



(12) PATENT

(19) NO

(11) 334259

(13) B1

NORGE

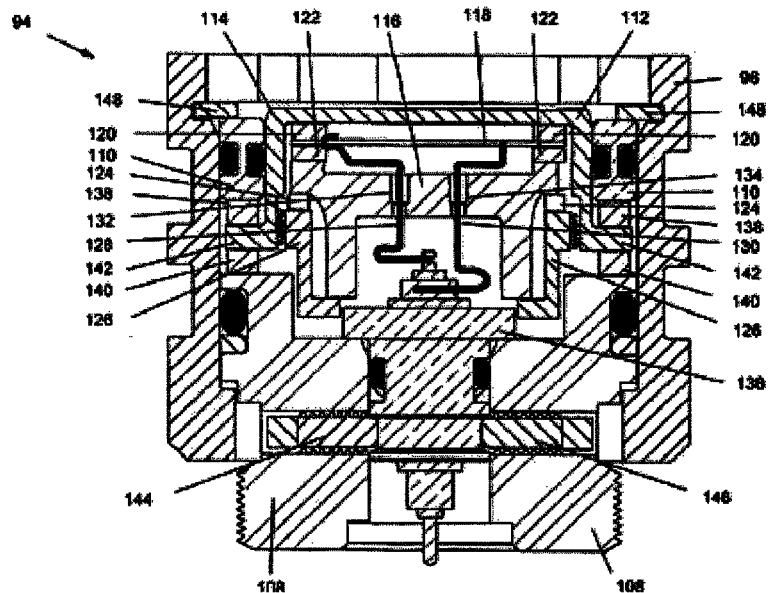
(51) Int Cl.
G01V 1/52 (2006.01)
G10K 11/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20011364	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.09.22 PCT/US1999/21982
(22)	Inng.dag	2001.03.16	(85)	Videreføringsdag	2001.03.16
(24)	Løpedag	1999.09.22	(30)	Prioritet	1998.09.25, US, 161052
(41)	Alm.tilgj	2001.03.16			
(45)	Meddelt	2014.01.20			
(73)	Innehaver	Halliburton Energy Services Inc, 2601 Beltline Road, US-TX75006 CARROLLTON, USA			
(72)	Oppfinner	Georgios L Varsamis, 1430 Forest Home Drive, US-TX77253 HOUSTON, USA Abbas Arian, 11927 Wink Road, US-TX77024 HOUSTON, USA Laurence T Wisniewski, 13238 Oregold, US-TX77041 HOUSTON, USA			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vikå, 0125 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Retningsbestemt transduser for en akustisk loggeanordning
(56)	Anførte publikasjoner	WO 9307512 A US 4899844 A US 4606014 A US 4825117 A GB 2328746 A FR 2199595 A EP 0747732 A EP 0261825 A
(57)	Sammendrag	

Et akustisk loggeverktøy omfatter et verktøylegeme og et hus. En transduser som opererer i bøyemodus er montert i huset. Transduseren opererer slik at den eksiteres av eller sender ut akustisk energi i kun en av de to retningene vesentlig vinkelrette med transduserens overflate. Huset er montert vesentlig fjernet fra legemets akse. En akustisk mottaker omfatter en ytre hylse med en flens og en hette glidbart montert inne i den ytre hylsen. Hettens glidning kompenserer for variasjoner i trykk og temperatur. En akustisk transmitter omfatter et hovedhus og en hette glidbart båret inne i hovedhuset. Hettens glidning kompenserer for variasjoner i trykk og temperatur. Kombinasjoner av luftspalter og o-ringer i transduseren isolerer akustisk et piezoelektrisk krystall fra sitt hus og huset fra sin omhylning. Den akustiske mottakeren og den akustiske transmitteren er konfigurert for å kunne byttes ut i felten.



Den foreliggende oppfinnelsen vedrører i hovedsak en anordning som benyttes ved leting etter hydrokarboner. Oppfinnelsen vedrører nærmere bestemt benyttelsen av akustiske kilder og mottakere for å fastslå de akustiske egenskapene i geologiske formasjoner idet et loggeverktøy går gjennom disse, enten det er et wireline loggeverktøy eller et "logging while drilling" (LWD) verktøy. Nærmere bestemt er oppfinnelsen rettet en anordning for å konvertere mellom akustisk energi og elektriske signaler.

Geologer og geofysikere er interessert i egenskapene til de formasjonene som en borkrone støter på idet den borer en brønn for produksjon av hydrokarboner fra grunnen. En slik informasjon er nyttig for å fastslå riktigheten av de geofysiske data som benyttes for å velge borestedet og for å velge senere boresteder. Ved horisontalboring kan slik informasjon være nyttig for å fastslå borkronens posisjon eller beliggenhet og den retningen som boringen burde følge.

Slik informasjon kan avledes på et antall måter. For eksempel kan borekaks fra slammet som returneres fra det stedet der borkronen er, analyseres eller det kan bores en kjerne langs hele borehullets lengde. Alternativt kan borkronen trekkes ut av borehullet og et "wireline loggeverktøy" kan senkes ned i borehullet for å foreta målinger. Ved en annen fremgangsmåte utfører verktøy av typen "measurements while drilling"-verktøy ("MWD") eller "logging-while-drilling"-verktøy ("LWD") målinger i borehullet mens borkronen arbeider. Det finnes et stort utvalg av loggeverktøy, inkludert resistivitetsverktøy, tetthetsverktøy, soniske eller akustiske verktøy og bildebehandlingsverktøy.

Et akustisk loggeverktøy samler inn akustiske data vedrørende undergrunns formasjoner. Formålet med et slikt verktøy er å måle "intervall-transittiden" eller den tiden som er nødvendig for at akustisk energi kan bevege seg en avstandsenhet i en formasjon. Enkelt uttrykt, oppnås dette ved å sende akustisk energi inn i formasjonen ved et sted og måle den tiden det tar for den akustiske energien å bevege seg til et andre sted eller forbi flere steder. Målingen kompliseres ved det faktum at verktøyet er om lag midt i et borehull med ukjent diameter og er omsluttet av slam. Videre kan formasjonen langs borehullet ha blitt påvirket av borkronens rotasjon og bevegelse og har kanskje ikke lenger de samme akustiske egenskapene som den uberørte formasjonen.

Et første aspekt ved den foreliggende oppfinnelsen er å tilveiebringe en akustisk loggeanordning omfattende et verktøylegeme; et piezoelektrisk krystallelement montert

inne i hetten, et første ettergivende element mellom krystallet og hetten, hvori transduseren er en akustisk mottaker, hvori en ytre hylse er fjernbart montert inne i verktøylegeme, karakterisert ved at transduseren er bevegbart montert inne i den ytre hylsen, hvori transduseren er en bøyemodustransduser slik at den eksiteres av akustisk energi i en foretrukket retning som hovedsakelig er vinkelrett med transduserens flate.

Et andre aspekt ved den foreliggende oppfinnelsen er å tilveiebringe en akustisk loggeanordning omfattende et verktøylegeme, en transduser som videre omfatter et øvre hus og et nedre hus og et piezoelektrisk krystallelement festet mellom det øvre huset og det nedre huset, hvori transduseren er en akustisk transmitter, hvori et hovedhus er fjernbart montert inne i verktøylegeme, karakterisert ved at transduseren er bevegbart montert inne i hovedhuset; og hvori transduseren er en bøyemodustransduser slik at den genererer akustisk energi i en foretrukket retning som hovedsakelig er vinkelrett med transduserens flate.

Beskrevet heretter er en akustisk loggeanordning omfattende et verktøylegeme og et hus. En transduser som opererer i bøyemodus er montert i huset. Transduseren fungerer slik at den eksiteres av eller sender ut akustisk energi i kun en av de to retningene som hovedsakelig er vinkelrette med transduserens flate.

Implementeringer av oppfinnelsen kan omfatte en eller flere av de følgende. Transduseren kan være en unimorf. Transduseren kan være en bimorf.

Beskrevet heretter er en akustisk loggeanordning omfattende et verktøylegeme, et hus, en transduser som opererer i bøyemodus montert i huset. Huset kan være montert vesentlig fjernet fra legemets akse.

Beskrevet heretter er en akustisk transmitter som omfatter et piezoelektrisk krystall for bruk i et akustisk loggeverktøy konfigurert for å generere akustisk energi som en reaksjon på et elektrisk signal, der den akustiske energien generert i en foretrukket retning er minst 3 dB større enn den akustiske energien generert i en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen.

Beskrevet heretter er en akustisk mottaker omfattende et piezoelektrisk krystall for bruk i et akustisk loggeverktøy konfigurert for å generere et elektrisk signal som en reaksjon på akustisk energi, der signalet for akustisk energi av en størrelsesorden mottatt fra en

foretrukket retning er minst 3 dB større enn signaler for akustisk energi av en størrelsesorden mottatt fra en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen.

Beskrevet heretter er en akustisk transponder som omfatter en ytre hylse og en indre sammenstilling koblet til den ytre hylsen, der den indre sammenstillingen er vesentlig akustisk isolert fra den ytre hylsen.

Beskrevet heretter er et akustisk loggeverktøy omfattende en akustisk transmitter og en akustisk mottaker. Den akustiske mottakeren har en elektrisk jording som er forskjellig fra den akustiske transmitteren.

Implementeringer av oppfinnelsen kan omfatte en eller flere av det følgende. Hetten kan omfatte en termoplast. Termoplasten kan omfatte polyeter-eterketon. Hetten kan omfatte et metall. Den akustiske mottakeren kan omfatte en avsperringsanordning ("excluder") adskilt fra krystallet ved hjelp av et andre ettergivende element. Avsperringsanordningen kan omfatte en termoplast. Avsperringsanordningen kan omfatte et metall. Den akustiske mottakeren kan omfatte et tilkoblingselement, en ledning koblet til tilkoblingselementet og til det piezoelektriske krystallet, der en del av ledningen bæres av avsperringsanordningen.

Beskrevet heretter er en akustisk mottaker omfattende en ytre hylse med en flens, en hette som er glidbart montert inne i den ytre hylsen.

