



(12) UTLEGNINGSSKRIFT

(19) NO

(11) 173473

(13) B

(51) Int Cl<sup>5</sup> G 01 V 1/40

## Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr	884839	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	31.10.88	(85) Videreføringdag	19.11.87, US, 122978
(24) Løpedag	31.10.88	(30) Prioritet	
(41) Alm. tilgj.	22.05.89		
(44) Utlegningsdato	06.09.93		

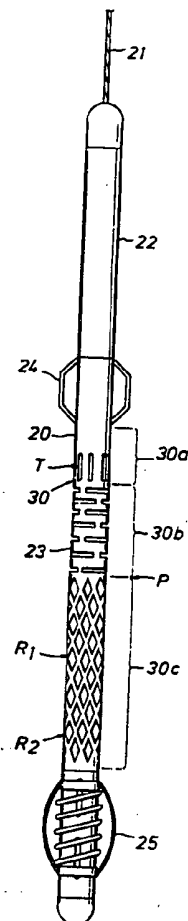
(71) Patentsøker	Schlumberger Limited, 277 Park Avenue, New York, NY 10172, US
(72) Oppfinner	David Hoyle, Houston, TX, US Shu-Kong Chang, West Redding, CT, US Gyula Varga, Brookfield, CT, US
(74) Fullmektig	Ole J. Aarflot, Bryn & Aarflot AS, Oslo

(54) Benevnelse Loggesonde-hus med akustisk forsinkelse

(56) Anførte publikasjoner US 3191141, 3191144, 4020452.

(57) Sammendrag

Et hus for en akustisk loggesonde (20) for bruk i et borehull, omfatter en akustisk sender (T) og en eller flere akustiske mottagere ( $R_1$ ,  $R_2$ ) anbrakt i fast avstand fra senderen (T), og et langstrakt, rørformet hus (23) med et senderområde (30a), et mellomliggende område (30b) og et mottagerområde (30c). Det rørformede huset (23) har en rekke avbrytelser eller huller i den langsgående kontinuiteten av vegg for å forsinke den akustiske energi som passerer fra senderen (T) til mottageren ( $R_1$ ,  $R_2$ ) langs huset. Mottagerarealet til huset er videre forsynt med anordninger for å redusere sekundær akustisk støy som frembringes ved akustisk spredning mellom det mellomliggende området (30b) og mottagerområdet (30c).



Foreliggende oppfinnelse vedrører undersøkelsesapparater for bruk i borehull, og mer spesielt akustiske brønnlogge-apparater som undersøker mediene som omgir et borehull med akustiske energipulser. Helt konkret dreier det seg om et apparat for bruk i en boret brønn, hvilket apparat omfatter en akustisk senderanordning og akustiske mottakeranordninger anbrakt i fast avstandsforhold til den akustiske senderanordningen.

Et akustisk brønnlogge-apparat har vanligvis en sylindrisk form og er dimensjonert for å passere gjennom et fluidumfylt borehull. Vanligvis bærer apparatet to eller flere transdusere som er anbrakt og festet i en fast avstand fra hverandre. I et typisk akustisk apparat som har tre transdusere, tjener en av transduserne som sender av lydbølger, mens resten av transduserne tjener som mottagere for lydbølger. Mottagerne er adskilt fra hverandre med en forut bestemt avstand og er anbrakt på en side av senderen langs apparatets langsgående akse. Under drift blir senderen i apparatet elektrisk aktivert periodisk for å utsende pulser med akustisk energi (eller trykkbølger) som forplanter seg utover fra senderen med en hastighet som avhenger av de media som bølgene trenger gjennom. Ankomsten av den akustiske energi ved de suksessivt anbrakte mottagerne blir detektert for å trykke elektriske kretser i apparatet som virker til å fastslå en egenskap ved formasjonen ut fra den akustiske energipulsen som forplanter seg over den forut bestemte avstand mellom de to mottagerne.

Akustisk energi som diskutert ovenfor, kan genereres eller mottas ved hjelp av piezoelektriske, magnetostriktive eller andre transdusere på velkjent måte.

