



(12) PATENT

(19) NO

(11) 336384

(13) B1

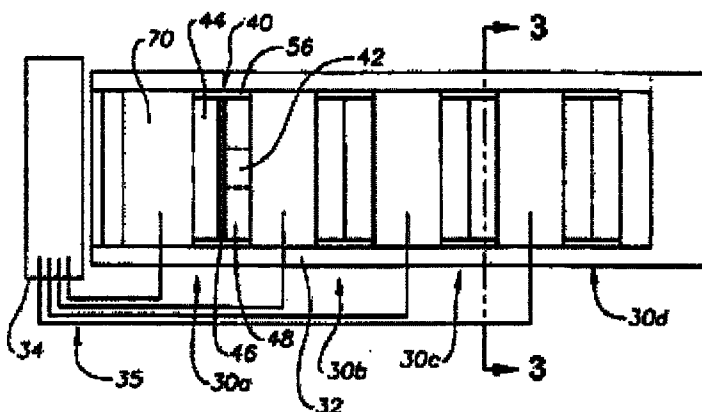
NORGE

(51) Int Cl.  
G01V 5/04 (2006.01)

### Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20140197	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.03.23 PCT/US2000/007768
(22)	Inng.dag	2014.02.17	(85)	Videreføringsdag	2014.02.17
(24)	Løpedag	2000.03.23	(30)	Prioritet	1999.03.25, US, 276,431
(41)	Alm.tilgj	2001.11.23			
(45)	Meddelt	2015.08.10			
(62)	Avdelt fra	20014619, med inndato 2001.09.24			
(73)	Innehaver	Halliburton Energy Services Inc, 10200 Bellaire Boulevard, US-TX77072 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Kwang M Yoo, 13911 Cedar Point, US-TX77077 HOUSTON, USA Ward E Schultz, 5334 Weston Drive, US-TX77441 FULSHEAR, USA Larry L Gadeken, 12819 Westleigh, US-TX77077 HOUSTON, USA			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	<b>Gammastråledetektor til bruk ved måling under boring</b>			
(56)	Anførte publikasjoner	GB 2039093 A US 4879463 A US 5539225 A			
(57)	Sammendrag				

Oppfinnelsen er et stasjonært verktøy for strålingsdeteksjon som tilveiebringer en asimutal indikasjon på posisjonen til undergrunns strålingskilder. Ifølge en utførelsesform har verktøyet fire gammastrålesonder som hver mottar gammastråler fra en diskret sektor av en omgivende formasjon.



Foreliggende oppfinnelse vedrører generelt en anordning som detekterer stråling utsendt av kilder i undergrunnsformasjoner. Mer spesielt angår foreliggende oppfinnelse anordninger som benytter et antall stasjonære gammastrålingsdetektorer til å lokalisere kilden for gammastråler i en formasjon i nærheten av et borehull. Enda mer spesielt angår foreliggende oppfinnelse anordninger som benytter fire gammastrålesonder til å detektere gammastråler fra fire diskrete sektorer i en formasjon som omgir et borehull.

Utvinning av hydrokarboner slik som olje og gass, fra undergrunnen medfører ofte en betydelig investering i boreriggkonstruksjoner og kostbare boreoperasjoner. For å maksimalisere utbyttet av begge disse omkostningene, kan riggeroperatørene benytte én eller flere horisontale brønnhull som avgrenses fra ett enkelt vertikalt brønnhull. En situasjon som er egnet for denne teknikken, innebærer et vertikalt borehull som er for langt fra hydrokarbonavsetninger til å muliggjøre effektiv utvinning. Ved å bore horisontalt fra et vertikalt borehull mot hydrokarbonavsetningene, blir utvinningen forbedret uten at det er nødvendig med flere bore-rigger på overflaten. Når et vertikalt borehull har trengt inn i en produktiv hydrokarbonavsetning, kan dessuten et horisontalt borehull forbedre dreneringen av hydrokarboner inn i borehullet.

Effektiv horisontal boring kan ofte utføres ved hjelp av en styrbar boreenhet. Styrbare boreenheter er diskutert i en ikke avgjort US-patentsøknad nr. 09/081,961, inngitt 20. mai 1998 og med tittel "Well System" (brønnsystem). Ved horisontal boring er det viktig å holde borehullet i det produserende lag, den formasjon som inneholder hydrokarboner, så meget som mulig for å maksimalisere utvinningen. Produserende lag kan imidlertid falle eller avvike på uforutsigbar måte. Etter hvert som boreenheten beveger seg fremover gjennom et produserende lag, kan følgelig borkronen nærme seg tilstøtende ikke-produktive lag. Det produserende lag og tilstøtende lag definerer en laggrense innenfor hvilken operatøren kan ønske å begrense boreaktiviteten. Effektiv "styring" av boreenheten for å holde boringen innenfor den produserende sone, er bare mulig når operatøren har informasjon vedrørende undergrunnsgeologi og omgivende tilstander.

I den senere tid har industrien utviklet en rekke anordninger og teknikker for å samle inn data under boreprosessen. Ved å samle inn og behandle data under boreprosessen kan operatøren foreta nøyaktige modifikasjoner eller korreksjoner

på sparket, etter behov, for å optimalisere boreoperasjonene. Konstruksjoner for måling av tilstander nede i borehull og bevegelsen og posisjonen til boreenheten, samtidig med boring av brønnen, er blitt kjent som "måling-under-boring"-teknikker (MWD-teknikker, measurement-while-drilling).

5           Gammastrålingsdetektorer (GR-detektorer) er én type verktøy som er blitt brukt ved MWD og som kan bidra til å holde boreenheten innenfor den produserende sone. Historisk er gammastrålingsdetektorer blitt brukt til enten å detektere naturlig forekommende gammastråling i formasjonen eller detektere gammastråler utsendt av en kunstig kilde.

10           Passiv gammastrålespektroskopi-verktøy ble utviklet på midten av 1970-tallet for å identifisere naturlig forekommende radioaktive elementer som utsender gammastråler i en formasjon. Gammastråler produsert av forskjellige isotoper har karakteristiske energispektre som kan brukes til å identifisere sammensetningen av den kilde som utsender gammastrålene. Ved passiv gammastrålelogging er de  
15 naturlig forekommende radioaktive isotoper, vanligvis kalium, uran og torium, som ofte er tilstede i en formasjon, kilden til gammastråler som avføles av de passive GR-detektorer. Innfall av gammastråler på detektorene sammen med kjent informasjon om responsen til verktøyet, gir informasjon om kilden til gammastrålene og gir dermed informasjon om selve formasjonen.