Implementeringer av oppfinnelsen kan omfatte en eller flere av de følgende. Hetten kan ha en flens. Hettens flens kan bevege seg mot den ytre hylsens flens idet hetten glir inn i den ytre hylsen. Et første ettergivende element kan være plassert mellom hettens flens og den ytre hylsens flens. Den akustiske mottakeren kan videre omfatte et stempel, og et andre ettergivende element mellom stempelet og hetten. Den akustiske mottakeren kan videre omfatte et festende element konfigurert for å feste stempelet i forhold til den ytre hylsen. Det festende elementet kan omfatte en låsering (sneppring). Den akustiske mottakeren kan omfatte et nedre hus koblet til den ytre hylsen, en åpning gjennom det nedre huset for forbindelse med et kammer dannet av den ytre hylsen, hetten og det nedre huset, trykkkompenserende fluid for fylling av kammeret, og en tetning for å forhindre at det trykkompenserende fluidet slipper ut av kammeret. Det trykkompenserende fluidet kan omfatte olje. Tetningen kan omfatte en eller flere o-ringer. Tetningen kan separere det nedre huset fra den ytre hylsen, og hetten fra den ytre hylsen. Det kompenserende fluidet, hetten og det nedre huset kan kompensere for trykk-

4

og temperaturendringer. Et piezoelektrisk krystall kan være festet inne i sammenstillingen omfattende hetten og det nedre huset. Hetten og krystallsammenstillingen kan konfigureres for å bevege seg relativt til det nedre huset. Bevegelsen kan kompensere for trykk- og temperaturvariasjoner.

5

Beskrevet heretter er en akustisk transmitter omfattende et hovedhus, og en hette glidbart båret inne i hovedhuset.

Implementeringer av oppfinnelsen kan omfatte en eller flere av de følgende. Et ettergivende element kan adskille hetten fra hovedhuset. Et bæreelement kan stivt adskille transduserhuset fra det ettergivende elementet. Bæreelementet kan omfatte metall. Bæreelementet kan omfatte en termoplast. Termoplasten kan omfatte polyetereterketon. Hetten kan omfatte termoplast. Hetten kan omfatte et metall.

Den akustiske transmitteren kan omfatte et stempel som griper inn i hovedhuset og et første ettergivende element som separerer den øvre siden av hetten fra stempelet. Den akustiske transmitteren kan omfatte et andre ettergivende element konfigurert for å belaste hetten mot det første ettergivende elementet. Den akustiske transmitteren kan omfatte et tilkoblingselement koblet til hovedhuset, og en ledning koblet til tilkoblingselementet, der en del av ledningen bæres av hetten.

Den akustiske transmitteren kan omfatte en åpning gjennom hovedhuset for forbindelse med et kammer dannet av hovedhuset og hetten, trykkkompenserende fluid for fylling av kammeret, og et tetningssystem for å forhindre at det trykkkompenserende fluidet slipper ut av kammeret. Det trykkkompenserende fluidet kan omfatte olje. Tetningssystemet kan omfatte en eller flere o-ringer. Kompenseringsfluidet, hetten og det nedre huset kan kompensere for trykk- og temperaturvariasjoner. Et piezoelektrisk krystall kan være klebende festet inne i sammenstillingen omfattende hetten og det nedre huset. Hetten og krystallsammenstillingen kan være konfigurert for å bevege seg i forhold til det nedre huset. Bevegelsen kan kompensere for trykk- og temperaturendringer.

35

Beskrevet heretter er et akustisk loggeverktøy omfattende et langstrakt legeme og en akustisk transduser tilpasset legemet på en slik måte at den akustiske transduseren kan skiftes ut i felten.

Beskrevet heretter er en fremgangsmåte for å omforme akustisk energi til et elektrisk signal omfattende en konfigurering av en piezoelektrisk mottaker i et akustisk

loggeverktøy for å generere et signal som en reaksjon på den akustiske energien, der signalet for den akustiske energien av en størrelsesorden mottatt fra en foretrukket retning som er minst 3 dB større enn signalet for akustisk energi av den størrelsesorden mottatt fra en retning hovedsakelig vinkelrett med den foretrukne retning.

5

Beskrevet heretter er en fremgangsmåte for å omforme et elektrisk signal til akustisk energi omfattende å konfigurere en piezoelektrisk transmitter i et akustisk loggeverktøy for å generere akustisk energi som en reaksjon på det elektriske signalet, der den akustiske energien generert i en foretrukket retning er minst 3 dB større enn den akustiske energien generert i en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retning.

Beskrevet heretter er en fremgangsmåte for omforming mellom akustisk energi og et elektrisk signal omfattende montering av en piezoelektrisk transduser i en hette, der hetten er glidbart montert inne i et hus slik at hetten glir inn i og ut av huset, avhengig av trykkforskjellen mellom husets innside og utside.

15

Fig. 1 er en illustrasjon av et "logging-while-drilling" (LWD)-system som inkorporerer et akustisk "logging-while-drilling"-verktøy ifølge den foreliggende oppfinnelsen.

20 Fig. 2 er en fremstilling av et akustisk loggeverktøy.

Fig. 3 er et grunnriss av et akustisk loggeverktøy som omfatter den foreliggende oppfinnelse.

25 Fig. 4 er en gjengivelse av de kreftene som genereres av en piezoelektrisk krystallstakk.

Fig. 5, 6 og 7 er gjengivelser av en bimorf transduser og de kreftene den genererer eller som virker på denne.

30 Fig. 8, 9 og 10 er gjengivelser av en unimorf transduser og de kreftene den genererer eller som virker på denne.

Fig. 11 er et perspektivriss av en akustisk mottaker ifølge den foreliggende oppfinnelse.

35 Fig. 12 er et riss av en akustisk mottaker ifølge den foreliggende oppfinnelse, sett ovenfra.

Fig. 13 og 15 er snittriss av en akustisk mottaker ifølge den foreliggende oppfinnelse, langs linjene XIII på fig. 12.

Fig. 14 er et snittriss av en akustisk mottaker ifølge den foreliggende oppfinnelse, langs
5 linjene XIV på fig. 12.

Fig. 16 er et perspektivriss av en akustisk transmitter ifølge den foreliggende oppfinnelse.

10 Fig. 17 er et riss av en akustisk transmitter ifølge den foreliggende oppfinnelse, sett ovenfra.

Fig. 18 og 20 er snittriss av en akustisk transmitter ifølge den foreliggende oppfinnelse, langs linjene XVIII på fig. 12.

15

Fig. 19 er et snittriss av en akustisk transmitter ifølge den foreliggende oppfinnelse, langs linjene XIX på fig. 12.

Som vist i fig. 1, omfatter en borerigg 10 (her forenklet for å utelate deler som ikke er
20 relevante i denne sammenheng) et boretårn 12, boredekk 14, heisespill 16, krok 18, svivel 20, drivrørsskjøt (kelly joint) 22, rotasjonsbord 24, borestreng 26, vektrør 28, LWD-verktøy 30, LWD-akustisk loggeverkøy 32 og borkrone 34. Slam injiseres inn i svivelen ved hjelp av en slamtilførselsledning 36. Slammet beveger seg gjennom drivrørsskjøten 22, borestrengen 26, vektrørene 28, og LWD-verktøyene 30 og 32 og
25 kommer ut gjennom åpninger i borkronen 34. Slammet strømmer deretter opp borehullet 38. En returledning 40 for slammet returnerer slammet fra borehullet 38 og sirkulerer dette til en slamtank (ikke vist) og tilbake til slamtilførselsledningen 36.

Dataene innsamlet av LWD-verktøyene 30 og 32 returneres til overflaten for analyse
30 ved hjelp av telemetri overført gjennom boreslammet. En telemetritransmitter 42 lokalisert i et vektrør eller i et av LWD-verktøyene samler inn data fra LWD-verktøyene og modulerer dataene for å overføre disse gjennom slammet. En telemetrisensor 44 på overflaten detekterer telemetrien og returnerer denne til en demodulator 46. Demodulatoren 46 demodulerer dataene og frembringer disse til databehandlingsutstyret
35 48 der dataene analyseres for å ekstrahere nyttig geologisk informasjon.

I sammendrags form har det akustiske loggeverktøyet 50 en akustisk transmitter 52 og en akustisk mottaker 54 båret av et legeme 56, som vist i fig. 2. Det akustiske loggeverktøyet 50 er del av en borestreng (ikke vist) som er innført i et borehull 58 gjennom en formasjon 60. Den akustiske transmitteren 52 sender ut akustisk energi 62 inn i formasjonen 60. Den akustiske energien 62 brytes eller avbøyes og beveger seg gjennom formasjonen 60 langs borehullet 58. Når den beveger seg langs borehullet 58, sendes en del av den akustiske energien 62 tilbake inn i borehullet 58 der den påvises av den akustiske mottakeren 54. Ved å måle den medgåtte tiden fra utsendelsen av den akustiske energien 62 av den akustiske transmitteren 52, til mottak av den akustiske energien av den akustiske mottakeren 54, og posessere denne målingen, kan formasjonens "treghet" avledes. Ved å bruke den avledede tregheten i formasjonen og formasjonsmålinger utført av andre verktøy, kan det avledes et stort utvalg av formasjonsegenskaper.

Noe akustisk energi 64 sendt ut av den akustiske transmitteren 52 sendes inn i det akustiske loggeverktøyets 50 legeme 56 og beveger seg langs legemet 56 til den akustiske mottakeren 54. Mottaket av den akustiske energien 64 som beveger seg langs legemet interfererer med den akustiske energien 64 sendt gjennom formasjonen 60, hvilket gjør "treghets"-beregningen mer vanskelig eller sågar umulig å utføre.

En akustisk transduser ifølge oppfinnelsen reduserer den mengde med akustisk energi som beveger seg langs legemet ved å rette det meste av den akustiske energien som den genererer i en retning som er hovedsakelig vinkelrett med legemet. Videre er den akustiske transduseren konfigurert for å redusere koblingen mellom elementet som genererer transduserens akustiske energi og legemet. Den akustiske transduseren er også konfigurert for å opprettholde den akustiske avkoblingen under de trykk og temperaturer som forekommer ved nede-i-hulls-operasjoner. Den akustiske transduseren er videre konfigurert for å operere under forhold relevante ved nede-i-hulls-operasjoner, dvs. trykk, temperatur, støt, vibrasjon, samvirkning med borefluid, samvirkning med formasjonsfluid/gass.

Som vist i fig. 3, omfatter et "logging-while-drilling"-akustisk loggeverktøy 66 en oppstilling eller array av transmittere 68 og en array av mottakere 70. Det illustrerte akustiske loggeverktøyet 66 viser en transmitterarray som omfatter et par med transmittere og en mottakerarray 70 som omfatter syv par med mottakere. Loggeverktøyet skal ikke begrenses til en slik og kan omfatte et hvilket som helst antall transmittere og mottakere arrangert i alle mulige orienteringer. Ordene "transponder",

”transduser”, ”akustisk transponder” og ”akustisk transduser” skal forstås å gjelde både akustiske mottakere og akustiske transmittere. Det er underforstått at ordene ”unimorf” og ”bimorf” betyr piezoelektriske elementer (krystaller) som opererer i ”bøyemodus”.

