



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20131059

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 49/08 (2006.01)

G01N 21/25 (2006.01)

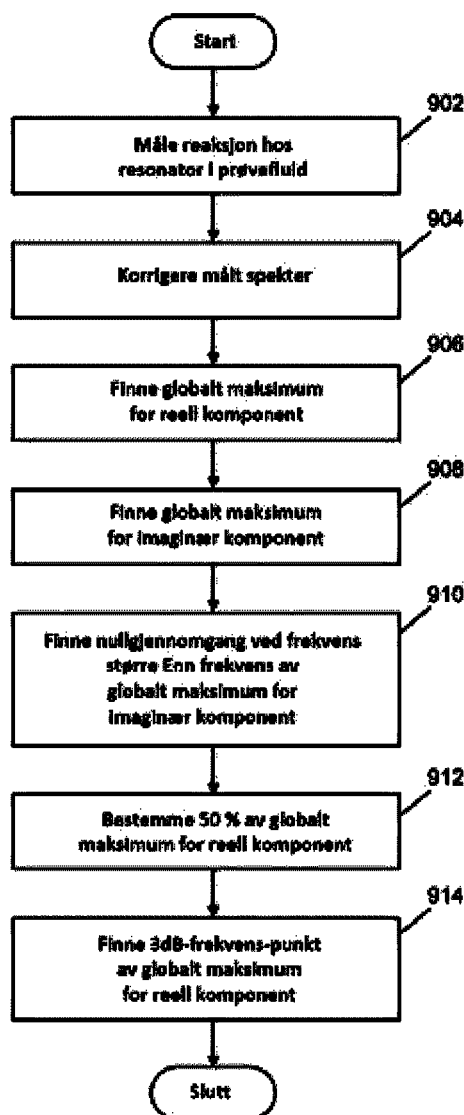
G01N 21/62 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20131059	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2012.03.16 PCT/US2012/029469
(22)	Inng.dag	2013.08.01	(85)	Videreføringsdag	2013.08.01
(24)	Løpedag	2012.03.16	(30)	Prioritet	2011.03.18, US, 61/454,155
(41)	Alm.tilgj	2013.08.08			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Inc, P. O. Box 4740, US-TX77210-4740 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Tobias Kischkat, Am Feuerwehrhaus 3 B, DE-29223 CELLE, NIEDERSACHSEN, Tyskland			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for å analysere fluidegenskaper**
(57) Sammendrag

En framgangsmåte for å bestemme eg egenskap ved et fluid omfatter: å motta ved en dataenhet et admittansspekter som dannes ved å anvende en eksitering på en resonator som er i kontakt med fluidet, der spekteret dekker et første frekvensområde og har reelle og imaginære komponenter; å bestemme en resonansfrekvens hos admittansspekteret, der resonansfrekvensen er en frekvens ved hvilken en størrelse av den imaginære komponenten er omkring null; å bestemme en båndbredde av spekteret; og å bestemme egenskapen ut ifra én eller begge av resonansfrekvensen og båndbredden av resonansfrekvensen.



FRAMGANGSMÅTE FOR Å ANALYSERE FLUIDEGENSKAPER

KRYSSREFERANSE TIL RELATERTE PATENTSØKNADER

[0001] Denne søknaden krever prioritet foran US foreløpig patentsøknad 61/454 155, inngitt 18. mars 2011, og som er inkorporert her i sin helhet ved referanse.

BAKGRUNN

1. Området for oppfinnelsen

[0002] Den foreliggende oppfinnelsen gjelder generelt utvinning av hydrokarboner fra en hydrokarbonførende formasjon i jorden, og spesielt utførelsen av tetthets- og viskositetsmålinger av en fluidprøve fra formasjonen.

2. Beskrivelse av relatert teknikk

[0003] Borehull bores i jorden for mange anvendelser, for eksempel hydrokarbonproduksjon, geotermisk produksjon og karbondioksidsekvistrering. Et borehull bores med en borkrone eller annet skjæreverktøy anbrakt i den distale enden av en borestreng. En borerigg dreier borestrengen og borkronen for å skjære gjennom formasjonsberg og på den måten bore borehullet.

[0004] Borehullet kan gi tilgang til et hydrokarbonreservoar. Et spesifikt hydrokarbonreservoar kan inneholde flere hydrokarbonførende formasjoner som kan være sammenhengende eller ikke.

[0005] Etter hvert som tilgjengeligheten av hydrokarbonavsetninger i jorden reduseres, øker kostnaden ved å utvinne hydrokarboner. Dermed er det ønskelig å tilveiebringe produkter og framgangsmåter for å planlegge når og hvor man skal følge opp med produksjon av hydrokarboner fra et reservoar. Vanskelighetene og kostnadene forbundet med å utvinne hydrokarboner fra en formasjon kalles av og til formasjonens «produserbarhet».

Produserbarheten er knyttet til tettheten og viskositeten hos fluidprøvene som hentes fra formasjonen. Dermed er det ønskelig å tilveiebringe nøyaktige tetthets- og viskositetsmålinger av fluidprøven.

KORT SAMMENDRAG

[0006] Det beskrives en framgangsmåte for å bestemme egenskap ved et fluid, som omfatter: å motta ved en dataenhet et admittansspekter som dannes ved å anvende en eksitering på en resonator som er i kontakt med fluidet, der spekteret dekker et første frekvensområde og har reelle og imaginære komponenter; å bestemme en resonansfrekvens hos admittansspekteret, der resonansfrekvensen er en frekvens ved hvilken en størrelse av den imaginære komponenten er omkring null; å bestemme en båndbredde av spekteret; og å bestemme egenskapen ut ifra én eller begge av resonansfrekvensen og båndbredden av resonansfrekvensen.

[0007] Det beskrives også et system for å bestemme en egenskap hos et borehullfluid som omfatter en borehullkomponent som omfatter en resonator som kan nedsenkes i borehullfluidet og en dataenhet i funksjonell kommunikasjon med borehullkomponenten. Dataenheten er konfigurert til: å motta et admittansspekter som dannes ved å anvende en eksitering på, der spekteret dekker et første frekvensområde og har reelle og imaginære komponenter; å bestemme en resonansfrekvens hos admittansspekteret, der resonansfrekvensen er en frekvens ved hvilken en størrelse av den imaginære komponenten er omkring null; å bestemme en båndbredde av spekteret; og å bestemme egenskapen ut ifra én eller begge av resonansfrekvensen og båndbredden av resonansfrekvensen.

[0008] Det beskrives også en framgangsmåte for å estimere en egenskap ved et fluid i et borehull, som omfatter: å bestemme en første admittansspekterverdier for en resonator nedsenket i et fluid nede i et borehull som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et første frekvensområde for å danne et første admittansspekter; å bestemme en første resonansfrekvens og en første båndbredde for det første admittansspekteret; å bestemme andre admittansspekterverdier for resonatoren nedsenket i fluidet i borehullet som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et andre frekvensområde for å danne et andre admittansspekter, der det andre frekvensområdet omfatter den første resonansfrekvensen og den

første båndbredden; å bestemme en andre resonansfrekvens og en andre båndbredde for det andre admittansspekteret; og å estimere egenskapen for fluidet i borehullet ut ifra den andre resonansfrekvensen og den andre båndbredden.

[0009] Det beskrives også et system for å bestemme en egenskap hos et borehullfluid som omfatter en borehullkomponent som omfatter en resonator som kan nedsenkes i borehullfluidet og en dataenhet i funksjonell kommunikasjon med borehullkomponenten. Dataenheten er konfigurert til: å bestemme en første admittansspekterverdier for en resonator nedsenket i et fluid nede i et borehull som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et første frekvensområde for å danne et første admittansspekter; å bestemme en første resonansfrekvens og en første båndbredde for det første admittansspekteret; å bestemme andre admittansspekterverdier for resonatoren nedsenket i fluidet i borehullet som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et andre frekvensområde for å danne et andre admittansspekter, der det andre frekvensområdet omfatter den første resonansfrekvensen og den første båndbredden; å bestemme en andre resonansfrekvens og en andre båndbredde for det andre admittansspekteret; og å estimere egenskapen for fluidet i borehullet ut ifra den andre resonansfrekvensen og den andre båndbredden.

