



(12) PATENT

(19) NO

(11) 337511

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01V 3/30 (2006.01)

H01Q 1/04 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

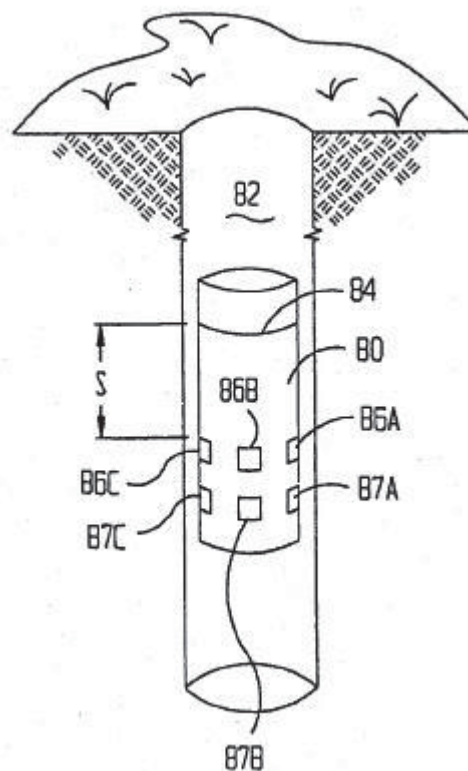
Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20150155	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2003.09.18 PCT/US2003/029791
(22)	Inng.dag	2015.02.04	(85)	Videreføringsdag	2015.02.04
(24)	Løpedag	2003.09.18	(30)	Prioritet	2002.09.25, US, 10/254,184
(41)	Alm.tilgj	2005.06.22			
(45)	Meddelt	2016.05.02			
(62)	Avdelt fra	20051150, med inndato 2005.03.03			
(73)	Innehaver	Halliburton Energy Services, Inc., 10200 Bellaire Boulevard, US-TX77072 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Michael S Bittar, 8711 Wheatland Drive, US-TX77064 HOUSTON, USA Jesse K Hensarling, 1114 Crescent Blvd, US-TX77327 CLEVELAND, USA			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Flerlags kretskort-basert nedihulls antenne som tar opp asimutfølsomme målinger av berggrunnens resistivitet
(56)	Anførte publikasjoner	US 4383220 A US 4511842 A US 5530358 A GB 2156527 A EP 0778473 A2
(57)	Sammendrag	

Nedihulls verktøy som omfatter en kildeantenne (84, 94) som er mekanisk koplet til et verktøylegeme, og denne kildeantenne (84, 94) genererer elektromagnetisk stråling, en første mengde retningsfølsomme mottakerantennener (86, 96) som er mekanisk koplet til verktøylegemet rundt en omkrets av verktøylegemet i en første avstand fra kildeantennen (84, 94), en andre mengde retningsfølsomme mottakerantennener (87, 97) som er mekanisk koplet til verktøylegemet rundt en omkrets av nedihullsverktøyet i en andre avstand fra kildeantennen (84, 94).

Beskrivelsen omhandler en ferrittkjerneantenne basert på trykt kretskort. Sporene (54, 58) på kretskortene (50, 52) danner vindinger for antennen, på forskjellige lag (62A, 62B og 62C) av trykte kretskort holder en ferrittkjerne (74) for vindingene på plass. Beskrivelsen angir videre bruk av en slik ferrittkjerneantenne basert på trykt kretskort i et hulls elektromagnetiske resistivitetsverktøyer, slik at asimutal-følsomme resistivitets-avlesinger kan tas, og borehullsavbildning kan utføres, selv i oljebaserte utboringfluidier.



OPPFINNELSENS BAKGRUNN

Oppfinnelsens område

De foretrukne utførelser av foreliggende oppfinnelse er generelt rettet på nedhullsverktøyer. Nærmere bestemt er de foretrukne utførelser rettet på antenner som muliggjør resistivitetmålinger ved hjelp av asimut-følsom elektromagnetisk bølge på formasjoner som omgir et borehull, samt for resistivitetsbasert borehulls-avbildning.

Oppfinnelsens bakgrunn

Fig. 1 gir eksempler på beslektet loggeverktøy av induksjonstype. Spesielt befinner verktøyet 10 seg inne i et borehull 13 enten som en ledningskabel-innretning eller som en del av en bunnhullssammenstilling i en prosess for måling- under-utboring (MWD). Induksjonsverktøyer for logging-under-utboring (LWD) av beslektet type omfatter typisk en senderantennesløyfe 12, som omfatter en enkelt sløyfe som strekker seg rundt omkretsen av verktøyet 10, samt to eller flere mottakerantenner 14A og 14B. Mottakerantennene 14A, B befinner seg vanligvis i avstand fra hverandre samt fra senderantennen 12, og disse mottakerantenner omfatter da den samme sløyfeantennestruktur som brukes for senderantennen 12.

Sløyfeantennen 12 og de mottakende sløyfeantenner 14A, B som brukes i den beslektede teknikk er ikke asimutfølsomme. Med andre ord, forholder det seg da slik at den elektromagnetiske bølge som forplanter seg fra senderantennen 12 stråler ut i alle retninger samtidig. På lignende måte er mottakerantennene 14A, B ikke asimut-følsomme. Verktøyer av den art som er vist i fig. 1, er således ikke egnet for å ta opp asimutalfølsomme avlesninger, slik som for borehullsavbildning. Bølgeforplantningsverktøyer av den art som er vist i fig. 1 og som fungerer ved bruk av elektromagnetisk strålinger eller elektromagnetisk bølgeforplantning (et eksempel på bane for bølgeforplantning er vist med stiplede linjer) er imidlertid i stand til å fungere i et borehull ved utnyttelse av oljebasert (ikke-ledende) borefluid, et trekk som ikke kan oppnås ved verktøyer av ledende type.

Fig. 2 viser et loggeverktøy av ledende type og av beslektet type. Spesielt viser fig. 2 et verktøy 20 som er anordnet inne i et borehull 22. Dette verktøy 20 kan da være en ledningskabelinnretning, eller en del av en bunnhullssammenstilling med en MWD-prosess. Verktøyet 20 av ledende type i fig. 2 kan omfatte en toroidformet sender- eller kildevikling 24, samt to sekundære toroidformede vik-

linger 26 og 28 i avstand fra denne. Til forskjell fra induksjonsverktøyet i fig. 1, er det ledende verktøy, som er angitt som eksempel i fig. 2, slik at det er arbeider ved å indukere en strømflyt i vedkommende fluid inne i borehullet 22 samt gjennom den omgivende formasjon 30. Dette verktøy kan således være i drift bare i omgivelser hvor fluidet inne i borehullet 22 er tilstrekkelig ledende, slik som ved saltvannsbaserte borefluider. Kilden 24 og måletoroidene 26 og 28 brukes da i kombinasjon for å bestemme graden av strøm som flyter på eller av verktøyet 20. Kildetoroider 24 induserer en strømflyt aksialt inn i verktøyet 20, slik som angitt ved den stiplede linje 31. En viss andel av den aksiale strøm flyter på (eller av) verktøyet på undersiden av toroiden 28 (angitt som eksempler ved stiplet linje 33), en viss andel flyter på (eller av) verktøylegemet mellom toroidene 26 og 28 (angitt som eksempel ved stiplet linje 35), og en viss ytterligere andel av strømmen flyter på (eller av) verktøyet på bestemte steder, slik som knappelektroden 32 (angitt som eksempel ved stiplet linje 37). Verktøyet 20 i fig. 2 bestemmer således resistiviteten for en omgivende formasjon ved å beregne en mengde strømflyt som indukeres inn i formasjonen som målt ved en forskjell i strømflyt mellom toroiden 28 og toroiden 26. Som det vil erkjennes av en fagkyndig på området, er den strømmåling som utføres av toroidene 26 og 28 ikke asimutfølsom, men for verktøyer som omfatter en knappelektrode 32 vil det imidlertid være mulig å måle strøm som flyter inn på eller ut fra knappen 32, og som da er asimutfølsom.

