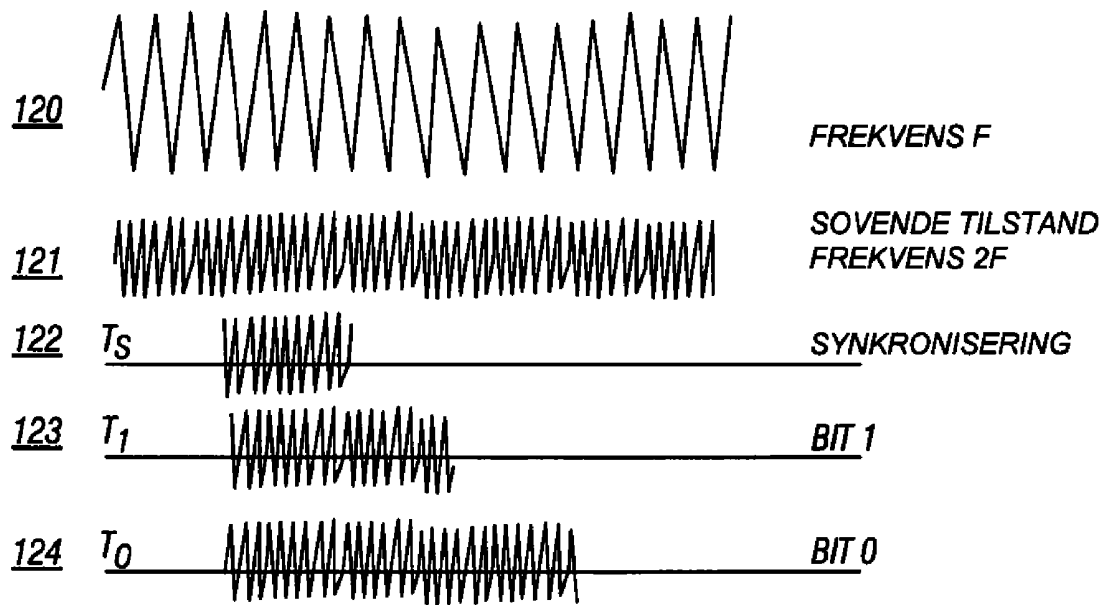


FIG. 15