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

[0010] Den følgende beskrivelsen må ikke oppfattes som begrensende på noen måte. Ved henvisning til de medfølgende tegningene har like elementer like henvisningstall:

[0011] Fig. 1 er et skjematisk diagram av et måleverktøy anbrakt på en wireline i et borehullmiljø;

[0012] Fig. 2 er et skjematisk diagram av et måleverktøy anbrakt på en borestreng i et overvåkning under boring-miljø;

[0013] Fig. 3 er et skjematisk diagram av et måleverktøy anbrakt på en fleksibel rørkonstruksjon i et borehullmiljø;

[0014] Fig. 4 illustrerer en resonator anbrakt i et fluidkammer;

[0015] Fig. 5 er en skjematisk illustrasjon av en ekvivalent modell av en resonator anbrakt i et fluidkammer;

[0016] Fig. 6 er en skjematisk illustrasjon av en strøm-til-spenning-omformer tilveiebrakt i en illustrerende utførelsesform for å måle resonatorens admittansspekter;

[0017] Fig. 7 er et plott av et admittansspekter av en resonator tatt når resonatoren var anbrakt i en fluidprøve;

[0018] Fig. 8 er et plott av et admittansspekter av fig. 7 korrigert til å fjerne admittanseffekter fra parallellkoplinger;

[0019] Fig. 9 illustrerer en framgangsmåte for å bestemme visse frekvenser som kan benyttes til å estimere en egenskap ved et fluid; og

[0020] Fig. 10 illustrerer en annen framgangsmåte for å bestemme visse frekvenser som kan benyttes til å estimere en egenskap ved et fluid.

DETALJERT BESKRIVELSE

[0021] Her presenteres en detaljert beskrivelse av én eller flere utførelsesformer av oppfinnelsens anordning og framgangsmåter ved hjelp av eksemplifisering og ikke begrensning ved henvisning til figurene.

[0022] Et reservoarfluids viskositet og tetthet er nyttige for å forstå kostnaden og produserbarheten ved et reservoar eller en formasjon i jorden. I en illustrerende utførelsesform brukes en piezometrisk stemmegaffel som en mekanisk resonator for å estimere viskositeten og tettheten hos en fluidprøve fra formasjonen. Det er kjent å bruke en mekanisk resonator i form av en stemmegaffel (f.eks. en piezometrisk stemmegaffel) for å bestemme et reservoarfluids viskositet og tetthet. Det er også fastslått at den elektrisk ekvivalente modellen til en mekanisk resonator er en gyldig modell for en piezoelektrisk stemmegaffels respons på et fluids tetthet og viskositet. Tolkningen av gaffelens respons på et ukjent fluid når det gjelder tetthet og viskositet kan likevel være problematisk. Utførelsesformer beskrevet her kan brukes til å tolke gaffelens

respons. Det må forstås at selv om en piezoelektrisk stemmegaffel er beskrevet som resonator, kan en hvilken som helst type resonator benyttes i forbindelse med det foreliggende.

[0023] Fig. 1 er et skjematisk diagram av en spesifikk illustrerende utførelseform anbrakt på en wireline i et borehullmiljø. Som vist i fig. 1 anbringes et borehullverktøy 10 som inneholder en mekanisk resonator 410, i et borehull 14. Borehullet er dannet i formasjon 16. Verktøyet 10 anbringes via en wireline 12. Verktøyet 10 omfatter en dataenhet 20 som kan sende data til en overflatedatamaskin 21. Dataenheten 20 kan omfatte datamaskinlesbare medier og innebygde datastrukturer i minne. Overflatedatamaskinen 21 kan være del av et intelligent kompletteringssystem 30.

[0024] Fig. 2 er et skjematisk diagram av en utførelsesform av en annen spesifikk illustrerende utførelsesform anbrakt på en borestreng 15 i et overvåkning under boring-miljø.

[0025] Fig. 3 er et skjematisk diagram av en utførelsesform av en annen spesifikk illustrerende utførelsesform anbrakt på en fleksibel rørkonstruksjon 13 i et borehullmiljø.

[0026] Fig. 4 illustrerer en resonator 410 som den kan brukes i et hvilket som helst borehullverktøy 10 vist ovenfor, eller en hvilken som helst annen type borehullverktøy. I drift omfatter borehullverktøyet 10 en ledning 426, for eksempel rør eller annen fluidoverføringskomponent, hvorigjennom et fluid kan forflytte seg. I fig. 4 er fluidet vist som strømmende i retningen vist av pil A. Når verktøyet 10 anbringes i et borehull 14, får en pumpe eller andre framføringsmidler inkludert i verktøyet 10 et fluid utenfor verktøyet 10 til å forflytte seg gjennom ledningen 426.

[0027] I henhold til én utførelsesform er en resonator 410 anbrakt slik at minst en del av den befinner seg inne i ledningen 426. Som illustrert er resonatoren 410 en mekanisk resonator i form av en stemmegaffel. Resonatoren 410 kan være en hvilken som helst type resonator, for eksempel en stangbøyer, skivebøyer, utkrager, stemmegaffel, mikromaskinert membran, torsjonsresonator, eller en hvilken som helst piezoelektrisk transduktor.

[0028] Den illustrerte resonatoren 410 omfatter tinder 413 anbrakt i ledningen 426 og en basis 412 som tindene 413 strekker seg fra. På denne måten kan man få resonatoren 410 til å

kontakte et fluid som passerer gjennom ledningen 426. I én utførelsesform er fluidet et formasjonsfluid. I en annen utførelsesform er fluidet vann- eller oljebasert boreslam.

[0029] Resonatoren 410 kan eksiteres, og dens reaksjon i nærvær av en fluidprøve kan benyttes til å bestemme fluidtetthet, viskositet og dielektrisk koeffisient. Fluidet kan være i bevegelse eller statisk. Med tanke på dette er basisen 412 på resonatoren 410 illustrert koplet til en datamaskinprosessor 20. Datamaskinprosessen 20 omfatter en eksiteringskrets 421 som tilveiebringer en elektrisk spenning til resonatoren 410 og overvåker resonatorens 410 atferd mens spenningen påføres. Atferden kan brukes til å bestemme tetthet, viskositet og dielektrisk koeffisient hos fluidet som passerer gjennom ledningen. Eksiteringskretsen 421 kan selvfølgelig finne seg i en annen prosessor enn datamaskinprosessen 20.

[0030] I én utførelsesform kan resonatoren 410 benyttes i et strømmende fluid som illustrert i fig. 4. For eksempel kan resonatoren 410 benyttes når en prøve av borehull- eller formasjonsfluid pumpes gjennom verktøyet 10 og inn i borehullet. I dette scenariet nedsenkes resonatoren 410 i det strømmende fluidet og brukes til å bestemme tettheten, viskositeten og den dielektriske konstanten til fluidet som strømmer i ledningen 426.

[0031] I en annen utførelsesform hindres fluidprøven som strømmer i verktøyet 10, i å strømme mens resonatoren 410 er nedsenket i fluidet og brukes til å bestemme tettheten, viskositeten og den dielektriske konstanten til det statiske fluidet som er fanget i verktøyet 10.

[0032] Tolkningen av resonatorens 410 reaksjon kan omfatte å modellere den med en elektrisk ekvivalent modell, for eksempel den vist i fig. 5. I fig. 5 er R_0 502, L_0 504 og C_s 506 motstanden, induktansen og kapasitansen til den ekvivalente serien som modellerer den elektromekaniske resonansen hos en piezoelektrisk transduktor. Disse parameterne kan også være elektriske analoger av mekaniske parametre for en mekanisk resonator der R_0 502 representerer friksjon, L_0 504 representerer masse og C_s 506 representerer elastisitet. C_p 510 er den totale parasittiske kapasitansen som parallellkopler strøm rundt transduktoren, eller det kan representere hva som helst som reduserer kraften som påføres en resonator 410. Sammen definerer disse parameterne bevegelsesimpedansen hos resonatoren 410, Z_m , som relaterer den elektriske impedansen hos en piezoelektrisk transduktor til den enkle harmoniske oscilleringen

hos en mekanisk resonator som vist i likning (1), der Z_f 508 representerer impedansen hos fluidet det tas prøve av:

$$Z_m = R_0 + j\left(\omega L_0 - \frac{1}{\omega C_0}\right) + Z_f \quad (1)$$

der Z_f kan modelleres som vist i likning 2:

$$Z_f = B\sqrt{\rho\eta\omega} + (j(A\omega + Bt\rho\eta\omega) \quad (2)$$

Koeffisienten A relaterer fluidtetthet, ρ , til en effektiv økning av resonatormasse når den oscillerer ved frekvens ω i fluidet. Koeffisienten B relaterer fluidets tetthets-viskositets-produkt, $\rho \omega$, til viskøs dempning av resonatoren 410 ved hjelp av fluidet.