I et typisk borehull er et akustisk apparat vanligvis beliggende i avstand fra borehullsveggen slik at den utsendte akustiske bølgeenergi eller trykkpulsene først overføres i alle retninger gjennom fluidet (vanligvis slam) i borehullet, og etter å ha forplantet seg gjennom fluidet over avstanden fra apparatet til veggen i borehullet, blir en del av bølgeenergien overført til tilstøtende medier som omgir

borehullet. Den karakteristiske hastigheten til bølgebevegelsen eller bølgeenergien gjennom fluidene i brønnen, er vanligvis omkring 1525 meter pr. sekund, mens den karakteristiske hastigheten for bølgebevegelse gjennom de tilstøtende medier kan variere fra 1525 meter pr. sekund til 7620 meter pr. sekund for trykkbølger avhengig av de typer medier man støter på. Andre bølgetyper kan ha lignende egenskaper.

Den del av den akustiske bølgeenergi som overføres inn i mediene, forplanter seg vanligvis med en høyere hastighet enn den tilsvarende del av bølgeenergien som forplanter seg i borefluidet i brønnen. Av denne grunn når den del av bølgeenergien som forplanter seg gjennom mediene, en mottager før det tidspunkt den del av den akustiske bølgeenergi som forplanter seg gjennom fluidene, gjør. Det er dette trekket med høyere mediahastighet som tillater måling av hastigheten av akustisk energi i de medier som omgir et borehull.

Vanligvis genererer hver puls med akustisk energi når den treffer en mottager-transduser, et elektrisk signal som inneholder et antall bølgebevegelser, perioder eller vibrasjoner. Parametermålingen er vanligvis basert på deteksjonen av en gitt del eller egenskap ved et elektrisk signal som utvikles ved de respektive mottagere for en gitt akustisk energipuls. En vanlig brukt parameter for et tilsvarende elektrisk signal for deteksjonsformål, er for eksempel en spenningsamplitudeverdi. Dette gjøres mulig fordi bølgebevegelesene, periodene eller vibrasjonene til et typisk elektrisk signal som fremkalles fra en typisk akustisk energipuls, i den første periode vanligvis innbefatter en første topp med en gitt polaritet fulgt av en annen topp med motsatt polaritet og tilnærmet tre ganger størrelsen av den første topp, og i den annen periode en tredje topp med en polaritet maken til den første topp og omkring ti ganger størrelsen av den første topp. Når en valgt karakteristisk verdi av spenningsamplituden overstiges, kan dermed et deteksjonssignal for drift av de elektriske kretsene utvikles.

Den karakteristiske verdi av spenningsamplituden som

velges til deteksjonsformål, er vanligvis slik at deteksjon vil inntreffe under den første periode av et signal. Valget av en spenningsamplitude-karakteristikk for en første periode av signalet for å detektere den første ankomst av det akustiske signal, er ønskelig fordi spenningsamplitude-verdiene til påfølgende perioder vanligvis er forvrengt på grunn av akustiske refleksjoner i borehullet.

I nyere utførelsesformer har akustiske apparater blitt konstruert for å måle og registrere fullstendige akustiske bølgeformer med stor nøyaktighet, innbefattet trykk-, skjær- og Stoneley-bølger fra den første periode over en forut bestemt tid. Denne type fullstendig bølgeformlogging krever enda større nøyaktighet i målekretsene og større isolasjon av det ønskede akustiske signal fra kilder for uvedkommende støy.

Av den foregående diskusjon er det klart at en passende bæreanordning for transduserne må kunne forhindre passasje av detekterbar akustisk energi i langsgående retning mellom transduserne med en hastighet som er høyere enn hastigheten i de tilstøtende medier som omgir borehullet. Det er klart av hvis bæreanordningene ikke er konstruert på denne måten, vil mottagerkretsen bli trigget for tidlig av den akustiske energi som forplanter seg gjennom bæreanordningen og derved forhindre at den elektriske kretsen oppnår en parametermåling som er nøyaktig relatert til hastigheten i de tilstøtende medier.

