



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **333624**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

E21B 47/113 (2012.01)

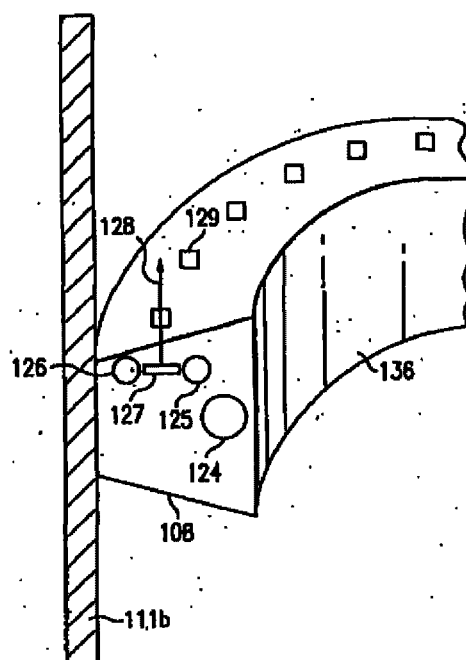
E21B 47/01 (2012.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20035479	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2002.05.30 PCT/US2002/16895
(22)	Inng.dag	2003.12.09	(85)	Videreføringsdag	2003.12.09
(24)	Løpedag	2002.05.30	(30)	Prioritet	2001.06.13, US, 880402
(41)	Alm.tilgj	2003.12.09			
(45)	Meddelt	2013.07.29			
(73)	Innehaver	Rem Scientific Enterprises Inc, 1213 Chesterton Drive, Richardson, TX 75080, US-, USA			
(72)	Oppfinner	Robert Maute, c/o Rem Scientific Enterprises Inc, 1213 Chesterton Drive, Richardson, TX 75080, US-, USA			
(74)	Fullmektig	Onsagers AS, Postboks 1813 Vika, 0123 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Anordning og fremgangsmåte for å måle elektrisk ledende fluidstrømning inn i eller ut av et borehull			
(56)	Anførte publikasjoner	US 3076334 A US 3076334 A Ny granskingsrapport/New Search Report US 2842961 A US 3076334 A			
(57)	Sammendrag				

I et borehullsloggeverktøy (f eks. 140) detekteres og måles strømmingen av ledende fluid inn i eller ut av en brønnboring ved brønnboringveggen med en sensorsløyfe (f eks. 108) nær den indre vegg av borehullet. Sensorsløyfen innbefatter en serie av tilstøtende sensorer (f eks. 129) som virker som elektromagnetiske strømningsmålere og som tilveiebringer fluidmålinger som dekker hele omkretsen av sensorsløyfen. Sensorsløyfen innbefatter et elastisk element (f eks. 124) som tvinger sensorsløyfen utover for å opprettholde trykk langs sensorsløyfeomkretsen mot den indre vegg av borehullet. Sensorsløyfen er utformet for å ligge ved en ikke-perpendikulær vinkel i forhold til brønnboringaksen, og mekaniske armer (f eks. 102,103) presser toppen og bunnen av sløyfen mot den indre vegg av borehullet.



Teknisk område

Oppfinnelsen vedrører generelt loggesensorer og -fremgangsmåter for olje- og gassbrønnproduksjon, og mer bestemt en sensorinnretning og en fremgangsmåte for å detektere fluidinnstrømning inn til en brønn.

5 Bakgrunn

En olje- og gassbrønn er vist i fig. 1 generelt ved 60. Brønnkonstruksjonen innbefatter boring av et hull eller borehull 62 ved overflaten 64 av land eller havbunnen. Borehullet 62 kan være flere tusen fot dypt, og boring fortsettes inntil den ønskede dybde blir nådd. Fluiden slik som olje, gass og vann befinner seg i porøse bergformasjoner 68. En fôring 72 senkes normalt inn i borehullet 62. Området mellom fôringen 72 og bergformasjonen 68 fylles med sement 70 for å tilveiebringe en hydraulisk tetning. Vanligvis innsettes rørstreng 74 inn i hullet 62, hvor rørstrengen 74 innbefatter en pakning 76 som omfatter en tetning. Et pakningsfluid 78 anbringes i det ringformede området mellom fôringen 72 og rørstrengen 74. Perforeringer 80 kan være anordnet i fôringen 72 og sementen 70, inn til berget 68, slik det er vist.

Produksjonslogging innbefatter innhenting av loggeinformasjon om en aktiv olje-, gass- eller vanninjeksjonsbrønn mens brønnen er under strømning. En loggeverktøyinstrumentpakke som omfatter sensorer nedsenkes inn i en brønn, brønnen strømmes og målinger tas. Produksjonslogging er generelt ansett som den beste fremgangsmåte for å bestemme virkelig nedihullsstrømning. En brønnlogg, en samling av data fra målinger gjort i en brønn, genereres og presenteres vanligvis på et langt strimmeldiagrampapirformat som kan være et format spesifisert av f.eks. det amerikanske petroleumsinstitutt (the American Petroleum Institute, API).

Den generelle hensikt ved produksjonslogging er å tilveiebringe informasjon for diagnosen av en brønn. Et bredt mangfold av informasjon kan oppnås ved produksjonslogging, innbefattet for eksempel, bestemmelse av vanninngangslokasjon, strømningsprofil, perforeringer utenfor dypet, gassinnstrømningslokasjoner, oljeinnstrømningslokasjoner, ikke-ytende perforeringer, tyvsonetapsproduksjon, fôringslekkasjer, krysstrømning, strømning bak fôring, verifisering av strømningsintegritet for ny brønn, og flomvannsgjennombrudd. Fordelene ved produksjonslogging innbefatter for eksempel økt hydrokarbonproduksjon, redusert vannproduksjon, deteksjon av mekaniske problemer og brønnødeleggelse, identifikasjon av uproduktive intervaller for istandsettingshandlinger, testing av reservoarmodeller, evaluering av effektivitet for boring eller komplettering, overvåkning av Enhanced Oil Recovery (EOR)-prosessen, og økt fortjeneste. En ekspert utfører generelt tolkningen av loggeresultatene.

Etter gjeldende praksis gjøres typisk målinger i den sentrale del av brønnboringstverrsnittet, slik som spinnerrotasjonsrate, fluiddensitet og dielektrisk konstant for fluidblandingen. Disse data kan tolkes i et forsøk på å bestemme strømningsraten ved et hvilket som helst punkt langs borehullet. Innstrømnings- eller utløpsrate over et hvilket som helst intervall bestemmes så ved å subtrahere strømningsratene ved de to endene av intervallet.

I de fleste produserende olje- og gassbrønner inneholder brønnboringen selv generelt en stor volumprosent eller andel av vann, men ofte strømmer lite av dette vannet til overflaten. Vannet som strømmer til overflaten går inn i brønnboringen, som vanligvis allerede inneholder en stor mengde vann. Tilstedeværelsen av vann som allerede er i brønnboringen vanskeliggjør imidlertid deteksjon av det ytterligere vann som går inn i brønnboringen, og dette ligger ofte utenfor hva som muliggjøres av konvensjonelle produksjonsloggeverktøy.

Videre, i avbøyde og horisontale brønner med multifasestrømning, og også i noen vertikale brønner, er konvensjonelle produksjonsloggemetoder ofte misvisende, noe som skyldes komplekse og varierende strømningsregimer eller -mønstre som forårsaker misvisende og ikke-representative avlesninger. Generelt utføres tidligere kjent produksjonslogging i disse komplekse strømningsregimer i det sentrale området av borehullet, og frembringer ofte misvisende resultater, eller innehar andre uheldige begrensninger. Ofte er lokasjonen av en innstrømning av vann, som vanligvis er den informasjon som ønskes fra produksjonslogging, ikke oppfattbar på grunn av den lille endringen i eksisterende målresponser superponert på store variasjoner forårsaket av multifasestrømningsbetingelser.

Problemene ved produksjonslogging i multifasestrømning i konvensjonell produksjonslogging er velkjent og beskrevet i litteraturen. Hill, A.D., et al. beskriver, i en artikkel med tittel "Production Logging Tool Behavior in Two-Phase Inclined Flow", JPT, oktober 1982, sidene 2432-2440, problemene ved konvensjonell produksjonslogging i multifasebrønner, og uttrykker at for produksjonsloggingsformål er en brønn avbøyet dersom den har en avbøying over 2° . Så å si alle produksjonsbrønner har avbøyninger på minst 2° , og så å si alle brønner er således gjenstand for vanskelige multifasestrømningsbetingelser for produksjonslogging. Hill et al. beskriver også de fire hovedtypene av målinger som er i bruk ved konvensjonell produksjonsloggepraksis, hvilket er spinneren, dielektrisk konstant, fluiddensitet og konsentrerende strømningsmåler.

En mer inngående beskrivelse av konvensjonell produksjonsloggingsmåling og problemene som oppstår i multifasestrømning er å finne i en monografi med tittel "Production Logging – Theoretical and Interpretative Elements", av Hill, A.D., Society of Petroleum Engineers, Monograph Volume 14, Richardson, Texas, 1990. I tillegg drøfter de følgende publikasjoner problemene ved måling av

multifasestrømning i avbøyde eller horisontale brønner: "Tests Show Production Logging Problems in Horizontal Gas Wells" av Branagan, P., et al., Oil & Gas Journal, 10. januar 1994, sidene 41-45; "Biphasic Fluid Studies for Production Logging in Large-Diameter Deviated Wells" av Kelman, J.S., nov.-des. 1993, The Log Analyst, sidene 6-10; "A Comparasion of Predictive Oil/Water Holdup Models for Production Log Interpretation in Vertical and Deviated Wellbores" av Ding, Z.X., et al., SPWLA 35th Annual Logging Symposium Transactions, juni 1994, paper KK; og "Production Logging in Horizontal Wellbores" av Nice, S.B., 5th World Oil Horizontal Well Technol. It. Conf. (Houston) Proc., sect. 11, november 1993.

Selv om svært få brønner virkelig er vertikale, illustrerer de følgende publikasjoner at konvensjonell produksjonslogging kan være misvisende også i virkelig vertikale brønner: "The Effect of Flow From Perforations on Two-Phase Flow: Implications for Production Logging" av Zhu, D., et al., Proceedings SPE Annual Technical Conference and Exhibition, SPE 18207, okt. 1988, sider 267-75.

US patent nr. 5 551 287 med tittel "Method of Monitoring Fluids Entering a Wellbore", gitt 3. september 1996 til Maute et al., adresserer de ovenstående problemer. Imidlertid har oppfinnelsen begrensninger, idet den er mekanisk kompleks, og den er følsom på ulike måter overfor alle tre fluider som påtreffes nedihulls (vann, gass og olje), hvilket resulterer i kompleks loggtolkning og eventuelt misvisende loggtolkning. F.eks. kan tolkningen være misvisende dersom gass ikke kjøles etter innkomst til brønnboringen, slik den vanligvis, men ikke alltid, gjør. Tolkningen er også komplisert når brønnboringen inneholder en signifikant mengde ikke-produsert vann, slik det generelt er tilfelle, hvilket gjør skjelningen av tilstrømningen av vann fra ikke-produsert vann vanskelig og flertydig. I tillegg er verktøyet utformet for bare én fôringsdiameter, og det kan ikke enkelt romme en signifikant annerledes diameter, slik det forekommer i mange brønner. Videre er en stor mengde data nødvendig fra hver av mangfoldet av pads (åtte eller flere), hvor hver av disse har tre ulike sensorer.

US-3 076 334 viser en strømningsmåler for bruk ved måling av den radielle hastighetskomponenten for en gass eller en væske som ankommer til eller forlater en borehullsvegg.

US-2 842 961 viser en anordning for måling av væskestrømning i et borehull, bl.a. omfattende en aksielt orientert strømningsmåler anordnet for strømningsmåling i et ringrom i borehullet.

Sammenfatning av oppfinnelsen

Oppfinnelsen er angitt i patentkravene.

Den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer et apparat og en fremgangsmåte for å måle strømning av fluid idet det går inn i eller ut av en brønnboring før det blir i det vesentlige sammenblandet med fluidene og det ofte komplekse strømningsmønsteret som allerede er i brønnboringen.

- 5 I samsvar med en foretrukket utførelsesform benytter en loggeinnretning en sensorsløyfe som omfatter et flertall av elektroder for å avføle strømningen av vann i en brønnboring. Sensorsløyfen kan innbefatte en fjær for å utøve kontinuerlig trykk mot brønnboringssveggen, og innbefatter i det minste en brønnspole tilpasset til å generere et magnetisk felt. Ved å måle spenningen induisert av det magnetiske feltet og bevegelse av ledende fluid (f.eks. vann) inne i brønnboringen
- 10 perpendikulært til det magnetiske felt, kan den laterale strømningsraten av vannet bestemmes. Loggeinnretningen kan innbefatte minst to armer tilpasset for å opprettholde sensorsløyfekraften mot brønnboringssveggen mens de beveger seg opp og ned inne i brønnboringen, selv med varierende borehulldiametre.
- 15 Det er beskrevet en foretrukket utførelsesform av et loggeverktøy for et borehull, hvor borehullet har en indre vegg, hvor verktøyet omfatter en verktøyhoveddel tilpasset til å innsettes inn i borehullet, og en radiell avfølingsinnretning koblet til verktøyhoveddelen, hvor den radiale avfølingsinnretningen er tilpasset til å måle strømningshastigheten av ledende fluid som går inn i eller forlater borehullets indre
- 20 vegg, hvor den radiale avfølingsinnretning er tilpasset til å gjøre strømningshastighetsmålingene for det ledende fluidet nær borehullssveggen.