5 Som vist i fig. 4, omfatter noen eksisterende akustiske transduserer en stakk med piezoelektriske krystaller 72. Krystallene er orientert slik at når de opereres som en transmitter, påføres et elektrisk signal til hvert krystall i stakken, hvilket bevirker at krystallene trekker seg sammen (ekspandere) over krystallflaten og ekspandere (trekke seg sammen) i tykkelse for dermed å sende ut akustisk energi. Stakken med krystaller
10 utøver dermed en ekspanderende kraft 74 vinkelrett på krystallenes flater og en sammentrekkende kraft 76 parallell med krystallenes flater. Den ekspanderende kraften 74 er rettet bort fra verktøyet og inn i det omkringliggende slam og formasjon. Den sammentrekkende kraft er imidlertid rettet inn i verktøyet parallelt med verktøyets legeme og vil sannsynligvis interferere med de akustiske hastighetsmålingene med
15 mindre den kontrolleres eller begrenses. Motsatt, når de opereres som en mottaker, samvirker et akustisk energifelt med krystallene og bevirker at disse trekker seg sammen (ekspanderer) over krystallflaten og ekspanderer (trekker seg sammen) i tykkelse, for derved å bevirke at et elektrisk signal genereres som i det alt vesentlige er proporsjonal med den akustiske energien i feltet. Interaksjonen av det akustiske
20 energifeltet med krystallflaten inneholder all den nyttige informasjonen som er nødvendig for å utføre akustiske målinger i akustisk logging. Det foretrekkes så at mottakeren minimaliserer eller eliminerer mottakerens sensitivitet overfor akustisk energi avlevert til transduseren fra en retning hovedsakelig parallell med krystallets overflate.

25 Oppfinnelsen benytter en bimorf eller unimorf transduser for å generere akustisk energi (akustisk transmitter). Fagmannen vet godt at bimorfer og unimorfer er kommersielt tilgjengelige gjenstander. Som vist i fig. 5 og 6, omfatter en bimorf to piezoelektriske krystaller 78 og 80 festet til hverandre. I en alternativ utførelsesform er bimorfen
30 konstruert som to piezoelektriske krystaller festet til hverandre gjennom en metallskive. For enkelthets skyld vil det vises til arrangementet i fig. 6, men fagmannen vil forstå at hovedsakelig den samme omtalen gjelder for bimorfen som er konstruert på den alternative måten. De to krystallene er orientert på en slik måte at ved anvendelsen av et elektrisk signal på disse, ekspanderer krystallet 78 over sin flate og krystallet 80 trekker seg sammen over sin flate. Kombinasjonen av ekspansjonen eller utvidelsen av
35 krystallet 78 og sammentrekningene eller kontraksjonen av krystallet 80, bevirker at krystallene krummer seg, som vist i fig. 7. Denne krumningen bevirker at det genereres

krefter 82 vinkelrett med krystallenes overflater. Kreftene 84 genereres også, parallelt med krystallenes overflater, men disse er vanligvis vesentlig mindre enn de tilsvarende kreftene 76 (vist i fig. 4) som genereres av krystallstakken benyttet i eksisterende akustiske transmittere. Bimorfen er orientert slik at kreftene 82 er rettet utover fra verktøyets legeme. Det meste av den akustiske energien som er generert av bimorfen er dermed rettet ut av verktøyets legeme og inn i det omkringliggende slam og formasjonen.

Alternativt kan transduseren omfatte en unimorf, som vist i fig. 8. En unimorf omfatter et metallag 86 med et piezoelektrisk krystall 88 festet til dette, som vist i fig. 8 og 9. Når et elektrisk signal påføres det piezoelektriske krystallet 88, trekker dette seg sammen (eller ekspanderer) og metallaget 86 gjør ikke dette, som vist i fig. 10. Kombinasjonen av krystallet 88 og metallaget 86 bøyer seg dermed og genererer krefter 90 hovedsakelig vinkelrett med krystallets 88 overflate og krefter 92 hovedsakelig parallelle med krystallets 88 overflate. Kreftene 92 som genereres parallelt med krystallets overflater, er generelt sett vesentlig mindre enn kreftene generert av krystallstakken benyttet i eksisterende akustiske transmittere. Unimorfen er orientert slik at kreftene 90 er rettet utover fra verktøyets legeme. Det meste av den akustiske energien generert av unimorfen er dermed rettet ut av verktøyets legeme og inn i det omkringliggende slam og formasjonen.

Oppfinnelsen benytter en bimorf eller unimorf for å omforme akustisk energi til elektrisk energi (akustisk mottaker). Et piezoelektrisk krystall genererer et elektrisk signal når det forandres i en av sine dimensjoner. For eksempel, dersom en mekanisk kraft anvendes på en bimorf som bevirker at denne bues (bøyes) som vist i fig. 7, ekspanderes krystallet 78 over sin overflate og krystallet 80 trekkes sammen tvers over sin overflate. Dersom de to krystallene er korrekt orientert, vil de elektriske signalene produsert av deres respektive ekspansjon og kontraksjon, tilføre og frembringe en indikasjon på mengden av bøyning (kraften) som utøves på bimorfen. En kraft påført parallelt med krystallenes overflate vil ha en mye mindre effekt enn en kraft påført vinkelrett på krystallene. En akustisk transduser som omfatter en bimorf vil dermed være mer følsom for akustisk energi som virker vinkelrett på dens flate enn parallelt med dens flate. En tilsvarende diskusjon gjelder uniforme transduserer i akustiske mottakere.

35

Bimorfer og unimorfer har videre effektive akustiske impedanser som mer nøyaktig passer til den akustiske impedansen i det omkringliggende slam enn enkle krystaller

eller stakker med krystaller, som beskrevet over. Mer energi generert av en bimorf eller unimorf vil dermed overføres til/fra slammet enn med de enkle krystallene eller krystallstakkene benyttet i eksisterende transdusere.

5 På grunn av bruken av bimorfer og unimorfer, og på grunn av de akustiske isoleringsteknikkene beskrevet under, vil dermed en akustisk transmitter ifølge den foreliggende oppfinnelse, ved påføringen av et elektrisk signal, generelt sett generere mellom 3 dB og 100 dB mer akustisk energi i en foretrukket retning enn i en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen. Den akustiske transmitteren
10 genererer fortrinnsvis mellom 5 dB og 50 dB mer akustisk energi i en foretrukket retning enn i en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen. Ytterligere fortrinnsvis, genererer den akustiske transmitteren mellom 5 dB og 20 dB mer akustisk energi i en foretrukket retning enn i en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen. Den foretrukne retningen er fortrinnsvis vinkelrett med bimorfens eller
15 unimorfens overflate.

På grunn av bruken av bimorfer og unimorfer, og på grunn av de akustiske isoleringsteknikkene som vil bli beskrevet under, vil en akustisk mottaker ifølge den foreliggende oppfinnelse videre generere et elektrisk signal med en størrelsesorden
20 mellom 3 dB og 100 dB større for akustisk energi mottatt fra en foretrukket retning enn for akustisk energi mottatt fra en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen. Oppfinnelsen vil fortrinnsvis generere et elektrisk signal med en størrelsesorden mellom 5 dB og 50 dB større for akustisk energi mottatt fra en foretrukket retning enn for akustisk energi mottatt fra en retning vesentlig vinkelrett
25 med den foretrukne retningen. Ytterligere fortrinnsvis, vil oppfinnelsen generere et elektrisk signal med en størrelsesorden mellom 5 dB og 20 dB større for akustisk energi mottatt fra en foretrukket retning enn for akustisk energi mottatt fra en retning vesentlig vinkelrett med den foretrukne retningen. Den foretrukne retningen er fortrinnsvis vinkelrett med bimorfen eller unimorfens overflate.

30 I den akustiske mottakeren er den unimorfe eller bimorfe transduseren fortrinnsvis ikke holdt stivt fast ved sine kanter. Transduseren i den akustiske mottakeren er dermed dempet og kan fungere som en transduser for bredbåndet akustisk energi. Transduseren i den akustiske transmitteren er imidlertid fortrinnsvis kun lett dempet.

35 Fagmannen vil forstå at en unimorf eller bimorf transduser kan optimaliseres for å operere i ulike frekvensområder avhengig av størrelsen på krystallet eller krystallene, og

størrelsen på og typen av metallskiven som benyttes. For eksempel er de valgte frekvensområdene de som er av interesse ved akustisk logging, dvs. fra 2 kHz til 30 kHz.

5 Som vist i fig. 11, omfatter en akustisk mottaker 94 en ytre hylse 96. Et eksternt statisk tetningssystem, omfattende hulrommene 98 og 100 inn i hvilke det kan anbringes o-ringer (ikke vist), tetter mot hydrostatisk trykk. Kombinasjonen av hulrom (luftspalte) og o-ringene anbrakt i hulrommene 98 og 100, utgjør akustisk isolasjon mellom den akustiske mottakeren og det akustiske loggeverktøyets legeme. Et gjenget område 102
10 på den akustiske mottakeren 94 kobles til et innføringselement (ikke vist) inne i det akustiske loggeverktøyet. Det er dermed ingen berøring mellom den akustiske mottakeren 94 og det akustiske loggeverktøyets legeme, unntatt gjennom innføringselementet og gjennom o-ringene som er anbrakt i hulrommene 98 og 100. I et eksempel kobler det gjengede området 102 i den akustiske mottakeren 94 til en ring
15 (ikke vist) som flyter på et innføringselement (ikke vist) inne i det akustiske loggeverktøyet. Denne fremgangsmåten frembringer en ytterligere forbedret akustisk isolering mellom mottakeren og det akustiske loggeverktøyet. Et koaksialt tilkoblingselement 104 frembringer en forbindelse for det elektriske signalet generert av den akustiske mottakeren. Det koaksiale tilkoblingselementet 104 har sin egen
20 elektriske jording som er separat fra den elektriske jordingen benyttet av de akustiske transmitterne. Dette trekket begrenser mengden med elektrisk støy koblet fra den akustiske transmitteren til den akustiske mottakeren.

Den akustiske mottakeren har en sekskantet holder 106, vist i fig. 12, som gjør at den
25 akustiske mottakeren kan gripes av et verktøy eller av en hånd. Dette trekket, sammen med den gjengede forbindelsen til innføringselementet frembrakt av det gjengede området 102, gjør at den akustiske mottakeren kan byttes i felten.