Bølgeforplantningsverktøyer av den art som er vist i fig. 1, kan således brukes i oljebaserte boreslam, men er da ikke asimutfølsomme. Ledende verktøyer av den art som er vist i fig. 2 kan bare arbeide i ledende omgivelser (det bør bemerkes at størstedelen av de brønner som er blitt utboret frem til nedskrivningen av denne søknad har brukt et ikke-ledende borefluid), men kan ha mulighet for å utføre asimutfølsomme resistivetsmålinger. Skjønt så vel bølgeforplantningsverktøyet i fig. 1 og det ledende verktøy i fig. 2 sin anvendelse under bestemte omstendigheter, vil ingen av disse innretninger være i stand til å utføre asimutfølsomme resistivetsmålinger og oljebaserte borefluider.

Det som behøves innenfor fagområdet er utstyr og tilhørende fremgangsmåte for å muliggjøre asimutfølsomme målinger for borehullsavbildning samt for formasjonsresistivetsmålinger.

KORT SAMMENDRAG FOR VISSE AV DE FORETRUKNE UTFØRELSER

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et nedihullsverktøy, karakterisert ved at det omfatter:

5 en kildeantenne som er mekanisk koplet til et verktøylegeme, og denne kildeantenne genererer elektromagnetisk stråling,

en første mengde retningsfølsomme mottakerantenner som er mekanisk koplet til verktøylegemet rundt en omkrets av verktøylegemet i en første avstand fra kildeantennen,

10 en andre mengde retningsfølsomme mottakerantenner som er mekanisk koplet til verktøylegemet rundt en omkrets av nedihullsverktøyet i en andre avstand fra kildeantennen, og

hvor nedihullsverktøyet tar opp asimutfølsomme formasjonsresistivetsmålinger basert på elektromagnetisk stråling av en formasjon som omgir borehullet under en utboringsoperasjon.

15 Ytterligere utførelsesformer av nedihullsverktøyet i henhold til oppfinnelsen fremgår av de uselvstendige patentkrav.

De problemer som er angitt ovenfor vil for en stor del kunne løses ved hjelp av en robust antenne basert på flerlags trykt kretskort (PCB) og som er egnet for nedhullsbruk. Nærmere bestemt angir denne spesifisering en antenne med en
20 ferrittkjerne og viklinger rundt denne kjerne opprettet ved flere ledende sporbaner, både øvre og nedre kretskort og som er koplet til hverandre gjennom de forskjellige PCB-lag. Denne PCB-baserte ferrittkjerneantenne kan brukes enten som en kilde- eller mottakerantenne, og på grunn av sin størrelse vil den være i stand til å utføre asimutfølsomme avlesninger.

25 Nærmere bestemt vil denne robustgjorte PCB-baserte ferrittkjerneantenne kunne anvendes på et nedhullsverktøy for å utføre asimutfølsomme resistivetsmålinger, og kan også brukes for å utføre resistivetsbaserte avbildninger av borehullsveggen. I en første utførelse, vil et verktøy som omfatter en sløyfeantenne i en første høyde bli brukt som en elektromagnetisk kilde. På et visst sted i avstand
30 fra sløyfeantennen vil flere PCB-baserte ferrittkjerneantenner være koplet til verktøyet langs dets omkrets. Sløyfeantennen genererer et elektromagnetisk signal som detekteres av hver av de flere PCB-baserte ferrittkjerneantenner. Det elektromagnetiske signal som mottas av de PCB-baserte ferrittkjerneantenner befinner seg i asimutalt følsomme retninger, med en retningsbestemthet som i en viss grad

er fastlagt ved en fysisk plassering av antennen på verktøyet. Hvis avstanden mellom sløyfeantennen og de flere PCB-baserte antenner er forholdsvis kort (av størrelsesorden seks tommer), så vil verktøyet kunne utføre borehullsavbildning. Bruk av større avstander mellom sløyfeantennen og de flere PCB-baserte ferrittkjerneantenn
 5 antenner, samt et andre antall av flere PCB-baserte ferrittkjerneantenn, vil gjøre det mulig å utføre asimut-følsomme elektromagnetiske resistivitetsmålinger på den omgivende formasjon.

I en andre utførelse er en første mengde PCB-baserte ferrittkjerneantenn anordnet i avstand rundt omkretsen av et verktøy i en første høydeposisjon og
 10 brukes da som elektromagnetisk kilde. En andre og en tredje mengde PCB-baserte ferrittkjerneantenn er fordelt rundt omkretsen av verktøyet, henholdsvis i en andre og tredje beliggenhetshøyde. Den første mengde PCB-baserte antenne kan da brukes i rekkefølge eller samtidig for å generere elektromagnetiske signaler som forplanter seg frem til og gjennom formasjonen. Disse elektromagnetiske
 15 bølger kan da mottas av så vel den andre som den tredje mengde PCB-baserte antenner, hvilket atter tillater asimutfølsomme resistivitetsbestemmelser.

På grunn av at de PCB-baserte ferrittkjerneantenn, i den foretrukne utførelse, vil være i stand til å motta elektromagnetisk bølgeforplantning på asimutfølsom måte, og fordi disse antenner er virksomme ut i fra den filosofi som gjelder et
 20 verktøy av induksjonstype, vil være mulig å benytte disse antenner til å utføre asimut-følsomme avlesninger i borefluidomgivelser hvor ledende verktøyer ikke vil kunne fungere.

De omtalte innretninger og fremgangsmåter omfatter da en kombinasjon av særtrekk og fordelaktige utførelser som vil sette den i stand til å overvinne de
 25 ulemper som foreligger ved tidligere kjente innretninger. De forskjellige særtrekk som er beskrevet ovenfor, så vel som andre særtrekk, vil umiddelbart fremgå klart for fagkyndige på området ved gjennomlesning av den følgende detaljerte beskrivelse, samt under henvisning til de ledsagende tegninger.