De nyere krav til akustiske loggeapparater for mottagelse og registrering av fullstendige soniske bølgeformer under en loggekjøring, som kan tilveiebringes for hver av en rekke (eller en sammenstilling) av akustiske mottagere på det akustiske loggeapparatet, krever i tillegg at ikke bare må huset tilveiebringe en ønsket akustisk forsinkelsestid mellom senderen og mottagerne, men huset må også minimalisere eventuell uønsket sekundær akustisk energi (støy) som frembringes av huset omkring mottagerne.

Inntil nå har det huset som er anordnet for å bære og adskille transduserne fra hverandre, hatt lave styrkeegenskaper og enten hatt lavhastighets-karakter eller dempnings-karakter for å undertrykke amplituden til energien.

Tidligere kjente hus har med andre ord på akustisk måte hindret detekterbar akustisk energi fra å utløse mottagerkretsen før den tidligste ankomst av det ønskede akustiske signal (fra grunnformasjonene). Disse husene som er konstruert for å oppfylle akustiske sperretilstander for akustisk å blokkere den direkte lydbane, har imidlertid vært komplekse og kostbare å fremstille. Videre har de også vært kostbare å vedlikeholde og har hatt utilstrekkelige styrke-kvaliteter for gjentatt vanlig bruk i felten.

Forbedringer ved husene eller bæreanordningene har øket både husets styrke og den akustiske signalforsinkelses-tiden. Slike forbedringer innbefattet de som er vist i US patent nr. 3 191 141, 3 191 142 og 3 191 143. Disse patentene tilhører foreliggende søker og inntas her som referanse.

Disse tidligere kjente hus kalles generelt for slissede hylser. Området fra senderen til mottageren omfatter diskontinuerlige, omkretsmessige slisser som skaper en buktet bane for akustisk energi som forplanter seg i huset i langsgående retning. Rektangulære, åpne anordninger er også skapt i huset i nærheten av senderne og mottagerne.

Fra ovennevnte US patent 3 191 141, samt fra US 3 191 144 og 4 020 452 er kjent seismiske sonder med dempende organer innskutt mellom sender- og mottager-transduserne. Organene er rørformede, og omfatter en rekke åpninger i veggene som definerer forutbestemte mønstre. Avbrytelses-mønstrene ifølge den kjente teknikk er imidlertid ikke egnet til å redusere dannelse av sekundær akustisk støy.

Den uønskede sekundære akustiske energi eller støy, utvikles hovedsakelig på grunn av det diskontinuerlige mønster som er dannet i den husseksjonen som omgir mottagerne. Lydbølger som forplanter seg langs den buktede banen til de slissede hylsehusene fremkaller reflekterte spredningsmønstre når de møter endringen i mønster fra de diskontinuerlige slissene til de åpne rektangulære vinduene omkring eller i nærheten av mottagerne. Ytterligere støy blir fremkalt i de tidligere kjente hus på grunn av "ringingen" av de korte sylindriske elementene som utgjør den slissede hylsen. Den

støy som produseres på grunn av konstruksjonen av de tidligere kjente slissede hylsehus begrenser deres effektivitet, spesielt ved loggeoperasjoner som benytter fullstendige bølgeformer.

Det er derfor et formål med foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et hus for en akustisk loggesonde som gir en akustisk signalforsinkelse mellom senderen og mottager-elementene og som minimaliserer den støy som produseres av huset omkring mottagerne.

Et annet formål er å tilveiebringe et hus som har et kontinuerlig mønster omkring mottagerne som minimaliserer ringestøy.

Andre og ytterligere formål vil bli forklart i det følgende og er mer spesielt skissert i de vedføyde krav, og oppfinnelsen defineres nøyaktig ved hjelp av kravene.