Som vist i fig. 13, omfatter en akustisk mottaker en ytre hylse 96, et nedre hus 108, et
30 trykkkompenserende stempel 110 og en piezoelektrisk krystall/hette undersammenstilling 112.

Den ytre hylsen 96 er laget av et egnet materiale for å motstå de ekstreme temperatur- og trykkforholdene i nede-i-hulls-omgivelsene. Det statiske tetningssystemet, diskutert
35 over, brukes for å motstå de høye differentialtrykkene mellom brønnboringen og de atmosfæriske forholdene inne i verktøyet. Luftspalten dannet på den utvendige

diameteren og den innvendige diameteren av den ytre hylsen 96 bidrar til å redusere nivået på de uønskede soniske bølgene som beveger seg gjennom verktøyets legeme.

Den piezoelektriske krystall/hettes undersammenstillingen 112 omfatter to hus 114 og 5 116 laget av et egnet termoplasthus så som "PEEK" (polyeter-eterketon) eller et slikt lignende materiale. I et eksempel er det øvre huset (hetten) konstruert av et metall. Piezoelektriske keramer 118, konfigurert enten som bimorfer eller unimorfer, er lagt i en sandwich-konstruksjon mellom to gummiskiver 120 og 122, plassert inn i det øvre huset. Det nedre polyeter-eterketonhuset ("peek"-huset) 116 forbelaster (via fjæren 124) 10 de piezoelektriske keramene 118 inne i det øvre huset 114 ved hjelp av en "peek"-mutter 126. Ledningene 128 og 130 fra de piezoelektriske keramene 118 ledes gjennom og festes til sporene 132 og 134 inne i det nedre "peek"-huset 116. Dette gjøres for å forhindre at ledningene 128 og 130 beveger seg ved nede-i-hulls-støt og vibrasjon og induserer uønskede signaler inn i de piezoelektriske keramene. Et hermetisk lukket 15 tilkoblingselement 136 terminerer ledningene 128 og 130.

To fjærer 138 og 140 (konstruert som bølgefjærer i et eksempel) plasseres på hver side av en flens 142 i det øvre "peek"-huset 114 eller "hetten" for å posisjonere den piezoelektriske krystall-hette undersammenstillingen 112 i en null-posisjon og også for 20 å muliggjøre at sammenstillingen kan forbelastes slik at den kan motstå håndtering, og bevegelse inn i og ut av et hull og boreforhold.

Den piezoelektriske krystall/hette undersammenstillingen 112 føres inn i det nedre huset 108. Denne kombinasjonen føres så inn i og fastkiles til den ytre hylsen 96. To 25 settskruer 144 og 146 installeres inn i det nedre huset 108 for å holde tilkoblingselementet 136 på plass i forhold til det nedre huset 108.

Stempelet 110 plasseres på toppen av den øvre fjæren 138 og holdes mot den ytre hylsen 96 ved hjelp av en låsering 148. Stempelet 110 forbelaster den piezoelektriske 30 krystall/hette undersammenstillingen 112 inne i den ytre hylsen 96.

Et innvendig hulrom dannet av den ytre hylsen 96, det nedre huset 108 og den piezoelektriske krystall/hette undersammenstillingen 112 evakueres og fylles gjennom et par nedre åpninger 150 og 152 med kompensasjonsfluid, som vist i fig. 14. 35 Åpningene 150 og 152 er utstyrt med plugg 154 og 156 som har høytrykks o-ringer 58 og 160 og back-up ringer 162 og 164.

Et tett system beholder det kompenserende fluidet inne i sammenstillingen og forhindrer at borehullsfluid når det innvendige hulrommet i den elektroniske innføringssammenstillingen. Det tette systemet omfatter o-ringer 158, 160, 166, 168, 170 og 172 og back-up ringer 162, 164, 174 og 176. Fagmannen vil forstå at systemets
 5 luftspalte/o-ring 166, 168 og 170 også fungerer som en akustisk isolator mellom krytall/hette undersammenstillingen 112 og den ytre hylsen 96. Denne akustiske isolasjonen isolerer videre krystallet fra akustisk energi tildelt på krystallet fra en retning parallell med dettes overflate.

10 Oljevolumet inne i det ringformede hulrommet vil ekspandere og trekke seg sammen med endringer i ambient trykk og temperatur. Ved enhver økning av oljevolumet på grunn av temperatur, vil den piezoelektriske krytall/hette undersammenstillingen 112 fungere som et stempel og bevege seg oppover, som vist i fig. 15 (hvilket er utover mot borehullsveggen når den akustiske mottakeren er installert i verktøyets legeme) og
 15 presse sammen fjæren 138 og avlaste fjæren 140. Oljevolumet inne i hulrommet vil dermed ekspandere. Dersom imidlertid oljevolumet trekker seg sammen på grunn av økning i hydrostatisk trykk, kan stempelet 110 og den piezoelektriske krytall/hette undersammenstillingen 112 begge bevege seg nedover som separate kompenserende stempler for å redusere oljevolumet. Når den piezoelektriske krytall/hette
 20 undersammenstillingen beveger seg nedover, presser den sammen fjæren 140. Når stempelet 110 beveger seg nedover, presser dette sammen fjæren 138. En hensiktsmessig mengde ledning 128 og 130 og strekkavlastning er frembrakt for å ta høyde for bevegelsen av den piezoelektriske krytall/hette undersammenstillingen og for temperatur- og trykkkompensasjon i forhold til det elektriske tilkoblingselementet.
 25 Når den piezoelektriske krytall/hette undersammenstillingen er i den posisjonen vist i fig. 15 og i den posisjonen vist i fig. 13 og 14 og i en hvilken som helst posisjon mellom disse to posisjonene, har den ingen direkte berøring med den ytre hylsen 96 fordi de to delene er adskilt ved hjelp av o-ringene 166 og 170. Denne adskillelsen utgjør noe akustisk isolasjon mellom den piezoelektriske krytall/hette undersammenstillingen og
 30 den ytre hylsen.

Som vist i fig. 16, omfatter den akustiske transmitteren 178 et ytre skall 180 med to hulrom 182 og 184 inn i hvilke o-ringer (ikke vist) kan anbringes og tette mot hydrostatisk trykk. Kombinasjonen av hulrom (luftspalte) og o-ringer anbrakt i
 35 hulrommene 182 og 184 utgjør akustisk isolasjon mellom den akustiske transmitteren og det akustiske loggeverktøyets legeme. Et gjenget område 186 i den akustiske transmitteren 178 kobler til et innføringselement (ikke vist) inne i det akustiske

loggeverktøyet. Det er således ingen berøring mellom den akustiske transmitteren 178 og det akustiske loggeverktøyets legeme med unntak av gjennom o-ringene som er anbrakt i hulrommene 182 og 184 og gjennom innføringsselementet. I den foretrukne utførelsesformen kobler det gjengede området 186 i den akustiske transmitteren 178 til
 5 en ring (ikke vist) som flyter på et innføringsselement (ikke vist) inne i det akustiske loggeverktøyet. Denne fremgangsmåten gir en forbedret akustisk isolasjon mellom transmitteren og det akustiske loggeverktøyet.

Den akustiske transmitteren har en sekskantet kobling 188, som vist i fig. 17, som lar
 10 den akustiske transmitteren bli grepet av et verktøy eller av en hånd. Dette trekket, sammen med den gjengede forbindelsen til innføringsselementet frembrakt av det gjengede området 186 gjør at den akustiske transmitteren kan byttes i felten.

Som vist i fig. 18, omfatter den akustiske transmitteren en krystall/hette sammenstilling
 15 190, som omfatter en piezoelektrisk krystallsammenstilling 192 festet mellom det øvre "peek"-huset 194 og det nedre "peek"-huset 196. I et eksempel er det øvre huset (heten) konstruert av et metall. De øvre og nedre "peek"-husene 194 og 196 er laget av et egnet termoplastmateriale så som "peek" eller et lignende materiale. Den piezoelektriske krystallsammenstillingen 192 er forkoblet og lokalisert inne i en
 20 fordypning i det nedre "peek"-huset 196. Et hermetisk tett tilkoblingselement 198 er tilpasset inn i det ytre skallet 180 og passer inn i en fordypning i den motsatte siden av det nedre "peek"-huset 196 og terminerer ledningene 200 og 202. Det øvre "peek"-huset 194 har også en tilpassende fordypning for å motta den piezoelektriske krystallsammenstillingen 192. Den piezoelektriske krystallsammenstillingen 192 er
 25 derfor anbrakt i en sandwich-konstruksjon mellom et øvre "peek"-element 204 og et nedre "peek"-element 206 og er forbundet til det elektriske tilkoblingselementet 198 via ledningene 200 og 202. I den foretrukne utførelsesformen er den piezoelektriske krystallsammenstillingen 192 klebende begrenset mellom det øvre "peek"-elementet 204 og det nedre "peek"-elementet 206.

30 To fjærer 208 og 210 (konstruert som bølgefjærer i et eksempel) er plassert på hver side av flensene 212 og 214 på de øvre og nedre "peek"-husene 194 og 196, respektivt, når den piezoelektriske krystallsammenstillingen 194 føres inn i det ytre skallet 180. Fjærene posisjonerer krystall/hettesammenstillingen 190 i en null-posisjon og tillater
 35 også at sammenstillingen kan forbelastes slik at den kan motstå håndtering, bevegelse inn i og ut av hullet og boreforhold.

En støttering 216 av metall mellom fjæren 210 og krystall/hettesammenstillingen 190 gir en fast støtte for genereringen av akustisk energi.

To settskruer 218 og 220 er installert i det ytre skallet 180 for å holde
5 tilkoblingselementsammenstillingen 198 på plass i forhold til det ytre skallet 180.

Et stempel 222 er plassert på toppen av den øvre fjæren 208 og holdt mot det ytre skallet 180 ved hjelp av en låsering (sneppring) 224. Stempelet 222 forbelaster den piezoelektriske krystallsammenstillingen 192 inne i det ytre skallet 180.

10

Et kammer formet av det ytre skallet 180 og krystall/hettesammenstillingen 190 evakueres og fylles gjennom åpninger 226 og 228 med kompensasjonsfluid, som vist i fig. 19. Åpningene er utstyrt med pluggen 230 og 232 med høytrykks o-ringer 234 og 236 og back-up ringer 238 og 240.