[0033] Det er nærliggende å beskrive resonatorens 410 reaksjon ved hjelp av admittans, som er det omvendte av impedans. Den totale admittansen hos resonatoren 410, Y_t , er forholdet mellom strømmen gjennom anordningen som reaksjon på en påført spenning. Det er også summen av bevegelses- og parallellkopplingsadmittansen i resonatoren 410. Relasjonene er vist i likningssettet (3):

$$\begin{aligned} Y_t &= \frac{I_{out}}{V_{in}} \\ &= \frac{1}{Z_m} + j\omega C_p \\ &= \frac{(R_0 + B\sqrt{\rho\eta\omega}) - j(A\rho\omega + L_0\omega + B\sqrt{\rho\eta\omega} - \frac{1}{\omega C_s})}{(R_0 + B\sqrt{\rho\eta\omega})^2 + (A\rho\omega + L_0\omega + B\sqrt{\rho\eta\omega} - \frac{1}{\omega C_s})^2} + j\omega C_p \end{aligned}$$

[0034] Admittansen hos en resonator 410 kan måles med en strøm-til-spenning-omformer 600 som vist i fig. 6. Dersom inngangsspenningen, V_{in} 602, leveres av en spenningskilde med frekvenssveiping fra eksiteringskrets 421 (fig. 4), kan admittansen hos resonatoren 410 måles som en funksjon av frekvens, $Y_{sub.}(\omega) = V_{out}(\omega)/(V_{in}(\omega)R_f)$ slik at det dannes et admittansspekter.

Forsterker 604 og tilbakekopplingsmotstand R_f 606 brukes til å kondisjonere en strømreaksjon fra resonatoren 410 for å produsere en spenning V_{out} 508. Et admittansspekter som viser resonansen hos en resonator 410 nedsenket i et fluid, kan brukes til å estimere fluidets tetthet og viskositet.

[0035] Én tilnærming til å estimere tetthet og viskositet basert på admittansspekteret beskrives i US patent nr. 7 844 401, som her er inkorporert i sin helhet ved referanse. I det patentet bestemmes to frekvenser. I det patentet er spesifikt den første frekvensen resonansfrekvensen ω_s og er lik frekvensen ved hvilken den reelle komponenten av resonatorens admittans er på et maksimum. Den andre frekvensen er lik frekvensen ved hvilken den imaginære komponenten av resonatorens admittans er på et maksimum. Denne frekvensen er kalt ω_{45} og representerer frekvensen der den reelle og den imaginære komponenten er like, noe som impliserer en 45 graders faseskiftning mellom strømmene.

[0036] Disse to frekvensene kan brukes til å estimere tetthet og viskositet. Spesifikt kan tetthet og viskositet bestemmes på grunnlag av ω_s og ω_{45} i henhold til de følgende relasjonene:

$$\rho\eta = \left[\frac{\left(\frac{\omega_{s-vac}}{\omega_{45}}\right)^2 - \left(\frac{\omega_{s-vac}}{\omega_s}\right)^2 - 2\left(\frac{\omega_{s-vac} - \omega_{45-vac}}{\omega_{45}}\right)}{\frac{B}{L_0} \left(\frac{2}{\sqrt{\omega_{45}}} - \frac{1}{\sqrt{\omega_s}} \right)} \right]^2$$

$$\rho = \frac{\left(\frac{\omega_{s-vac}}{\omega_s}\right)^2 - \frac{B}{L_0} \sqrt{\frac{\rho\eta}{\omega_s}} - 1}{\frac{A}{L_0}}$$

der ω_{s-vac} er resonansfrekvensen hos resonatoren i et vakuum og ω_{45-vac} er frekvensen der den reelle og den imaginære komponenten er like i et vakuum. Koeffisientene A og B i relasjonene ovenfor kan bestemmes ved å måle ω_s og ω_{45} for en resonator nedsenket i et kalibreringsfluid med kjent tetthet og viskositet. Denne løsningen krever ingen a priori informasjon om tettheten og viskositeten som måles. Ettersom ω_s alltid er større ω_{45} , er det dessuten en vesentlig redusert mulighet for et udefinert resultat.

[0037] Det er imidlertid avdekket at det i noen tilfeller kan være vanskelig å bestemme maksimas posisjon på grunn av støy. Mengden støy øker etter som viskositeten øker på grunn av bredere og svakere resonanstopper.

[0038] Én utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen omfatter å estimere resonansfrekvensen ut ifra nullgjennomgangen av en parallellkoplingskorrigert imaginær admittans og å estimere 3dB-frekvensen som frekvensen ved hvilken den reelle komponenten av admittansen er lik halvparten av det globale maksimumet av den reelle komponenten. I tillegg beskrives en framgangsmåte for å søke etter disse verdiene.

[0039] Fig. 7 illustrerer den reelle 702 og den imaginære 704 komponenten av admittansen hos en resonator 410 i et fluid plottet mot frekvens som kan observeres, for eksempel ved å benytte omformerer i fig. 6. Plottet vist i fig. 7 omfatter også en såkalt parallellkoplingsadmittans 706 som er på grunn av alenestående kapasitans (f.eks. C_p 510 i fig. 5).

[0040] I fig. 8 er parallellkoplingsadmittansen 706 subtrahert fra den imaginære komponenten av admittansen (704) for å produsere en parallellkoplingskorrigert imaginær admittans 705. På grunn av symmetrien til den imaginære komponenten av admittansen 704 kan et estimat av parallellkoplingsadmittansen regnes ut som den gjennomsnittlige verdien av dette, og beskrives videre i US patent nr. 7 844 401.

[0041] I henhold til én utførelsesform omfatter en framgangsmåte for å bestemme viskositet og tetthet å bestemme henholdsvis resonansfrekvensen (ω_s) og (ω_{45}) frekvensen ut ifra den parallellkoplingskorrigerte imaginære admittansen 705 og den reelle komponenten av admittansen 702. I denne utførelsesformen er resonansfrekvensen lik frekvensen av nullgjennomgangen av den parallellkoplingskorrigerte imaginære impedansen 705. Dette punktet er identifisert i fig. 8 ved henvisningstall 810. Frekvensen ω_{45} er lik 3dB-frekvensen av den reelle delen av admittansen 702. 3dB-frekvensen er frekvensen ved hvilken størrelsen av amplituden av den reelle delen av impedansen 702 er halvparten av det globale maksimumet 814 av amplituden av den reelle delen av impedansen 702.

[0042] I en annen utførelsesform, heller enn å konsultere nullgjennomgangen av den imaginære impedansen på et kartesisk plott, kan plasseringen på et polarplott frekvensen der den imaginære komponenten av spekteret er på 45 grader brukes til å bestemme resonansfrekvensen.

[0043] Fig. 9 illustrerer en framgangsmåte for å bestemme ω_s og ω_{45} i henhold til én utførelsesform. Ved blokk 902 måles reaksjonen hos en resonator anbrakt minst delvis i en fluidprøve. Denne reaksjonen er et spekter som varierer over frekvens og fortrinnsvis representeres ved hjelp av admittans. Prøvefluidet kan være i bevegelse eller statisk. I én utførelsesform dras fluidet fra en formasjon under jordoverflaten. En strøm-til-spenning-omformer som vist i fig. 6 kan brukes til å gjøre slik målinger. Som den vanlige fagpersonen vil forstå, vil målingene omfatte både størrelse og fasekomponenter dersom det tilveiebringes inngangsspenning (V_{in}) med vekselstrøm (AC). Sagt på en annen måte vil målingene omfatte reelle og imaginære komponenter.

[0044] Ved blokk 904 korrigeres det målte admittansspekteret. Dette kan for eksempel omfatte å fjerne eventuell parallellkoplingsadmittans på grunn av alenestående kapasitans fra det målte admittansspekteret. Parallellkoplingsadmittansen kan i én utførelsesform regnes ut som en gjennomsnittsverdi av den imaginære komponenten av det målte admittansspekteret. I blokk 904 kan det å fjerne parallellkoplingsadmittansen omfatte å subtrahere, ved hvert prøvepunkt, parallellkoplingsadmittansen fra den imaginære komponenten av den målte admittansen. Resultatet av prosessering ved blokk 904 tilveiebringer et admittansspekter med en reell komponent og en parallellkoplingskorrigert imaginær komponent 705.

[0045] Ved blokk 906 bestemmes det globale maksimumet av den reelle komponenten av det målte spekteret. Et slikt maksimum kan finnes ved hjelp av en hvilken som helst nåværende kjent eller senere utviklet framgangsmåte for å bestemme et maksimum i et spekter. Selvfølgelig kan samme type filtrering forbedre denne bestemmelsen, men er ikke påkrevet.

[0046] Ved blokk 908 bestemmes det globale maksimumet av den imaginære komponenten av det målte spekteret. Som før kan et slikt maksimum finnes ved hjelp av en hvilken som helst nåværende kjent eller senere utviklet framgangsmåte for å bestemme et

maksimum i et spekter, og en type filtrering kan forbedre denne bestemmelsen, men er ikke påkrevet.