- Det er også beskrevet en foretrukket utførelsesform av en fluidstrømningsmåleinnretning, omfattende et flertall av motstander anbrakt i et sløyfemønster, et flertall av elektroder, hvor hver elektrode er koblet mellom to
- 25 tilstøtende motstander, en første spole av tråd tilpasset til å generere et magnetisk felt, viklet nær motstandene og elektrodene, en andre spole av tråd tilpasset for å generere et magnetisk felt viklet nær motstandene og elektrodene, og en spenningsmålingsmekanisme elektrisk koblet mellom to av motstandene, hvor en strømning av ledende fluid kan detekteres ved å måle spenningen.

- 30 Videre beskrevet er en foretrukket utførelsesform av en fremgangsmåte for å måle lateral fluidstrømning inn i et borehull, omfattende å traversere borehullet med en verktøyhoveddel som har en sensorsløyfe tilfestet til seg, hvor sensorsløyfen er tilpasset for direkte å måle strømningshastigheten av ledende fluid som går inn i eller forlater det indre av borehullssveggen.

- 35 Fordeler ved foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen innbefatter å tilveiebringe en loggeinnretning som er følsom bare overfor ledende fluider slik som vann, og ikke følsomme overfor ikke-ledende fluider slik som olje eller gass. Bare vann som går inn i eller forlater borehullet avføles idet det går inn eller ut, og sensorsløyfen er ikke følsom overfor vann som allerede befinner seg i borehullet,

enten vannet beveger seg eller ikke. Innretningen er ikke følsom overfor de komplekse strømningsregimer i sentrum av brønnboringen, fordi foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen måler strømning idet den går inn i brønnboringen langs veggen og før den kommer inn i de komplekse strømningsregimer i

5 brønnboringssenteret. Å bestemme årsakene til endringer i høyere og lavere avlesninger er ikke nødvendig, slik som i den tidligere kjente teknikk. I stedet avføler den nye loggeinnretningen direkte vann som innkommer til eller forlater brønnboringen. Videre er det ikke påkrevet at innretningen er kjent med typen av fluid som går inn i borehullet, idet foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen er

10 følsomme bare overfor ledende fluider. Målesensorsløyfen har ingen bevegelige deler, slik som i noen tidligere kjente loggeinstrumenter som f.eks. omfatter spinnere. Sensorsløyfen har ingen terskelfluidhastighet, under hvilken målingene registrerer null strømning. Således vil sensorsløyfen avføle selv en liten fluidstrømning. Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen

15 tilveiebringer en direkte måling av informasjon som i alminnelighet må bestemmes av produksjonsingeniører, nemlig hvor vann kommer inn i borehullet.

Kort beskrivelse av tegningene

De ovenstående trekk ved foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen vil klarere forstås ved betraktning av de følgende beskrivelser i

20 sammenheng med vedføyde tegninger, hvor:

Fig. 1 viser en olje- eller gassbrønn;

Fig. 2 illustrerer et tverrsnittsriss av en brønnboring med sensorsløyfen av en foretrukket utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen posisjonert inne i brønnboringen;

25 Fig. 2A viser et perspektivriss av sensorsløyfen som beveger seg nedihulls mot en vanninnstrømning;

Fig. 2B viser sensorsløyfen posisjonert over en vanninnstrømning, og således avføler vanninnstrømningen, under dens nedihullsbevegelse;

Fig. 3 viser et loggeverktøy i en fôring av en gitt indre diameter;

30 Fig. 3A viser loggeverktøyet i den samme brønn i en fôring med en indre diameter mindre enn den i fig. 3;

Fig. 4 avbilder et sideriss av en sidearm mot fôringsveggen med den øvre del av sensorsløyfen passerende gjennom en fordypning i sidearmen;

35 Fig. 4A viser et riss av gjenstandene i fig. 3 fra utsiden av fôringen, betraktet radielt innover;

Fig. 4B viser et riss fra enden av loggeverktøyet av en del av sensorsløyfen og en mekanisme for tilfesting av sensorsløyfen til sidearmen;

Fig. 4C viser bunnen av sensorsløyfen og sidearmen;

5 Fig. 4D viser bunnen av sensorsløyfen og sidearmen med et radiale riss fra utsiden av fôringen;

Fig. 5 viser de faste ender av kraftarmene ved verktøyhoveddelen;

Fig. 5A viser de aksielt bevegelige endene av kraftarmene ved verktøyhoveddelen;

Fig. 5B viser spalten i verktøyhoveddelen som de bevegelige endene av kraftarmene beveger seg aksielt i;

10 Fig. 5C viser det glatte leddet og forbindelse av kraftarmene med sidearmene;

Fig. 5D illustrerer et sideriss av mekaniske elementer i et loggeverktøy;

Fig. 6 avbilder et sideriss av sensorsløyfen som forbikjører et fremspring fra fôringen inn i brønnboringen;

15 Fig. 7 viser vannstrømning gjennom et magnetisk felt som produserer en induisert og målbar spenning;

Fig. 8 viser et perspektivriss av sensorsløyfen og dens ulike komponenter;

Fig. 8A viser et perspektivriss av hvordan vannstrømningshastighetsmåling gjøres på et segment av sensorsløyfen;

Fig. 9 viser et skjema for den strømningsmålende elektriske krets for sensorsløyfen;

20 Fig. 10A illustrerer et toppriss av sensorsløyfen;

Fig. 10B viser et tverrsnittsriss av sensorsløyfen; og

Fig. 11 viser et eksempel på et loggerresponsdiagram.

25 Samsvarende henvisningstall og symboler i de ulike figurer viser til samsvarende deler dersom ikke annet er angitt. Figurene er tegnet for klart å illustrere de relevante aspekter ved de foretrukkede utførelsesformer, og er ikke nødvendigvis tegnet i skala.

Detaljert beskrivelse av foretrukkede utførelsesformer

30 Det finnes mange ulemper ved tidligere kjente fremgangsmåter og verktøy for å detektere vannstrømning. F.eks. er tidligere kjente innretninger og teknikker følsomme overfor alle fluider, innbefattet vann, olje og gass, hvilket fører til flertydighet i bestemmelsen av hvilket fluid som er involvert. Fluidinngang eller

- utløp må bestemmes fra brønnboringen fra målinger gjort i senter av borehullet i komplekse og varierende strømningsregimer ovenfor og nedenfor de punkter som er av interesse, og det må gjøres en antagelse om at en hvilken som helst endring skyldes innstrømning eller utstrømning. Tidligere kjente fremgangsmåter avføler
- 5 ikke direkte vann som går inn i eller forlater brønnboringen, og er følsomme overfor vann som allerede er i borehullet, enten vannet beveger seg eller ikke.
- Bestemmelsen av hvilken type fluid, vann, olje eller gass, som går inn i eller ut av borehullet, må bestemmes ved å betrakte endringer i målinger gjort ovenfor og nedenfor inngangen eller utgangen og ved å slutte seg til hvilken type fluid som
- 10 førte til endringene. Målingene gjøres i senter av borehullet i komplekse og varierende strømningsregimer, hvilket resulterer i flertydighet av tolkningen.
- I tidligere kjente utforminger har måleinnretningen typisk bevegelige deler, slik som en spinner, hvilket også kalles strømningsmåleren. Disse bevegelige deler kan bli blokkert av rester i brønnboringsstrømmen og av og til bli ubrukelige. En
- 15 spinner er følsom overfor bevegelig vann som allerede befinner seg i borehullet, og har en terskelfluidhastighet, under hvilken spinneren ikke registrerer strømning, selv om en liten strømning er tilstede. Tidligere kjente måleverktøy måler ikke direkte der vann kommer inn i borehullet.
- Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen eliminerer disse
- 20 problemene i den tidligere kjente teknikk ved direkte å måle vanninnstrømning eller -utstrømning gjennom borehullet eller fôringssveggen. Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen kan tilveiebringe dybdene og ratene for vanninnstrømning eller -utstrømning. Nærmest all innstrømning eller utstrømning er énfase, og derfor måles strømning før den kan kombineres til
- 25 komplekse strømningsmønstre med andre faser. Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen er således ufølsomme overfor de komplekse multifasestrømningsmønstrene som er å finne på innsiden av brønnboringen. Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen er også følsomme bare overfor lateral vannstrømning inn i eller ut av brønnboringen, og er ikke
- 30 følsom overfor vann som strømmer opp eller ned på innsiden av brønnboringen. Foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen kan også tillempe endringer i brønnboringens indre diameter. Foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen er ufølsomme overfor strømning av olje eller gass, hvilket tillater en viss bestemmelse av innstrømning eller utstrømning av vann, noe som vanligvis er den informasjonen
- 35 som ønskes fremskaffet fra produksjonslogging.
- Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen vil i det følgende bli beskrevet med henvisning til fig. 2 til og med 11. Ved først å henvise til fig. 2, innbefatter et loggeverktøy 140 en verktøyhoveddel 101 og to sentrerende sidearmer 102 og 103. Verktøyhoveddelen 101 omfatter foretrukket stål, og kan alternativt
- 40 omfatte titan, som eksempler. Verktøyhoveddelen 101 kan være f.eks. åtte fot lang

og 1 tomme bred. Sidearmene 102, 103 omfatter foretrukket stål, og kan alternativt omfatte titan, som eksempler. Sidearmene 102, 103 kan f.eks. være 5 fot lange og en halv tomme brede. Sidearmene 102 og 103 tvinges mot brønnboringen 111a eller fôringen 111b ved kraftarmer 104, 105, 106 og 107. Kraftarmer 104, 105, 106, 107 omfatter foretrukket rustfritt fjærstål som eksempel. Kraftarmene 104, 105, 106, 107 kan f.eks. være 1 fot lange og 1/8 tomme brede. Brønnboringen 111a er også vekselvis omtalt i den følgende beskrivelse som et borehull. Typisk er en brønnboring 111a kledd med en fôring 111b for hele brønnen. Utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen kan benyttes i enten en fôret brønnboring eller f.eks. i en åpenhull brønnboring uten fôring.

I samsvar med en foretrukket utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen kan en radiell avfølingsinnretning 108 som foretrukket omfatter en sensorsløyfe være tilfestet ved øvre og nedre ender til de to sidearmene 102 og 103. En elektrisk ledning eller slickline 109 kan være koblet til loggeverktøyet 140, og kan være tilpasset for å transportere loggeverktøyet 140 til og fra overflaten. Den elektriske ledningen 109 kan overføre elektrisk effekt ned til loggeverktøyet 140, og kan overføre den målte spenning til en spenningsmålings- og registreringsinnretning 110 på landoverflaten. Bemerk at måle- og registreringsinnretningen 110 alternativt kan befinne seg inne i loggeverktøyhoveddelen 101 som en minneinnretning, og verktøyet 140 kan opereres med en indre elektrisk effektkilde, slik som batterier.

Fig. 2A illustrerer et perspektivriiss av sensorsløyfen 108 posisjonert mot innsiden av fôringsveggen 111b, hvor sensorsløyfen 108 er tilpasset til å bevege seg oppover og nedover over perforeringshull 112 gjennom fôringen 111b mot en innstrømning av vann 113 gjennom et perforeringshull 112. I en olje- eller gassbrønn er vanninnstrømning uønsket, derfor er lokasjonen av vanninnstrømningen viktig informasjon å fremskaffe, slik at fôringen 111b f.eks. kan repareres. Ingen innstrømning av vann måles i den posisjon sensorsløyfen 108 har vist i fig. 2a, fordi det ikke finnes noen innstrømning av vann 113 noe sted over sensorsløyfen 108. Foretrukket holdes sensorsløyfen 108 i flukt med den indre vegg av fôringen 111b eller brønnboringen 111a, for å opprettholde tett nærhet til områder av innstrømning av vann 113, for direkte å avføle innstrømningen 113. Fig. 2B viser sensorsløyfen 108 mot innsiden av fôringsveggen 111b, bevegende nedover og faktisk ved lokasjonen av innstrømning av vann 113 gjennom et perforeringshull 112. I denne posisjonen detekterer sensorsløyfen 108 innstrømning av vann 113.