30 **KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE**

For en detaljert beskrivelse av de foretrukne utførelser av oppfinnelsen, vil det nå bli henvist til de ledsagende tegninger, hvorpå:

fig. 1 viser et verktøy av induksjonstype og beslektet utførelse,

fig. 2 viser et verktøy av ledende type og av beslektet utførelse,

fig. 3 viser en perspektivskisse av en PCB-basert ferrittkjerneantenne av en viss utførelse,

fig. 4 viser enda en annen skisse av den PCB-baserte ferrittkjerneantenne,

fig. 5 viser en uttrukket skisse av den utførelse av PCB-basert ferrittkjerneantenne som er angitt i fig. 3,

fig. 6 viser en utførelse for bruk av PCB-baserte ferrittkjerneantenner i et nedhullsverktøy,

fig. 7 viser en annen utførelse for bruk av PCB-baserte ferrittkjerneantenner i et nedhullsverktøy,

fig. 8 viser enda en annen anvendelse av PCB-baserte ferrittkjerneantenner i et nedhullsverktøy,

fig. 9 viser plassering av de PCB-baserte ferrittkjerneantenner i forsenkninger, og

fig. 10 viser en hette eller et deksel for å øke retningsfølsomheten for PCB-baserte ferrittkjerneantenner når de brukes som mottakere.

BETEGNELSE OG NOMENKLATUR

Visse uttrykk blir brukt gjennom hele den følgende beskrivelse og de etterfølgende patentkrav for å henvise til bestemte systemkomponenter. Dette dokument har ikke til hensikt å skjelne mellom komponenter som avviker i navn, men ikke i funksjon.

I den følgende omtale og i patentkravene, blir uttrykkene "inkluderende" og "omfattende" brukt på åpen måte, og bør således tolkes til å bety, "omfattende, men ikke begrenset til". Også uttrykket "kople" eller "koplinger" er tilsiktet å bety enten en indirekte eller direkte forbindelse. Hvis således en første innretning er koplet til en andre innretning, kan denne forbindelse være opprettet gjennom en direkte mekanisk eller elektrisk (ettersom omtalen innebærer) forbindelse, eller gjennom en indirekte mekanisk eller elektrisk forbindelse via andre innretninger eller sammenkoplinger.

30

DETALJERT BESKRIVELSE AV DE FORETRUKNE UTFØRELSER

Denne spesifisering omhandler en ferrittkjerneantenne basert på robust trykt kretskort (PCB) for å sende ut og motta elektromagnetiske bølger. Den beskrevne PCB-baserte antenne er blitt utviklet i sammenheng med nedhulls log-

geverktøyer, og nærmere bestemt i sammenheng med frembringelse av resistiv-
tetsavlesninger ved hjelp av asimut-følsomme elektromagnetiske bølger. Skjønt
konstruksjonen av den PCB-baserte antenne og dets bruk vil bli beskrevet i ned-
hullssammenheng, bør dette ikke leses eller oppfattes som en begrensning av
5 anvendbarheten for den PCB-baserte antenne.

Fig. 3 viser en perspektivskisse av en PCB-basert ferrittkjerneantenne for
de foretrukne utførelser. Spesielt omfatter den PCB-basert ferrittkjerneantenne et
øvre kretskort 50 og et nedre kretskort 52. Det øvre kretskort 50 omfatter flere
elektriske lederspør 54 som spenner over kretskortet 50 hovedsakelig parallelt
10 med dens bredde eller kortsidedimensjon. I den utførelse som er vist i fig. 3, er det
vist ti slike spor 54, men, et hvilket som helst antall spor kan imidlertid brukes alt
ettersom antallet påkrevde vindinger på den spesifiserte antenne. Ved ytterenden
av hvert spor 54, befinner det seg et kontakthull, f.eks. hullene 56A, B som da
strekker seg gjennom det øvre kretskort 50. Som det vil bli omtalt mer omfattende
15 nedenfor, finner den elektriske kontakt mellom det øvre kretskort 50 og det nedre
kretskort 52 fortrinnsvis sted gjennom kontakthullene ved ledersporenes ytterende.

Fig. 4 viser en perspektivskisse av antennen i fig. 3 med kretskort 52 i en
øvre orientering. På lignende måte som kretskortet 50, omfatter kretskortet 52 fle-
re lederspør 58, hvor da hvert slikt spor ved sine ytterender har et kontakthull,
20 f.eks. hullene 60A og B. Til forskjell fra kretskort 50 er imidlertid sporene 58 på
kretskortet 52 ikke hovedsakelig parallelle med kretskortets kortere dimensjoner,
men er i stedet anordnet i en liten vinkel. I denne utførelse utfører kretskortet 52
en overkrysningsfunksjon, slik at den elektriske strøm som vandrer i ett av spore-
ne 54 på kretskortet 50 krysser over langs det elektriske spor 58 på kretskortet 52,
25 slik at strømmen tvinges til å flyte i den neste sløyfe på kretsen som helhet.

Det skal nå til en viss grad samtidig henvises til figurene 3 og 4, hvor det er
angitt at det mellom kretskortet 50 og kretskortet 52 befinner seg flere mellom-
liggende kretskort 62. Primærfunksjonen for et mellomliggende kretskort 62 er å
inneholde ferrittmaterialet mellom kretskort 50 og kretskort 52, så vel som å opp-
30 rette ledebaner for de forskjellige vindinger av elektriske spor rundt ferrittmateria-
let. På perspektivskissene i figurene 3 og 4 er kretskortet 52 forlenget i forhold til
kretskortet 50, og har således et forlengende avsnitt 64 (fig. 3). I denne utførelse
har det forlengede avsnitt 64 av kretskortet 52 flere elektriske kontakter, nemlig
kontaktpunktene 66 og 68. I denne utførelse er da disse kontaktpunkter 66 og 68

plassert der hvor det dannes elektrisk kontakt med den PCB-baserte ferrittkjerneantenne. Dette er således steder hvor denne kretsen er koplet til antennen for det formål å generere elektriske bølger inne i borehullet. Da de PCB-baserte ferrittkjerneantenner også kan brukes som mottakerantenner, utgjør de elektriske kontaktpunkter 66 og 68 de steder hvor mottakerkretsene er koplet til antennen.

Fig. 5 viser en uttrukket perspektivskisse av den viste PCB-baserte ferrittkjerneantenne i fig. 3 og 4. Spesielt viser fig. 5 kretskort 50 og kretskort 52, med de forskjellige komponenter som normalt er koplet mellom de kretskort i uttrukket skisse. Fig. 5 viser tre mellomliggende kretskort 62A, B og C, skjønt et hvilket som helst antall kan brukes ut i fra tykkelsen av kretskortene og mengden av ferrittmateriale som skal inneholdes i disse, samt om det er ønskelig å fullstendig avtette ferritten inne i kretskortene. Hver av de mellomliggende kretskort 62 omfatter et sentralt hull 70, og flere sammenkoplingshull 72 befinner seg langs lengdedimensjonen. Når mellom kortene 62 blir stakket, vil deres sentrale hull danne et indre hulrom hvor flere ferrittlementer 74 er plassert. De mellomliggende kretskort 62, og da sammen med ferrittmaterialet 74, er da inneklemt mellom kretskortet 50 og kretskortet 52. I en viss utførelse dannes den elektriske kontakt mellom sporene 54 på kretskortet 50 og sporene 58 kretskortet 52 (ikke vist i fig. 5) blandet av flere kontaktråder eller pinner 76. Disse kontaktpinner 76 strekker seg gjennom kontakthullene 56 i det øvre kretskort, hullene 72 og i mellomkortene samt hullene 60 i kretskortet 52. Lengden av kontaktpinnene bestemmes av den totale tykkelse av den PCB-baserte antenne, og elektriske kontakter mellom kontaktpinnene og ledersporene opprettes ved å lodde hver pinne til det spor 54 og 58 som omgir det kontakthull hvor igjennom pinnen strekker. I stedet for å bruke kontaktpinnene 76 og 78, fremstilles den PCB-baserte ferrittkjerneantenne på en slik måte at loddemateriale eller annet elektrisk ledende materiale strekker seg gjennom kretskortet 50 og kretskortet 52 mellom forbindelseshullene for å danne elektrisk kontakt. Det elektrisk ledende materiale, enten dette utgjøres av loddemateriale, kontaktledninger eller annet materiale, koples således elektrisk til sporene på kretskortene 50 og 52, slik at det derved opprettes flere vindinger av elektrisk ledende bane rundt ferrittkjernen.