[0047] Ved blokk 910 bestemmes nullgjennomgangen av den imaginære komponenten av det målte spekteret. Dette kan omfatte å starte et søk ved frekvensen identifisert ved blokk 908 og suksessivt søke høyere frekvenser til en nullgjennomgang blir funnet. Resultatet av prosessering ved blokk 910 er resonansfrekvensen ω_s .

[0048] I en alternativ utførelsesform, og på grunn av symmetrien til den imaginære komponenten, kan blokk 908 omfatte å finne det globale minimumet av den imaginære komponenten. I en slik utførelsesform omfatter blokk 910 å finne nullgjennomgangen ved å starte et søk ved minimumsverdien av den imaginære komponenten og suksessivt søke lavere frekvenser til en nullgjennomgang blir funnet.

[0049] Ved blokk 912 bestemmes en verdi som er 50 % av det globale maksimumet av den reelle komponenten av det målte spekteret bestemt ved blokk 906. Ved blokk 914 bestemmes frekvensen ved hvilken den reelle komponenten er lik verdien bestemt ved blokk 912, ved å starte ved resonansfrekvensen og suksessivt søke lavere frekvenser. Frekvensen der dette skjer er 3dB-frekvensen og kan benyttes som ω_{45} -frekvensen for utregningene beskrevet ovenfor. På grunn av symmetri kan 3dB-frekvensen i én utførelsesform også finnes ved å starte ved resonansfrekvensen og søke ved suksessivt høyere frekvenser. I en slik utførelsesform kan relasjonene vist ovenfor kreve å velge den høyeste av de to mulige løsningene av ω_{45-vac} .

[0050] Framgangsmåten beskrevet i fig. 9 kan være robust selv i nærvær av støy, ettersom den ikke søker interessefrekvensene i et område av spekteret der en kurve som representerer spekteret, er nesten horisontal (dvs. ved sitt maksimum). Krysningspunktet mellom en bratt kurve og en horisontal linje er bedre definert enn å prøve å finne maksimum av en flat del av en kurve.

[0051] I noen tilfeller kan kvaliteten av bestemmelsene forbedres ved å utføre en frekvenssveiping i to trinn. Fig. 10 illustrerer en framgangsmåte for å utføre en frekvenssveiping i to trinn i henhold til én utførelsesform. Prosessen begynner ved blokk 1002, der reaksjonen hos en resonator anbrakt minst delvis i en fluidprøve måles. Etter blokk 1002, ved blokk 1004,

korrigeres det målte admittansspekteret. Prosedyrene anvendt ved blokk 1002 og 1004 kan være de samme eller liknende de som er beskrevet i forhold til henholdsvis blokk 902 og 904, beskrevet ovenfor. Det må bemerkes at prosesseringen ved blokk 1002 kan omfatte å sveipe over et første, videre frekvensområde.

[0052] Ved blokk 1006 bestemmes verdiene av ω_s og ω_{45} . Disse verdiene kan bestemmes som beskrevet ovenfor eller på måten som beskrives i US patent nr. 7 844 401. Uansett hvordan verdiene av ω_s and ω_{45} bestemmes, defineres et frekvensvindu som omfatter både ω_s og ω_{45} . Dette frekvensvinduet har et andre område som er mindre enn det første området og i én utførelsesform inneholdes fullstendig i det første området.

[0053] Ved blokk 1008 måles reaksjonen hos resonatoren i et fluid igjen. Målingen er imidlertid begrenset til å sveipe bare det andre området. Ved å benytte omtrent samme mengde sveipingsdatapunkter i begge sveipingene har den andre sveiping en høyere frekvensoppløsning enn den første. Resultatet av den andre målingen kalles her et autoskalert spekter. Ved blokk 1010 korrigeres det autoskalerte spekteret for å kompensere for alenestående kapasitans. I én utførelsesform er korrigeringen basert på de alenestående kapasitansverdiene bestemt ved blokk 1004 ettersom det autoskalerte spekteret bare omfatter frekvenser som omgir resonansfrekvensen.

[0054] Valgfritt kan det ved blokk 1012 anvendes en glattingsfunksjon på det korrigerte spekteret. Glattingen kan for eksempel utføres ved hjelp av et lavpassfilter med endelig impulsrespons (FIR).

[0055] Ved blokk 1014 bestemmes ω_s og ω_{45} ut ifra det glattede korrigerte autoskalerte spekteret basert på nullgjennomgangen av den imaginære komponenten og 3dB-punktet til den reelle komponenten som beskrevet ovenfor.

[0056] Kort sagt brukes interessefrekvensens som ble funnet i løpet av den første sveiping, til å skalere interessevinduet til den andre sveiping. På den måten autoskaleres bredden til resonanstoppen, og sentreres i spekteret som ble framskaffet i løpet av den andre sveiping. Slik autoskalering gjør det mulig å bruke det samme støyreduksjonsfilteret for alle

målinger, uavhengig av resonanseegenskapene som påvirkes av fluidet, og kan derfor unngå bruken av et adaptivt filter.

[0057] I én utførelsesform velges det andre frekvensområdet slik at området fra 3dB-frekvensen til resonansfrekvensen sentreres og skaleres til ca. 1/3 av interessevinduet.

[0058] Elementer av utførelsesformene er presentert med artikkelen «en» eller «et». Disse artiklene skal bety at det er ett eller flere av elementene. Termene «omfatter» og «har» skal være inkluderende, slik at de kan være ytterligere elementer i tillegg til de elementene som er opplistet. Når konjunksjonen «eller» brukes i en liste med minst to termer, skal den bety en hvilken som helst term eller en hvilken som helst kombinasjon av termer. Termene «første», «andre» og «tredje» brukes til å skille elementer, og brukes ikke for å angi noen bestemt rekkefølge. Visse deler av beskrivelsen og figurene omfatter henvisning til ordnede prosesser. Det må forstås at såframt sammenhengen ikke spesifikt krever noe annet, kan rekkefølgen av disse prosessene varieres.

[0059] 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.

[0060] 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. Framgangsmåte for å bestemme en egenskap hos et fluid, der framgangsmåten omfatter:

å motta ved en dataenhet et admittansspekter som dannes ved å anvende en eksitering på en resonator som er i kontakt med fluidet, der spekteret dekker et første frekvensområde og har reelle og imaginære komponenter;

å bestemme en resonansfrekvens hos admittansspekteret, der resonansfrekvensen er en frekvens ved hvilken en størrelse av den imaginære komponenten er omkring null;

å bestemme en båndbredde av spekteret; og

å bestemme egenskapen ut ifra én eller begge av resonansfrekvensen og båndbredden av resonansfrekvensen.

2. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der det å bestemme resonansfrekvensen omfatter: å bestemme en frekvens som gir en maksimalverdi av den imaginære komponenten; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser høyere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

3. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der det å bestemme resonansfrekvensen omfatter: å bestemme en frekvens som gir en minimalverdi av den imaginære komponenten; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser lavere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

4. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der det å bestemme resonansfrekvensen omfatter: å bestemme en frekvens ved hvilken fasevinkelen til den imaginære komponenten på et polplott er ved 45 grader.

5. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der det å bestemme spekterets båndbredde omfatter å bestemme spekterets 3dB-frekvens, der 3dB-frekvensen er lik en frekvens ved hvilken den reelle komponenten er lik halve maksimalverdien av den reelle komponenten.

6. Framgangsmåte i henhold til krav 5, der det å bestemme 3dB-frekvensen omfatter: å lete fra resonansfrekvensen til en lavere frekvens til 3dB-frekvensen er lokalisert.

7. Framgangsmåte i henhold til krav 5, der det å bestemme 3dB-frekvensen omfatter: å lete fra resonansfrekvensen til en høyere frekvens til 3dB-frekvensen er lokalisert.

8. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der egenskapen er én av tetthet og viskositet.

9. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der fluidet er en hydrokarbon utvunnet fra en formasjon under jordoverflaten.

10. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der den imaginære komponenten er en korrigert imaginært komponent og er dannet ved å korrigere en målt imaginær komponent for å fjerne en parallellkoplingsadmittans.

11. Framgangsmåte i henhold til krav 10, der den målte imaginære komponenten korrigeres ved å subtrahere en gjennomsnittsverdi av den målte imaginære komponenten fra den målte imaginære komponenten.

12. Framgangsmåte i henhold til krav 1, der admittansspekteret bestemmes ved: å nedsenke resonatoren i fluidet i borehullet;

å sveipe en inngangsspenning tilhørende resonatoren over et frekvensområde;

å måle en elektrisk utgangsstrøm fra resonatoren over frekvensområdet; og

å danne et forhold av den elektriske utgangsstrømmen over inngangsspenningen.