En utførelsesform av det foreliggende loggeverktøyet 140 er tilpasset til å måle lokasjonen og strømningsrate for et ledende fluid slik som vann som går inn i eller forlater en brønnboring 111a eller en annen strømningskanal, slik som et vannrør eller en kjemisk ledning eller en avløpsledning. Sensorsløyfen 108 er foretrukket anbrakt på en loggeverktøyhoveddel 101 slik at sensorsløyfen 108 tvinges radielt mot innsiden av veggen for brønnboringen 111a eller fôringen 111b. Sensorsløyfen

108 er utformet slik at den ligger hovedsakelig i et plan, hvor planet foretrukket er orientert ved en ikke-perpendikulær vinkel (f.eks. i området fra 10-80°, og mer foretrukket om lag 45°) i forhold til borehullets sentrale akse. Når sløyfen 108 er innsatt i et borehull, kan den ikke ligge fullstendig i et plan fordi den blir sammenpresset for å passe inne i borehullet.

Fig. 3 og 3A avbilder det foreliggende loggeverktøyet 140 i bruk med ulike diametre på fôringene 111b, som f.eks. kan befinne seg i den samme brønn. De skråstilte kraftarmer 104, 105, 106, 107 tillater verktøyet 140 å gå inn i fôringer 111b med mindre diameter, idet sidearmene 102, 103 tvinges nærmere verktøyhoveddelen 101. Skråstillingen eller vinkelen for sensorsløyfen 108 med hensyn til borehullets sentrale akse endres fra en indre diameter i én fôring 111b til en annen, slik det er vist fra fig. 3 til fig. 3A. Sensorsløyfen 108 er foretrukket i det vesentlige nær å ligge i et enkelt plan, mens sensorsløyfen 108 kan ikke nødvendigvis alltid ligge eksakt i et plan, avhengig av diameteren for fôringen 111b.

Toppen 108a og bunnen 108b for sensorsløyfen 108 holdes mot den indre vegg av borehullet 111b. En foretrukket fremgangsmåte for å holde toppen 108a og bunnen 108b for sensorsløyfen 108 mot den indre vegg eller fôring 111b av borehullet, er å montere toppen 108a og bunnen 108b for sensorsløyfen 108 på hver av to sidearmene henholdsvis 102 og 103, som vist i fig. 3 og 3A. Sidearmene 102, 103 er posisjonert i det vesentlige parallelt til hoveddelen 101 for verktøyet 140, og blir presset flatt mot den indre vegg av fôringen 111b. De to sidearmene 102, 103 tvinges mot veggen for fôringen 111b langs deres totale lengde, slik som ved kraftarmer 104, 105, 106, 107, hvilke tjener som bufjærsentrerere ved enden av hver sidearm 102, 103. Resten av sensorsløyfen 108 tvinger seg selv, i det vesentlige over alt på sin omkrets, ved hjelp av elastisiteten av sensorsløyfen 108, til å ligge i det vesentlige i flukt mot den indre vegg av fôringen 111b.

Fig. 4 viser et sideriss av monteringen av sensorsløyfen 108 på hver av sidearmene 102, 103 i samsvar med en utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen. Sensorsløyfen 108 er foretrukket montert på sidearmen 102 i en fordypning 114 i sidearmen 102. Fordypningen 114 har foretrukket moderat skråstilte ender ved 114a for å tillate plass for tykkelsen av sensorsløyfen 108 inne i sidearmen 102 og for å unngå at verktøyet henger seg opp på et mulig fremspring fra fôringen. Fordypningen 114 med skråstilte ender 114a tillater sidearmen 102 å kjøre i det vesentlige i flukt med den indre vegg av fôringen 111b. En rullemekanisme 118 som f.eks. kan omfatte kulerullere eller annen rullemekanisme, kan benyttes for å redusere slitasje på sidearmen 102 og friksjon når loggeverktøyet 140 beveger seg langs fôringens indre vegg 111b. Kulerullerne 118 omfatter foretrukket stål, og kan alternativt omfatte titan, som eksempler. Kulerullerne 118 kan f.eks. være ¼ tomme i diameter.

Sensorsløyfen 108 kan monteres til sidearmen 102 med en innstillingspinne 116. Innstillingspinnen 116 omfatter foretrukket stål, og kan alternativt omfatte titan, som eksempler. Innstillingspinnen 116 kan være f.eks. ½ tomme lang og 1/8 tomme i diameter. Innstillingspinnen 116 er foretrukket koblet til sensorsløyfen 108 og

5 befinner seg i en spalte 115 i sidearmen 102. Spalten 115 kan f.eks. være 4 tommer lang. Innstillingspinnen 116 er tilpasset for å opprettholde planet for sensorsløyfen 108 relativt til loggeverktøyet 140, og er tilpasset til å hindre at planet for sensorsløyfen 108 roterer. Spalten 115 i sidearmen 102 har foretrukket skråstilte ender, som vist, for å tillate en viss skråstilling av tverrsnittet for sensorsløyfen 108

10 om nødvendig for å frigjøre sensorsløyfen 108 fra en hindring. En glidering 117 kan være anbrakt rundt sidearmen 102 koblet til sensorringen 108 og innstillingspinnen 116, hvor glideringen 117 er tilpasset til å opprettholde sensorsløyfen 108 i det vesentlige mot sidearmen 108 inne i sidearmsfordypningen 114, men å tillate sensorsløyfen 108 å bevege seg opp eller ned langs sidearmen 102 inne i

15 fordypningen 114 etter behov når den kommer inn i en fôring 111b med ulik indre diameter. Glideringen 117 omfatter foretrukket stål, og kan alternativt omfatte titan, som eksempler. Glideringen 117 kan f.eks. være 1/8 tomme tykk og 3/8 tomme i diameter.

Fig. 4A viser sidearmen 102 og den øvre ende av sensorsløyfen 108 fra en

20 betraktning utenfor fôringen 111b, sett radielt innover. Spalten 115 i sidearmen 102 for innstillingspinnen kan ses inne i sidearmsfordypningen 114, så vel som rullekulene 118 i sidearmen 102.

Fig. 4B viser et riss av sensorsløyfemonteringsmekanismen fra en hvilken som helst ende av sidearmen 102. Innstillingspinnen 116 som kommer ut av sensorsløyfen 108

25 er vist med glideringen 117. Sidearmen 102 kan være i det vesentlige sylindrisk i form, men kan også omfatte andre former.

Fig. 4C illustrerer monteringen av sensorsløyfen 108 på sidearmen 103, tilsvarende som fig. 4, bortsett fra at fig. 4C viser den andre sidearmen 103. Igjen er sensorsløyfen 108 montert til sidearmen i en fordypning 114 inne i sidearmen 103.

30 Denne mekanismen tillater sidearmen 103 å kjøre i det vesentlige i flukt med den indre vegg av fôringen 111b. Kulerullere 118 eller en alternativ rullemekanisme kan benyttes for å redusere slitasje på sidearmen 103 og friksjon når loggeverktøyet 140 beveger seg langs den indre vegg av fôringen 111b. Sensorsløyfen 108 er foretrukket montert med en innstillingspinne 116 koblet til sensorsløyfen 108 og

35 kjørende ut av sensorsløyfen 108 og gjennom en spalte 115 i sidearmen 103. Innstillingspinnen 116 opprettholder planet for sensorsløyfen relativt til loggeverktøyet, og hindrer planet for sensorsløyfen fra å rotere. Spalten 115 i sidearmen 103 har foretrukket skråstilte ender som vist for å tillate en viss skråstilling av tverrsnittet for sensorsløyfen 108 om nødvendig for å frigjøre

40 sensorsløyfen 108 fra en hindring. Glideringen 117 opprettholder sensorsløyfen 108

i det vesentlige mot sidearmen 103 ved fordypning 114, men tillater sensorsløyfen 108 å bevege seg opp eller ned langs sidearmen 103 inne i fordypningen 114 etter behov når den kommer inn i en fôring 111b med forskjellig indre diameter. En valgfri skjerm 114a, omfattende en fluoropolymeresin, og alternativt omfattende f.eks. nylon, kan være koblet til sidearmen 103 for å dekke fordypningen 114 og for å hindre sensorsløyfen 108 fra å hekte seg på fremspring langs veggen av fôringen 111b.

Fig. 4D viser sidearmen 103 og den nedre ende av sensorsløyfen 108 fra en betraktning utenfor fôringen, sett radielt innover. Spalten 115 i sidearmen 103 for innstillingspinnen er synlig inne i fordypningen 114. Rullekuler 118 i sidearmen 103 er også synlige.

Fig. 5 viser de faste kraftarmer 119 koblet til én ende av verktøyhoveddelen 101. Foretrukket er kraftarmene 119 ved én ende av loggeverktøyet 140 festet fast til verktøyhoveddelen 101 for å opprettholde de to sidearmene 102, 103 og verktøyhoveddelen 101 i ett plan. Kraftarmene 119 tilveiebringer en utoverrettet kraft for å tvinge sidearmene 102, 103 mot den indre vegg av fôringen 111b. Den utoverrettede kraft kan være oppnådd fra elastisiteten av metallkraftarmene 119, eller f.eks. fra fjærbelastning eller andre mekanismer.

Fig. 5A illustrerer de bevegelige kraftarmer 120 ved den motstående ende av loggeverktøyet 140 fra de faste kraftarmer 119 ved den andre enden av verktøyet 140. Kraftarmer 120 presser også sidearmene 102, 103 utover og mot den indre vegg av fôringen 111b. Foretrukket, ved geometrien av utformingen av verktøyet 140, er kraftarmene 120 på minst én ende av verktøyet 140 tilpasset til å beveges aksielt, f.eks. langs aksen av brønnboringen inne i borehullet 111a, for å tillate innløp av loggeverktøyet 140 inn i fôringer 111b med ulik indre diameter. De bevegelige kraftarmer 120 kan f.eks. være koblet fast til en tynn flat plate eller hinne 121a som beveges aksielt i en spalte 121 gjennom verktøyhoveddelen 101 (ikke vist). Alternativt kan kraftarmene 120 være festet ved begge ender, bevegelige ved begge ender, eller bevegelige ved toppen og fast ved bunnen.

Fig. 5B viser et sideriss av verktøyhoveddelen 101 (orientert 90° i forhold til risset er vist i fig. 5A). Spalten 121, som platen eller pinnen 121a koblet til de bevegelige kraftarmer 120 er tilpasset til å bevege seg inne i, er vist. Pinnen 121a omfatter foretrukket stål, og kan alternativt omfatte f.eks. titan. Pinnen 121a kan være f.eks. ¾ tomme lang og 1/8 tomme i diameter.

Fig. 5C viser en foretrukket fremgangsmåte for å forbinde en kraftarm til en sidearm, i dette tilfellet kraftarm 104 til sidearm 102. Kraftarmen 104 er forbundet til sidearm 102 med et glatt ledd 122, slik at det ikke noe sted finnes noen kant som kan henge opp verktøyet 140 når kraftarmen 104 kommer inn i en fôring 111b med

mindre diameter. Leddet 122 omfatter foretrukket stål, og kan alternativt omfatte f.eks. titan. Leddet 122 kan være f.eks. ½ tomme i bredde og 4 tommer i lengde.

Når loggeverktøyet 140 kommer inn i en fôring 111b med større diameter, slik som når det går ut av en rørstreng og inn i en fôring med større diameter, presser kraftarmene 119 og 120 sidearmene 102, 103 radielt utover for å få kontakt med borehullet 111b med større diameter. Den bevegelige ende av kraftarmene 120 glir i sin spalte 121 mot den faste ende av kraftarmene 119. Tilsvarende, når verktøyet 140 går inn i en del av brønnboringen 111b med mindre diameter, forårsaker skråstillingen av kraftarmene 119 eller 120 i kontakt med enden av den nye rørdiameter 111b en radielt innoverrettet kraft på kraftarmene 119 eller 120 som sammenpresser kraftarmene 119 eller 120 radielt mot verktøyhoveddelen 101. De bevegelige kraftarmene 120 beveger seg i spalten 121 aksielt vekk fra kraftarmene 119 med fast ende. Ved innkomst i fôringen 111b eller borehullet 111a med ny diameter, det være seg større eller mindre, tvinges sidearmene 102, 103 ved kraftarmene 119, 120 til i det vesentlige å bli i flukt med den nye veggen for borehullet 111a eller 111b.

Fig. 5D illustrerer et tverrsnittsriss av loggeverktøyet 140 med sensorringen 108 koblet til sidearmene ved innstillingspinne 116 (ikke vist) og glidering 117, inne i spalten 115 i sidearmene 102, 103. Sidearmene 102, 103 er koblet til kraftarmer 119, hvilke kraftarmer 119 er festbart koblet til verktøyhoveddelen 101. Ved den andre enden av verktøyet 140 er sidearmer 102, 103 koblet til kraftarmer 120, hvilke kraftarmer 120 er bevegelig koblet til verktøyhoveddelen 101 inne i verktøyhoveddelsspalten 121 ved plate/pinne 121a. Idet verktøyet 140 flyttes til en del av borehullet 111a som har mindre diameter, avtar dimensjon x, mens dimensjon y øker, og vinkelen for sensorsløyfen 108 til den sentrale akselen av borehullet 118a reduseres tilsvarende.