De materialer som brukes til å konstruere kretskortet 50, kretskortet 52 eller hvilket som helst av de mellomliggende kretskort 62 kan anta flere former alt etter de omgivelser hvori en PCB-basert antenne brukes. I ugunstige omgivelser hvor

temperaturområdene forventes til å overskride 200 °C, er kretskortene 50, 52 og 62 utført i glassforsterket keramisk materiale, og slikt materiale kan da oppnås fra Rogers Corporation of Rogers, Connecticut (f.eks. materiale med komponentnr. RO4003). I anvendelser hvor det forventede temperaturområde er mindre enn

5 200 °C kan kretskortene 50, 52 og 62 være utført i glassforsterket polyamid-
materiale) i samsvar med IPC-4101, type GIL) som er tilgjengelig fra slike kilder som Arlon, Inc. of Bear, Delaware, or Applied Singal, Inc. I foretrukne utførelser er videre ferrittmaterialet i det sentrale indre hulrom opprettet ved hjelp av mellomkorte-
tene 62 i et materiale med høy permeabilitet, fortrinnsvis materiale 77 som er til-
10 gjengelig fra Elna Magnetics of Woodstock, New York. Som det fremgår av fig. 5, er ferrittkjernen 74 i de foretrukne utførelser flere materialer av stakket stavtype, men ferrittkjernen kan likevel utgjøres av et enkelt stykke ferrittmateriale, og vil også kunne omfatter en tett gruppe av finfordelt ferrittmateriale, eller lignende.

Fig. 5 viser videre hvorledes kontaktene 66 og 68 elektrisk koples til spore-
15 ne 54 og 58. I den utførelse som er vist i fig. 5, er det spesielt vist at den elektriske kontakt 66 strekker seg langs lengdedimensjonen av kretskortet 52, og omgjør da et kontakthull ved den lengst bortliggende ende. Enten koplingspinnene 76, 78 brukes, eller om andre teknikker anvendes for å sammenkople lederspør i flere nivåer på kretskortet brukes, vil fortrinnsvis sporet 66 elektrisk sammenkople de
20 vindinger som opprettes av ledersporene 54, ledersporene 58 og sammenkoplin-
gene mellom disse spor. Likeledes er koplingsstykket 68 elektrisk forbundet med et spor som omgir et nærmeste kontakthull på motsatt side av den forbindelse som er opprettet for kontaktstykket 66. Ved hjelp av teknikker som allerede omtalt er kontaktpunktet 68 elektrisk koplet til antennevindingene. Skjønt det ikke er spe-
25 sielt vist i fig. 5, er ferrittkjernen 74 elektrisk isolert fra sporene. Denne isolasjon kan ta form av et isolerende sjikt, eller alternativt kan sporene befinne seg inne i selve det ikke-ledende kretskort 52.

Før man går videre må det forstås at de utførelser som er vist i fig 3, 4 og 5 bare er på den idé som går ut på å bruke lederspør på et trykt kretskort, så vel
30 som elektriske forbindelser mellom forskjellige lag av kretskort, for derved å danne vindingen eller rundtgående ledningsstykker i den elektriske ledebane rundt en ferrittkjerne som holdes på plass av PCB-enhetene. I en viss utførelse er ferrittkjernen avtettet inne i det indre hulrom som opprettes av de mellomliggende kretskort ved å bringe disse mellomliggende kretskort avtettende inntil hverandre. Alt

etter den type ferrittmateriale som brukes, eller den foreslåtte anvendelse av antennen (eller begge), vil det eventuelt ikke være nødvendig å avtette de mellomliggende kretskort overfor hverandre. I stedet vil koplingspinnene 76 og 78 kunne henge opp etter flere mellomliggende kretskort mellom kretskortene 50 og 52 som har de elektriske lederspor, slik at ferrittmateriale bibeholdes inne i det hulrom som dannes av de mellomliggende kort, samtidig som ferrittmaterialet hindres fra å komme i elektrisk kontakt med koplingspinnene. Utførelsen i fig. 3, 4 og 5 har videre forlengede partier 64 av kretskortet 52 for å opprette et sted for elektrisk kopling av signallederne. Dette forlengede parti 64 behøver imidlertid ikke være tilstede, og i stedet vil da ledningstrådene for elektrisk kopling av den PCB-baserte ferrittkjerne være loddet direkte på vedkommende steder på antennen. Alt etter den foreliggende anvendelse, kan videre den PCB-baserte ferrittkjerneantenne også i seg selv være innkapslet i et beskyttende materiale, slik som epoksy, for det formål at kretskortmaterialet ikke vil bli utsatt for arbeidsomgivelsene. Videre er det slik at det ved nedskrivning av denne spesifikasjon faktisk finnes teknikker for innleiring av elektriske ledende spor i et trykt kretskort, og da på en slik måte at disse ikke vises med annet enn deres elektriske kontakter, på overflaten av det trykte kretskort, og denne teknologi vil da også kunne brukes ved opprettelse av kretskortet 50 og kretskortet 52. Denne utførelse av den PCB-baserte ferrittkjerneantenne, slik som vist i fig. 3, 4 og 5, kan ha en lang dimensjon på omtrent 8 cm, en bredde på omkring 1,5 cm og en høyde på omtrent 1,5 cm. En PCB-basert ferrittkjerneantenne, slik som den som er vist i fig. 3, 4 og 5 og med disse dimensjoner vil da kunne være egnet for asimut-følsomme formasjonsresistivitetsmålinger. I situasjoner hvor borehullsavbildning er ønsket, vil den totale størrelse være mindre, men en slik konstruksjon vil ikke avvike fra omfangsrammen og idéinnholdet for denne oppfinnelsen.

Fig. 6 viser en utførelse som utnytter PCB-baserte ferrittkjerneantenner. Spesielt viser fig. 6 er verktøy 80 anordnet inne i et borehull 82. Dette verktøy 80 kan da være en ledningskabelinnretning, eller også vil verktøyet 80 kunne utgjøre en del av en bunnhullssammenstilling for utstyr for måling-under-utboring (MWD). I denne utførelse er kilden en antennesløyfe 84. Som det vil være kjent innefor fagområdet, genererer en sløyfeantenne 84 retningsuavhengig elektromagnetisk utstråling. Verktøyet 80, i den utførelse som er vist i fig. 6, omfatter også en første samling PCB-baserte ferrittkjerneantenner 86 som er koplet til et sted på verktøyet

80 og med en avstand S sløyfeantennen 84, samt flere andre PCB-baserte ferrittkjerneantennen 87 som er koplet til verktøyet på undersiden av den første antennesamling. Fig. 6 viser bare tre slike PCB-baserte ferrittkjerneantennen så vel innenfor den første som den andre samling (betegnet med 86A, B, C og 87A, B, C).