20           Tidligere kjente passive GR-detektorer omfatter et scintillasjonskrystall og et fotomultiplisererrør (PMT). De tidligere kjente GR-detektorer er anordnet i et trykkhus festet i en roterende del av borestrengen. Et slikt scintillasjonskrystall reagerer på innfallende gammastråler fra en kilde ved enhver vinkelmessig posisjon omkring borestrengens rotasjonsakse. Selv om dette vil gi informasjon med  
25 hensyn til kilden for gammastrålene, vil denne utformingen ikke gi noe informasjon vedrørende gammastrålekildens vinkelmessige posisjon. For å oppnå retningsbestemte data, kan en GR-skjerm installeres på en slik måte at den begrenser scintillasjonskrystallets eksponering for innfallende gammastråler til en spesiell asimutdel, eller sektor, av formasjonen som omgir den tidligere kjente detektor. En  
30 motor eller en annen innretning roterer den retningsfølsomme GR-detektoren som måler innfallende stråling i hver av vinkelretningene mens den roterer om borestrengens akse. Når en retningsbestemt GR-detektor derfor vender mot gammastrålekilden, vil detektoravlesningene ha sin høyeste amplitude. Når den retnings-

bestemte GR-detektor så roterer bort fra isotopene, avtar signalet. Operatøren på overflaten ser etter maksimumsverdien av gammastråleavlesningen for å bestemme vinkelretningen til gammastrålekilden. Vinkelretningen blir derved korrelert til en brukbar asimutretning; dvs. en vinkelretning i forhold til et kjent fast punkt på et plan perpendikulært til borestrengens akse.

Det er videre kjent at et GR-verktøy som tilveiebringer retningsbestemt gammastråleinformasjon lett kan tilpasses for lokalisering av kunstige gammastrålekilder i en formasjon. Spesielt kan GR-verktøy identifisere sporstoffer, eller radioaktive isotoper, som er anbrakt nede i borehullet. Et sporstoffspektroskopi-  
verktøy ble derfor utviklet for å spore spredningen av frac-fluider og faststoffer fra et borehull og inn i formasjonen. Frakturerende fluider og faststoffer blir pumpet under høyt trykk inn i den formasjon som omgir brønnen for å innlede og forstørre sprekkene i formasjonen. Disse sprekkene blir så pakket med faststoffene, som fortrinnsvis er et kornformet materiale som er meget permeabelt for strømmingen av hydrokarboner. Denne prosessen bidrar til strømmen av hydrokarboner fra formasjonen og inn i brønnen. Ved å bruke et retningsbestemt GR-verktøy sammen med radioaktivt merkede faststoffer, kan brønnoperatøren identifisere hvor de maksimale frac-fluider og -faststoffer strømmet inn i formasjonen ved å analysere de retningsbestemte gammastrålesignaler fra formasjonen.

Kunstige gammastråler kan også genereres av en kilde utplassert i forbindelse med selve gammastråledetektoren. Noen av de gammastråler som utsendes av kilden, blir reflektert tilbake av formasjonsmaterialet og blir detektert av GR-detektorer. Ved å analysere de reflekterte gammastråler, kan operatøren fastslå de geologiske egenskapene til formasjonen i den umiddelbare nærhet av GR-detektorene selv ved fravær av naturlig forekommende gammastråling.

Nytten av gammastråledetektorer for å analysere den omgivende formasjon har ført til anvendelse av disse ved innretting av styrbare boreenheter gjennom det produserende lag. Vanligvis er gammastrålemålinger i en spesiell produserende sone asimutalt uniforme fordi en slik produserende sone hovedsakelig består av ett materiale, slik som sandsten, gjennom hvilket de gammastråleemitterende materialer er mer eller mindre jevnt fordelt. Lagmaterialet slik som skifer og sandsten har rimelig distinkte nivåer for tellinger av gammastråleutsendelser. Én fremgangsmåte for å holde en borebane gjennom den produserende sone er derfor

kontinuerlig å overvåke asimutretningene til gammastråleemitteringer i nærheten av den styrbare boreenhet. Etter hvert som boreenheten nærmer seg en laggrense, vil en retningsbestemt GR-detektor føle en variasjon i gammastrålemålingene som en funksjon av asimutorienteringen. Dette er fordi materialet i de nærliggende lag utsender gammastråler med en annen verdi enn fra den produserende sone. Når variasjonen detekteres og dens posisjon er fastslått, kan operatøren foreta korreksjoner i samsvar med kjente teknikker for å unngå å komme ut av den produserende sone.

Tidligere kjente retningsbestemte GR-detektorer krever en roterende seksjon av borestrengen for å avføle gammastråleutsendelser fra 360 grader asimut omkring borestrengens akse. Styrbare boreenheter kan innbefatte roterende moduler som kan romme slike GR-detektorer. Noen styrbare boreenheter har imidlertid ingen roterende borestrengseksjon egnet for rotere retningsbestemte GR-detektorer. Under "glidende" boring er f.eks. den del av borestrengen hvor GR-detektoren befinner seg, opphulls i forhold til slammotoren og blir ikke rotert. En motor kan brukes til å rotere den seksjon av borestrengen hvor den tidligere kjente retningsbestemte GR-detektor er montert, men denne strengen øker kraftforbruket på grunn av den elektriske eller hydrauliske kraft som kreves til å rotere detektoren og borestrengseksjonen. Den styrbare boreenheten har videre kanskje ikke en diameter som er stor nok til å romme en roterende seksjon av borestrengen.

Det er således et behov for en gammastråledetektor som tilveiebringer asimutalt følsom gammastråledeteksjon uten unødig å øke kraftforbruket og uten å begrense en operasjon til en spesiell type styrbar boreenhet.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et verktøy for deteksjon av gammastråler i en formasjon, kjennetegnet ved :

- et langstrakt, sylindrisk organ med en boring;
- et antall sonder anbrakt inne i boringen i det langstrakte, sylindriske organ, idet sondene hver har et hulrom;
- et hus montert i hulrommet i hver av sondene; idet huset har et første indre parti og et annet indre parti;
- en strålingsdetektor anordnet i det første parti i huset;

en skjerm som omgir hver strålingsdetektor; idet skjermen har en åpning og hver av åpningene i skjermene er rettet mot en separat sektor av formasjonen i forhold til borestrengens akse; og

et fotomultiplikatorrør anordnet inne i hvert av de andre indre partier av huse-  
5 sene, idet hvert fotomultiplikatorrør optisk er koplet til den tilstøtende strålingsdetektor;

idet strålingsdetektorene er arrangert til å motta stråling fra respektive separate sektorer.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører også en fremgangsmåte for å styre  
10 en styrbar boreenhet gjennom en produserende sone, kjennetegnet ved :

å skjerme en strålingsdetektor fra innfallende gammastråler ved å bruke en strålingsskjerm som har en eksentrisk boring for opptakelse av strålingsdetektoren;

15 å eksponere strålingsdetektoren for innfallende gammastråler fra en forutbestemt asimutal formasjonssektor;

å fastslå nivået for innfallende gammastråling i den produserende sone ved å benytte strålingsdetektorens reaksjon på innfallende gammastråling;

20 å måle innfallende gammastråling fra et antall asimutalt begrensede sektorer i formasjonen omkring aksene til en borestreng;

å overvåke gammastrålingsmålinger med hensyn på variasjoner fra fastslåtte innfallende gammastrålingsnivåer i den produserende sone; og

å reorientere den styrbare boreenhet for å unngå en asimutal sektor hvor variasjonene ble detektert.