Med litt andre ord kan det uttrykkes at oppfinnelsen omfatter et nytt og forbedret hus for et akustisk loggeapparat som brukes for å beskytte senderen (senderne) og mottageren (mottagerne) i loggeapparatet. Huset har en rekke avbrytelser i veggens langsgående dimensjon for å forsinke den akustiske energi som kobles fra senderen (senderne) til mottageren (mottagerne) langs huset. Huset omfatter videre anordninger i nærheten av mottageren (mottagerne) for å redusere sekundær akustisk støy som frembringes ved akustisk spredning i nærheten av mottageren (mottagerne). Foretrukne detaljer og konstruksjoner blir nærmere beskrevet i det følgende under henvisning til de vedføyde tegninger, hvor:

- Fig. 1 er en skisse av en akustisk loggesonde ifølge oppfinnelsen;
- Fig. 2 er en skisse av en tidligere kjent akustisk loggesonde;
- Fig. 3 er en skisse av en alternativ akustisk loggesonde ifølge foreliggende oppfinnelse;
- Fig. 4 viser en akustisk logg med fullstendig bølgeform og stor nøyaktighet oppnådd ved hjelp av en akustisk loggesonde av tidligere kjent type som vist på figur 2;

- Fig. 5 viser en logg i likhet med den på figur 4 for en akustisk loggesonde med huset på figur 1;
- Fig. 6 er en ikke utrettet, sylindrisk tverrsnitts-skisse av den ytre sylindriske overflate for en del av den sonden som er vist på figur 1, i nærheten av mottagerne fremkalt i tegningens plan;
- Fig. 7 viser en sylindarseksjon i likhet med figur 8 som viser den dobbeltskrudde rutemønster-seksjonen av hylsen på figur 3;
- Fig. 8 viser en sylinder-seksjon i likhet med figur 8 av et alternativt mønster med minst mulig metall; og
- Fig. 9 viser et annet alternativt mønster med minst mulig metall i likhet med figur 8.

Ifølge foreliggende oppfinnelse er et første krav for å redusere den karakteristiske hastighet for en lengde av en rørformet bæreanordning konstruert av stål, å hovedsakelig eliminere enhver direkte lineær bane langs den rørformede bæreanordning og tilveiebringe et akustisk interferensmønster langs huset. Sagt på en annen måte, den langsgående kontinuitet av den rørformede bæreanordning må være i det vesentlige avbrutt eller forstyrret slik at det dannes buktede akustiske baner. Avbrytelsene er imidlertid slik at der er gjenværende langsgående forbindelsesstykker som forhindrer betydelig langsgående og tverrgående bøyning av det rørformede organ. Den buktede bane forlenger effektivt den avstand som akustisk energi må følge og påvirker også de mekaniske egenskapene til en bæreanordning ved å minske den langsgående spesifikke fjærstivhet for bæreanordningen og dens vekt pr. lengdeenhet. En annen enkel løsning er å henge opp senderen over mottagerseksjonen, for eksempel ved hjelp av en kabel, med mulig bruk av ytterligere akustisk undertrykkelses-anordninger på den mellomliggende kabel. Selv med den opphengte mottagerseksjon omgitt av et stivt, beskyttende hus, vil dette huset motta noe av den akustiske energi fra senderen, som vil frembringe uønsket sekundær spredning nær mottageren (mottagerne) selv om kabelen kan tilveiebringe tilstrekkelig langsomhet. Hussystemet med sender-kabel-

mottager gir således den ønskede forsinkelse, (selv om det mangler stivhet for logging av avvikshull o.s.v.) og oppfyller den førtste betingelse for et hus med akustisk forsinkelse.

Et annet krav for den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et hus som ikke har særlig uønsket sekundær akustisk energi (støy) som utsendes av huset i nærheten av mottagerne som reaksjon på en sender-utløsning. Slik støy blir frembrakt ved akustisk spredning i huset.