5 Et hvilket som helst antall PCB-baserte ferrittkjerneantennen kan imidlertid være anordnet med innbyrdes avstand langs omkretsen av verktøyet 80 på disse steder. Fortrinnsvis er imidlertid åtte PCB-baserte ferrittkjerneantennen 86 jevnt fordelt rundt omkretsen av verktøyet 80 innenfor så vel første som andre antennesamling. Driftsklare utførelser kan ha så få som fire antennen, og høyoppløsnings-

10 verktøyer kan ha et antenneantall på seksten, tretti-to eller mer. Kildeantennen 84 skaper en elektromagnetisk bølge, og hver av de PCB-baserte ferrittkjerneantennen 86, 87 mottar en andel av denne forplantende elektromagnetiske bølge. På grunn av at hver av de PCB-baserte ferrittkjerneantennen er anordnet med en bestemt omkretsbeliggenhet, og fordi antennene er montert nær inntil metalloverflaten av verktøyet 80, vil den mottatte elektromagnetiske bølge befinne seg på det

15 parti av borehullsveggen eller formasjonen som bølgen har forplantet seg gjennom. Med flere PCB-baserte ferrittkjerneantennen blir det da mulig i denne utførelse å ta opp asimutfølsomme avlesninger. Denne type avlesninger er i en viss grad avhengig av avstanden S mellom de flere antennen 86 og sløyfeantennen 84.

20 For avstander mellom kilden og den første antennesamling 86 av størrelsesorden seks tommer, vil et verktøy av den art som er vist i fig. 6 kunne være særlig egnet for å utføre avbildning av borehullsveggen på grunnlag av elektromagnetisk resistivitet. I dette arrangement vil den andre samling 87, hvis den brukes, kunne befinne seg i en avstand på omtrent én tomme fra mottakeren 86. For større avstander,

25 nemlig av størrelsesorden åtte tommer eller mer fra den første mengde 86 og fjorten til atten tommer for den andre mengde, kan verktøyet være særlig godt egnet for å utføre asimutfølsomme formasjonsresistivitetmålinger.

Det skal nå henvises til fig. 7, hvor det er vist en alternativ utførelse hvor man i stedet for å bruke en sløyfeantenne som kilde, selv bruker flere PCB-

30 baserte ferrittkjerneantennen for å generere den elektromagnetiske bølgekilde. Spesielt viser fig. 7 et verktøy 90 anordnet inne i et borehull 92. Dette verktøy 90 kan da være en ledningskabelinnretning eller også være et verktøy inne i en bunnhullssammenstilling for en MWD-prosess. I denne utførelse er kilden for elektromagnetiske bølger opprettet ved hjelp av flere PCB-baserte ferrittkjerneanten-

ner 94, hvis konstruksjon er blitt omtalt ovenfor. Skjønt tegningseksempelet i fig. 7 bare viser tre slike antenner, nemlig 94A, B og C, vil det hvilket som helst antenneantall kunne være anordnet med mellomrom rundt verktøyets omkrets, og det er da å foretrekke at åtte slike antenner blir brukt. På lignende måte, som ved den

5 utførelse som er vist i fig. 6, omfatter utførelsen i fig. 7 en første og en andre mengde PCB-baserte ferrittkjerneantenner 96, 97, som da brukes som mottakere og er anordnet med mellomrom langs omkretsen av verktøyet 90 i en viss avstand fra de flere senderantenner 94. I perspektivskissen i fig. 7, er bare tre slike mottakerantenner 96A, B og C synlig for den første antennesamling, og bare tre mottakerantenner 97A, B og C vil være synlig for den andre gruppe. Et hvilket som helst

10 antall antenner kan imidlertid anvendes, og fortrinnsvis blir åtte slike antenner brukt for så vel den første som den andre mengde. Drift av verktøyet 90 i fig. 7 vil alternativt kunne omfatte utstråling av elektrisk bølge med alle senderantenner 90 samtidig, eller kan alternativt omfatte avfiring av senderantennen 96 i rekkefølge

15 etter hverandre. På en måte som ligner den som er beskrevet i forbindelse med fig. 6, oppnås mottakelse av den elektromagnetiske bølge som genereres av kildeantennene 94 ved hjelp av hver enkelt mottakerantenne 96, 97. I kraft av omkretsavstanden omkring verktøyet 90, vil den opptatt elektromagnetiske bølgeforplantning være asimutfølsom. Et verktøy av den art som er vist i fig. 7 vil kunne

20 utnyttes for borehullsavbildning slik som tidligere omtalt, eller kan likeledes utnyttes for asimutfølsomme kombinasjons-resistivitetsmålinger.

Fig. 8 viser enda en annen utførelse av en resistivitetsanordning for bruk med en elektromagnetisk bølge under anvendelse av PCB-baserte ferrittkjerneantenner, slik som beskrevet ovenfor. Spesielt viser figur 8 et verktøy 100 anordnet

25 inne i et borehull 102. Dette verktøy 100 kan være en ledningskabel-innretning eller også kan verktøyet utgjøre en del av en bunnhullssammenstilling for en MWD-operasjon. I denne utførelse som er vist i fig. 8, omfatter verktøyet 100 én eller flere stabiliseringsfinner 104A, B. I denne utførelse er de PCB-baserte ferrittkjerneantenner fortrinnsvis plassert inne i stabiliseringsfinnen 104 nær dens ytre

30 overflate. Spesielt kan verktøyet omfatte en kildeantenne 106 og en mottakerantenne 108 anordnet inne i stabilisatorfinnen 104A. Det bør bemerkes at i denne spesielle utførelse kan verktøyet 100 tjene et dobbelt formål. Spesielt kan verktøyet 100 utnyttes for andre funksjoner, slik som bestemmelse av nøytronporøsitet, og da med nøytronkildene og sensorene anordnet på andre steder i verktøyet, slik

som inne i stabiliseringsfinnen 104B. Driftsfunksjonen for et verktøy slik som verktøyet 100 er av lignende art som for de tidligere utførelser ved at kildeantennen 106 genererer en elektromagnetisk bølge, som da mottas av mottakerantennen 108. I kraft av at mottakerantennens plassering er på en bestemt side av verktøyet 100, vil den elektromagnetiske bølgestråling som mottas være asimut-følsom. Hvis 5 verktøyet 100 dreies, vil borehullsavbildning være mulig. En ytterligere mottakerantenne kan være plassert inne i stabiliseringsfinnen 104A, hvilket da muliggjør asimut-følsomme resistivitetsmålinger.

Skjønt det ikke er blitt omtalt tidligere, angir fig. 9 at kildeantennen 106 og 10 mottakerantennen 108 er montert inne i fordypninger. I hver av de utførelser som er angitt i fig. 6, 7 og 8 er faktisk den foretrukne iverksetting, montering av PCB-basis-ferrittkjerneantennene i fordypninger på verktøyet. Med hensyn til fig. 6 og 7, befinner disse fordypninger seg inne i selve verktøylegemet. Med hensyn til fig. 8, befinner fordypningene seg på stabiliseringsfinnen 104A. Skjønt ferrittkjerneantennene, basert på trykte kretser ville vært utstrålende hvis de ble drevet i fritt rom, 15 vil på grunn av deres lille størrelse i forhold til verktøylegemet og det forhold at de fortrinnsvis er montert inne i fordypninger, antennene bli retningsfølsomme. Ytterligere retningsfølsomhet oppnås ved hjelp av et hettearrangement.