25 Ytterligere utførelsesformer av verktøyet og fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen fremgår av de uselvstendige patentkrav.

Det beskrives en trykktrummel og et antall sonder anordnet inne i denne. Hver sonde detekterer gammastråling primært fra en diskret seksjon av en grunnformasjon. GR-dataene fra disse sondene blir integrert for å tilveiebringe detek-  
30 sjon av den fullstendige asimut fra den omgivende formasjon. En foretrukket utførelsesform benytter fire sonder til å motta gammastråler fra fire diskrete sektorer i en grunnformasjon. Foreliggende oppfinnelse krever ikke rotasjon og kan forbli stasjonær ved deteksjon av gammastråling i formasjonen.

Foreliggende oppfinnelse omfatter således en kombinasjon av egenskaper og fordeler som gjør det mulig å overvinne forskjellige problemer ved tidligere kjente innretninger. De forskjellige karakteristikker som er beskrevet ovenfor, samt andre trekk, vil lett kunne forstås av fagkyndige på området ved å studere den  
5 følgende detaljerte beskrivelse av de foretrukne utførelsesformer av oppfinnelsen, og under henvisning til de vedføyde tegninger.

For å gi en mer detaljert beskrivelse av de foretrukne utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse, vil det nå bli vist til de vedføyde tegninger, hvor:

10 fig. 1 er et sideriss av en utførelsesform av oppfinnelsen montert på en borestreng;

fig. 2 er en skjematisk skisse av en utførelsesform av oppfinnelsen;

fig. 3 er et tverrsnittsriss langs linjene 3-3 på fig. 2;

fig. 3a er et tverrsnittsriss langs linjene a-a på fig. 3;

15 fig. 4 er et detaljert tverrsnittsriss gjennom en utførelsesform av oppfinnelsen;

fig. 4a er et elektrisk skjema over en utførelsesform av oppfinnelsen; og

fig. 4b er et detaljert elektrisk skjema for en utførelsesform av oppfinnelsen.

20 Det vises nå til fig. 1 hvor et retningsbestemt gammastråleverktøy 20 fortrinnsvis er anordnet i en ikke-roterende modul 22 i en borestreng 24 og blir energisert ved å bruke lokal batterikraft (ikke vist) eller en kraftkilde på overflaten (ikke vist). En retningsbestemt stillingssensor 26 samvirker med verktøyet 20 for å forsyne en operatør med den asimutretning som er nødvendig for å dirigere en styrbar breenhet 28.

25 Det vises nå til fig. 2 hvor verktøyet 20 innbefatter fire gammastrålesonder (GR-sonder) 30a-d, en trykktrommel 32 og en elektronikkmodul 34. Ledninger 35 forbinder hver GR-sonde 30a-d med elektronikkmodulen 34. Hver GR-sonde 30a-d innbefatter en GR-detektorenhet 40 og en elektronisk sensorpakke 70. GR-detektorenheten 40 omfatter et scintillasjonskrystall 42, et fotomultiplisererrør  
30 (PMT) 44 og en optisk kopler 46, et hus 48 og en GR-skjerm 56.

Det vises nå til fig. 3 og 3a hvor verktøyet 20 fortrinnsvis benytter en fosfor, slik som thalliumdopet natriumjodid som scintillasjonskrystall 42. Scintillasjonskrystallet 42 scintillerer som reaksjon på innfallende gammastråling. Avhengig av

gammafotonenergien kan innfallende stråling produsere scintillasjoner i fosforet som et resultat av fotoelektrisk absorpsjon, Compton-spredning eller parproduksjon. Scintillasjonskrystallet 42 er fortrinnsvis utformet som et sylindrisk organ. Det er kjent at en sylindrisk geometri muliggjør effektiv lysinnsamling og omforming mellom scintillasjonskrystallet 42 og PMT 44 (fig. 3a). Selv om thalliumdopet natriumjodid blir brukt som det foretrukne fosfor for verktøyet 20, omfatter foreliggende oppfinnelse ethvert materiale som reagerer på en forutbestemt måte når det eksponeres for innfallende gammastråling.

Det vises nå til fig. 3a hvor PMT 4 omformer scintillasjonene fra natriumjodid-krystallet 42 til tellbare elektriske pulser som til slutt kan behandles til retningsinformasjon ved hjelp av egnede elektroniske kretser, generelt i moderne praksis under styring av én eller flere mikroprosessorer. PMT 44 reagerer med natriumjodid-krystallets 42 scintillasjoner ved å produsere et elektrisk signal som har en amplitude som er proporsjonal med intensiteten av scintillasjonen i natriumjodid-krystallet 42. De elektriske signaler som produseres av PMT 44, blir sendt til sensorelektronikkpakken 70 (fig. 2). PMT-er er velkjente på området, og egnede utførelsesformer vil lett kunne finnes av en vanlig fagkyndig på området. For eksempel er en slik egnet anordning PMT 44s/n TA0615 fremstilt av HAMAMATSU, Inc.

Det vises fremdeles til fig. 3a hvor huset 48 rommer scintillasjonskrystallet 42, PMT 44 og den optiske kopler 46. Huset 48 er fortrinnsvis et sylindrisk organ av rustfritt stål med en boring 50. Boringen 50 har et første parti 52 egnet for permanent å motta scintillasjonskrystallet 42. Et kvartsvindu 53 tetter scintillasjonskrystallet 42 inne i det første parti 52 av boringen 50. Scintillasjonskrystallet 42 er hovedsakelig et natriumjodidsalt som lett kan skades hvis det kommer i kontakt med vann eller fuktighet. Det foretrukne scintillasjonskrystall 42 innbefatter dessuten thallium, et giftig stoff. Det første parti 52 av boringen 50 bør derfor forsyne scintillasjonskrystallet 42 med et hermetisk forseglet miljø slik som det som kan oppnås ved fremgangsmåten slik som elektronstrålesveising. Huset 48 bør videre feste scintillasjonskrystallet 48 på en måte som minimaliserer risikoen for at scintillasjonskrystallet 42 går i stykker eller sprekker når det utsettes for støt eller vibrasjoner. Boringen 50 innbefatter også et annet parti 54 for å holde den optiske kopler 46 og PMT 44. En låsemutter 51 kan brukes til å holde den optiske kopler 46

og PMT 44 i det annet parti 54 av boringen 50. Utforming av hus for scintillasjonskrystaller er kjent på området og er kommersielt tilgjengelige.