13. System for å bestemme en egenskap hos et borehullfluid, der systemet omfatter:

en borehullkomponent som omfatter en resonator som kan nedsenkes i borehullfluidet; og

en dataenhet som er i funksjonell kommunikasjon med borehullkomponenten og konfigurert til:

å motta et admittansspekter dannet ved å anvende en eksitering på, der spekteret dekker et første frekvensområde og har reelle og imaginære komponenter;

å bestemme en resonansfrekvens hos admittansspekteret, der resonansfrekvensen er en frekvens ved hvilken en størrelse av den imaginære komponenten er omkring null;

å bestemme en båndbredde av spekteret; og

å bestemme egenskapen ut ifra én eller begge av resonansfrekvensen og båndbredden av resonansfrekvensen.

14. System i henhold til krav 13, der dataenheten er i borehullkomponenten.

15. System i henhold til krav 13, der dataenheten er separat fra borehullkomponenten.

16. System i henhold til krav 13, der dataenheten bestemmer resonansfrekvensen ved:

å bestemme en frekvens som gir en maksimalverdi av den imaginære komponenten; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser høyere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

17. System i henhold til krav 13, der dataenheten bestemmer resonansfrekvensen ved:

å bestemme en frekvens som gir en minimalverdi av den imaginære komponenten; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser lavere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

18. System i henhold til krav 1, der dataenheten bestemmer resonansfrekvensen ved:

å bestemme en frekvens ved hvilken fasevinkelen til den imaginære komponenten på et polplott er ved 45 grader.

19. Framgangsmåte for å estimere en egenskap hos et fluid nede i et borehull, der framgangsmåten omfatter:

å bestemme en første admittansspekterverdier for en resonator nedsenket i et fluid nede i et borehull som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et første frekvensområde for å danne et første admittansspekter;

å bestemme en første resonansfrekvens og en første båndbredde for det første admittansspekteret;

å bestemme andre admittansspekterverdier for resonatoren nedsenket i fluidet i borehullet som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et andre frekvensområde for å danne et andre admittansspekter, der det andre frekvensområdet omfatter den første resonansfrekvensen og den første båndbredden;

å bestemme en andre resonansfrekvens og en andre båndbredde for det andre admittansspekteret; og

å estimere egenskapen for fluidet i borehullet ut ifra den andre resonansfrekvensen og den andre båndbredden.

20. Framgangsmåte i henhold til krav 19, der egenskapen er tetthet eller viskositet.

21. Framgangsmåte i henhold til krav 19, der det å bestemme den andre resonansfrekvensen omfatter:

å bestemme en frekvens som gir en maksimalverdi av den imaginære komponenten av det andre admittansspekteret; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser høyere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

22. Framgangsmåte i henhold til krav 19, der det å bestemme den andre resonansfrekvensen omfatter:

å bestemme en frekvens som gir en maksimalverdi av den imaginære komponenten av det andre admittansspekteret; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser lavere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

23. Framgangsmåte i henhold til krav 19, der det å bestemme resonansfrekvensen omfatter:

å bestemme en frekvens ved hvilken fasevinkelen til spekteret på et polplott er ved 45 grader.

24. System for å bestemme en egenskap hos et borehullfluid, der systemet omfatter:

en borehullkomponent som omfatter en resonator som kan nedsenkes i borehullfluidet; og

en dataenhet som er i funksjonell kommunikasjon med borehullkomponenten og konfigurert til:

å bestemme en første admittansspekterverdier for en resonator nedsenket i et fluid nede i et borehull som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et første frekvensområde for å danne et første admittansspekter;

å bestemme en første resonansfrekvens og en første båndbredde for det første admittansspekteret;

å bestemme andre admittansspekterverdier for resonatoren nedsenket i fluidet i borehullet som et forhold av elektrisk utgangsstrøm over inngangsspenning over et andre frekvensområde for å danne et andre admittansspekter, der det andre frekvensområdet omfatter den første resonansfrekvensen og den første båndbredden;

å bestemme en andre resonansfrekvens og en andre båndbredde for det andre admittansspekteret; og

å estimere egenskapen for fluidet i borehullet ut ifra den andre resonansfrekvensen og den andre båndbredden.

25. System i henhold til krav 24, der egenskapen er tetthet eller viskositet.

26. System i henhold til krav 24, der dataenheten bestemmer den andre resonansfrekvensen ved:

å bestemme en frekvens som gir en maksimalverdi av den imaginære komponenten av det andre admittansspekteret; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser høyere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

27. System i henhold til krav 24, der dataenheten bestemmer den andre resonansfrekvensen ved:

å bestemme en frekvens som gir en maksimalverdi av den imaginære komponenten av det andre admittansspekteret; og

å lete etter nullgjennomgangen ved frekvenser lavere enn frekvensen som gir en maksimalverdi.

28. System i henhold til krav 24, der dataenheten bestemmer den andre resonansfrekvensen ved:

å bestemme en frekvens ved hvilken fasevinkelen til spekteret på et polplott er ved 45 grader.