Fig. 10 viser et eksempel på et hettearrangement for dekning av den PCB-baserte ferrittkjerneantenne for å oppnå større retningsvirkning. Spesielt omfatter 20 hetten 110 en uthult indre flate 114, hvor hetten har tilstrekkelig volum til å dekke en PCB-basert ferrittkjerneantenne. På forsiden av hetten 100 befinner det seg en sliss 112. Driftsfunksjonen for hetten 110 i hvilken som helst av utførelsene omfatter plassering av hetten 110 over mottakerantennen (86, 96 eller 108) slik at hulrommet 112 dekker til den PCB-baserte ferrittkjerneantenne, og slissen 112 frilagt 25 på ytterflaten av verktøyet (80, 90 eller 100). Elektromagnetisk bølgestråling, spesielt de magnetiske feltkomponenter, som da er frembrakt av en kilde (enten en sløyfe eller annen PCB-basert ferrittkjerneantenne) kunne få tilgang, og derfor inducere et strømflyt i den PCB-baserte ferrittkjerneantenne innenfor hetten og 30 gjennom slissen 112. Jo mindre slissen er langs sin korte avstand, jo større blir retningsfølsomheten, Tilstrekkelig sliss vil imidlertid være påkrevet, slik at den elektromagnetiske bølgeutstråling vil kunne inducere tilstrekkelig strøm for deteksjon.

Skjønt det ikke er spesifikt vist på tegningene, vil hver av kildeantennene og mottakerantennene være koplet til en elektrisk krets for henholdsvis kringkasting og detektering. En vanlig fagkyndig på området, som nå er brakt til å forstå oppbygning og bruk av den PCB-baserte ferrittkjerneantenne vil erkjenne at de eksisterende elektronikker som brukes til loggeverktøyer av induksjonstype kan være koplet til de PCB-baserte ferrittkjerneantennene for utførelse av driftsformål. Ingen ytterligere beskrivelse av de spesifikke elektronikkeneheter er således påkrevet for å meddele en mer vanlig fagkunnskap innenfor dette område vise hvorledes den PCB-baserte ferrittkjerneantenne ut i fra forskjellige beskrevne utførelser med henvisning til nødvendige elektronikker.

Omtalen ovenfor er ment å anskueliggjøre prinsippene og i forskjellige utførelser i henhold til den foreliggende oppfinnelse. Tallrike varianter og modifikasjoner vil da fremgå klart for fagkyndige på området så snart den ovenfor angitte omtale fullt ut kan erkjenne meg. I de utførelser som er vist i fig. 6 og 7, befinner det seg to nivåer for mottakende antenner. For formasjonsresistivetsmålinger, kan det være påkrevet å ha to nivåer av mottakerantennene, slik at en forskjell i mottakende amplitude og differanse i mottatt fase kan bestemmes. For bruk av de PCB-baserte ferrittkjerneantennene i borehullets avbildningsverktøyer, vil det andre nivå for mottakende antenner være påkrevet. Tilsvarende har den utførelse som er vist i fig. 8 bare én senderantenne og én mottakerantenne, slik at den vil være utmerket egnet for avbildning av borehullsveggen, og den kan likeledes inkludere en ytterligere mottakerantenne, og med korrekt innbyrdes avstand, også vil kunne brukes som en utprøvningsinnretning for formasjonsresistivitet. Det tilsiktes at de følgende patentkrav skal tolkes til å omslutte alle slike utførelsesvarianter og modifiseringstiltak.

PATENTKRAV

1. Nedihullsverktøy, k a r a k t e r i s e r t v e d at det omfatter:
en kildeantenne (84, 94) som er mekanisk koplet til et verktøylegeme, og
5 denne kildeantenne (84, 94) genererer elektromagnetisk stråling,
en første mengde retningsfølsomme mottakerantennener (86, 96) som er me-
kanisk koplet til verktøylegemet rundt en omkrets av verktøylegemet i en første
avstand fra kildeantennen (84, 94),
en andre mengde retningsfølsomme mottakerantennener (87, 97) som er me-
10 kanisk koplet til verktøylegemet rundt en omkrets av nedihullsverktøyet i en andre
avstand fra kildeantennen (84, 94), og
hvor nedihullsverktøyet tar opp asimutfølsomme formasjonsresistivitetmålinger
basert på elektromagnetisk stråling av en formasjon som omgir borehullet under
en utboringsoperasjon.
15
2. Nedihullsverktøy som angitt i krav 1, hvor så vel den første som den andre
mengde mottakerantennener (86, 96, 87, 97) videre omfatter en ferrittkjerneantenne
(74) basert på trykt kretskort.
- 20 3. Nedihullsverktøy som angitt i krav 1, hvor den første avstand for den første
mottakerantennemengde er omtrent 20,32 cm til 25,4 cm.
4. Nedihullsverktøy som angitt i krav 3, hvor den andre avstand for den andre
mengde mottakerantennener er omtrent 35,56 cm til 45,72 cm.
25
5. Nedihullsverktøy som angitt i krav 1, hvor kildeantennen videre omfatter en
sløyfeantenne (84) som sender ut rundt strålende elektromagnetisk stråling.
6. Nedihullsverktøy som angitt i krav 1, hvor kildeantennen videre omfatter
30 flere ferrittkjerne-antennener (94) basert på trykt kretskort og anordnet i innbyrdes
mellomrom rundt omkretsen av verktøylegemet.

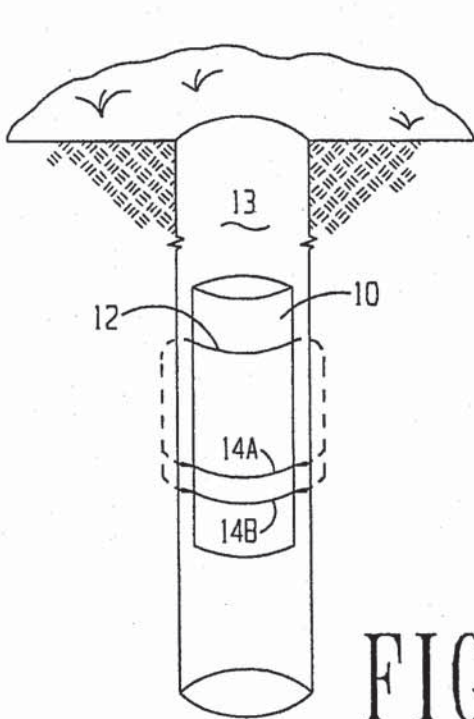


FIG 1
(KJENT TEKNIKK)