Den optiske kopler 46 er et transparent medium som fremmer effektiv overføring av lys fra scintillasjonskrystallet 42 til PMT 44. Den optiske kopler 46 er  
5 sidestilt mellom PMT 44 og scintillasjonskrystallet 42 for å eliminere grenseflate-refleksjoner av lys. Den optiske kopler 46 er fortrinnsvis en silisiumbasert plast eller gel. Fordi den optiske kopler 46 fortrinnsvis er sammenstøtende med kvartsvinduet 53 og PMT 44, kan den optiske kopler 46 også virke som en støtabsorbende barriere mellom PMT 44 og scintillasjonskrystallet 42.

10 Det vises til fig. 3 og 3a hvor GR-skjermen 56 muliggjør den foretrukne absorpsjon av gammafotoner fra en begrenset sektor i formasjonen som omgir verktøyet 20, ved hjelp av scintillasjonskrystallet 42. GR-skjermen 56 er fortrinnsvis laget av wolfram eller annet materiale som ikke lett gjennomtrenges av gammastråler. GR-skjermen 56 kan være hovedsakelig rørformet og innbefatte en ek-  
15 sentrisk boring 58, en bakvegg 60 og en frontvegg 62. Den eksentriske boring 58 i GR-skjermen 56 opptar huset 48. Frontveggen 62 til GR-skjermen 56 innbefatter en åpning 64. Åpningen 64 tilveiebringer en passasje gjennom GR-skjermen 56 som tillater gammastråler fra en begrenset sektor av formasjonen å aktivere scintillasjonskrystallet 42. Geometrien til åpningen 64 definerer den vinkelmessige ut-  
20 strekning av den formasjonssektor som natriumjodid-krystallet 42 eksponeres for. Utformingen av åpningen 64 bør ta hensyn til gammastråleinntrengning gjennom den forholdsvis tynne frontveggen 62 i nærheten av åpningen 64. En åpning som har en vinkelbredde på 84 grader, kan f.eks. ventes å motta gammastråler fra en  
25 90 graders sektor.

Det vises nå til fig. 3 hvor bakveggen 60 i betydelig grad demper gamma-  
25 stråler fra den gjenværende formasjonssektor som omgir verktøyet 20 og som treffer scintillasjonskrystallet 42. Bakveggen 60 bør fortrinnsvis være tykkest mulig for å minimalisere fremmedgammafotonfluksen som kan aktivere scintillasjonskrystallet 42. Ved å bruke en eksentrisk boring 58 istedenfor en konsentriske bo-  
30 ring, gir bakveggen 60 slik ekstra tykkelse. Det antas at en tykkelse på bakveggen 60 som er større enn 0,6 tommer (15 mm) vil gi tilfredsstillende gammastråledempning ved mange anvendelser. Man vil imidlertid forstå at det finnes mange

variasjoner av utformingen av GR-skjermen 56 og at foreliggende oppfinnelse ikke er begrenset til den spesielle foretrukne utførelsesform som er diskutert ovenfor.

Man vil forstå at arrangementet av GR-detektorenheten 40 blir påvirket av strålingsdempningsevnen til GR-skjermen 56. Den utførelsesform som er vist, antas å være tilstrekkelig for borehull med diameter fra omkring fire tommer til omkring seks tommer. Bruk av wolfram i GR-skjermen 56 og den foretrukne minste tykkelse av denne, antyder derfor det aksiale arrangement av GR-detektorenhetene 40 som er vist på fig. 2. Hvis imidlertid borehullets diameter er tilstrekkelig stort eller hvis de strålingsdempende materialer tillater en tilstrekkelig tynn bakvegg 60, så kan GR-detektorenhetene 40 anordnes på en "rygg-mot-rygg"-måte eller endog være buntet sammen. Slike alternative utførelsesformer vil gi betydelige reduksjoner i den totale lengden til verktøyet 20. Et eventuelt ytterligere rom som kan være tilgjengelig, kan alternativt brukes til å øke skjermingsgraden og størrelsen av detektoren. Det er ventet at øket skjerming og en større detektor vil forbedre den totale ytelsen til GR-detektorenheten 40.

I den viste utførelsesform benytter verktøyet 20 fire GR-detektorenheter 40 (fig. 2). Hver åpning 64 (fig. 3) har således en vinkelmessig bredde på omkring 84 grader for å motta gammastråler fra fire 90 graders radiale sektorer, for 360 graders dekning. Posisjonen til en gammastrålekilde i formasjonen kan således innsnevres til én av fire retninger. Bruken av åtte GR-sonder ville resultere i radiale sektorer på 45 grader og ytterligere innsnevret posisjonen til en gammastrålekilde til én av åtte retninger. Den totale lengde av verktøyet 20 vil imidlertid måtte økes for å romme ytterligere fire GR-sonder. Det antas at bruk av fire GR-sonder 30a-d gir balanse mellom retningsbestemthet og kompakthet. Det skal nevnes at verktøyet 20 ikke er begrenset til bare fire GR-sonder, og at flere eller færre sonder kan benyttes uten å avvike fra oppfinnelsens ramme.

Det vises nå til fig. 4 hvor en sensorelektronikkpakke 70 forsterker og behandler signaler fra PMT 44 før signalene blir overført til elektronikkmodulen 34 (fig. 2). Elektronikkmodulen 34 utgjør en kommunikasjonsforbindelse til et telemetrisystem (ikke vist). Det vises nå til fig. 4a og 4b hvor sensorelektronikkpakken 70 innbefatter en høyspent kraftforsyning 71, en forforsterker 72, en forsterker 73 og en diskriminator 74. Den høyspente kraftforsyning 71 leverer den kraft som er nødvendig for å drive PMT 44. Forforsterkeren 72 forsterker det elektriske signalet

fra PMT 44. Forforsterkeren 72 er fortrinnsvis anbrakt så nær som mulig til PMT 44 for å minimalisere interferens på grunn av støy. Forsterkeren 73 forsterker videre elektriske signaler fra PMT 44 og omformer signalene til en glatt bølgeform. Diskriminatoren 74 er innstilt ved en forutbestemt terskel (f.eks. omkring 60 keV) for å eliminere PMT-signaler under denne terskelen. Fordi nedhulls telemetrisystemer 5 bare kan sende et begrenset datavolum, er det ventet at elimineringen av ikke-informative signaler ved å bruke en diskriminator 73, kan optimalisere driften av telemetrisystemet nede i borehullet. Utformingen av forforsterkere, diskriminatorer og kraftforsyninger er velkjent på området og vil være opplagte for en vanlig fagkyndig på området. Etter at signaler er blitt overført via telemetrisystemet (ikke vist) til 10 overflaten, kan en anordning, slik som en dataprosessor, brukes til å korrelere signalene til nyttige asimutale retningsdata. Fremgangsmåter og systemer for behandling av nedhulls data til asimutale retningsdata er diskutert i US-patentsøknad, serienr. 09/276,270, inngitt 25. mars 1999 og med tittelen "*Method For 15 Determining Symmetry And Direction Properties Of Azimuthal Gamma Ray Distributions*".