FIG. 1

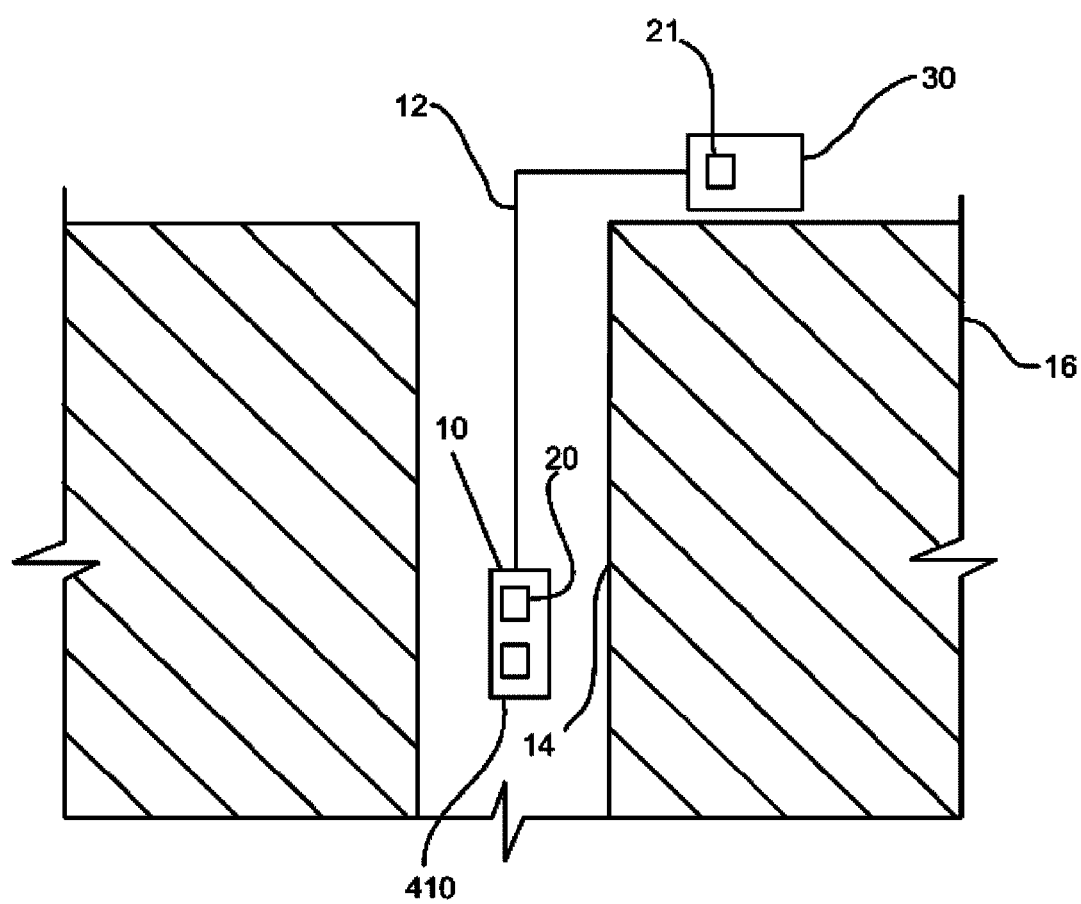


FIG. 2

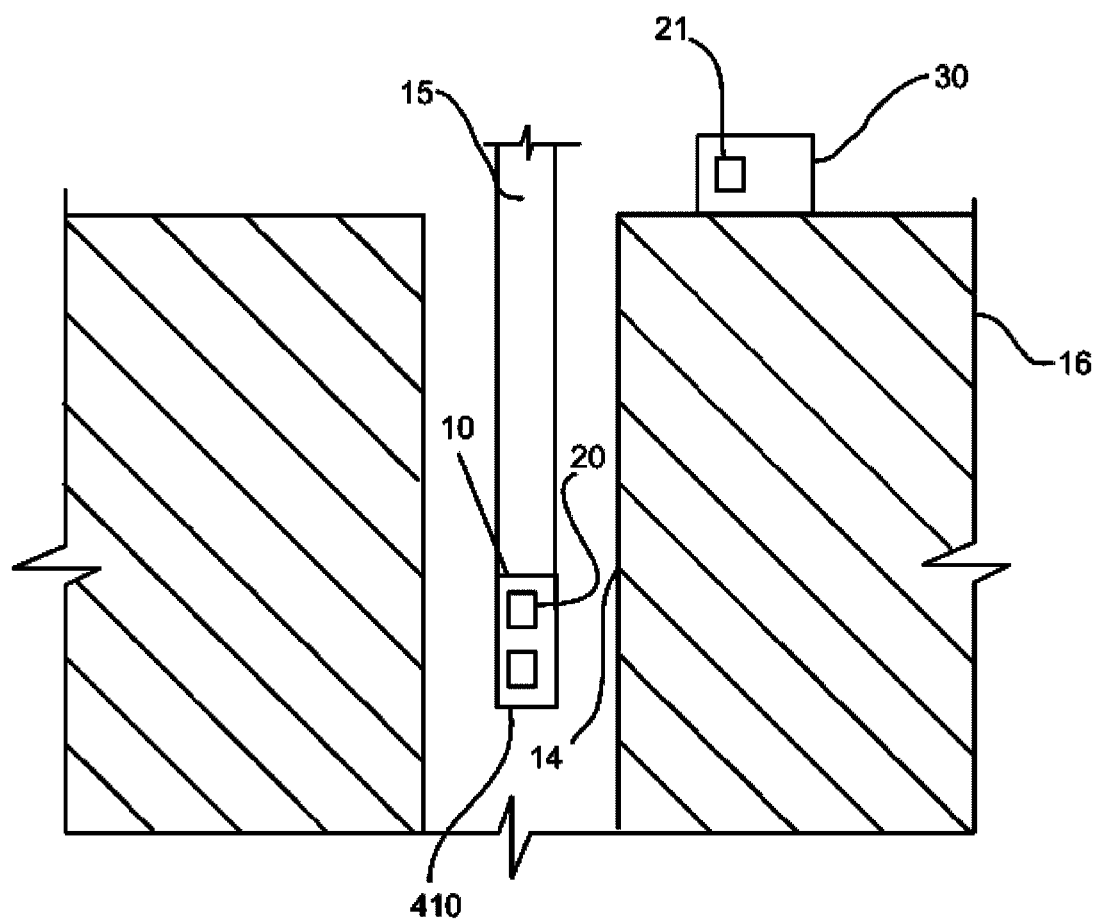


FIG. 3

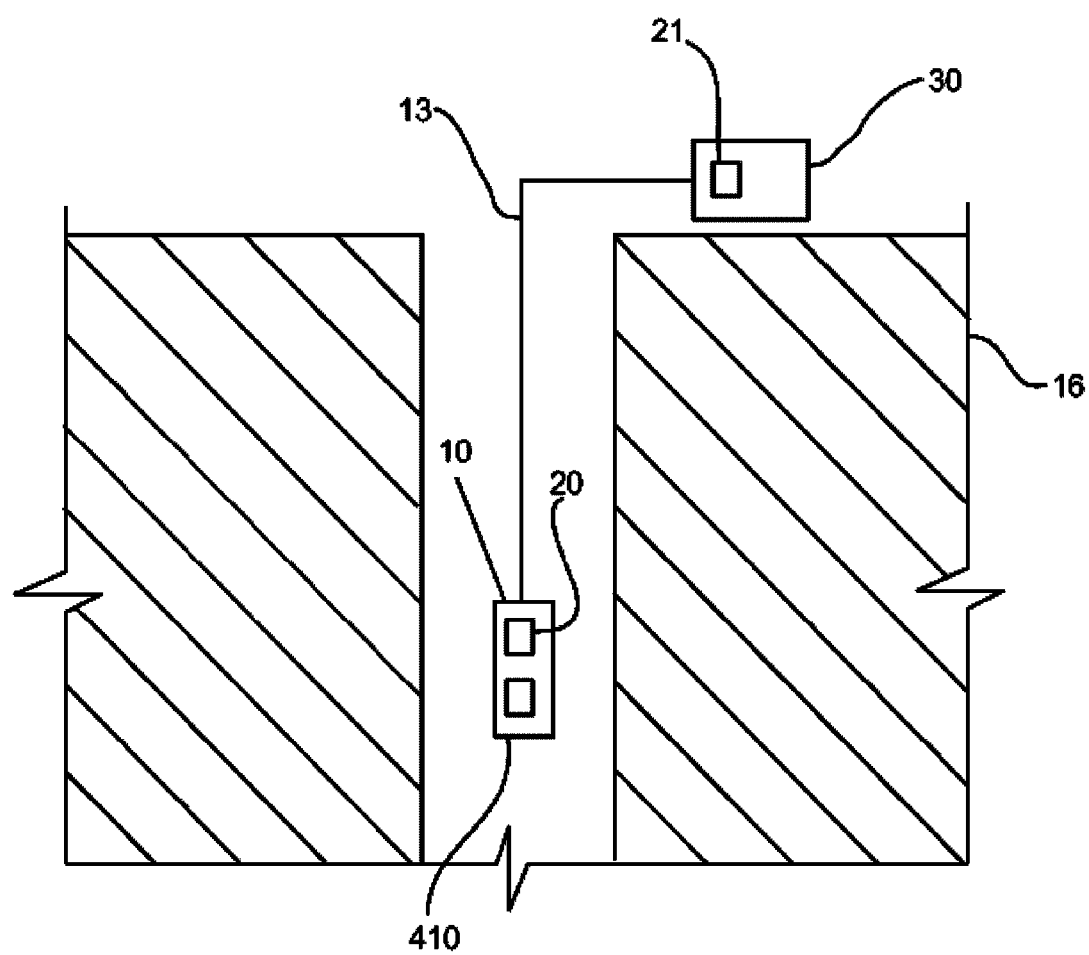
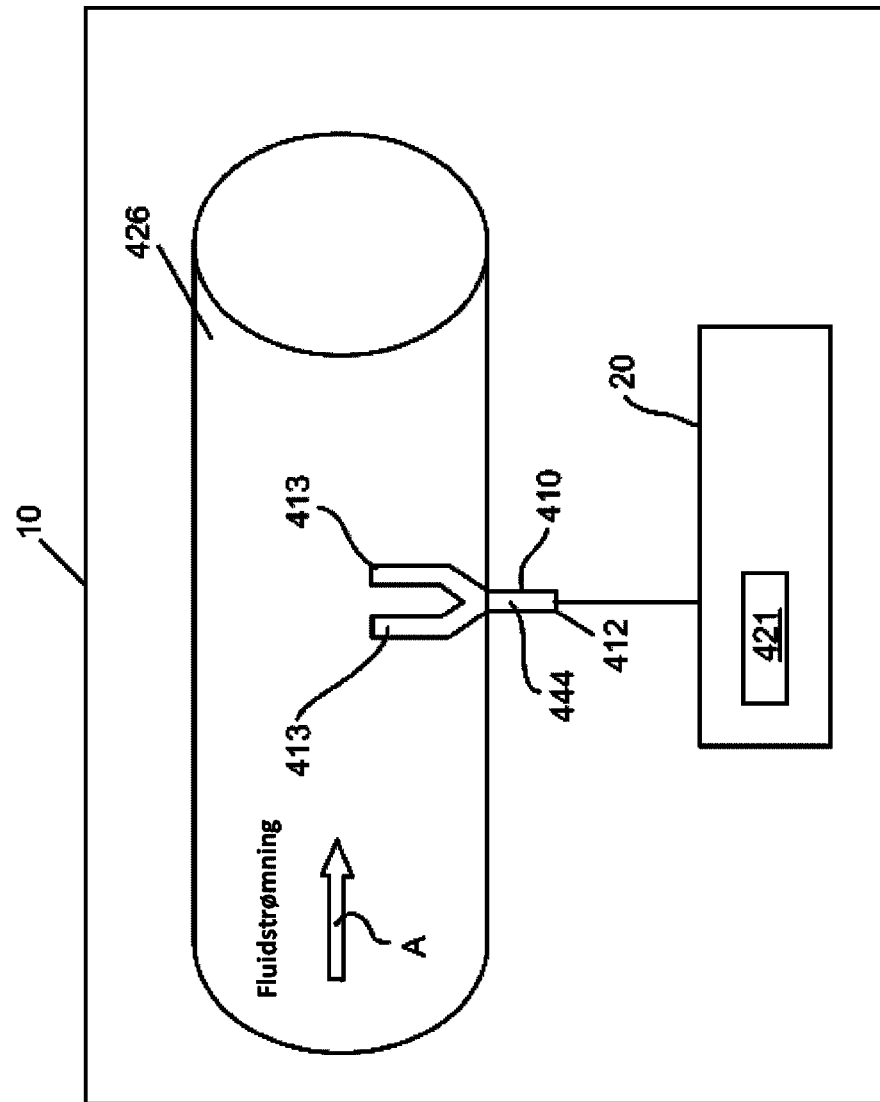