Mønsteret eller konfigurasjonen av kutt i huset mellom senderen og hver mottager må derfor være konstruert for å forsinke det akustiske signal som forplanter seg langs huset fra senderen til mottageren slik at den første akustiske ankomst vil være basert på egenskaper ved borehullsformasjonen i stedenfor huset. Dette er nyttig for vanlige akustiske loggeoperasjoner basert på "første bevegelse". Problemet med å redusere husstøyen i nærheten av mottagerne, (konstruksjonskravet), er viktigere når fullstendige bølgeformer måles, siden støyen vil skape feil i de målte bølgeformer. Bruken av fullstendige bølgeformer er velkjent, som beskrevet i US patent nr. 4 210 965, 4 210 966 og 4 210 967.

Det er derfor nødvendig å konstruere et hus som har to distinkte egenskaper. Den første egenskap er en forut valgt forsinkelsestid for det sendergenererte signal som transporteres av huset og når hver mottager. Den annen egenskap er minskningen av de uønskede sekundære akustiske signaler eller støyen som genereres i og av huset i nærheten av mottagerne. Den første egenskapen har vært gjenstand for tidligere patenter. Forskjellige buktede banemønstre kan være og har blitt utviklet i samsvar med foreliggende oppfinnelse basert på signalfrekvensen og minimum eller forutvalgt ønsket signalforsinkelse. Den andre krevede egenskapen, minimalisering av husstøyen i nærheten av mottagerne, gir svært annerledes betraktninger.

Foreliggende oppfinnelse omfatter et langstrakt og hovedsakelig sylindrisk hus for et akustisk eller "sonisk" loggeapparat som skal brukes i et borehull som inneholder et brønnfluidum. Apparatet er innrettet for å bli ført gjennom bore-

hullet ved hjelp av en armert elektrisk kabel som spoles opp på en vinsj på overflaten og er elektrisk koblet til indikerings- og registreringsenheter på overflaten.

Det vises nå til figur 1-3 hvor like henvisningstall beskriver like deler, og hvor figur 1 viser en foretrukket utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, figur 2 viser et vanlig tidligere kjent apparat og figur 3 viser en alternativ utførelsesform av foreliggende oppfinnelse. Før det gis en analyse av de støyundertrykkende konstruksjons-egenskapene for et hus ifølge oppfinnelsen, skal det gis spesielle eksempler på foretrukne utførelsesformer.

På figur 1 er det illustrert et langstrakt, men stivt konstruert akustisk loggeapparat 20 anordnet for å bli ført gjennom et borehull (ikke vist) ved hjelp av en armert elektrisk kabel 21 og en vinsj (ikke vist) som er anbrakt på jordoverflaten. Apparatet 20 omfatter en øvre, rørformet hylse 22 og et nedre, rørformet hus 23, som begge fortrinnsvis er laget av stål. En enkelt sentrerings-bæreinnetning 24 som er anbrakt ved apparatets 20 tyngdepunkt, kan benyttes hvis apparatet skal sentreres i et borehull. Alternativt kan to eller flere sentrerings-bærere anordnes langs apparatets lengde, om ønsket. Hvis man ønsker det, kan også en caliperinnretning 25 for måling av borehullets diameter, eller andre lignende sekundære innretninger, være koblet til apparatet 20, for eksempel ved dets nedre ende som vist på tegningen.

En koaksialt anbrakt kjerne (ikke vist) bærer sender- og mottager-transduserne i en forut bestemt fast avstand. Huset 23 omgir kjernen og transduserne som er montert på kjernen.

Inne i den øvre hylsen 22 er elektroniske komponenter og kretser for periodisk å aktivere en sender T og utføre målefunksjonen som reaksjon på signaler fra mottagerne  $R_1$  og  $R_2$ . Senderen T og mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  er vanligvis montert med fast avstand på en stiv kjerne med senderen T, mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  og den bærende kjerne omgitt av det beskyttende hus 23. For enkelhets skyld er en sender og to mottagere antydnet. Akustiske apparater bruker imidlertid ofte flere sendere og

mottagere, og slike sammenstillinger av transdusere kan også benyttes her.