Det vises nå til fig. 4 hvor hver sensorelektronikkpakke 70 er elektrisk koplet til en tilknyttet GR-detektorenhet 40. Sensorelektronikkpakken 70 innbefatter en ramme 75 med et hulrom 76 hvori elektronikkretsen (ikke vist) blir tilbakeholdt. 20 Rammen 75 har en første endeflens 77 som ligger mot den tilstøtende GR-skjerm 56 for en tilknyttet GR-detektorenhet 40 og en annen endeflens 78 som ligger an mot den tilstøtende GR-sonde. Elektronisk kommunikasjon mellom elektronikk-sensorpakken 70 og GR-detektorenheten 40 kan tilveiebringes ved å benytte en han/hun-forbindelsesplugg (ikke vist).

For å opprettholde riktig vinkelmessig innretning mellom GR-sondene 30a-d, kan et tunge/rille-arrangement være anordnet på GR-skjermen 56. For eksempel kan GR-skjermen 56 videre innbefatte en første og en annen flate 80, 82. Den første flate 80 kan omfatte en tunge 84 og den annen flate 82 kan innbefatte en 30 rille 86 som er forskjøvet niltti grader fra tungen 84. Den radialt forskjøvne tunge og rillene er likeledes anordnet på hver GR-skjerm 56 for de gjenværende GR-sonder 30b-d. Rammer 75 med sensorpakker 70 kan også benytte et tunge/rille-arrangement, imidlertid benyttes det ingen forskyvning for å bevare den vinkelmessige innretning mellom hver GR-skjerm 56.

Trykktrommelen 32 beskytter GR-sondene 30a-d og den tilhørende ledningsføring 35 (fig. 2) fra miljøet i borehullet. Trykktrommelen 32 er fortrinnsvis hovedsakelig rørformet og er innrettet for å passe inn i den ikke-roterende seksjon 22 av borestrengen 24. Et ringformet rom 33 er fortrinnsvis tilveiebrakt mellom trykktrommelen 32 og den ikke-roterende seksjon av borestrengen 24 (fig. 1) i hvilket trykktrommelen 32 er montert. Det ringformede rom 32 tillater boreslam å bli pumpet til boreenheten 28 (fig. 1) under boring. Trykktrommelen 32 kan være laget av et hvilket som helst materiale, slik som stål, som tilveiebringer knusemotstand og hindrer boreslam og andre korrosive borehullelementer fra å skade GR-sondene 30a-d og tilhørende ledningsføring 35 (fig. 2).

GR-sondene 30a-d kan installeres i trykktrommelen 32 på mange forskjellige måter. Verktøyet 20 benytter en tett toleransepassing mellom innsiden av trykktrommelen 32 og utsiden av GR-sondene 30a-d. Fortrinnsvis er GR-sondene 30a-d aksialt anbrakt inne i trykktrommelen 32. Festeordninger 88 forbinder GR-skjermen 56 og elektronikkensorenheten 70 på en måte som etterlater et lite gap 90 mellom GR-skjermen 56 og sensorenheten 70. Sprengringer 92 er innskutt i hvert lille gap 90. Endehetter 94, festeordninger 96 og låsemuttere 98 er anordnet ved motstående ender av de ytre GR-sonder 30a,d (fig. 2). Låsemutrene 98 er mekanisk festet til trykkbarrieren 32 ved anordninger slik som gjenger. Endehettene 94 er innskutt mellom låsemutrene 98 og GR-sondene 30a,d. Festemidlene 96 forbinder låsemutrene 98 med GR-sondene 30a,d. Endehettene 94 og låsemutrene 98 er forsynt med kanaler (ikke vist) for å romme ledningsføring (ikke vist) tilknyttet GR-sondene 30a-d. Rotasjon av låsemutrene 98 komprimerer GR-skjermene 56 og sensorelektronikkpakkene 70 inne i trykktrommelen 32 og reduserer derved gapene 90 mellom GR-skjermene 56 og sensorpakkene 70. Når gapene 90 lukkes, blir sprengringene 92 presset utover og mot innsiden av trykktrommelen 32. GR-sondene 30a-d blir dermed holdt fast inne i trykktrommelen 32.

Det vises nå til fig. 1 hvor den retningsbestemte stillingssensor 26 fastslår den fysiske orientering av GR-sondene 30a-d. Ved ikke-vertikal boring kan borestrengen 24 bli forvrengt eller på annen måte orientere seg slik at det ikke er forutsigbart for operatøren. Den retningsmessige stillingssensor 24 forsyner operatøren med en indikasjon på hvordan GR-sondene 30a-d er orientert i borehullet. Slik informasjon gir et asimutalt referansepunkt for de signaler som mottas fra GR-

sondene. Retningsmessige stillingssensorer 26 er kjent på området, og deres konstruksjon vil være opplagt for en vanlig fagkyndig på området.

Verktøyet 20 er mest effektivt hvis det plasseres nær den styrbare boreenhet 28. En slik posisjon forsyner operatøren med en tidlig indikasjon på at den styrbare boreenhet 28 nærmer seg en laggrense. Derfor er det mer sannsynlig at den korrigerende handling som tas, vil hindre den styrbare boreenhet 28 fra å løpe inn i et ikke-produktivt lag. Likevel kan verktøyet 20 også være anordnet opphulls for slammotoren og likevel gi effektiv veiledning for de styrbare boreoperasjoner.

Under drift blir verktøyet 20 utplassert i en vertikal brønn med en styrbar boreenhet og en gruppe tilhørende instrumenter. Etter hvert som den styrbare boreenhet avviker fra den vertikale brønn og fortsetter inn i en produserende sone, gir verktøyet 20 kontinuerlige avlesninger av gammastrålingen i nærheten av den styrbare boreenhet. Spesielt mottar GR-sondene gammastråler fra sine respektive formasjonssektorer. Fordi materialet i formasjonen i den produserende sone er hovedsakelig uniformt og vil ha et uniformt gammastrålingsinnfall, blir det ventet at scintillasjonskrystallene vil scintillere ved ganske konstant hastighet og nivå. Scintillasjonene blir omformet til elektriske signaler ved hjelp av en elektronikkenhet og overført til overflaten for behandling. Skulle den styrbare boreenhet nærme seg en laggrense, vil én eller flere av GR-sondene 30a-d motta gammastråler utsendt av stoffer som ikke er tilstede i den produserende sone. Følgelig vil tellingene av gammastråleutsendelsene fra én eller flere av GR-sondene øke eller minke (avhengig av materialet i det tilstøtende lag). Fordi de elektriske signaler blir overført kontinuerlig, vil operatøren ha en umiddelbar indikasjon på at en grense for den produserende sone kan være nær. Når signalvariasjonen fra GR-sondene 30a-d noteres, kan operatøren behandle signalene for å bestemme den asimutale posisjon av kildene for gammastrålene, og om nødvendig ta passende forholdsregler for å gjeninnrette den styrbare boreenhet.