FIG. 4



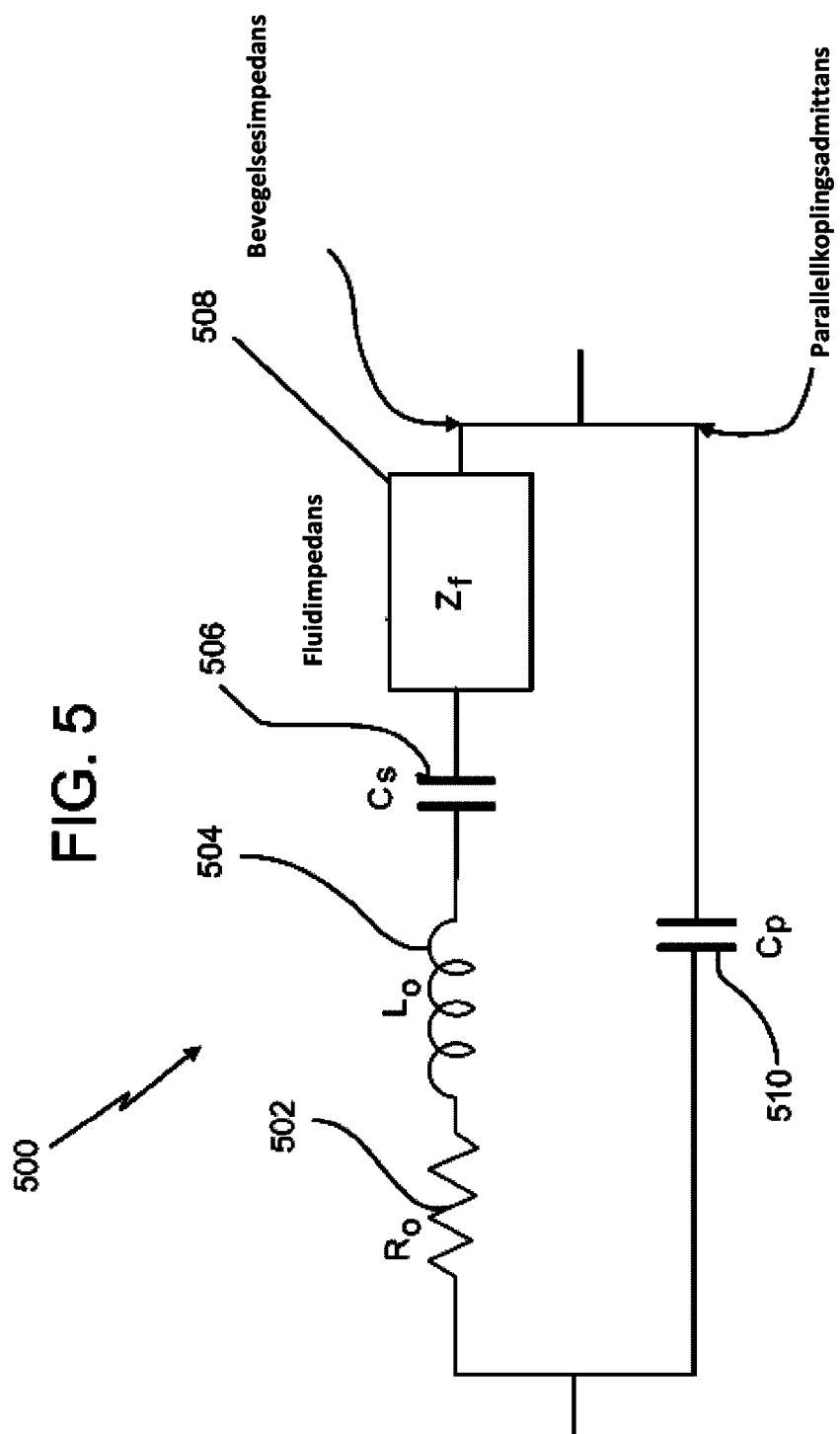


FIG. 6

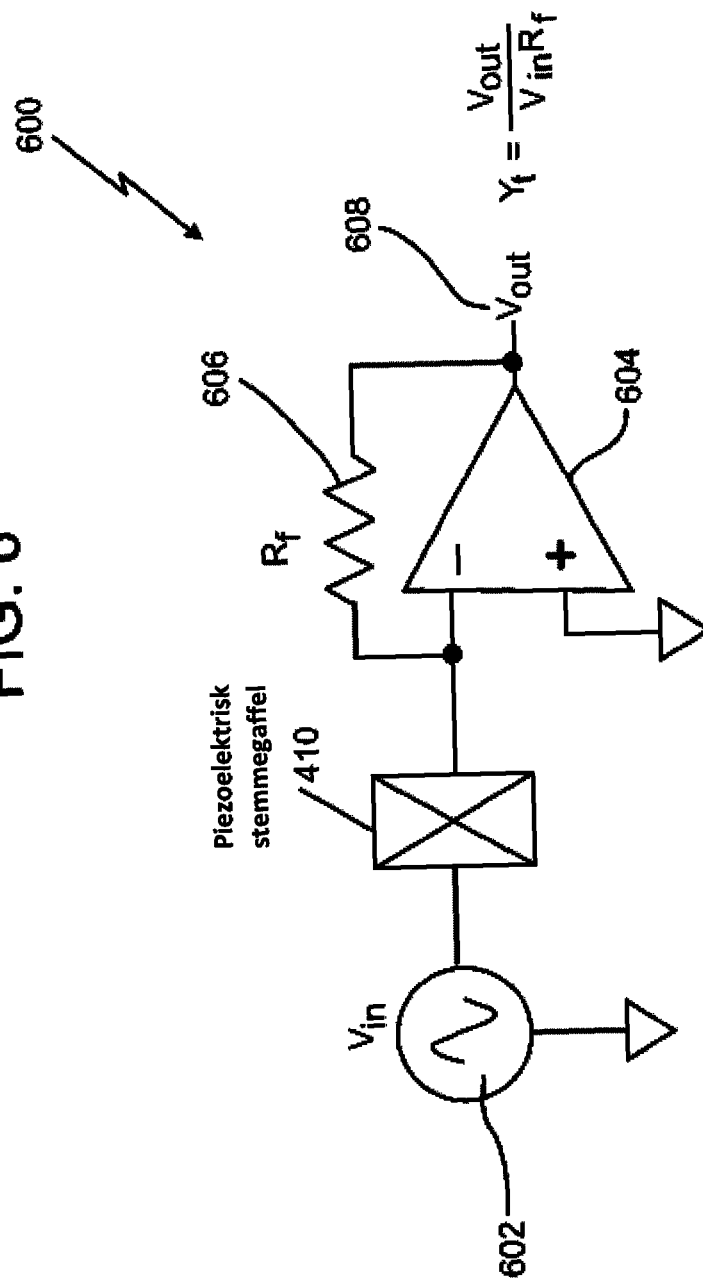


FIG. 7

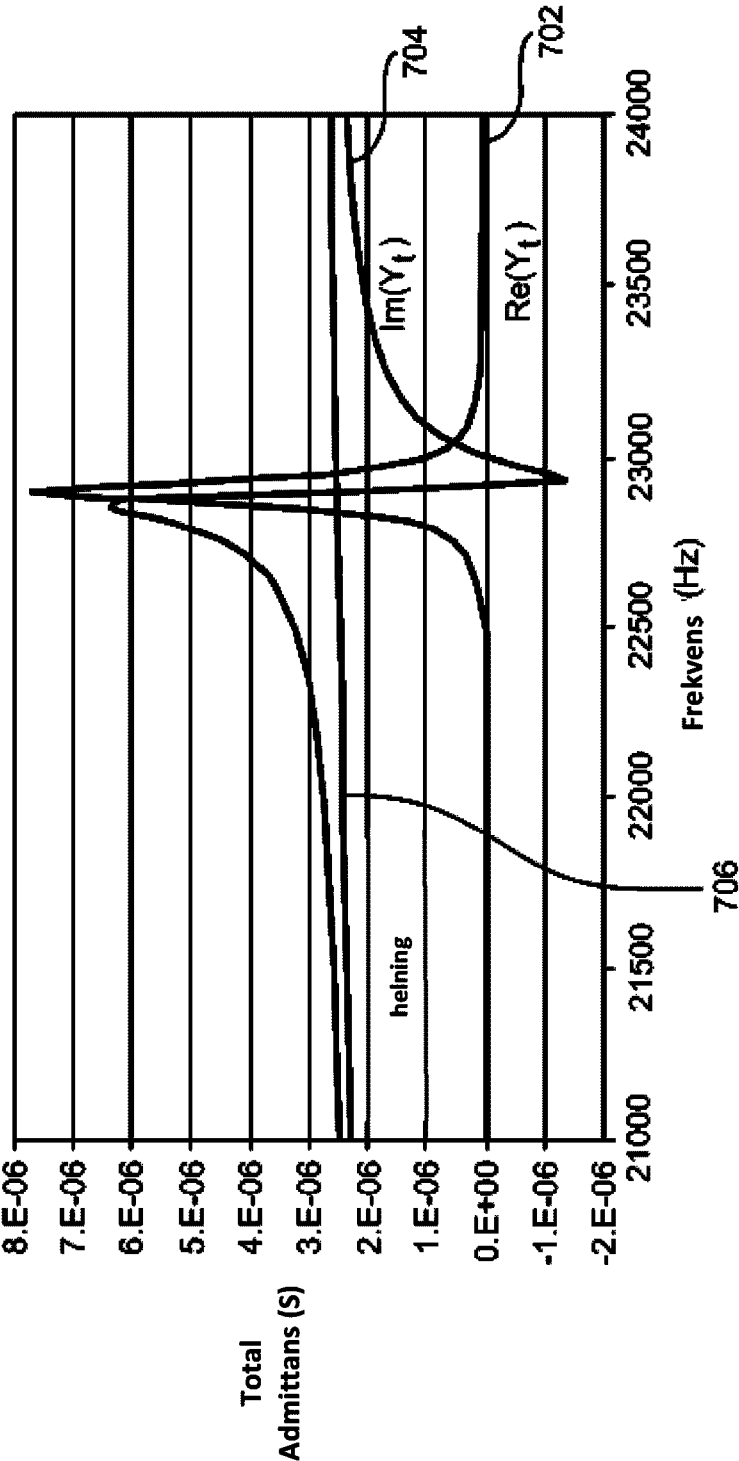