De elektroniske kretsene i hylsen 22 er via kabelen 21 koblet til konvensjonelt utstyr for indikering og registrering på overflaten (ikke vist). Tidsmåle-funksjonen kan utføres av kretser som er velkjente på området, som vist i US patent nr. 3 191 141 hvor en nøklingskrets periodisk utløser senderen T for å sende ut en akustisk energipuls. Nøklingskretsen bestemmer også den periode hvor hver mottager  $R_1$  og  $R_2$  er aktivert for å motta akustiske signaler. Dette har blitt brukt til å tilveiebringe bestemmelser av den første ankomsttid. Ved å tillate mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  til å fortsette å motta akustiske signaler etter den første ankomst, er det mulig å avføle fullstendige akustiske bølgeformer. Slike motsatte signaler blir overført opp over kabelen 22 for registrering som akustiske logger.

De nedre, rørformede hus 23 omfatter tre illustrerende husseksjoner identifisert med henvisningstall 30 og adskilt fra hverandre med bokstavene A, B og C. Husseksjonene 30a (sender), 30b (mellomliggende) og 30c (mottager) adskiller akustisk transduserne (sender T og mottager  $R_1$  og  $R_2$ ) fra hverandre med den akustiske overføringsresponsen til de identifiserte husseksjonene. Mottager-husseksjonen 30c strekker seg over mottageren  $R_1$  og under mottageren  $R_2$  for fullstendig å dekke området ved mottagerne. Klarere sagt strekker mønsteret for mottagerseksjonen seg fra et langsgående punkt (P eller  $P^1$ ) mellom sender-området og mottager-området (slik som ved begynnelsespunktet for mottagerområdet).

Vanligvis er hver husseksjon 30 konstruert og anordnet for å tillate og lette utbredelsen av akustisk energi i et hovedsakelig radielt mønster mellom en transduser inne i det rørformede huset og borefluidene eller slammet (ikke vist) i borehullet som er utenfor transduserne. Vanligvis er også hver husseksjon 30 konstruert og anordnet for å øke den tilsynelatende tid som er nødvendig for at detekterbar energi kan forplante seg over de deler av huset som ligger mellom

transduserne.

Hver husseksjon 30 er konstruert og anordnet for å tilveiebringe tomrom omkring omkretsen og langs husets 23 lengde, som danner en hovedsakelig buktet, langsgående bane fra sender til mottager. Alternativt kan den mellomliggende husseksjon 30B som befinner seg mellom senderen T og mottagerseksjonen 30c, innbefatte en annen akustisk forsinkelses- eller undertrykkelsesanordning, som for eksempel en kabel med eller uten ytterligere akustiske undertrykkelses- eller dempningsanordninger. Det akustisk signal som overføres fra senderen, langs kabelen til og langs mottager-husseksjonen er derfor definert i foreliggende oppfinnelse, ganske enkelt som en annen buktet bane mellom senderen og mottagerne. Derfor er den ganske enkelt behandlet i foreliggende oppfinnelse som et mellomliggende hus med et akustisk forsinkelsesmønster. Dermed inntreffer akustisk bølgeoverføring langs huset ved utbredelse langs buktende baner som strekker seg i langsgående retning langs huset 23 og som er større enn den rette linjeavstand mellom suksessive punktpar. Dette arrangementet gir den ønskede akustiske forsinkelse for huset 23.

Apparathuset eller sondehuset 23 er også konstruert for å minimalisere sekundær akustisk støygenerering i nærheten av mottagerne  $R_1$  og  $R_2$ . Mer spesielt oppviser mottager-husseksjonen 30c som vist på figur 1 og 3, et karakteristisk mønster som går igjen over hele lengden av det nedre huset i nærheten av eller omkring mottagerne  $R_1$  og  $R_2$ . Et foretrukket mønster, vist på figur 1, viser et enkelt, kontinuerlig mønster som strekker seg fra senderen T til et punkt forbi enden av den siste mottageren. Dette mønsteret på husseksjonene 30a, b og c tilveiebringer både en forsinkelse i ankomsttiden til det akustiske signal som genereres av senderen T og som transporteres langs huset 23, samt minimalisering av akustisk støy som produseres av huset i nærheten av mottagerne, og som ville forvrengte de fullstendige akustiske bølgeformer.