Foretrukket blir kraftarmene 119, 120 ved begge ender av de to sidearmene 102, 103 avsmalnet mot hoveddelen 101 av verktøyet 140 for å tillate armene 102, 103 å bevege seg radielt inn eller ut, i samsvar med hvilke som helst endringer i den indre diameter av brønnboringen 111a eller fôringen 111b. Idet sidearmene beveger seg radielt inn eller ut til en vegg med en ulik diameter, beveger sidearmene også topp og bunn av sensorsløyfen 108 inn eller ut. Sensorsløyfen 108 tvinger seg selv i det vesentlige over alt mot innsiden av veggen 111a, 111b md den nye diameter. Således kan foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen 140 romme ulike veggdiametre 111a, 111b inne i én brønn.

Fig. 6 viser at tverrsnittet av sensorsløyfegjeldet 136 kan være skråstilt ved en vinkel i forhold til fôringsveggen 111b for å tillate at sensorsløyfen 108 kan forbikjøre små fremspring 123 som fremstår ut av fôringsveggen 111a. Dette er fordelaktig fordi det vil hindre verktøyet 140 fra å henge seg opp under logging.

Fig. 7 illustrerer det fysiske prinsipp for vannstrømningsmåling implementert ved den radielle avfølingsinnretning 108 for en foretrukket utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen, som er basert på Faradays lov om induert spenning. Et magnetisk felt 128 i det vesentlige perpendikulært til en strømning 113 av vann eller annen ledende væske genererer en spenningsforskjell 133 perpendikulær til både det magnetiske felt 128 og vannstrømningsretningen 113. Denne induerte spenning 133 kan detekteres ved et par elektroder 129 koblet med ledninger 130 til en måleinnretning 110 som f.eks. kan omfatte et voltmeter. Foretrukket benyttes et vekslende magnetfelt 128, hvilket resulterer i en målt vekselspenning 133. Bruken av et vekslende magnetfelt 128 reduserer virkningene av elektrodepolarisering og spenninger resulterende fra komplekse elektrokjemiske prosesser.

Elektrodene 129 er posisjonert langs sensorsløyfen 108, og virker som sensorer, med hvert par av sensorer omfattende en liten elektromagnetisk strømningsmåler. En elektromagnetisk strømningsmåler er en strømningsmålemetode, hvilken metode omfatter å plassere et magnetfelt 128 ved rette vinkler i forhold til strømningen 113 av et ledende fluid og deretter måle spenningen 133 mellom strømningsmålerne. I en foretrukket utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse er det magnetiske felt 128 ved en rett vinkel til en diameter for føringen 111a, 111b for sensorsløyfen 108 gjennom vanninnstrømnings/-utstrømningslokasjonen. Vann har den nødvendige konduktivitet for å bli målt, men olje og gass har ikke. Derfor er foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen ufølsomme overfor strømning av olje eller gass, og følsomme bare overfor strømning av vann som strømmer radielt innover mot eller utover fra brønnboringen. Foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen er ikke følsomme overfor strømning av vann innenfor brønnboringen langs aksene for borehullet 111a/111b, enten dette vannet beveger seg mot toppen eller bunnen av brønnen. Hvor vann strømmer gjennom det magnetiske felt 128, indueres en spenning 133 perpendikulært på det magnetiske feltet 128 og perpendikulært til diameteren som vannet kommer inn i brønnboringen 111a, 111b langs. To elektroder 129 eller sensorer på hver side av vannstrømningen 113 detekterer denne spenningen 133. Denne induerte spenningen 133 er direkte proporsjonal med hastigheten til vannfluidet 113, og skifter fortegn dersom vannstrømningen går utover i stedet for innover.

Fig. 8 viser en foretrukket utførelsesform av sensorsløyfen 108 tilpasset for å gjøre en spenningsmåling som beskrevet her. Sensorsløyfen 108 er posisjonert i det vesentlige i flukt med føringen 111b. Sensorsløyfen 108 omfatter en sensorsløyfehoveddel 136. Sensorsløyfehoveddelen 136 omfatter foretrukket fluoropolymerresin og kan alternativt omfatte nylon, som eksempler. Sensorsløyfehoveddelen 136 kan f.eks. være ¼ tomme bred, 3/8 tomme lang og 24 tommer i diameter.

Sensorsløyfeshoveddelen 136 innelukker foretrukket to trådspoler 125 og 126, hvor spolene 125, 126 er tilpasset for å føre strøm til å indusere et magnetfelt 128. Spolene 125, 126 omfatter foretrukket en kobberlegering, og kan alternativt omfatte andre konduktive materialer slik som f.eks. aluminium.

- 5 Magnetfeltet 128 er generert av en strøm ført gjennom de to trådspoler 125, 126 i sensorsløyfen 128, idet hver spole 125, 126 forløper rundt hele lengden av sensorsløyfen. De to spolene 125, 126 fører strøm i motsatte retninger, slik at det magnetiske felt fra hver spole 125, 126 er i den samme retning mellom spolene 125, 126, og tenderer til å kansellere hverandre indre i den indre spolen 125 og utenfor
10 den ytre spolen 126. Et mykt ferromagnetisk materiale 127 er foretrukket posisjonert mellom spolene 125, 126, hvor det ferromagnetiske materialet 127 er tilpasset til å øke styrken av det magnetiske felt 128 mellom spolene 125, 126. Det ferromagnetiske materialet 127 omfatter foretrukket en jernlegering, og kan alternativt omfatte andre magnetiske materialer slik som f.eks. nikkel. Det
15 ferromagnetiske materialet 127 kan f.eks. være 1/8 tomme bredt.

- Elektroder 129 er koblet langs det ytre av sensorsløyfeshoveddelen 136 og er tilpasset for å detektere en spenningsforskjell mellom hvert tilstøtende par av elektroder 129. Elektroder 129 omfatter foretrukket en kobberlegering, og kan alternativt omfatte andre konduktive materialer slik som f.eks. aluminium.
20 Elektrodene 129 kan f.eks. være 1/8 tomme brede og 1/8 tomme lange.

- Sensorsløyfen 108 er fjærbelastet, hvilket trekk er gjennomført ved at sensorsløyfen 108 omfatter en fjær eller kraftsløyfe 124 tilpasset for å utøve utoverrettet trykk for å opprettholde kontakt av sensorsløyfen 108 i det vesentlige i flukt med den indre vegg av borehullet mens verktøyet traverserer borehullet. Kraftsløyfen 124 omfatter
25 foretrukket et elastisk materiale, slik som rustfritt fjærståltråd, og kan alternativt omfatte bronse. Kraftsløyfen 124 er foretrukket innebygget i sensorsløyfeshoveddelen 136 for å tilveiebringe en mekanisk kraft for å presse sensorsløyfen 108 i det vesentlige over alt mot innsideveggen av brønnboringen 111a eller fôringen 111b uavhengig av den indre diameter for boringen eller
30 fôringen.

- Elektrodene 129 er foretrukket anbrakt ekvidistant fra hverandre, med regulære mellomrom, med hver mellomromavstand fortrinnsvis om lag lik eller mindre enn diameteren for et perforeringshull 112 (vist i fig. 8A). Elektrodene 129 er tilstøtende til hverandre og inneslutter hele sensorsløyfen 108 for derved å dekke
35 hele omkretsen av sensorsløyfen 108 og således hele det indre av veggen for fôringen 111b. En elektrode 129 kan tjene som den høyre elektrode for et par av elektroder og også samtidig tjene som den venstre elektrode for det neste tilstøtende par, slik at en serie av elektroder 129 med i det vesentlige jevn avstand finnes ved overflaten av sensorsløyfen 108. Disse elektrodene 129 er foretrukket koblet i serie

med hverandre med en motstand av høy verdi (vist i fig. 9) mellom hver. Dersom den totale spenningen mellom et par av elektroder 129 uten en mellomliggende motstand 132 måles og registreres (f.eks. ved et voltmeter 110, vist i fig. 9), er denne spenningen 133 indikativ for fluidstrømningsraten 113 (vist i fig. 8A).

- 5 Foretrukket er paret av elektroder 129 uten en mellomliggende motstand 132 i tett nærhet til hverandre for å minimalisere mengden av ufølsom målelengde mellom dem.

- 10 Den målte spenningen 133 er proporsjonal med den ekvivalente strømningshastighet gjennom et perforeringshull 112 (vist i fig. 8A). Dersom diameteren for perforeringshullet 112 er kjent (fra kjent informasjon om typen ladning som laget det) eller estimert (typisk f.eks. 0,3 tommer i diameter), kan innstrømnings- eller utstrømningsraten ved den aktuelle dybde i brønnen også bestemmes.

- 15 I en foretrukket utførelsesform er det magnetiske feltet vekslende, og ikke konstant, for å oppnå optimale loggeresultater. Et vekslende magnetisk felt minimaliserer polarisasjonseffekter for elektroden 129 og minimaliserer også effektene av spenninger induisert av komplekse kjemiske og andre prosesser. Således kan en elektrisk vekselstrøm tilføres spolene for å oppnå et vekslende magnetfelt 128.

- 20 Fig. 8A viser målingen av vannstrømning 113 med sensorsløyfen 108 i samsvar med en utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen. Magnetfeltet 128 er i det vesentlige perpendikulært til vannstrømningen 113 som beveger seg inn i eller ut av brønnboringen 111b. En induisert signalspenning 133 blir generert og detektert av et par av elektroder 129 dersom et ledende fluid slik som vann strømmer i det vesentlige radielt innover mot eller utover fra brønnboringen 111b. Sensorsløyfen 108 er følsom bare overfor vann som strømmer radielt. Radiell innstrømning 25 skjernes fra radiell utstrømning ved fortegnet (f.eks. +/-) av signalspenningen 133. Fordelaktig er den foreliggende sensorsløyfen 108 ikke følsom overfor aksiell strømning i brønnboringen. Dessuten, siden måleprinsippet krever en viss mengde av fluidkonduktivitet slik som så å si alt vann har, vil olje- og gasstrømning ikke bli detektert, idet de er isolatorer og ikke har den nødvendige minimale mengde av 30 konduktivitet. Således er sensorsløyfen 108 følsom bare overfor strømning av ledende fluider slik som vann, og bare overfor lateralt ledende fluid som kommer inn i eller som forlater brønnboringen 111b. I motsetning til dette er tidligere kjente teknikker også følsomme overfor fluidbevegelse på innsiden av brønnboringen, og de er følsomme overfor bevegelse av ikke-ledende fluid slik som olje og gass.

- 35 Fig. 9 viser et kretsskjema for noen elektriske komponenter inne i sensorsløyfen 108. Elektrodene 129 er koblet til et motstandsnettverk. Elektrodene 129 er koblet sammen med motstander 132 med høy resistansverdi slik at målt spenning, målt av spenningsmåleinnretningen 110, er proporsjonal med hastigheten for fluidstrømningen 113, dersom strømmingen passerer over og mellom i det minste ett

par av elektroder 129. Motstandene 132 er foretrukket i området fra 500.000 til 2.500.000 ohm og omfatter mer foretrukket motstander med verdi 1.000.000 eller 2.000.000 ohm, som eksempler. Strømningsraten 113 er proporsjonal med den målte spenningen 133.

- 5 Fig. 10A illustrerer et toppriss av sensorsløyfen 108, innbefattet en sensorsløyfehoveddel 136 som inneholder eller koblet til elementer for sensorsløyfen 108 som allerede er beskrevet her. Fig. 10B viser et eksempel på et tverrsnittsriss av sensorsløyfen 108.

- 10 Dersom orienteringen av innstrømning eller utstrømning er ønskelig, noe som kan være nyttig i ulike anvendelser, kan det implementeres en alternativ ledningsføring og datasampling av sensorsløyfen 108, hvorved hvert par av elektroder 129 selv måles sammen med asimutvinkelen for den høye side av verktøymålingen. Således kan orienteringen av innstrømning eller utstrømning bestemmes.

- 15 Fig. 11 viser en eksempellogg 150 som angir responsen for den foreliggende loggeinnretning beskrevet her. På loggen representerer x-aksen dybde i fot, og y-aksen representerer vannstrømningsrate i fat vann pr. døgn. Når foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen nedsenkes i denne brønnboringen over intervallet 7000-7100 fot, detekteres en vanninnstrømning inn i brønnboringen ved 7060 fot, vist ved 152 i dette eksemplet. Ingen vanninnstrømning detekteres
20 bortsett fra ved 7060 fot, slik det er åpenbart fra loggrafen 150.