Man vil forstå at foreliggende oppfinnelse lett kan tilpasses deteksjon av forskjellige former for stråling i tillegg til gammastråling. Følgelig er innsamlingen av asimutal retningsinformasjon bare én av mange nyttige former for data som foreliggende oppfinnelse kan levere. En kunstig strålingskilde kan f.eks. være utplassert i forbindelse med foreliggende oppfinnelse for å fastslå formasjonskarakteristikker. Den kunstige strålingskilde kan være en nøytron- eller gammastråle-

utsendende kilde. Foreliggende oppfinnelse kombinert med en nøytron- og/eller gammastråle-utsendelseskilde kan tilveiebringe informasjon slik som bergartsdensitet, porøsitet og vannmetning.

Selv om foretrukne utførelsesformer av oppfinnelsen er vist og beskrevet, kan modifikasjoner av denne foretas av en fagkyndig på området uten å avvike fra oppfinnelsens ramme. De utførelsesformer som er beskrevet her, er kun eksempler og ikke begrensende. Mange varianter og modifikasjoner av systemet og apparatet er mulig og ligger innenfor oppfinnelsens ramme. Beskyttelsesrammen er følgelig ikke begrenset til de utførelsesformer som er beskrevet her, men er bare begrenset av de etterfølgende patentkrav.

15

20

25

30

## PATENTKRAV

1. Verktøy for deteksjon av gammastråler i en formasjon,  
karakterisert ved:
  - 5 et langstrakt, sylindrisk organ med en boring;
  - et antall sonder anbrakt inne i boringen i det langstrakte, sylindriske organ, idet sondene hver har et hulrom;
  - et hus montert i hulrommet i hver av sondene; idet huset har et første indre parti og et annet indre parti;
  - 10 en strålingsdetektor anordnet i det første parti i huset;
  - en skjerm som omgir hver strålingsdetektor; idet skjermen har en åpning og hver av åpningene i skjermene er rettet mot en separat sektor av formasjonen i forhold til borestrengens akse; og
  - et fotomultiplikatorrør anordnet inne i hvert av de andre indre partier av hu-
  - 15 sene, idet hvert fotomultiplikatorrør optisk er koplet til den tilstøtende strålingsdetektor;
  - idet strålingsdetektorene er arrangert til å motta stråling fra respektive separate sektorer.
- 20 2. Verktøy ifølge krav 1,  
karakterisert ved at strålingsdetektoren omfatter thalliumdopet natriumjodid.
3. Verktøy ifølge krav 1,  
25 karakterisert ved at gammastråleskjermen er laget av wolfram.
4. Verktøy ifølge krav 1,  
karakterisert ved fire sonder aksialt anordnet i boringen i det langstrakte, sylindriske organ.
- 30 5. Verktøy ifølge krav 1,

karakterisert ved en kunstig strålingskilde, idet kilden er anordnet i nærheten av sondene langs borestrengen, idet sondene kollektivt samvirker for å detektere stråling utsendt av den kunstige strålingskilde.

- 5 6. Fremgangsmåte for å styre en styrbar boreenhet gjennom en produserende sone,

karakterisert ved:

10 å skjerme en strålingsdetektor fra innfallende gammastråler ved å bruke en strålingsskjerm som har en eksentrisk boring for opptakelse av strålingsdetektoren;

å eksponere strålingsdetektoren for innfallende gammastråler fra en forutbestemt asimutal formasjonssektor;

å fastslå nivået for innfallende gammastråling i den produserende sone ved å benytte strålingsdetektorens reaksjon på innfallende gammastråling;

15 å måle innfallende gammastråling fra et antall asimutalt begrensede sektorer i formasjonen omkring aksene til en borestreng;

å overvåke gammastrålingsmålinger med hensyn på variasjoner fra fastslåtte innfallende gammastrålingsnivåer i den produserende sone; og

20 å reorientere den styrbare boreenhet for å unngå en asimutal sektor hvor variasjonene ble detektert.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 6,

25 karakterisert ved at minst fire asimutalt begrensede formasjonssektorer blir målt med hensyn på innfallende gammastråling fra omkring aksene til en borestreng.

8. Fremgangsmåte ifølge krav 6,

karakterisert ved å bestemme orienteringen til borestrengen; og å korrelere de innfallende gammastrålemålinger med borestrengens orientering.