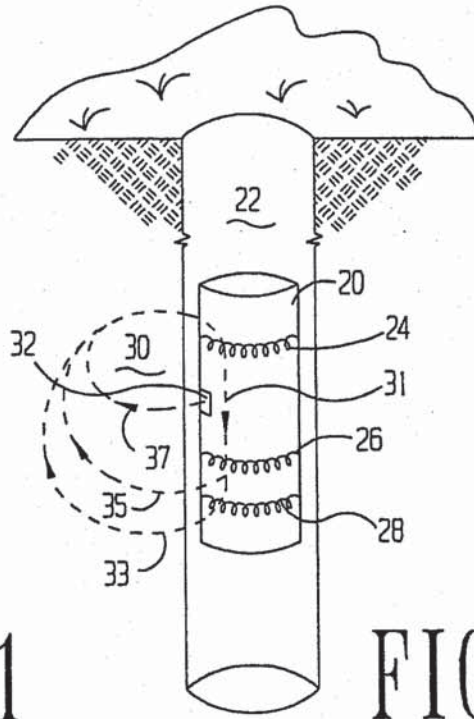


FIG 2
(KJENT TEKNIKK)

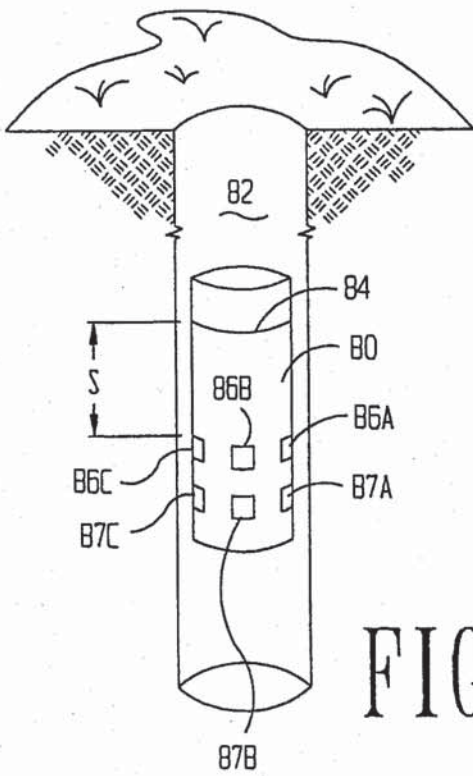


FIG 6

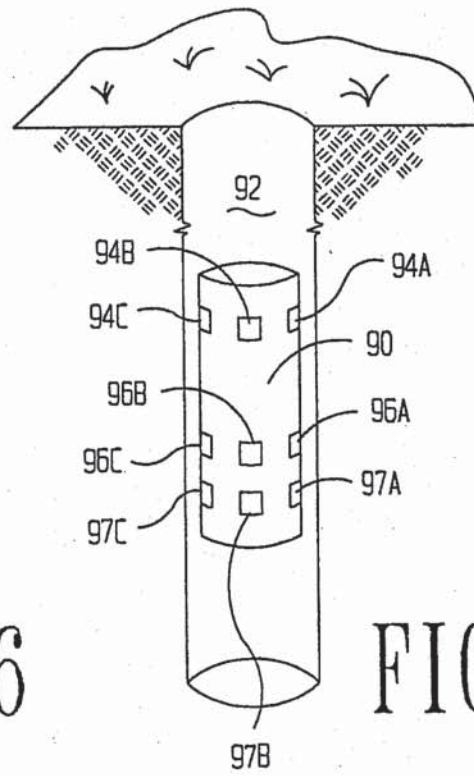


FIG 7

2 / 4

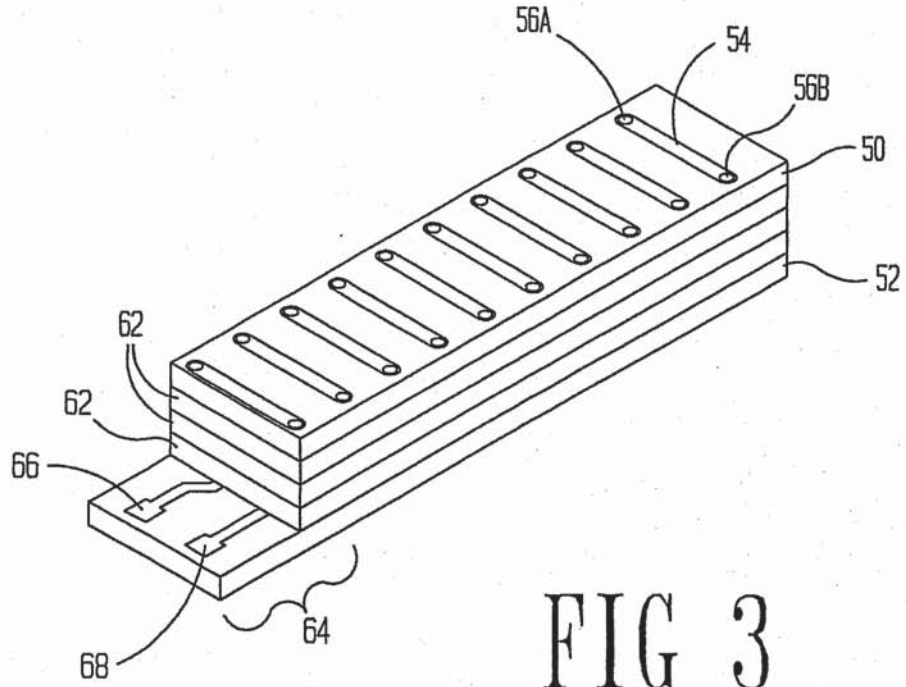


FIG 3