15

Et tett system, som omfatter o-ringer 234, 236, 242, 244 og 246 og back-up ringer 238, 240 og 248, forhindrer at borehullsfluid når innsiden av den elektroniske innføringssammenstillingen og forhindrer at kompensasjonsfluid slipper ut av kammeret. Fagmannen vil forstå at systemets luftspalte/o-ring 242 og 244 også fungerer
20 som en akustisk isolator mellom krystallsammenstillingen 192 og transmitterens 180 legeme. Den akustiske isolasjonen begrenser videre den akustiske energien utsendt av krystallet i en retning parallelt med dets flate, fra kobling inn i transmitterens 180 legeme, og gjennom verktøyets legeme til mottakerne.

25 Oljevolumet inne i det ringformede hulrommet vil ekspandere og trekke seg sammen med endringer i ambient trykk og temperaturforhold. Ved enhver økning av oljevolumet på grunn av temperatur, virker krystall/hettesammenstillingen 190 som et stempel og beveger seg oppover, som vist i fig. 20, og presser sammen fjæren 280 og ekspanderer oljevolumet. Dersom imidlertid oljevolumet trekkes sammen på grunn av en økning i
30 det hydrostatiske trykk, kan stempelet 222 og krystall/hettesammenstillingen 190 begge bevege seg nedover som separate kompenserende stempler for å redusere oljevolumet. En nedoverbevegelse av krystall/hettesammenstillingen 190 komprimerer fjæren 210 og en nedoverbevegelse av stempelet 222 komprimerer fjæren 208. Hensiktsmessige lengder eller mengder med ledning 198 og 202 og strekkavlastning er frembrakt for å
35 muliggjøre bevegelsen av krystall/hettesammenstillingen 190 for temperatur og trykkompensasjon i forhold til det elektriske tilkoblingselementet 198. Når krystall/hettesammenstillingen 190 er i den posisjonen vist i fig. 19 og i den posisjonen

vist i fig. 17 og 18 og i en hvilken som helst posisjon mellom disse to posisjonene, har den ingen berøring med et ytre skjellet 180 på grunn av at de to delene er adskilt ved hjelp av o-ringen 242. Denne separasjonen eller adskillelsen utgjør noe akustisk isolering mellom krystall/hettesammenstillingen og det ytre skallet.

5

Det ovennevnte beskriver foretrukne utførelsesformer av oppfinnelsen og er fremlagt her kun som et eksempel. Oppfinnelsen skal ikke begrenses til noen av de spesielle trekkene som er beskrevet her, men omfatter alle varianter av disse som er innenfor omfanget av de vedheftede krav.

10

P a t e n t k r a v

1.

Akustisk loggeanordning omfattende et verktøylegeme (66); en transduser som videre
 5 omfatter en hette (114), et piezoelektrisk krystallelement (118) montert inne i hetten
 (114), et første ettergivende element (120) mellom krystallet (118) og hetten (114),
 hvori transduseren (112, 190) er en akustisk mottaker (112), hvori en ytre hylse (96)
 er fjernbart montert inne i verktøylegeme (66),
 k a r a k t e r i s e r t v e d a t
 10 transduseren er bevegbart montert inne i den ytre hylsen (96), hvori transduseren er en
 bøyemodustransduser slik at den eksiteres av akustisk energi i en foretrukket retning
 som hovedsakelig er vinkelrett med transduserens flate.

2.

Akustisk loggeanordning omfattende et verktøylegeme (66), en transduser som videre
 15 omfatter et øvre hus (194) og et nedre hus (196) og et piezoelektrisk krystallelement
 (192) festet mellom det øvre huset (194) og det nedre huset (196), hvori transduseren er
 en akustisk transmitter, hvori et hovedhus (180) er fjernbart montert inne i
 verktøylegeme (66),
 20 k a r a k t e r i s e r t v e d a t
 transduseren er bevegbart montert inne i hovedhuset (180); og hvori transduseren er en
 bøyemodustransduser slik at den genererer akustisk energi i en foretrukket retning som
 hovedsakelig er vinkelrett med transduserens flate.

25 3.

Anordning ifølge krav 1 eller 2,
 k a r a k t e r i s e r t v e d a t
 transduseren (112, 190) omfatter en unimorf (86, 88) eller en bimorf (78, 80).

30 4.

Anordning ifølge krav 1,
 k a r a k t e r i s e r t v e d
 et nedre hus (108) koblet til den ytre hylsen (96);
 en åpning (150, 152) gjennom det nedre huset (108) for forbindelse med et kammer
 35 formet av den ytre hylsen (96), hetten (114) og det nedre huset (108);
 trykkkompenserende fluid for fylling av kammeret; og

en tetning (154, 156, 158, 160, 162, 164) for å forhindre at det trykkompenserende fluidet slipper ut av kammeret.

5.

5 Anordning ifølge krav 4,
k a r a k t e r i s e r t v e d
et stempel (110); og
et ettergivende element (138) mellom stempelet (110) og hetten (114).

10 6.

Anordning ifølge krav 2,
k a r a k t e r i s e r t v e d
et ettergivende element (210) mellom hetten (190) og hovedhuset (180) som har
et stivt bæreelement (216) mellom hovedhuset (180) og det ettergivende elementet
15 (210).

7.

Anordning ifølge krav 6,
k a r a k t e r i s e r t v e d
20 et stempel (222) som griper inn i hovedhuset (180);
et ettergivende element (208) mellom en side av det øvre huset (194) og stempelet
(222).

8.

25 Anordning ifølge krav 6 eller 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d
en åpning (226, 228) gjennom hovedhuset (180) for forbindelse med et kammer formet
av hovedhuset (180) og det øvre huset (194);
trykkompenserende fluid for fylling av kammeret; og
30 et tetningssystem (230, 232, 234, 236, 240, 242, 244, 248) for å forhindre at det
trykkompenserende fluidet slipper ut av kammeret.

9.

Anordning ifølge krav 6, 7 eller 8,
35 k a r a k t e r i s e r t v e d a t
det piezoelektrisk krystallelementet (192) er klebende begrenset mellom et øvre peek-
element (204) og et nedre peek-element (206).

10.

Anordning ifølge ett hvilket som helst av kravene 1 - 9,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t

5 den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180) er montert på verktøylegemet (66) ved bruk av gjenger.

11.

Anordning ifølge krav 10, hvori den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180) er

10 k a r a k t e r i s e r t v e d

et gripeområde (106, 188) anordnet på den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180), hvori gripeområdet (106, 188) er konfigurert for å la den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180) bli grepet og fjernet fra verktøylegemet (66);

et verktøytilkoblingsområde (102, 186) anordnet på den ytre hylsen eller hovedhuset 15 (96, 180), hvori gripeområdet (102, 186) er anordnet for å la den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180) bli koblet til verktøylegemet (66); og

et hulrom i huset (98, 100, 182, 184) konfigurert for å motta o-ringer for å frembringe en hydrostatisk tetning når den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180) er koblet til det verktøylegemet (66) og for hovedsakelig å akustisk isolere den akustiske transduseren 20 (94, 178) fra det akustiske loggeverktøyet (66).

12.

Anordning ifølge krav 1, hvori

transduseren videre omfatter en fjær (138, 140) anordnet på hver side av en flens (142, 25 212) av hetten (114).

13.

Anordning ifølge krav 2, hvori transduseren videre omfatter en fjær (208, 210) anordnet på hver side av en flens (212) av det øvre huset (194).

30

14.

Anordning ifølge krav 1 eller 3 til 5 eller krav 12, omfattende en luftspalte mellom den akustiske transduseren og den ytre hylsen for å utgjøre akustisk isolasjon.

35

15.

Anordning ifølge kravene 1 til 10, omfattende en luftspalte mellom den ytre hylsen (96) og verktøylegemet (66) eller mellom hovedhuset (180) og verktøylegemet (66).

16.

Anordning ifølge ett hvilket som helst av kravene, hvori hetten eller det øvre huset (114, 194) er glidbart montert inne i den ytre hylsen eller hovedhuset (96, 180).

5 17.

Anordning ifølge ett hvilket som helst av kravene 1-16, hvori hetten eller det øvre huset (114, 194) omfatter en termoplast.