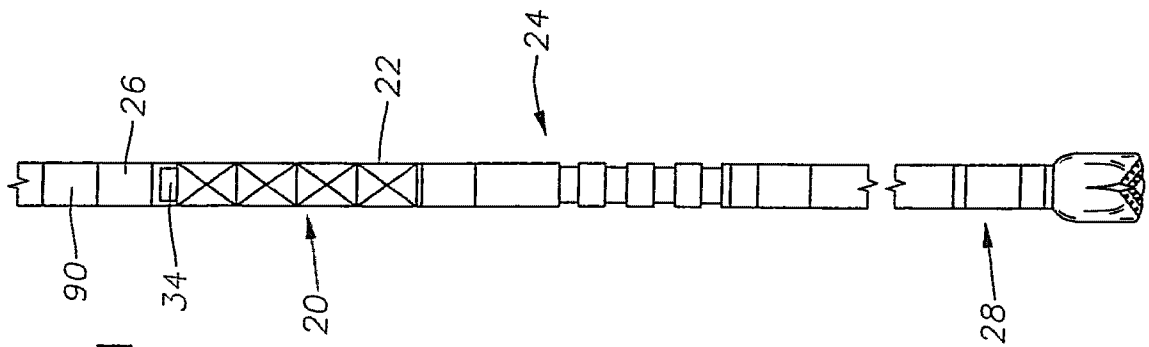


Fig. 1

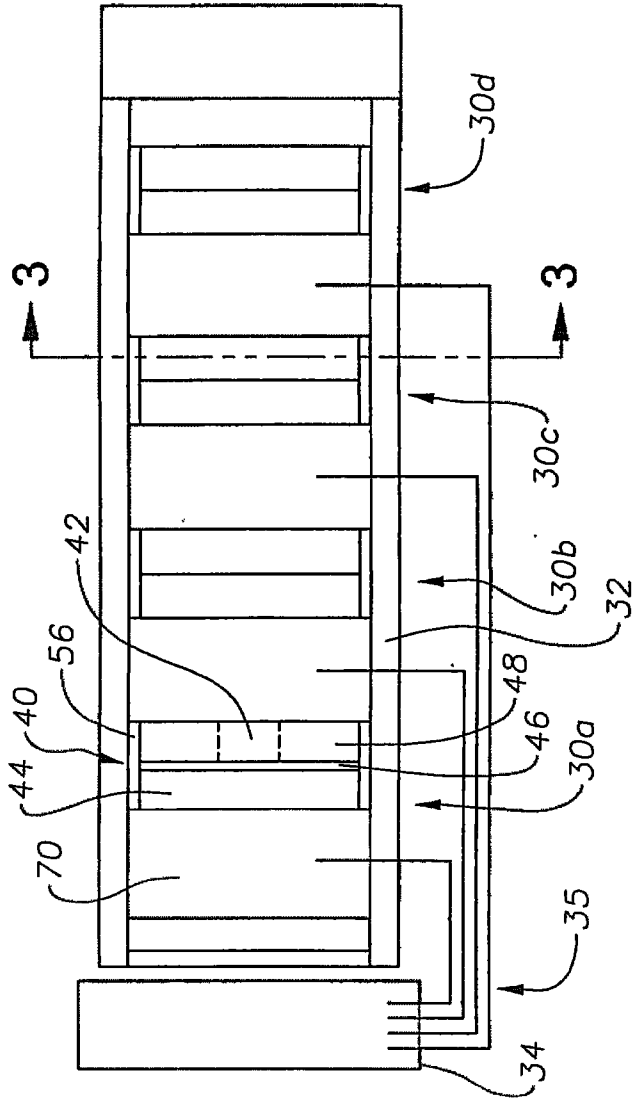


Fig. 2

Fig. 3

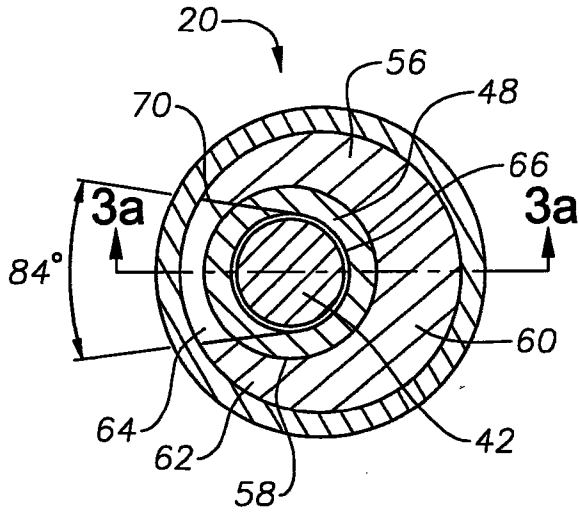


Fig. 3a

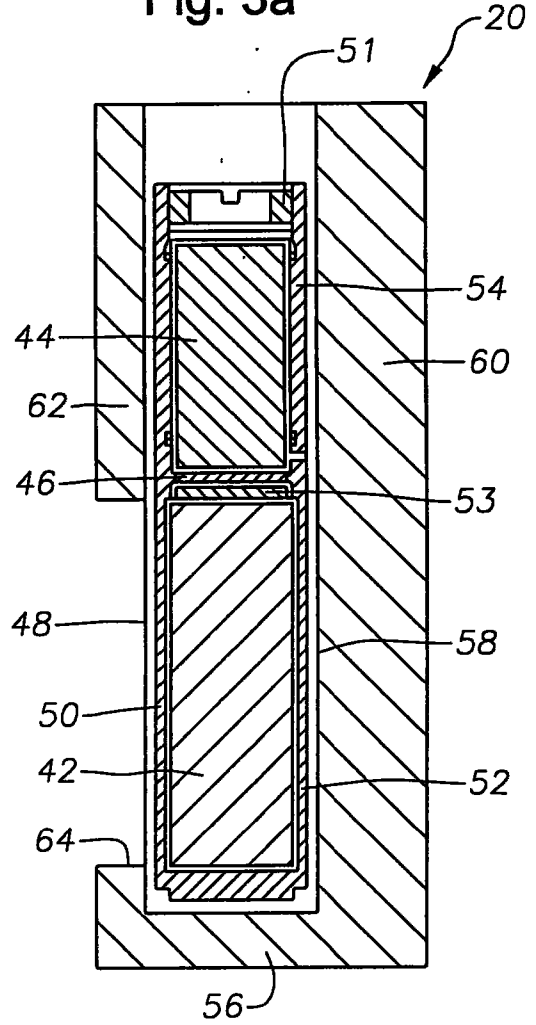