Som vist på figur 3, kan alternativt en mellomliggende husseksjon 30b med et utmerket akustisk forsinkelsesmønster

adskille senderen T fra mottagerseksjonen 30c, mens et kontinuerlig mønster er tilveiebrakt på mottager-husseksjonen 30c med en akustisk transparent eller ikke-støydannende konfigurasjon.

Til sammenligning har tidligere kjente apparater som vist på figur 2, akustiske seksjoner 30a, 30b og 30c henholdsvis omkring senderen T, mellom senderen T og mottageren  $R_1$  og mellom mottagerne  $R_1$  og  $R_2$ . Et diskontinuerlig, åpent slisset mønster (vinduer) omgir imidlertid mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  og senderen T. Selv om husseksjonene 30b og 30c forsinker den akustiske puls langs huset 23 fra senderen T til mottagerne  $R_1$  og  $R_2$ , tilveiebringer diskontinuiteten i mønsteret til den akustisk hindrende seksjonen 30c omkring mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  skapt av vindu-sliss-vindu-mønsteret, et uønsket akustisk støysignal som kan mottas av mottagerne  $R_1$  og  $R_2$ , spesielt ved logging med fullstendig akustiske bølgeformer. Mer spesielt frembringer det diskontinuerlige mønster eller mønsterendringen fra den mellomliggende seksjon 30b til mottagerseksjonen 30c og diskontinuitetene inne i mottagerseksjonen 30c, en akustisk spredning som blir mottatt som akustisk støy i nærheten av mottagerne.

Spesielle loggekjøringer viser mer spesielt virkningene av denne sekundære akustiske støy. Figur 4 viser en seksjon av en akustisk loggekjøring som benytter et tidligere kjent hus av den type som er vist på figur 2. Loggeapparatet som har en oppstilling av åtte adskilte mottagere, ble testet ved en borehullsdybde på 950 meter. Bølgeformene inneholder de forventede trykk-, skjær- og Stoneley-bølgene. Imidlertid varierer formen av Stoneley-ankomsten sterkt fra mottager til mottager. Denne variasjonen skyldes for en stor del den støy som frembringes av huset i nærheten av mottagerne. I en bløt formasjon viser det seg i tillegg at en "sekundær Stoneley-fantombølge" blir mottatt (ikke vist), idet den ankommer mellom trykk- og Stoneley-bølgene. Denne "sekundære Stoneley-bølgen" antas å være resultatet av koherent spredning av trykkbølgen fra det diskontinuerlige mønsteret på det tidligere kjente sondehuset.

Til sammenligning er det på figur 5 vist en sammenstilling av bølgeformer fra en sonde med åtte mottagere ved benyttelse av huset på figur 1 ved samme dybde og i samme hull. Koherensen mellom bølgeformene er helt overlegen over hver av mottagerne i sammenstillingen, og oppviser bare amplitudesvekking over avstand som ventet. I tillegg utvikles det ingen fantomsignaler i bløte formasjoner med dette sondehuset. Huset som er vist på figur 1 eliminerer derfor hovedsakelig den støy som frembringes av de tidligere kjente huskonstruksjoner.

Et karakteristisk trekk ved dette nye huset i henhold til foreliggende oppfinnelse, er derfor at det må ha en mottagerseksjon med et kontinuerlig mønster. De foretrukne hus som er vist på figur 1 og 3, oppfyller dette kravet ettersom de har mottagerseksjoner 30c som har et enkelt kontinuerlig mønster i langssående retning omkring apparatet eller sonden. De tidligere apparatene (som på figur 2) har diskontinuerlige mønstre, (slik som tilveiebrakt av "vinduene" over mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  adskilt med en vanlig slisset seksjon) i mottagerseksjonene og frembringer dermed sekundær støy.