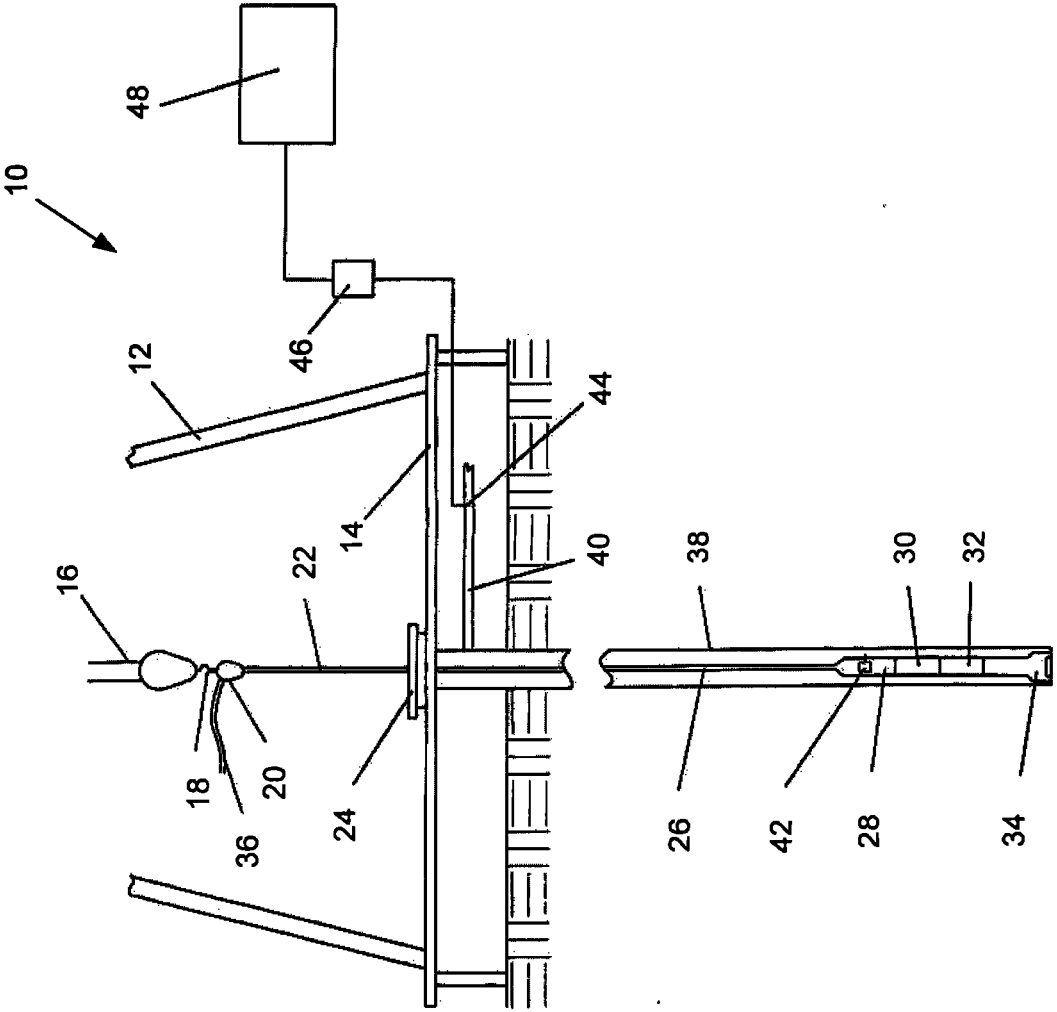


Fig. 1

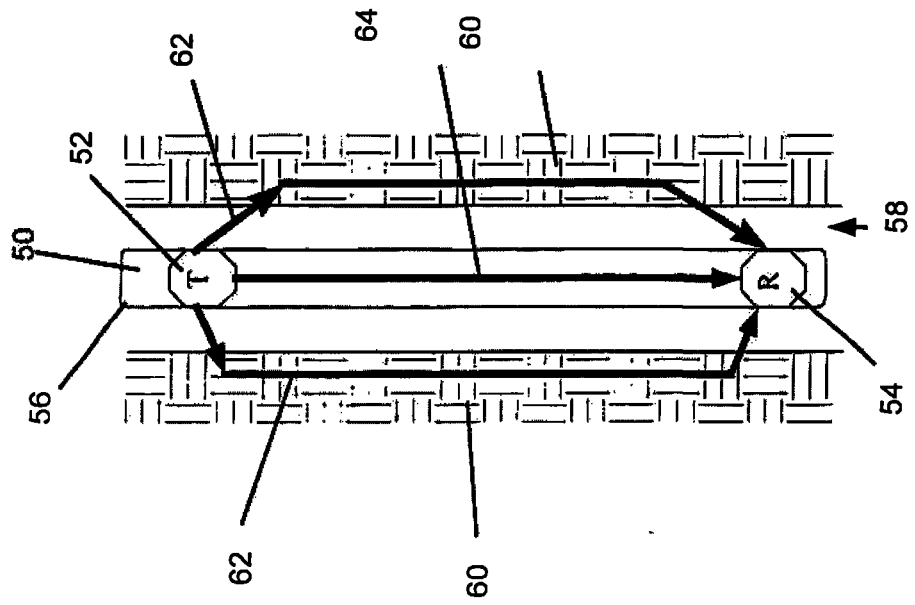


Fig. 2

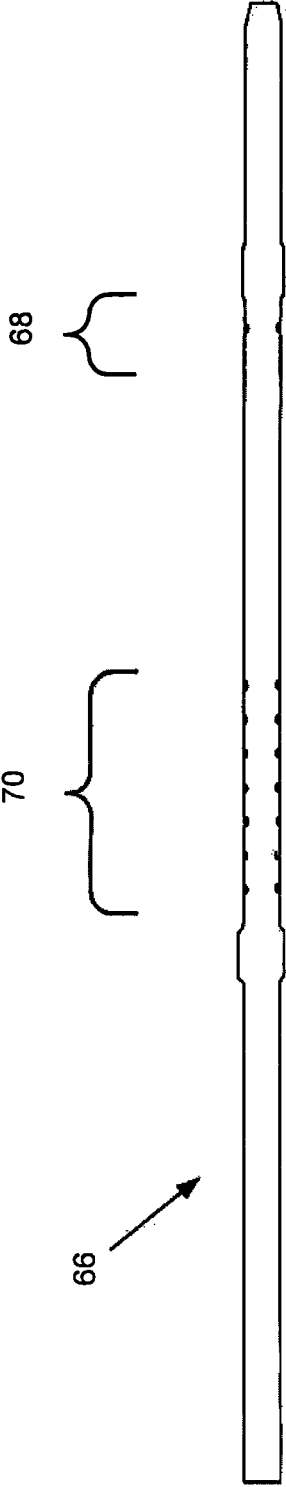


Fig. 3

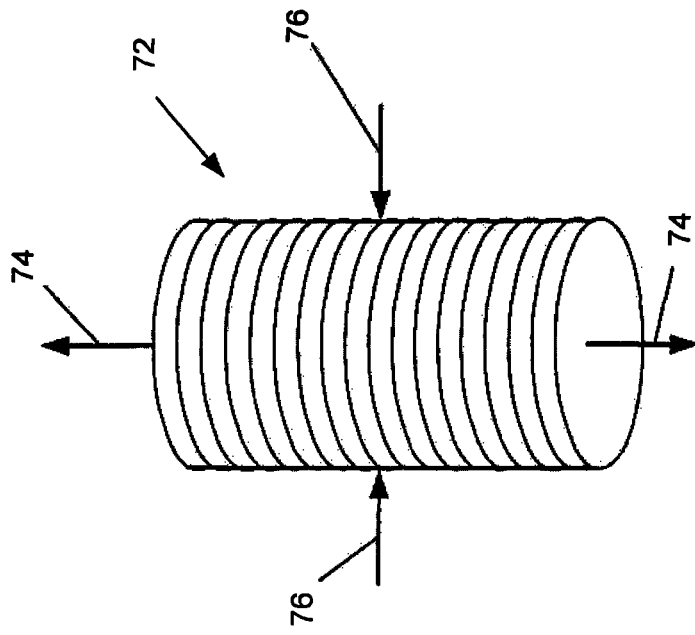


Fig. 4

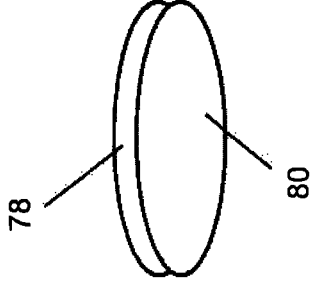


Fig. 5

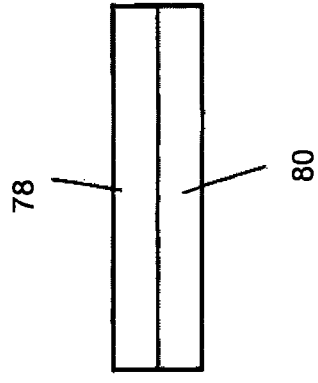