FIG. 8

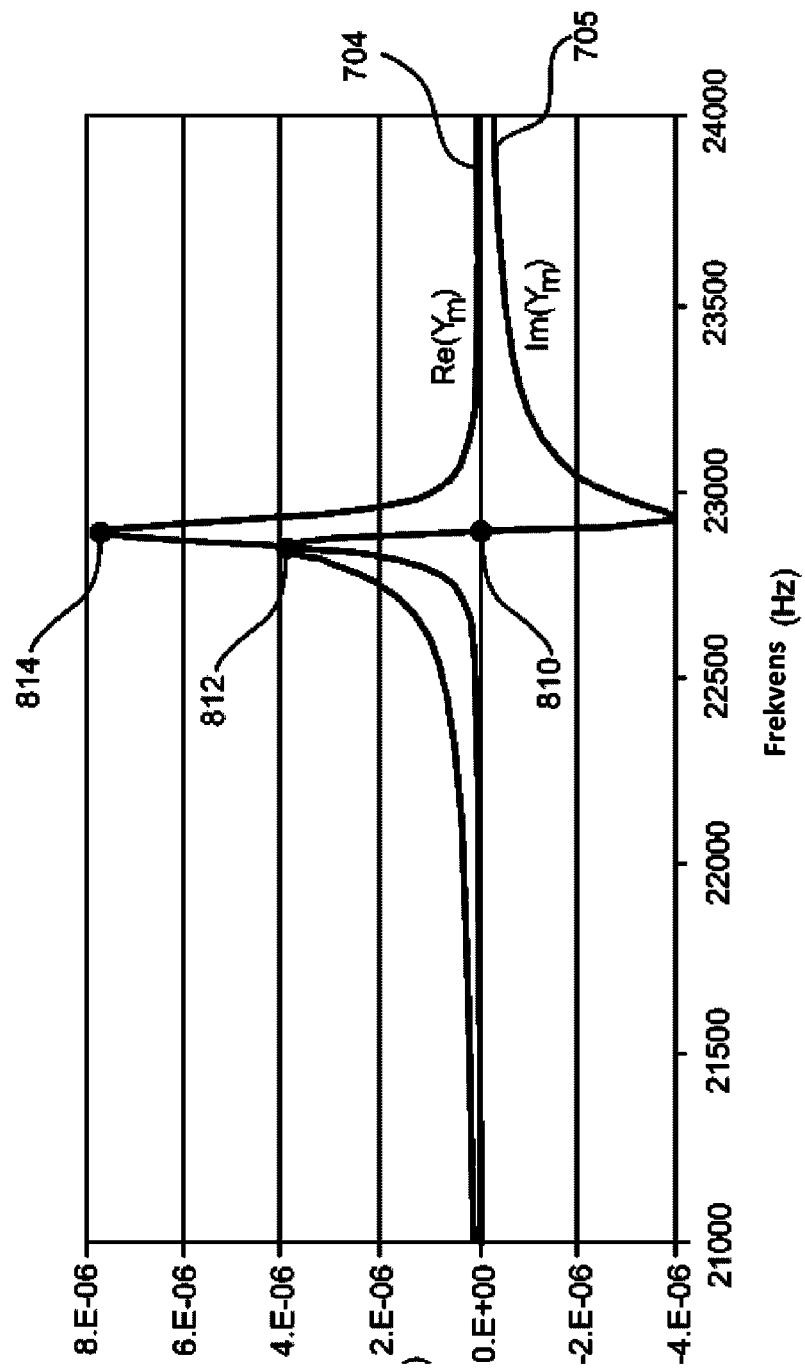


FIG. 9

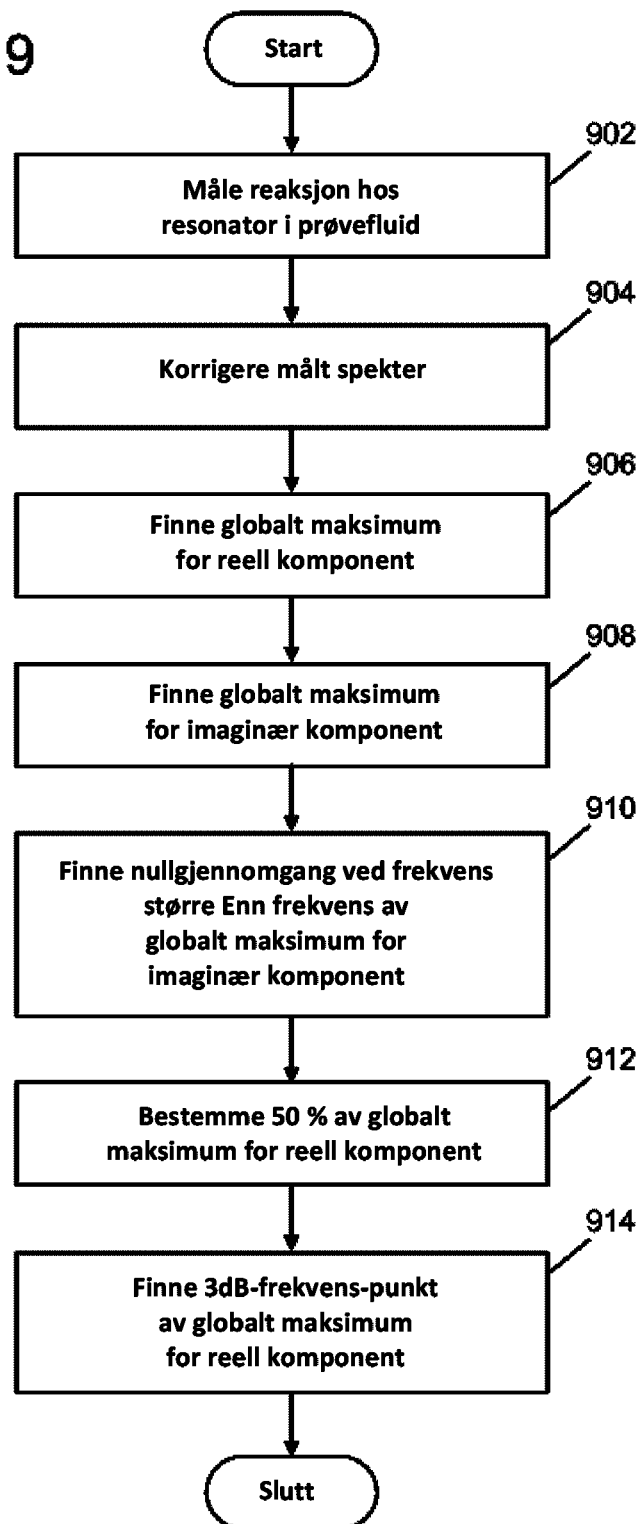


FIG. 10