- Selv om foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen er beskrevet med henvisning til olje- og gassbrønner og vanninjeksjonsbrønner, er foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende loggeinnretningen også nyttige ved deteksjon og lekkasjer i for eksempel vannrørledninger og andre fluidrørledninger. Andre alternative elementer
25 og trekk kan benyttes med den foreliggende loggeinnretning. F.eks. kan en elektromagnetisk strømningsmåling i en annen modus implementeres, slik som et par av elektroder på en roterende arm som sveiper omkring i innerveggen av fôringen. Et annerledes arrangement kan benyttes for å holde sensorsløyfen mot borehullsveggen, slik som en teleskopsløyfe, der sløyfen er perpendikulær til
30 fôringsaksen, tilpasset til å vippe ned på plass etter å ha gått nedenfor fôringen. En annen måte å holde sensorsløyfen mot borehullsveggen på kan innbefatte et tre- eller firepunkts hold mot fôringens indre vegg i stedet for topunkts holdet som er beskrevet. I stedet for å gjøre vannstrømningsmålingen direkte mot
35 borehullsveggen, kan målingen gjøres ved en forhåndsbestemt avstand vekk fra den indre vegg av fôringen, f.eks. 1/8 tomme til 3/4 tomme.

Loggeinnretningsutformingen kan forenkles til å tilpasses bare én fôringsdiameter, hvilket resulterer i en enklere verktøyutforming. I stedet for å omfatte en sensorsløyfe som beskrevet her, kan den radielle avfølingsinnretning 108 alternativt omfatte et flertall av små, individuelle elektromagnetiske sensorer (f.eks. et

- elektrodepar) som benyttes på hver av et flerarmet kaliperverktøy, selv om sensorene ikke behøver å dekke den fullstendige omkrets for borehullveggen i noen tilfeller. De foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen er beskrevet her for måling av lateral innstrømning og utstrømning av vann, imidlertid
- 5 kan foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen også benyttes til å måle den laterale strømning av andre ledende fluider. De ulike eksempeldimensjoner som er beskrevet her kan variere i samsvar med et antall faktorer slik som størrelsen på borehullet, og de indre diameterdimensjoner for rørstrenger og fôringer inne i borehullet.
- 10 De nye utførelsesformer av loggeinnretninger beskrevet her oppnår tekniske fordeler ved å tilveiebringe en loggeinnretning som er følsom bare overfor et ledende fluid slik som vann, og som ikke er følsomt overfor ikke-ledende fluider slik som olje eller gass. Bare vann som går inn i eller forlater brønnboringen avføles idet det går inn eller ut, og sensorsløyfen er ikke følsom overfor vann som allerede
- 15 finnes i borehullet, enten vannet beveger seg eller ikke. Innretningen er ikke følsom overfor de komplekse strømningsregimer i senteret av brønnboringen, fordi innretningen måler strømningen idet den går inn i brønnboringen langs veggen og før den går inn i de komplekse strømningsregimene i brønnboringssenteret. Innretningen behøver ikke bestemme årsaken til endringer i høyere og lavere
- 20 avlesninger. Den nye loggeinnretningen avføler direkte vann som går inn i eller forlater brønnboringen. Innretningen behøver ikke bestemme typen av fluid som er gått inn i borehullet, idet foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen bare er følsom overfor vann. Målesensorsløyfen har ingen bevegelige sensordeler, slik som i enkelte tidligere kjente loggeinstrumenter som omfatter f.eks. spinnere.
- 25 Sensorsløyfen har ingen terskelfluidhastighet som målingen vil registrere null strømning under, og den vil således avføle selv en liten strømning.
- Selv om de fleste tidligere kjente loggeinnretninger må føres gjennom brønnboringen mer enn én gang, f.eks. typisk seks sett av avlesninger for å oppnå en nøyaktig avlesning, kan foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende
- 30 oppfinnelsen tilveiebringe en nøyaktig avlesning med bare én passering, f.eks. ett sett avlesninger. F.eks. behøver loggeinnretningen 140 bare innsettes én gang inn i borehullet, og deretter fjernes, hvilket resulterer i at hver del av borehullet måles for strømning av ledende fluid så lite som én gang og traverseres bare to ganger. I tillegg kan ulike diametre for borehullet tilpasses med foretrukkede
- 35 utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen, med bruk av sidearmer som automatisk justerer vinkelen av sensorsløyfen med hensyn til borehullets sentrale akse.
- Selv om foretrukkede utførelsesformer av oppfinnelsen har blitt beskrevet med henvisning til illustrative utførelsesformer, er ikke denne beskrivelsen tiltenkt å
- 40 tolkes på begrensende måte. Ulike modifikasjoner i kombinasjoner av de illustrerte

utførelsesformer, så vel som andre utførelsesformer av oppfinnelsen, vil fremstå for fagfolk på området ved henvisning til beskrivelsen. I tillegg kan rekkefølgen av prosesstrinn omarrangeres av fagfolk, fortsatt innenfor rekkevidden av foretrukkede utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen. Det er derfor tiltenkt at de

5 vedføyde krav innbefatter enhver av slike modifikasjoner eller utførelsesformer. Videre er rekkevidden for den foreliggende oppfinnelsen ikke tiltenkt å være begrenset til de bestemte utførelsesformer av prosess, maskin, fremstilling, sammensetning av stoff, midler, fremgangsmåter og trinn beskrevet i beskrivelsen. I

10 samsvar med dette er de vedføyde krav tiltenkt å innbefatte i deres rekkevidde slike prosesser, maskiner, fremstilling, sammensetning av stoff, midler, fremgangsmåter eller trinn.

PATENTKRAV

1. Loggeverktøy for strømningsmåling i et borehull, hvor borehullet (111a) har en indre vegg,
idet verktøyet omfatter:
 - 5 en verktøyhoveddel (101) innrettet for å innsettes i borehullet;
karakterisert ved
 - en elektromagnetisk radialavfølingsinnretning (108) koblet til verktøyhoveddelen, hvor radialavfølingsinnretningen (108) er innrettet for å detektere radiell strømning (113) av ledende fluid som går inn i eller forlater den indre vegg av borehullet, idet radialavfølingsinnretningen (108) er innrettet for å detektere strømning for det ledende fluid tilliggende den indre vegg av borehullet.
2. Loggeverktøy i samsvar med krav 1, hvor radialavfølingsinnretningen (108) omfatter en fjærbelastet sensorsløyfe (108), hvor sensorsløyfen (108) er innrettet for å utøve utoverrettet trykk for å opprettholde kontakt for sensorsløyfen i det vesentlige i flukt med den indre vegg av borehullet mens verktøyet traverserer borehullet (111a).
 - 15
3. Loggeverktøy i samsvar med krav 2, hvor sensorsløyfen (108) innbefatter en fjær anbrakt inne i sensorsløyfen (108).
4. Loggeverktøy i samsvar med krav 3, hvor sensorsløyfen (108) er innrettet for å posisjoneres ved en ikke-perpendikulær vinkel med hensyn til borehullets (111a) sentrale akse.
 - 20
5. Loggeverktøy i samsvar med krav 4, hvor sensorsløyfevinkelen er mellom 10° og 80° med hensyn til borehullets (111a) sentrale akse.
6. Loggeverktøy i samsvar med krav 2, hvor sensorsløyfen er en kontinuerlig ring, hvor innstrømning eller utstrømning av ledende fluid kan detekteres langs omkretsen av sensorsløyfen.
 - 25
7. Loggeverktøy i samsvar med krav 6, hvor sensorsløyfen (108) innbefatter et flertall av sensorer tilpasset til å avføle strømning (113) av ledende fluid over sensorsløyfen (108).
8. Loggeverktøy i samsvar med krav 6, hvor sensorsløyfen (108) omfatter:
 - 30 en første trådspole (125) innrettet for å generere et magnetfelt like på utsiden av sensorsløyfen (108);
en andre trådspole (126) innrettet for å generere et magnetfelt like utenfor sensorsløyfen (108);
 - 35 et ferromagnetisk materiale (127) anbrakt mellom de to spolene (125; 126);
et flertall av motstander (132) anbrakt langs sensorsløyfen (108);

et flertall av elektroder (129), hvor hver av elektrodene (129) er koblet mellom to tilstøtende motstander (132) langs sløyfeomkretsen; og en spenningsmålingsmekanisme (110) elektrisk koblet mellom to av motstandene (132).

- 5 9. Loggeverktøy i samsvar med krav 2, hvor sensorsløyfen (108) er innrettet for å operere innenfor et flertall av ulike fôringsdiameterer innen en enkelt brønn.
- 10 10. Loggeverktøy i samsvar med krav 9, hvor sensorsløyfen (108) er koblet til verktøyhoveddelen (101) ved et øvre sløyfepunkt og et nedre sløyfepunkt, hvor det øvre sløyfepunkt og det nedre sløyfepunkt er om lag 180° fra hverandre langs sensorsløyfen (108).
- 15 11. Loggeverktøy i samsvar med krav 10, videre omfattende:
 en første sidearm (102) koblet til det øvre sløyfepunktet, hvor den første sidearm (102) er i flukt med borehullsveggen; og
 en andre sidearm (103) koblet til det nedre sløyfepunktet, hvor den andre sidearm (103) er i flukt med borehullsveggen og 180° fra den første sidearm, idet den første (102) og den andre (103) sidearm er tilpasset til å holde henholdsvis den øvre og nedre ende av sensorsløyfen, mot den indre vegg av borehullet.
- 20 12. Loggeverktøy i samsvar med krav 11, hvor verktøyhoveddelen (101) er posisjonert i et plan, hvor de første (102) og andre (103) sidearmer er posisjonert i verktøyhoveddelplanet.
- 25 13. Loggeverktøy i samsvar med krav 11, videre omfattende:
 en kraftarm koblet mellom hver ende av de første og andre sidearmer og verktøyhoveddelen, hvor kraftarmene, sidearmene og verktøyhoveddelen (101) ligger i et felles plan.
- 30 14. Loggeverktøy i samsvar med krav 13, hvor kraftarmene ved én ende av verktøyet er aksielt tilfestet verktøyhoveddelen, og hvor kraftarmene ved den andre enden av verktøyet er aksielt bevegelige langs verktøyhoveddelen (101).
- 30 15. Loggeverktøy i samsvar med krav 14, hvor verktøyhoveddelen innbefatter en spalte, hvor de bevegelige kraftarmer er koblet til verktøyhoveddelen via spalten for å tillate verktøyet å tilpasses ulike fôringsdiameterer.
- 35 16. Loggeverktøy i samsvar med krav 11, hvor sidearmene (102; 103) innbefatter et skråstilt fordypet intervall for å tilpasses bredden av sensorsløyfen (108).
- 35 17. Loggeverktøy i samsvar med krav 1, hvor radialavfølingsinnretningen (108) er ufølsom overfor strømming av ikke-ledende fluid.

18. Loggeverktøy i samsvar med krav 1, hvor det ledende fluid er vann, hvor radialavfølingsinnretningen (108) er ufølsom overfor strømning av vann på innsiden av en sentral region av borehullet.
- 5 19. Loggeverktøy i samsvar med krav 1, hvor deteksjonen av strømning av ledende fluid omfatter å måle en strømningshastighet for det ledende fluidet nær borehullsveggen.
20. Loggeverktøy i samsvar med krav 1, hvor radialavfølingsinnretningen (108) omfatter:
 - 10 et flertall av motstander (132) anbrakt i et sirkulært mønster;
 - et flertall av elektroder (129), hvor hver elektrode er koblet mellom to tilstøtende motstander (132);
 - en første trådspole (125) tilpasset til å generere et magnetisk felt, viklet nær motstandene og elektrodene;
 - en andre trådspole (126) tilpasset til å generere et magnetisk felt, viklet nær 15 motstandene (132) og elektrodene (129); og
 - en spenningsmålingsmekanisme (110) elektrisk koblet mellom to av motstandene, hvorved en strømning (113) av ledende fluid kan detekteres ved å måle spenningen.
- 20 21. Loggeverktøy i samsvar med krav 20, videre omfattende et ferromagnetisk materiale (127) anbrakt mellom de to spolene (125; 126).
22. Loggeverktøy i samsvar med krav 21, hvor det ferromagnetiske materialet (127) omfatter en jernlegering.
- 25 23. Loggeverktøy i samsvar med krav 20, hvor i det minste motstandene og elektrodene er montert på en sensorsløyfe (108), hvor sensorsløyfen er fjærbelastet og tilpasset til å utøve et utoverrettet trykk for å opprettholde kontakt for sensorsløyfen (108) i det vesentlige i flukt med det indre av et borehull.
24. Loggeverktøy i samsvar med krav 23, hvor sensorsløyfen (108) omfatter en hoveddel som omfatter fluoropolymerresin.
- 30 25. Loggeverktøy i samsvar med krav 23 eller 24, hvor sensorsløyfen (108) er fjærbelastet med en fjærtråd av rustfritt stål.
26. Loggeverktøy i samsvar med krav 23, hvor sensorsløyfen (108) har i det vesentlige en oval form.
- 35 27. Loggeverktøy i samsvar med krav 20, videre omfattende:
 - midler for å holde sensorsløyfens (108) kontakt i flukt med det indre av en borehullsvegg over et område av borehullsføringsdiameter.
28. Loggeverktøy i samsvar med krav 20, hvor trådspolene omfatter kobber.