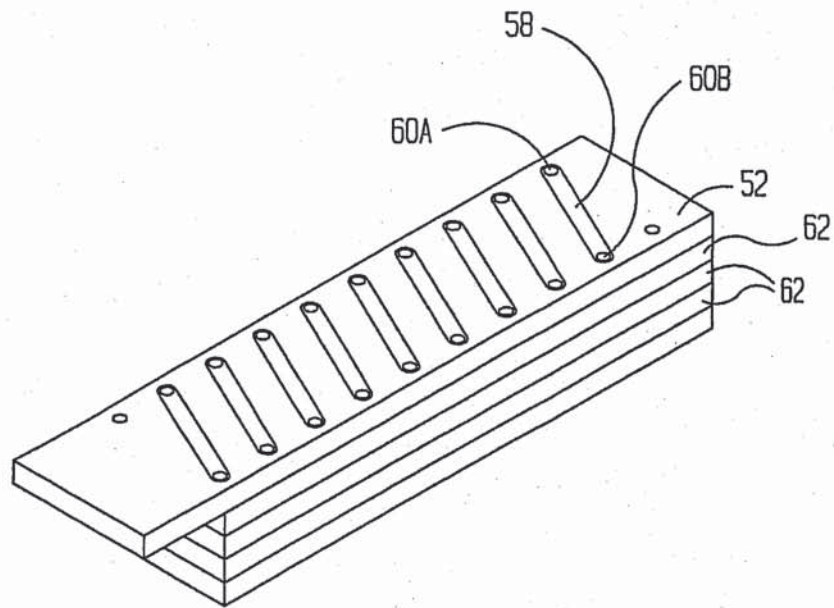


FIG 4

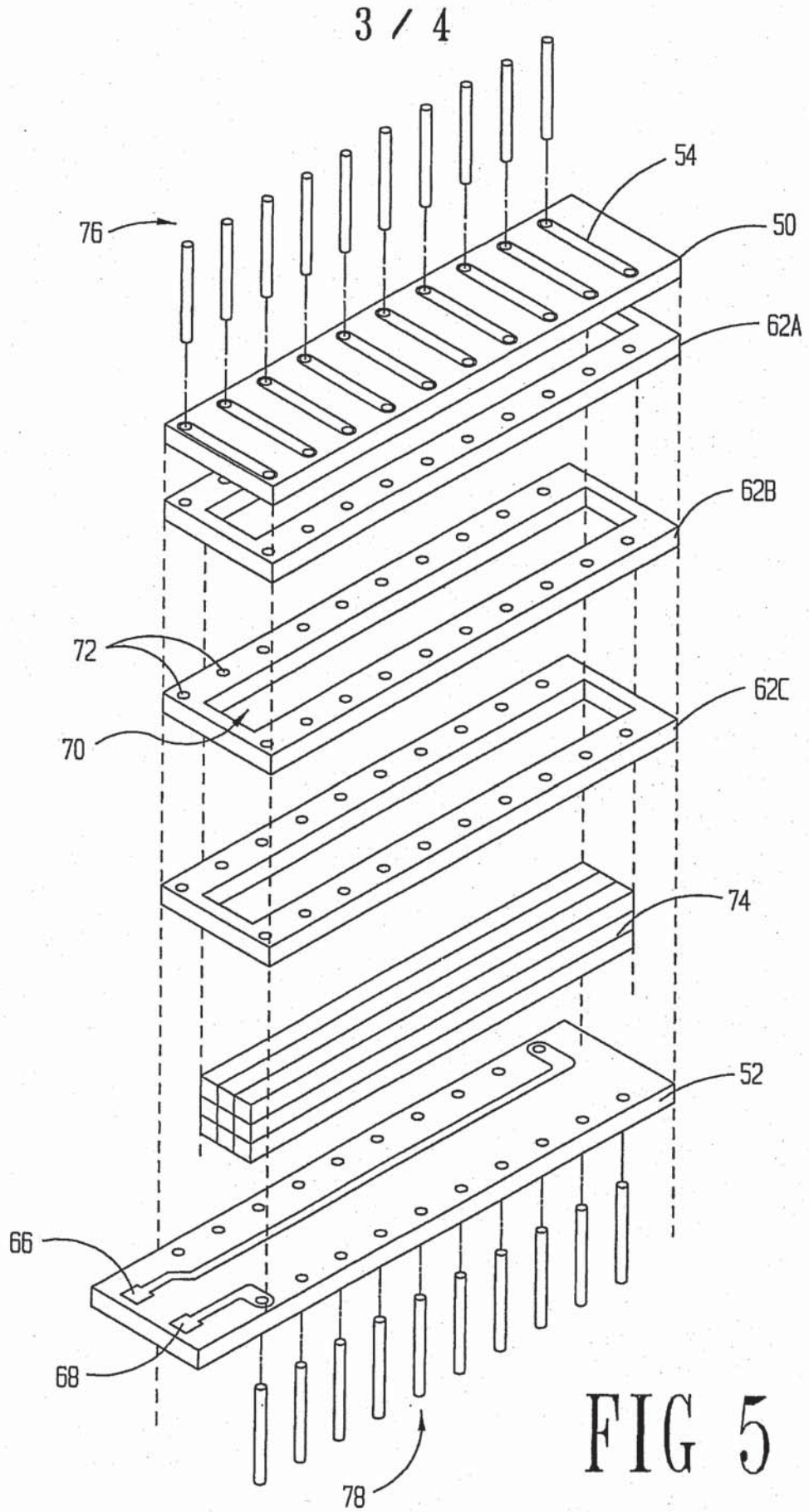


FIG 5

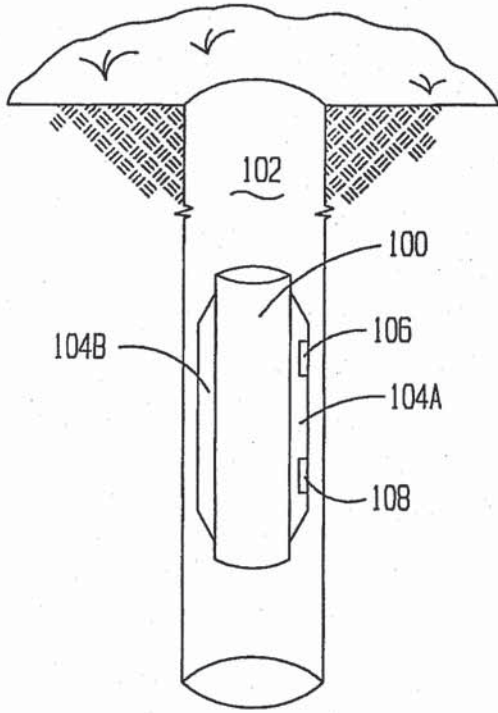


FIG 8

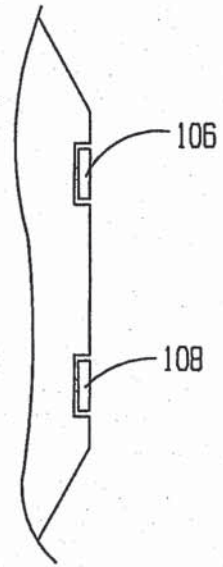


FIG 9

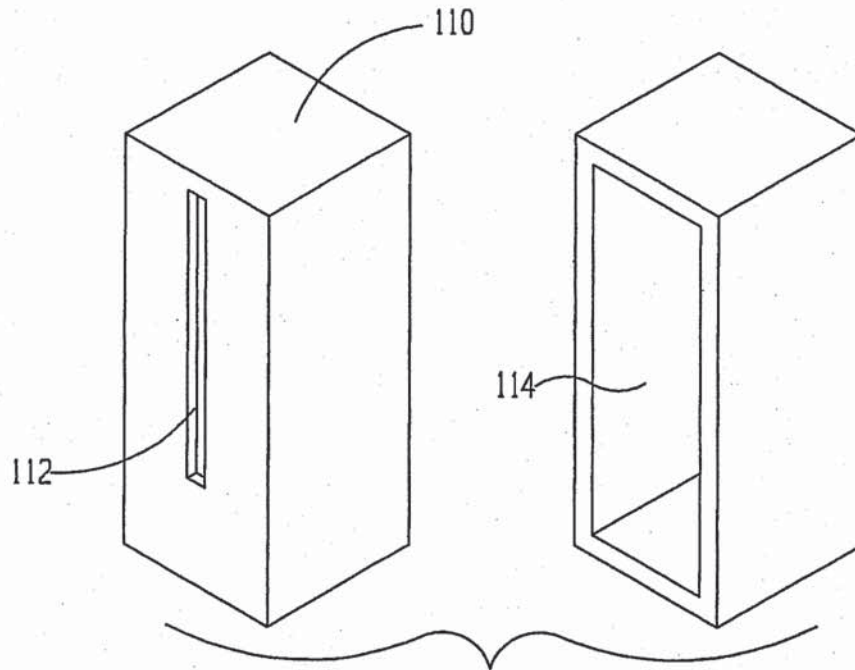


FIG 10