Fig. 6

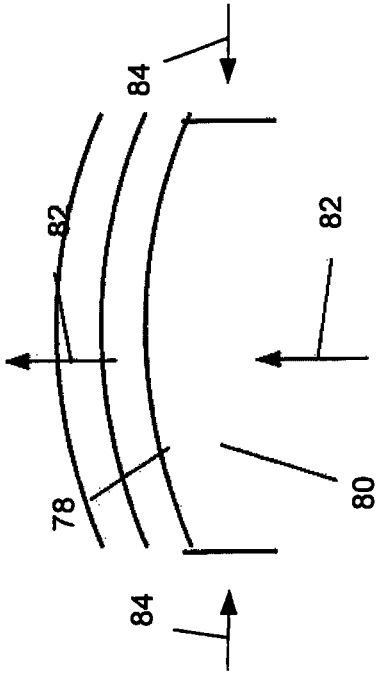


Fig. 7

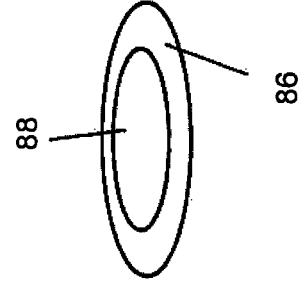


Fig. 8

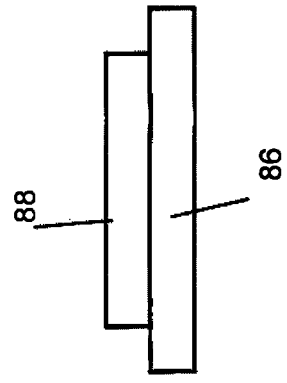


Fig. 9

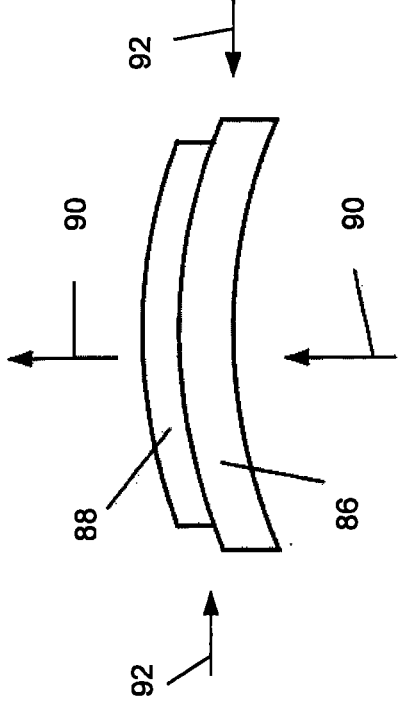


Fig. 10

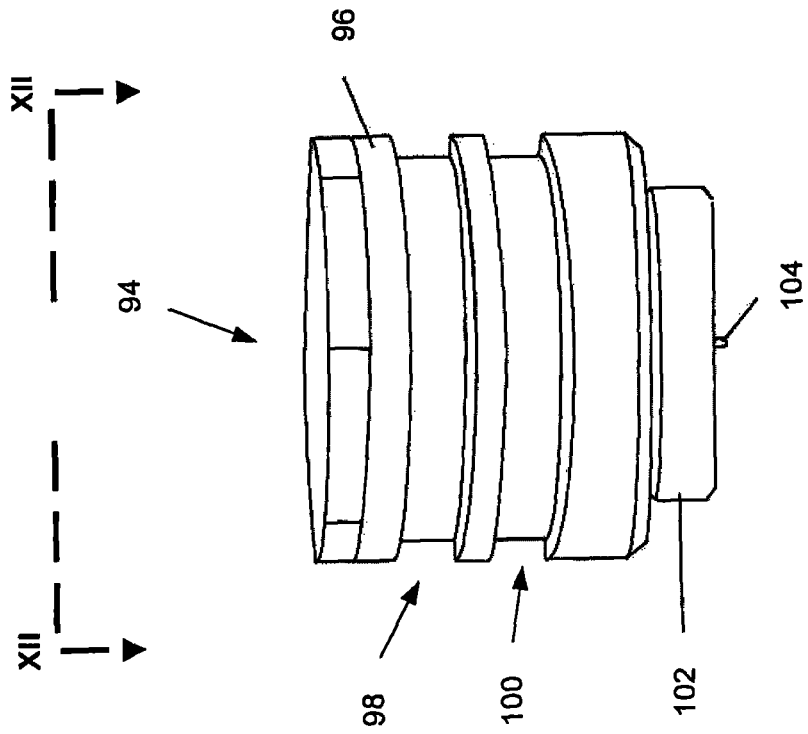


Fig. 11