Fig. 4b

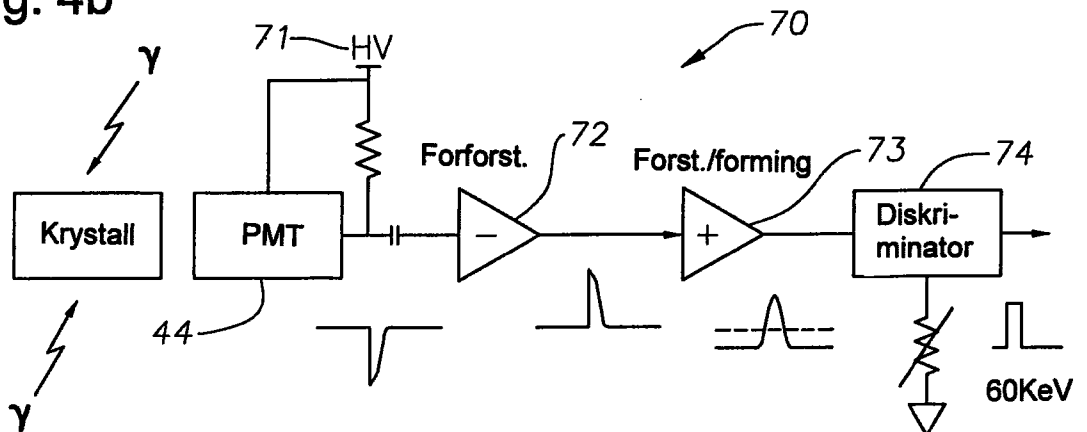
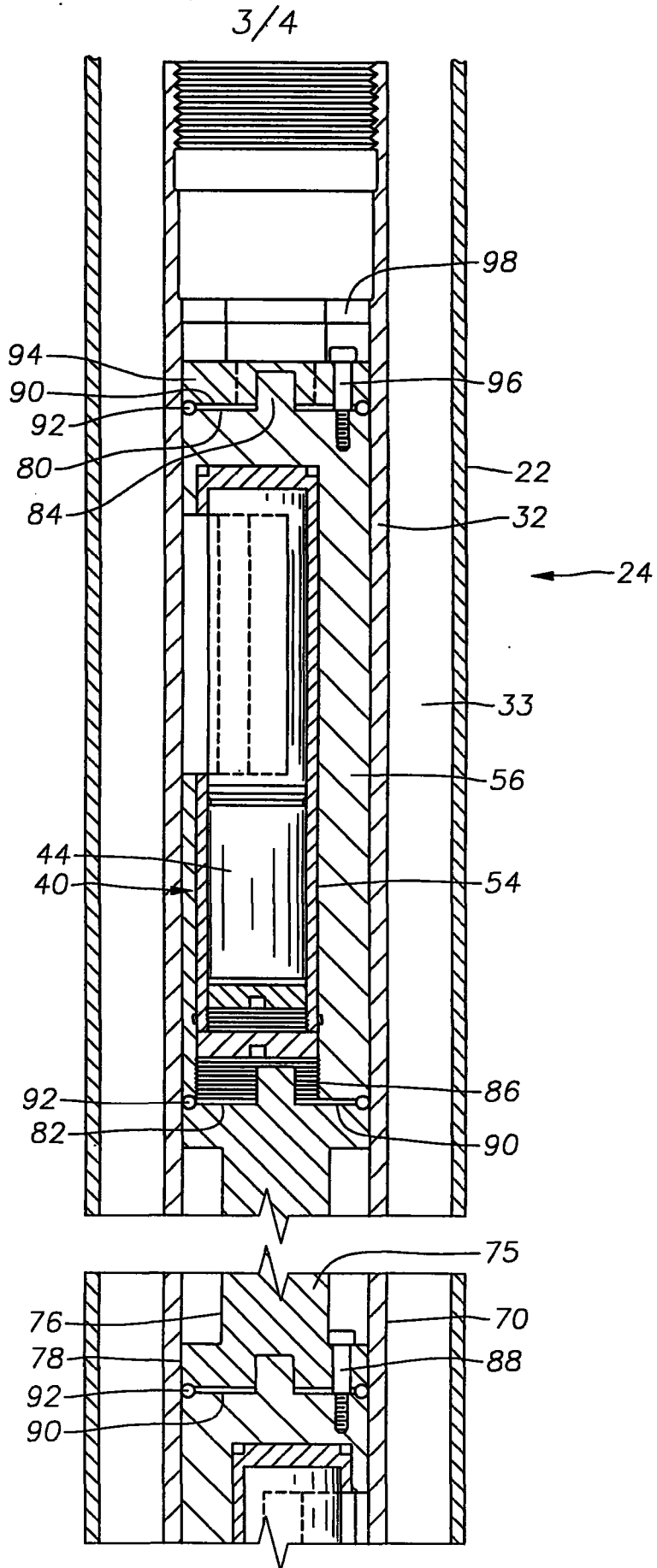


Fig. 4



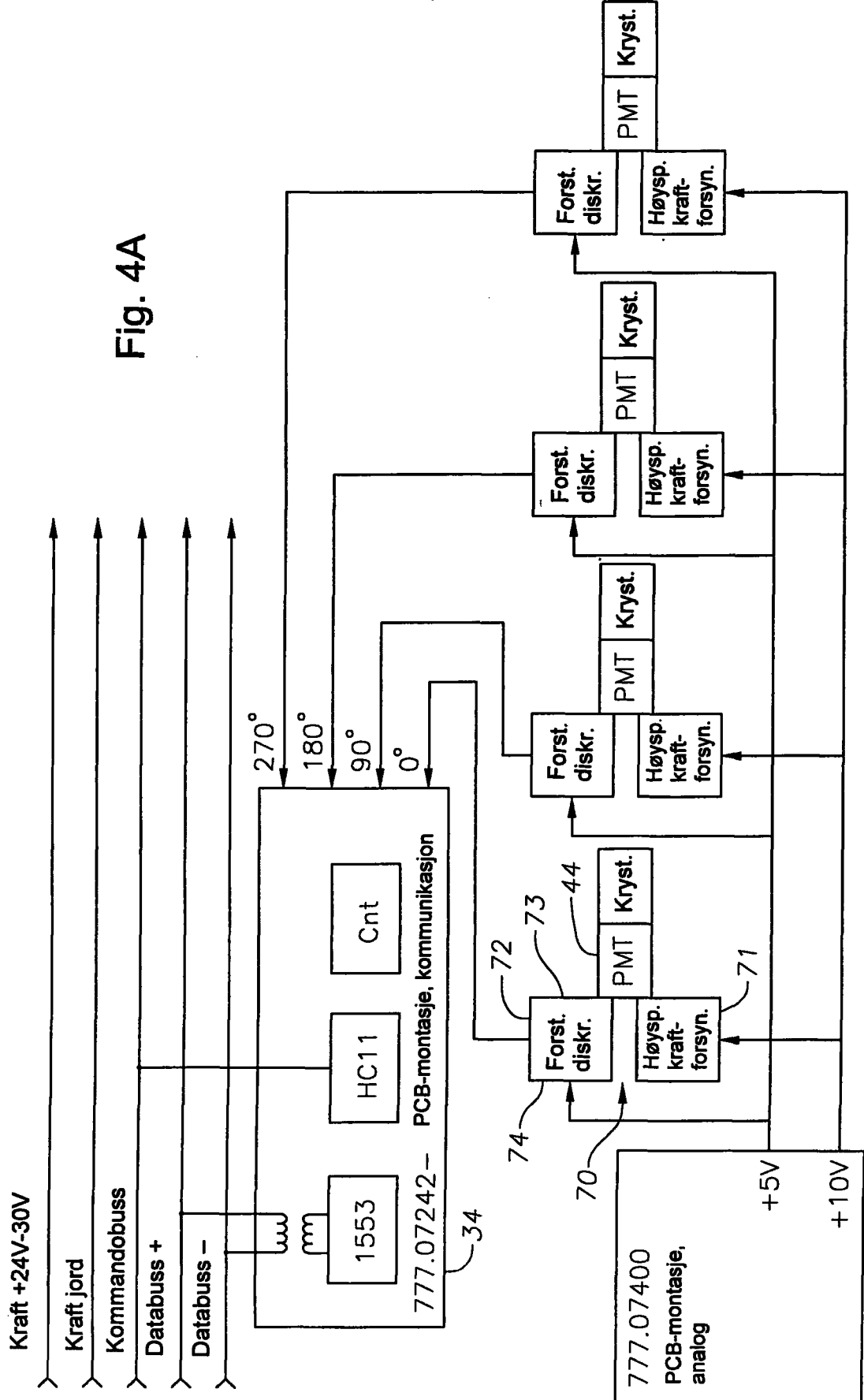


Fig. 4A

Fokusert gamma koplingsskjema