29. Loggeverktøy i samsvar med krav 20, hvor i det minste motstandene og elektrodene er anbrakt på en sensorsløyfe (108), hvor sensorsløyfen (108) er fjærbelastet for å opprettholde kontakt for sensorsløyfen (108) i det vesentlige i flukt med en indre vegg av en fluidledning.
- 5 30. Loggeverktøy i samsvar med krav 20, videre omfattende midler for å opprettholde sensorsløyfens kontakt i flukt med det indre av en fluidledning over et område av fluidledningsdiameter.
31. Loggeverktøy i samsvar med krav 1, omfattende:
et seriekoblet flertall av alternerende elektroder (129) og motstander (132),
10 hvor elektrodene (129) er anbrakt langs en buet sløyfe,
en magnetisk feltkilde, hvor den magnetiske feltkilde er orientert for å generere et magnetisk felt (128) mellom tilstøtende elektroder (129), hvor det magnetiske feltet er i det vesentlige ortogonalt til en tenkt linje som skjærer tilstøtende elektroder (129), og
15 en spenningsmålingskrets elektrisk koblet til flertallet av alternerende elektroder (129) og motstander (132), hvilken krets er koblet for å måle en spenningsforskjell mellom tilstøtende elektroder (129), hvilken spenningsforskjell er representativ for en radiell strømning (113) av ledende fluid i det vesentlige ortogonalt på både den tenkte linje og det magnetiske felt (128).
- 20 32. Loggeverktøy i samsvar med krav 31, hvor spenningsforskjellen er proporsjonal med en hastighet for den radielle strømning (113) av ledende fluid.
33. Loggeverktøy i samsvar med krav 31, hvor den magnetiske feltkilden omfatter en første trådspole (125) viklet nær elektrodene (129).
34. Loggeverktøy i samsvar med krav 33, hvor den magnetiske feltkilden videre
25 omfatter en andre trådspole (126) viklet nær elektrodene (129) og forskjøvet i forhold til den første trådspolen.
35. Loggeverktøy i samsvar med krav 34, hvor den magnetiske feltkilden videre omfatter et ferromagnetisk materiale (127) anbrakt mellom den første (125) og den andre (126) trådspole.
- 30 36. Loggeverktøy i samsvar med krav 31, hvor den buede sløyfen har en i det vesentlige oval form.
37. Loggeverktøy i samsvar med krav 31, hvor den buede sløyfen er en lukket sløyfe.
38. Loggeverktøy i samsvar med krav 31, hvor tilstøtende elektroder er anbrakt
35 med avstand om lag 0.3 tommer eller mindre fra hverandre.

39. Loggeverktøy i samsvar med krav 31, hvor elektrodene er anbrakt på en sensorsløyfe (108), hvilken sensorsløyfe (108) omfatter en kraftsløyfe som utøver en utoverrettet, radiell kraft.
- 5 40. Loggeverktøy i samsvar med krav 8, 20 eller 31, hvor motstandene (132) omfatter verdier mellom om lag 500.000 ohm og om lag 2.500.000 ohm.
41. Fremgangsmåte for å måle radiell fluidstrømning i et borehull (111a) som har en indre vegg, hvilken fremgangsmåte omfatter:
 10 å traversere borehullet (111a) med en verktøyhoveddel (101) som har en elektromagnetisk radialavfølingsinnretning (108) tilfestet til seg, og
 å detektere, ved hjelp av den elektromagnetiske radialavfølingsinnretningen (108), en radiell strømning (113) av ledende fluid som kommer inn til eller forlater borehullets indre vegg, hvor detekteringen utføres tilliggende borehullets indre vegg.
- 15 42. Fremgangsmåte i samsvar med krav 41, hvor radialavfølingsinnretningen innbefatter en sensorsløyfe, og hvor fremgangsmåten videre omfatter å holde en sensorsløyfen i fluktkontakt med den indre vegg av borehullet.
43. Fremgangsmåte i samsvar med krav 42, videre omfattende å tilpasse sensorsløyfen (108) til en rekkevidde av diametre for foringer i borehullet (111a).
- 20 44. Fremgangsmåte i samsvar med krav 43, videre omfattende å tilpasse sensorsløyfen (108) til borehulldiameterområdet ved endring av vinkelen for sensorsløyfen (108) med hensyn til den sentrale akse av borehullet (111a).
45. Fremgangsmåte i samsvar med krav 41, hvor hver del av borehullet (111a) som måles for strømning av ledende væske traverseres bare to ganger.
- 25 46. Fremgangsmåte i samsvar med krav 41, hvor det ledende fluid omfatter vann.
47. Fremgangsmåte i samsvar med krav 41, hvor den direkte detektering av strømningshastighet omfatter:
 å generere et magnetfelt (128) nær sensorsløyfen (108); og
 å måle spenningen mellom elektroder (129) posisjonert ved intervaller langs
 30 en sensorsløyfe (108) tilfestet verktøyhoveddelen (101).
48. Fremgangsmåte i samsvar med krav 41, hvor detekteringen av radiell strømning (113) av ledende fluid omfatter å måle en strømningshastighet for det ledende fluid nær borehullsveggen.