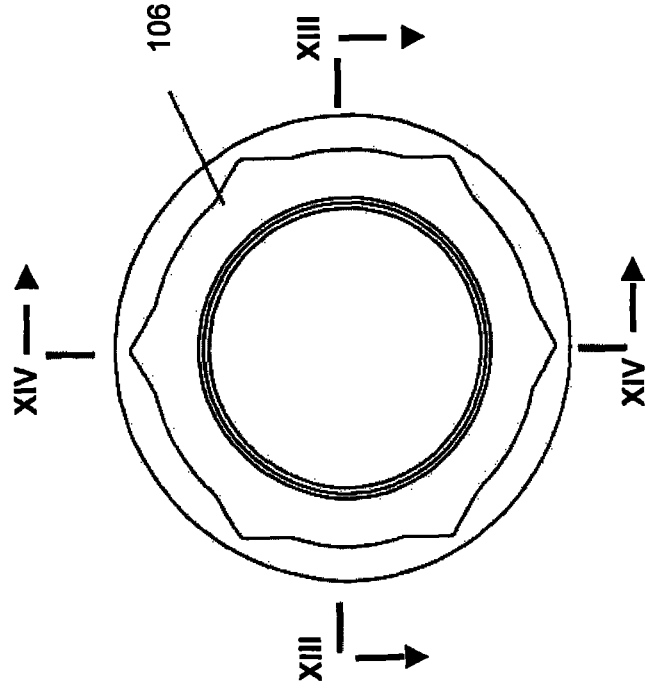


Fig. 12

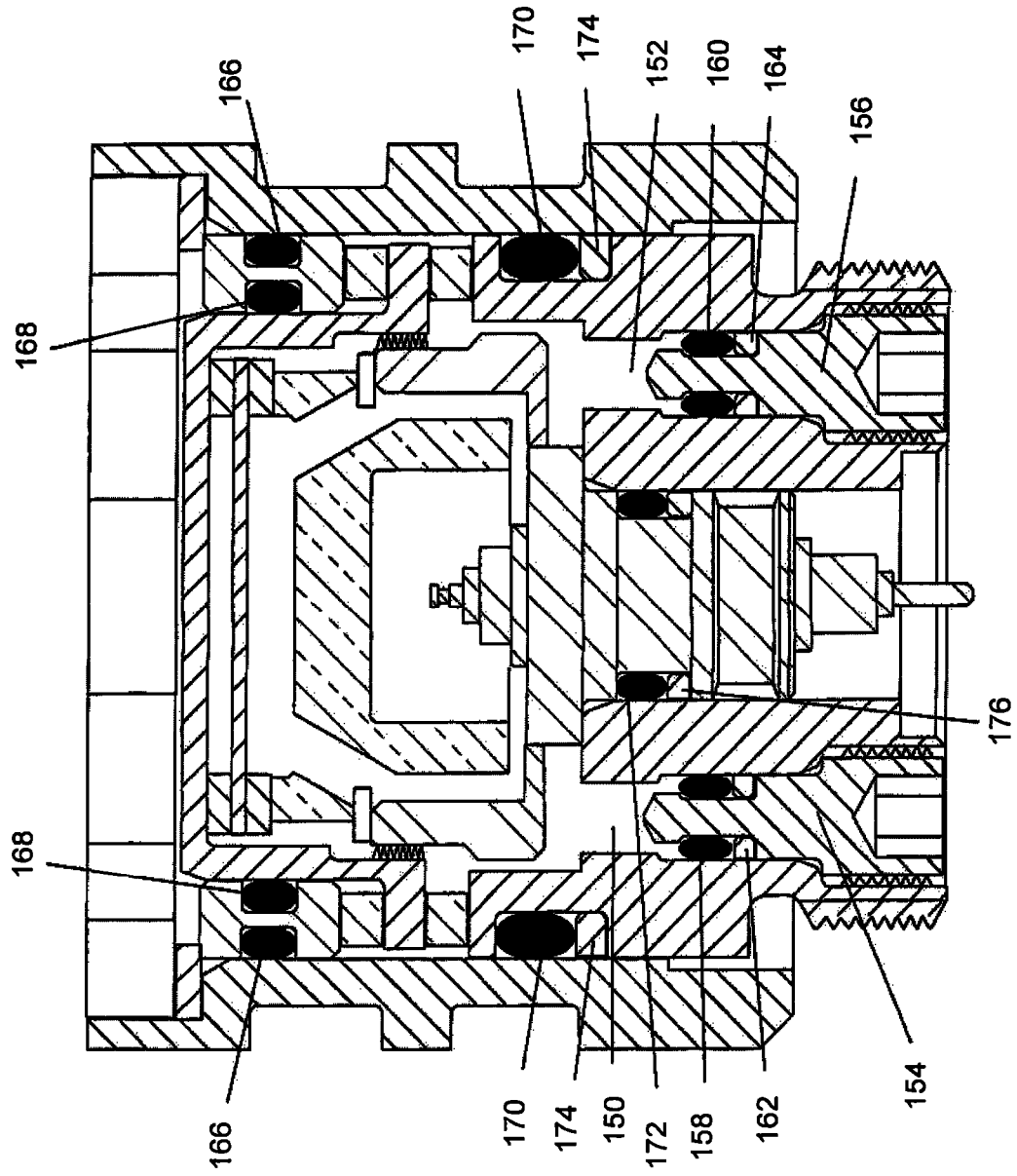


Fig. 14

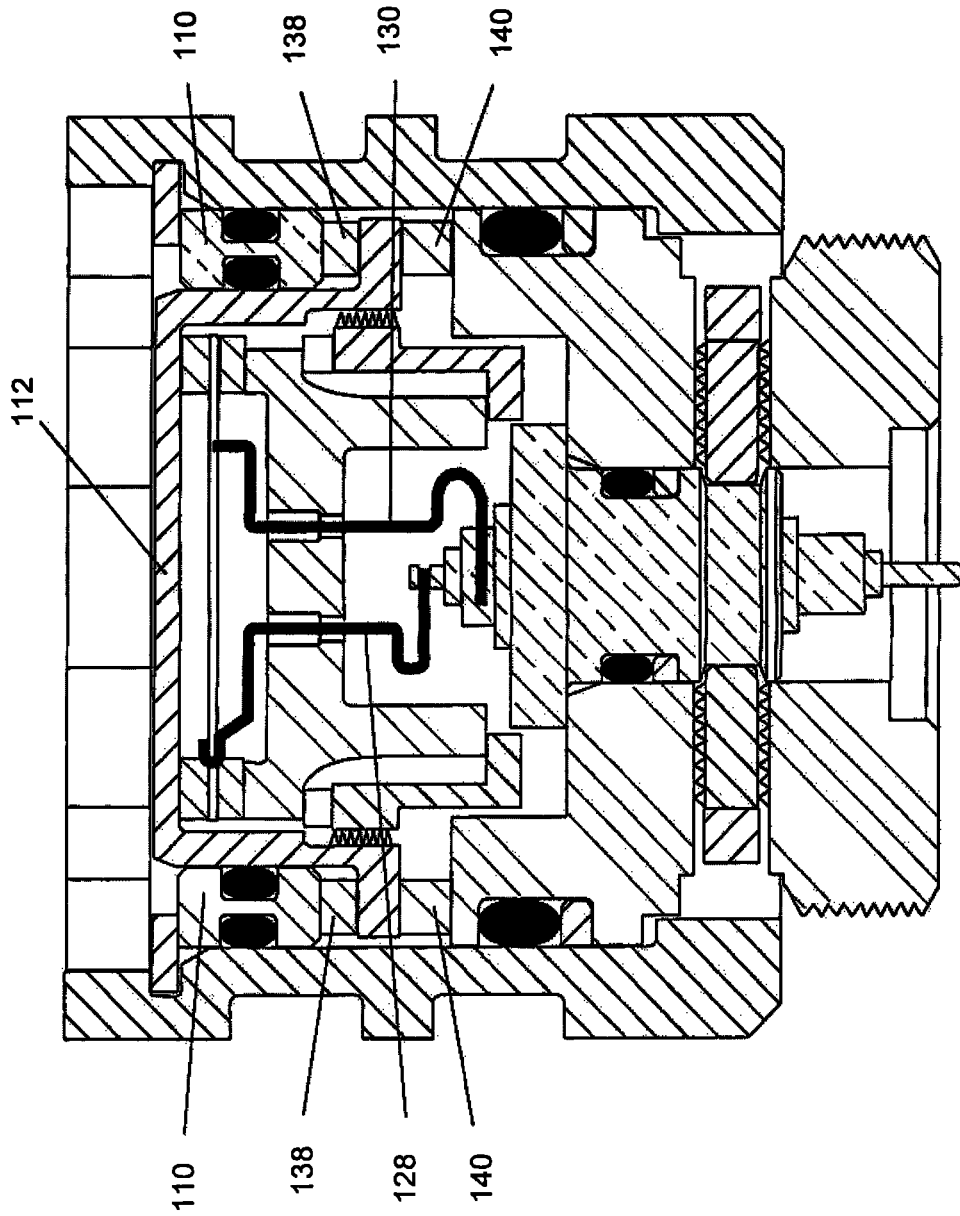


Fig. 15

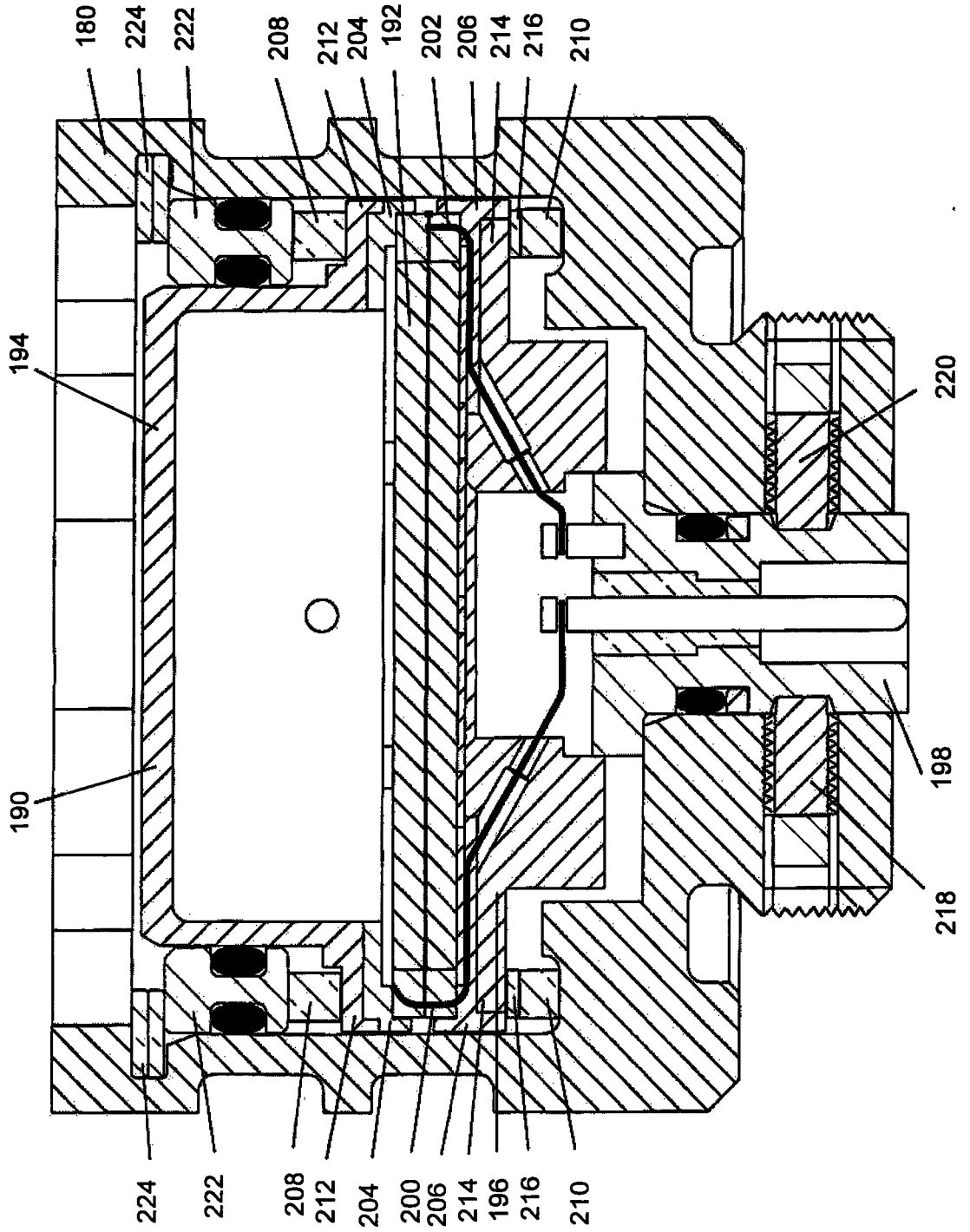


Fig. 18

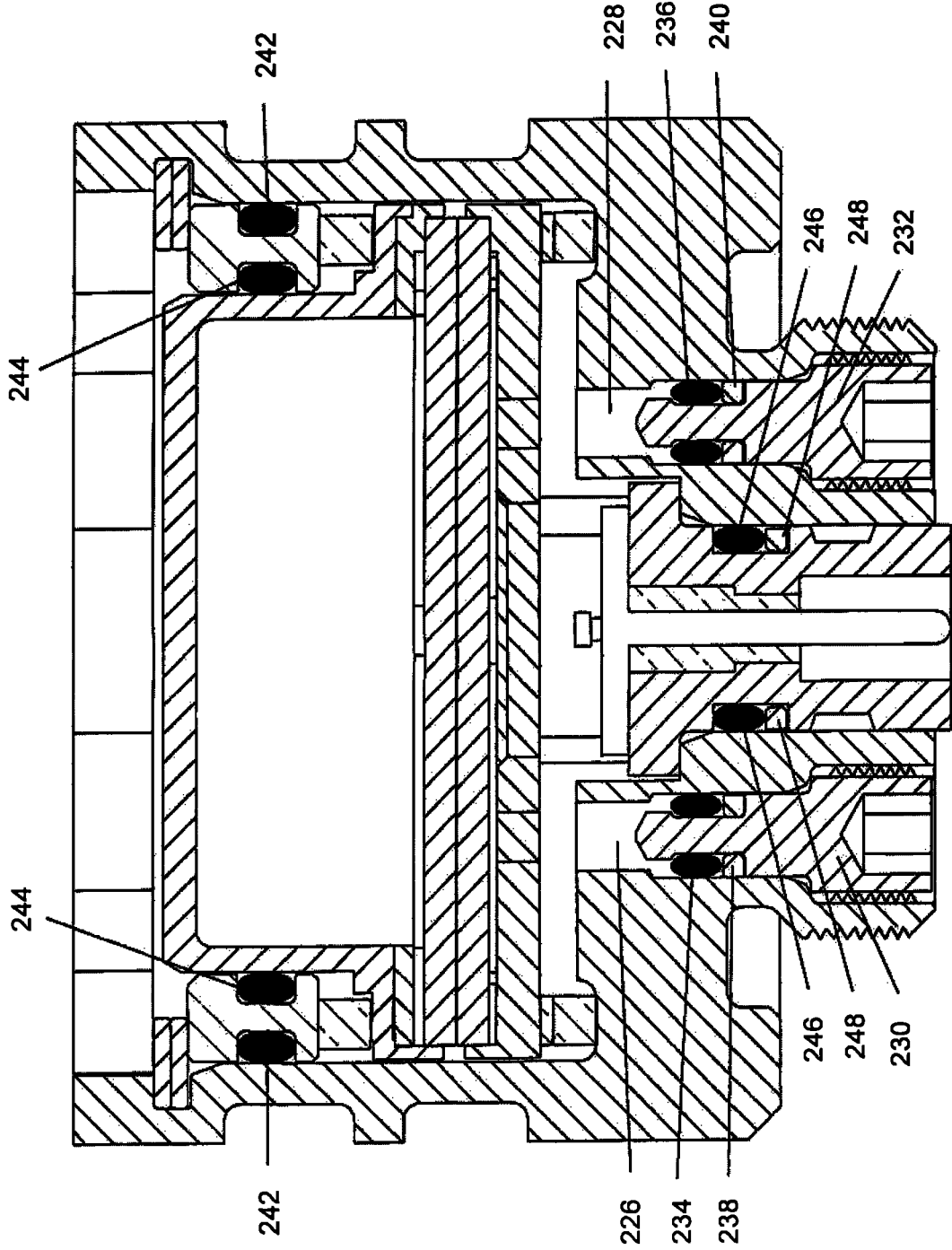


Fig. 19

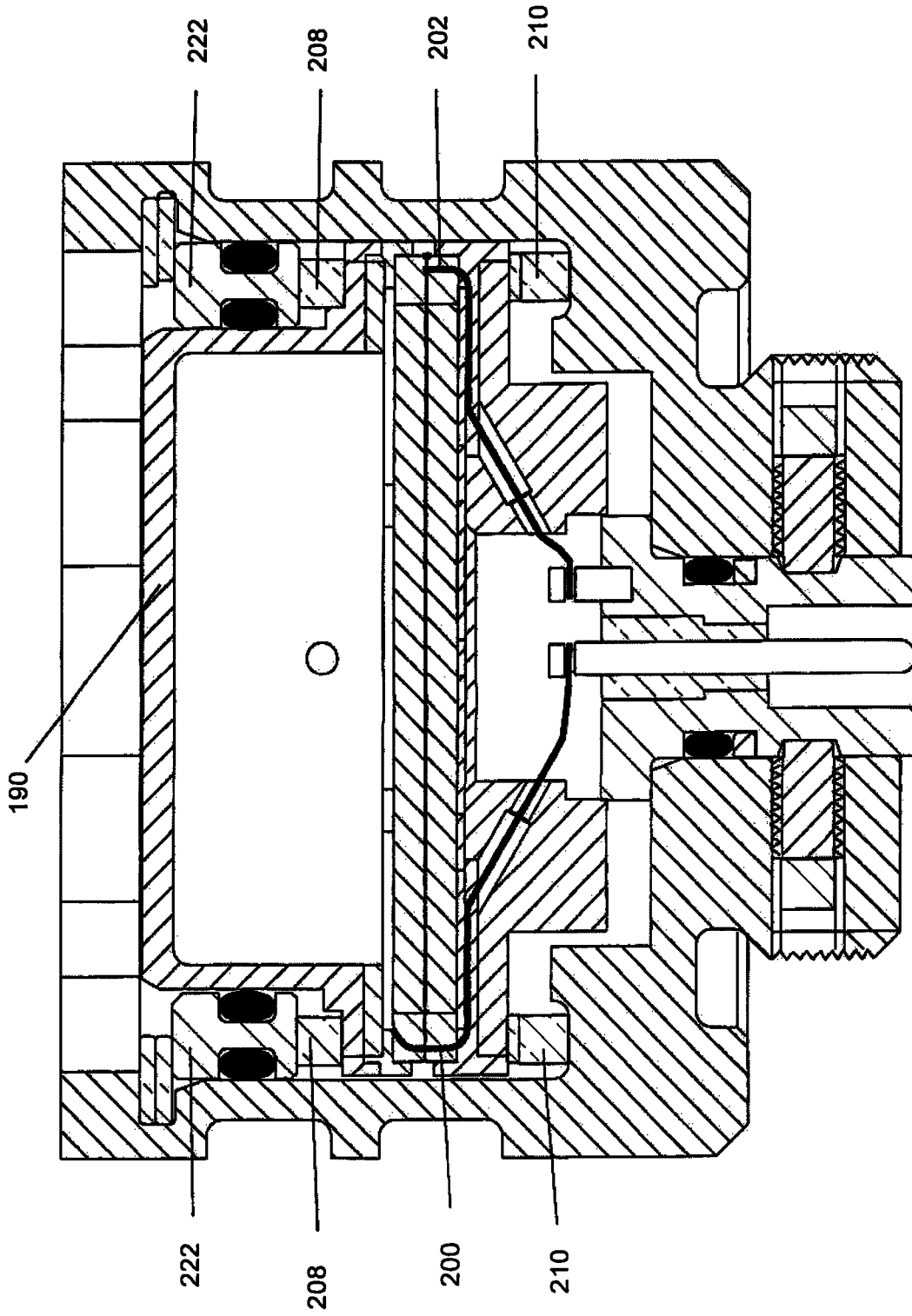


Fig. 20