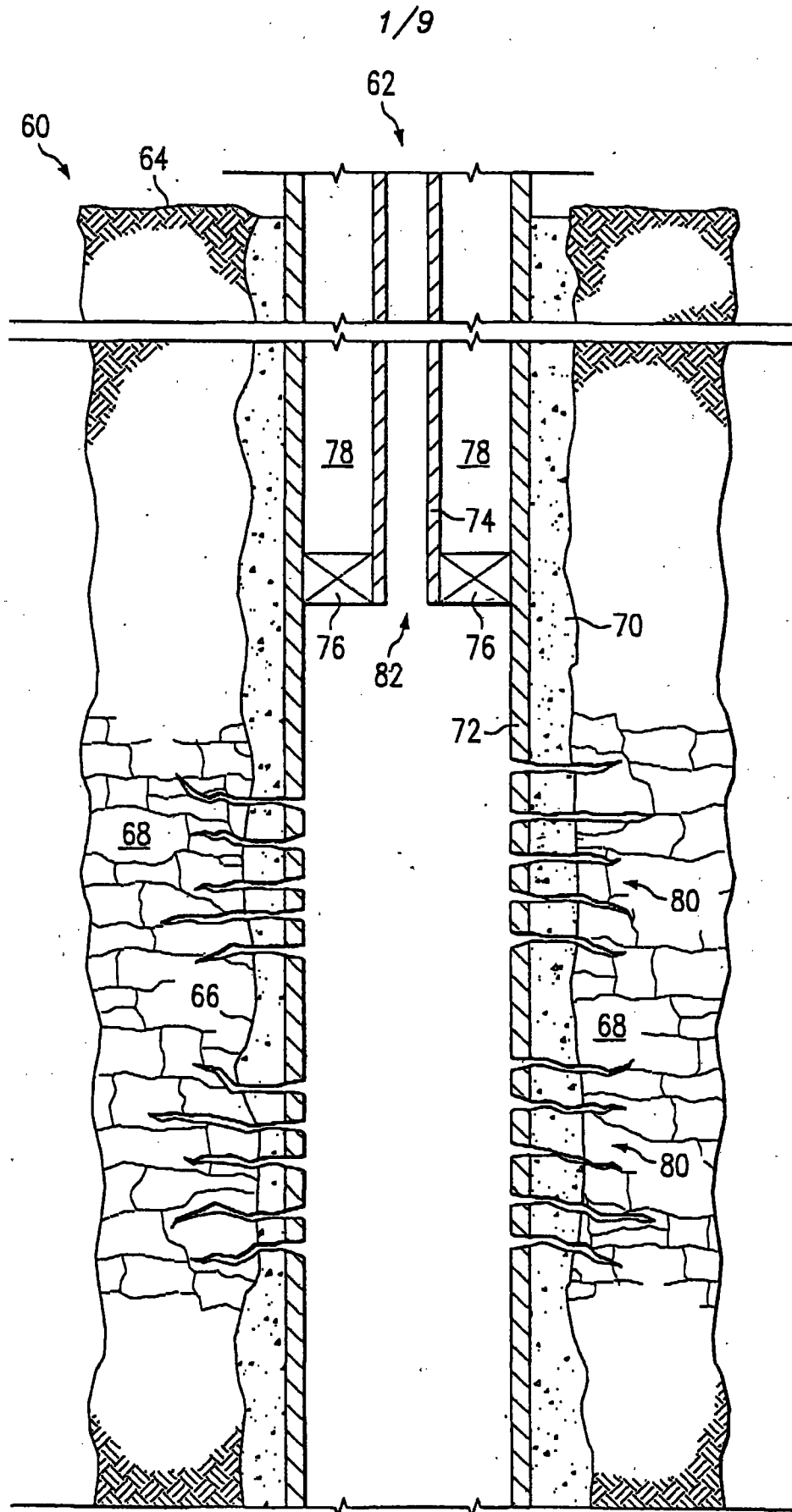


FIG. 1

3/9

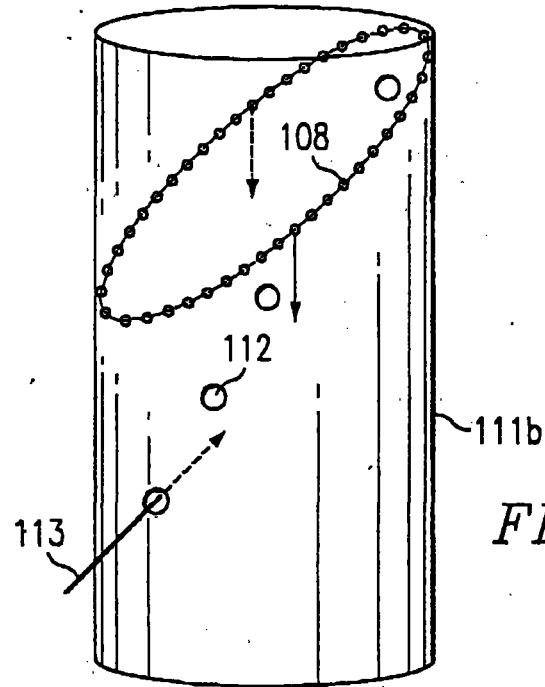


FIG. 2A

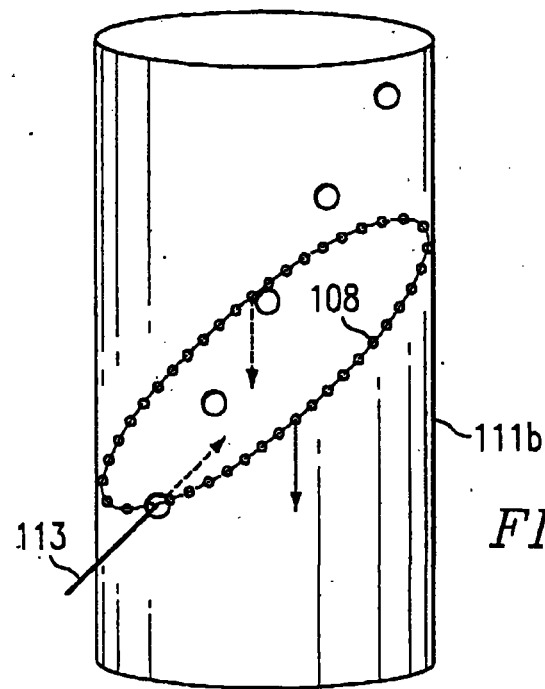


FIG. 2B

4/9

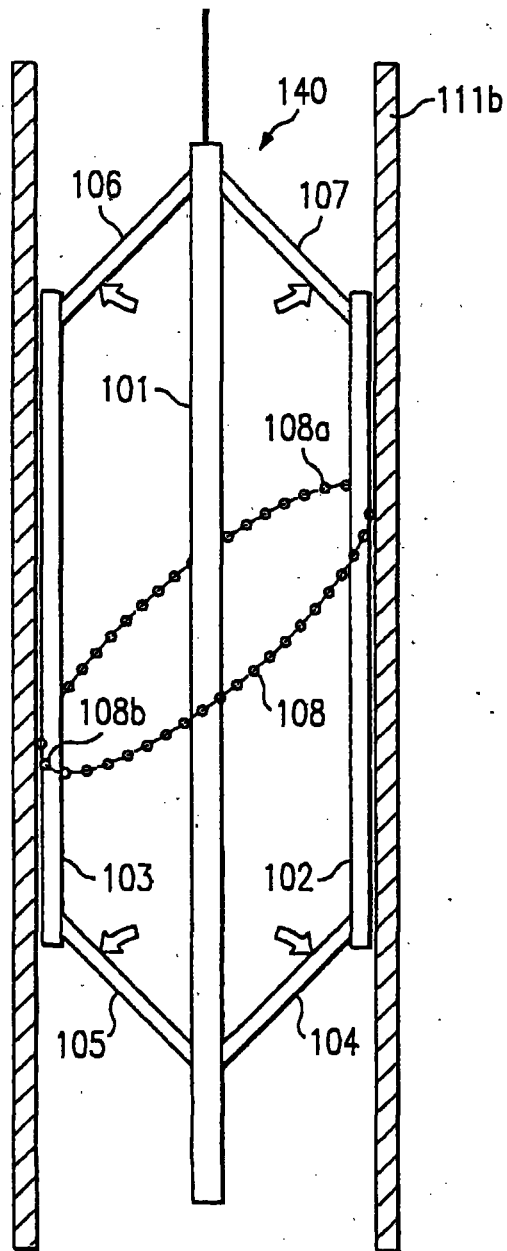


FIG. 3

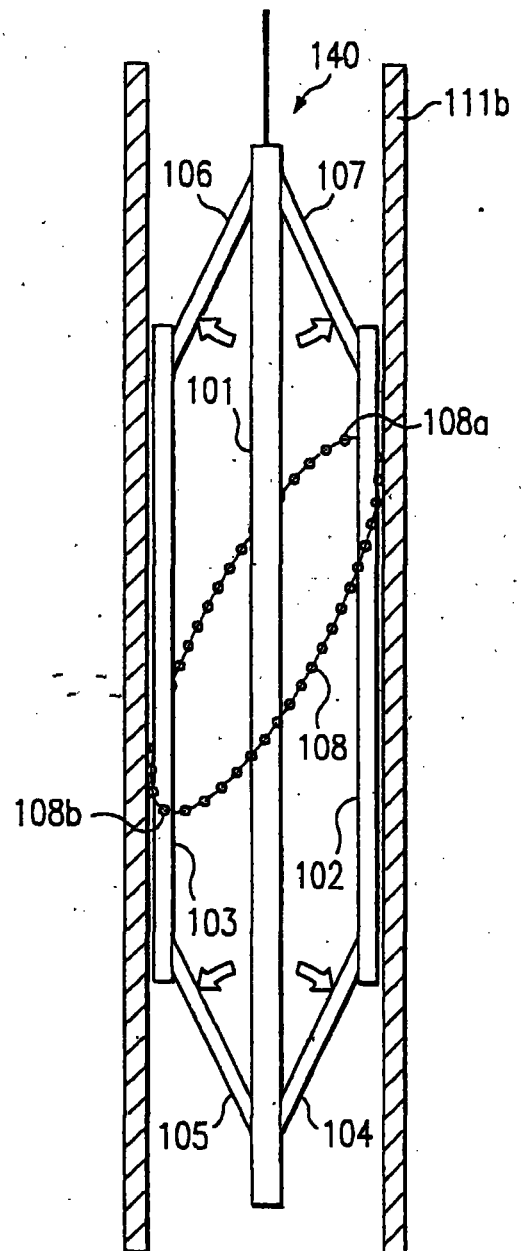


FIG. 3A

5/9

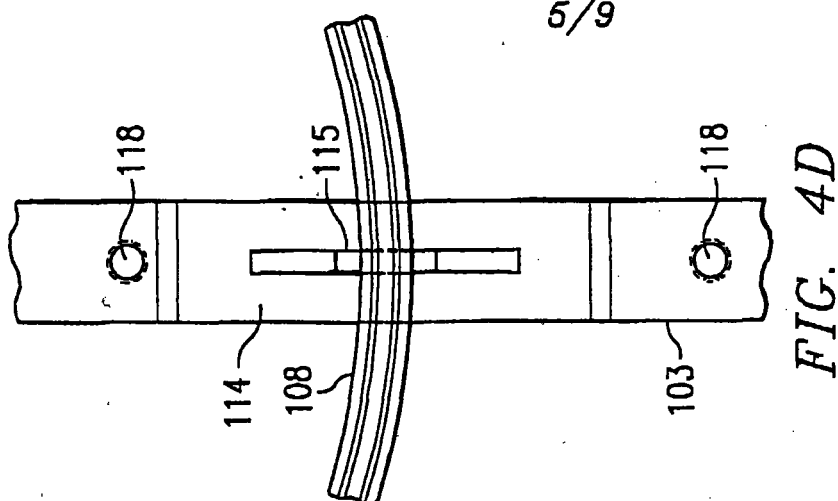


FIG. 4D

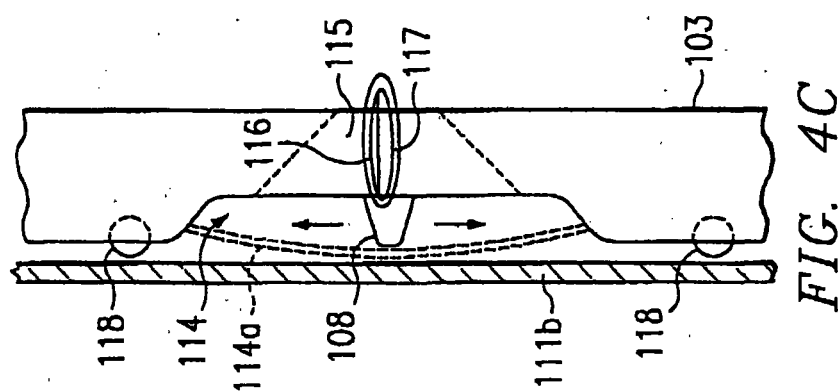


FIG. 4C

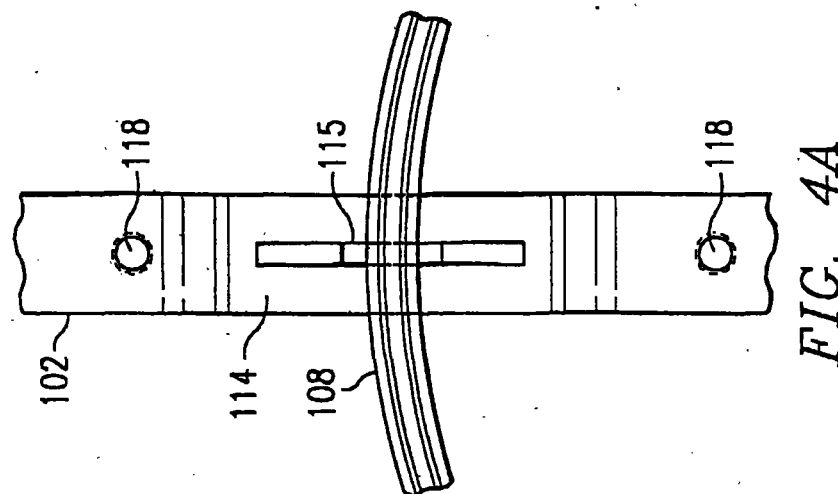


FIG. 4A

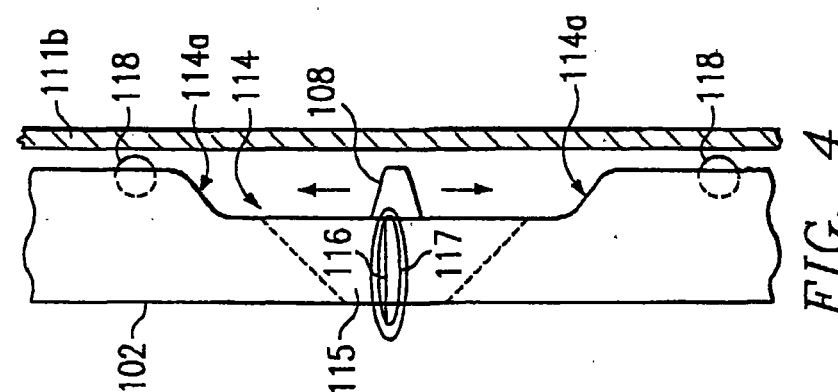


FIG. 4

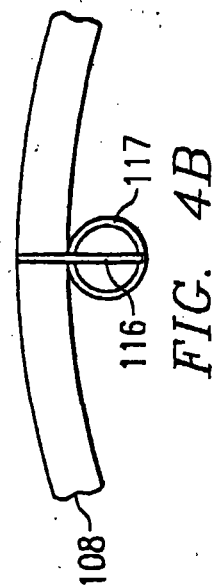


FIG. 4B

6/9

FIG. 5

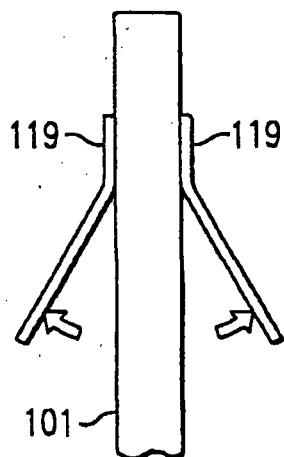


FIG. 5A

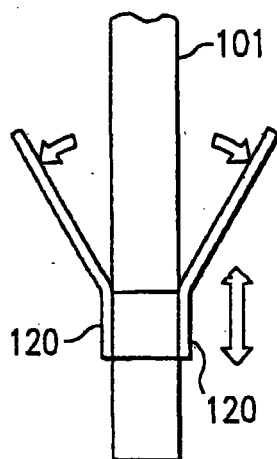


FIG. 5B

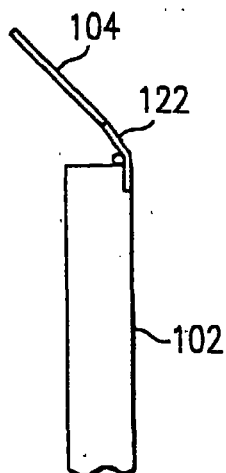
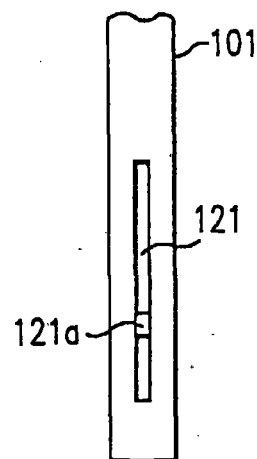


FIG. 5C

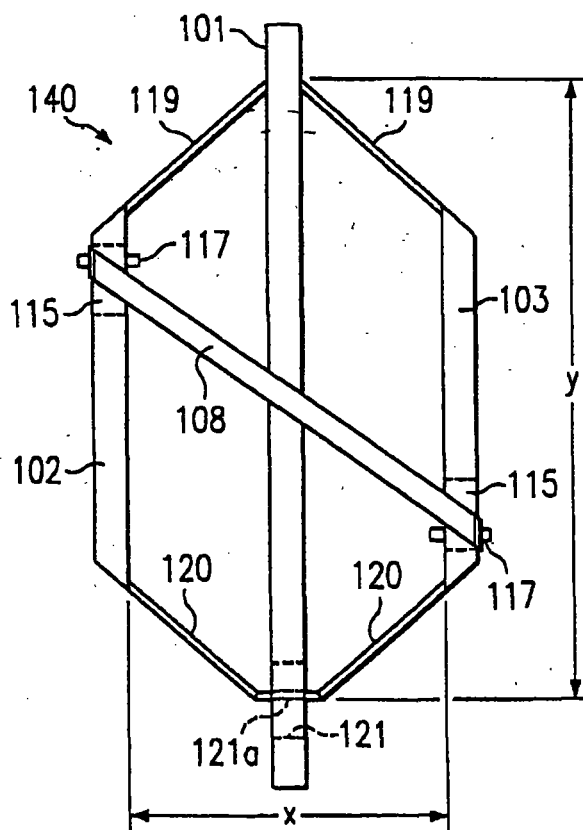


FIG. 5D

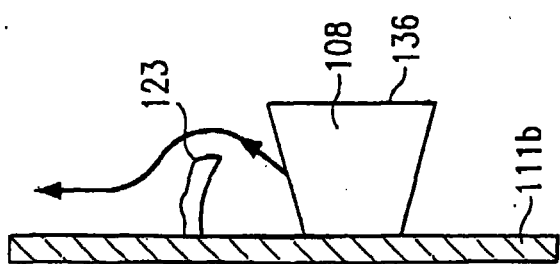


FIG. 6

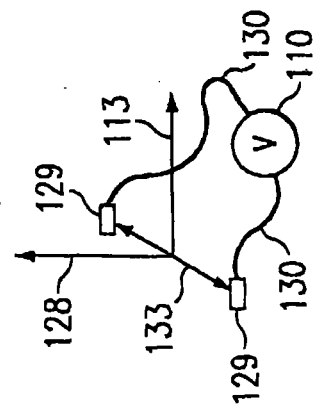


FIG. 7

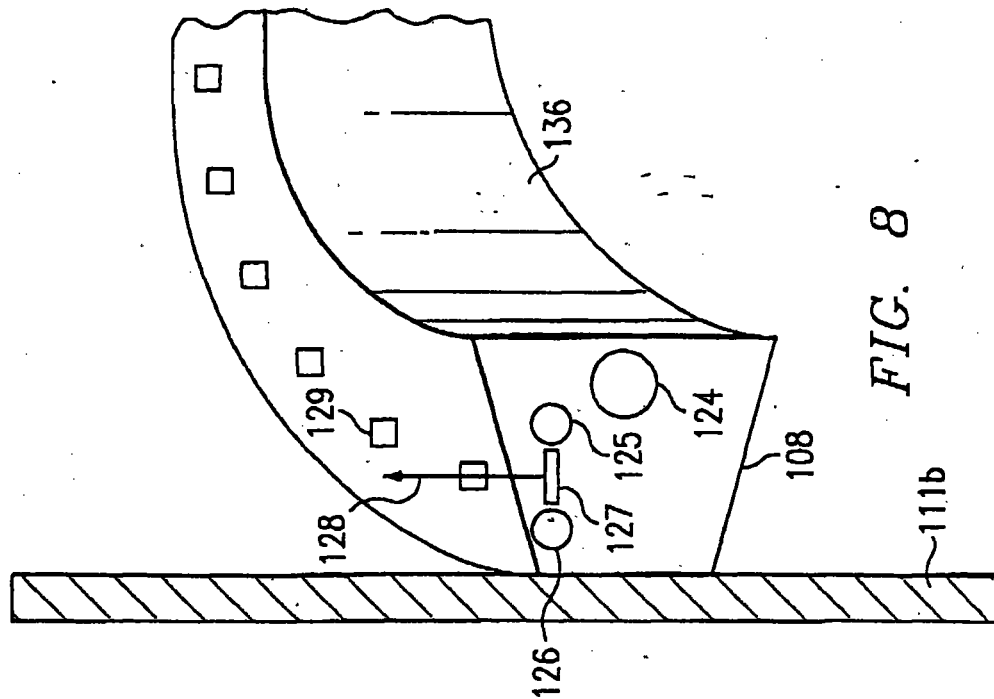


FIG. 8

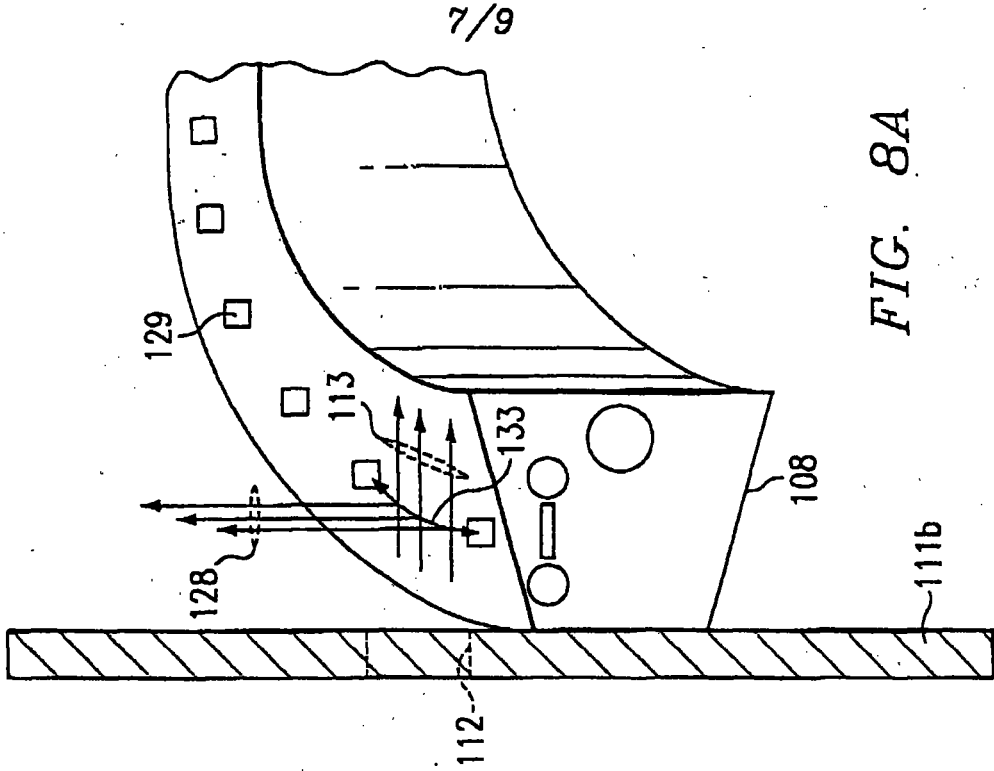


FIG. 8A

8/9

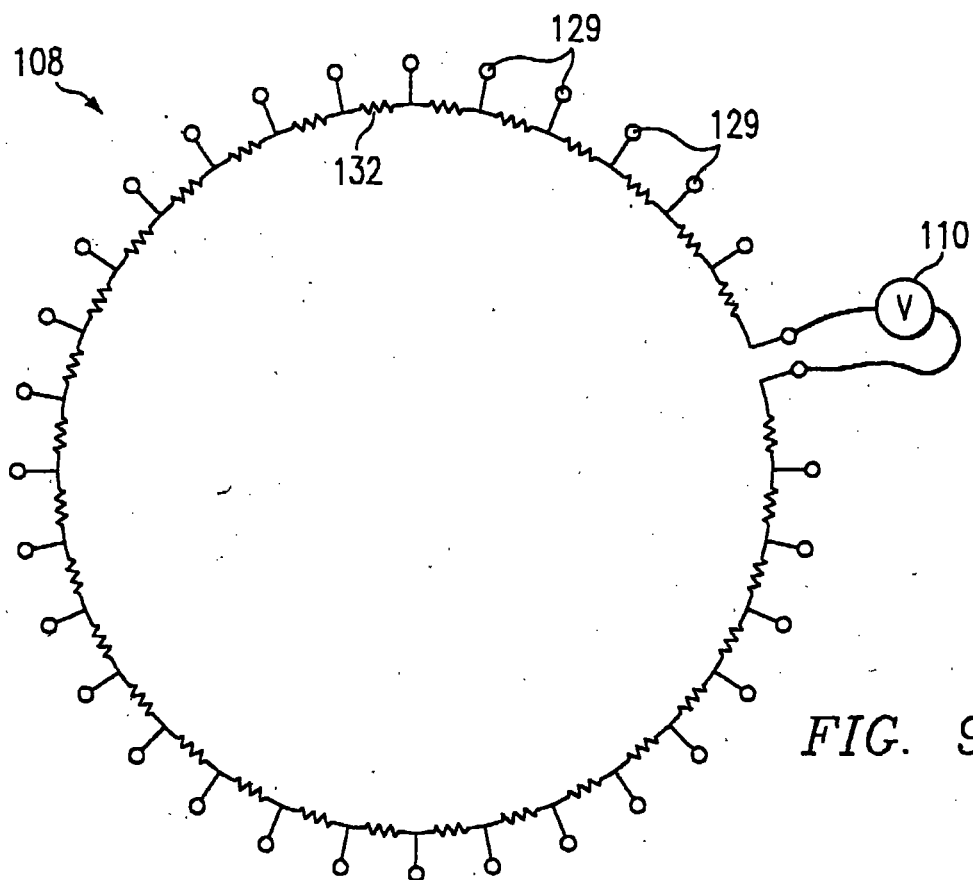


FIG. 9

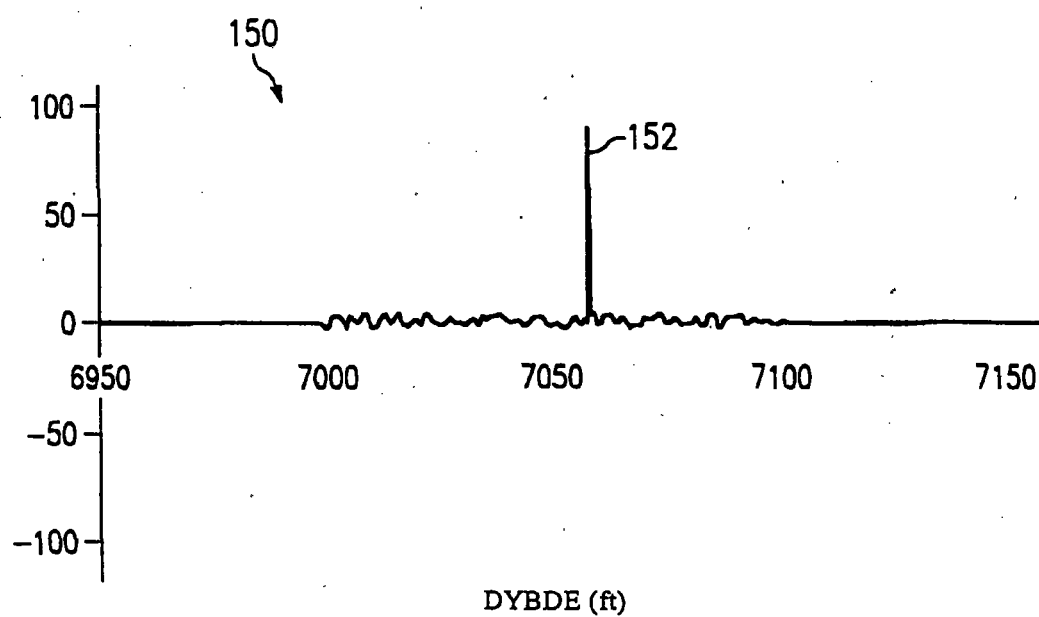


FIG. 11

9/9

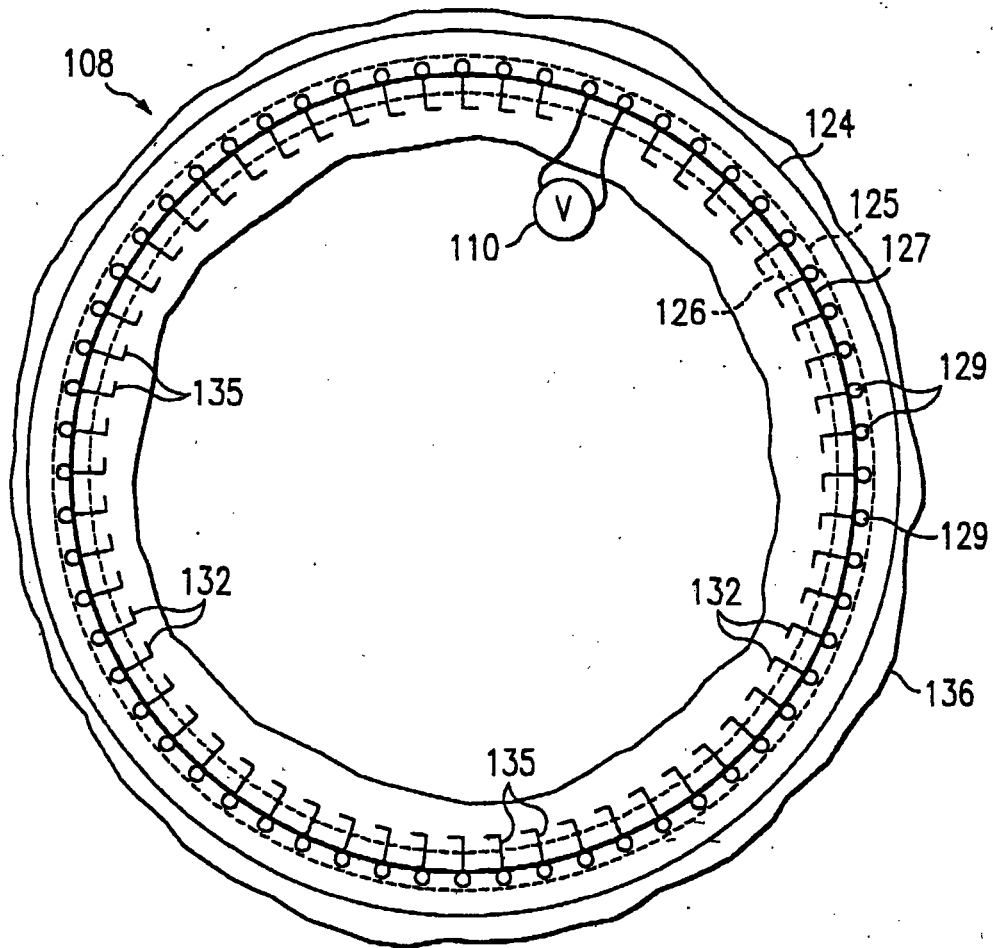


FIG. 10A

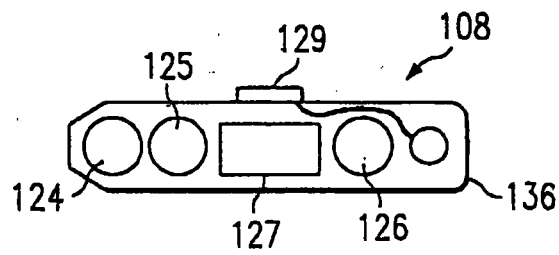


FIG. 10B