Mange forskjellige mønstre kan brukes i nærheten av mottagerne så lenge mønsteret er kontinuerlig i langsgående retning. Figur 6 viser den ytre overflate av endel av huset på figur 1 i nærheten av mottagerne 30c) fremkalt i tegningens plan. For enkelthets skyld kalles dette det "uomviklede" mønsteret for huset på figur 1. Figur 6 viser et forskjøvet eller "murstensmønster" av slisser (hull) som er skåret inn i husveggen. Det har vist seg at spesielle dimensjoner av mønsteret gir bedre egenskaper ettersom spredningen av de akustiske bølgene er en funksjon av (1) akustisk frekvens (2) vertikal innfallsvinkel for den akustiske energi  $\theta$ , (3) azimuth-innfallsvinkelen  $\phi$  (4) hull-lengden  $a$  og (5) hullets aspektforhold (hullets høyde/lengde)  $b/a$ . Mønsteret til mottagerstasjonen 30c i huset 23 er således underkastet passende konstruksjonskriterier avhengig av de fem funksjonsvariable som er nevnt ovenfor.

Åtte spesielle konstruksjonskriterier er tilveiebrakt for

det foretrukne huset ifølge oppfinnelsen. De første to vedrører generelt akustiske loggesonde-hus. De siste seks fremkommer ved sammenlignende testing. Selv om et hus ifølge oppfinnelsen bør omfatte de første to konstruksjonskriteriene, vil som man ser, noen av de siste kriteriene kunne ignoreres. Ifølge oppfinnelsen er det imidlertid et krav at det er et kontinuerlig mønster i nærheten av mottagerne, idet det mest foretrukne sondehuset vanligvis oppfyller alle de følgende konstruksjonskravene:

1. Huset må være akustisk langsomt overalt i det frekvensområdet som er av interesse; det er ønskelig at konstruksjonsforplantet støy forplanter seg med tilnærmet samme hastighet som i borehullsfluidet, omkring 200 mikrosekunder/fot eller at den forplanter seg langsommere enn den langsomste Stoneley-bølgehastigheten av interesse, d.v.s. ved omkring 400 mikrosekunder/fot.
2. Strukturmessig må huset opprettholde mottageroppstillingen rett og opprettholde sentrering av sammenstillingen i vertikale og avbøyde borehull. Huset må også beskytte de skjøre mottagerne fra skade under håndtering og i borehullet og tilveiebringe fiskestyrke og stivhet til sonden.
3. Periodene mellom perforeringer i aksial- og omkretsretningene bør være mindre enn omkring  $1/2 \lambda_{\min}$  (den minste signal-bølgelengde av interesse eller som mottas av mottagerne i borehullsfluidet - omkring 10 cm ved 15 kHz i vann) for å forhindre akustisk spredning på grunn av huset.
4. Periodene mellom perforeringer i aksial- og omkretsretningene bør være mindre enn  $\lambda_{\min}$  for maksimum effekt-overføring gjennom huset.
5. For perforeringer mindre enn  $\lambda_{\min}$  er effektoverføringen proporsjonal med hullarealet. For derved å oppnå maksimal overføring av akustisk energi gjennom huset, bør huset være så åpent som mulig.
6. Den aksiale periode mellom perforeringer bør være meget liten sammelignet med  $\lambda_{\min}$  for å forhindre moduskobling med borehulls-Stoneley-bølgen fra å opptre i det frekvensområdet som er av interesse. Ved å følge denne retningslinjen

blir også forstyrrelse av Stoneley-hastigheten minimalisert.

7. Høyden av en eventuell omkretsmessig ring, slik som segmenter i huset, bør være mindre enn  $\lambda_{\min}/6$  for å forhindre hulroms-modusresonanser for slike segmenter fra å inntreffe i det frekvensområdet som er av interesse.

8. For å eliminere periferi-resonansstøy, bør det ikke skapes noe omkretsmessig ringlignende element.

Disse konstruksjonskriteriene kan kanskje ikke oppfylles for ethvert spesielt sondehus. De spesielle omgivelser og frekvensbegrensninger vil bestemme de konstruksjonskriterier som brukes for ethvert spesielt sondehus ifølge oppfinnelsen.

Som sammenligningseksempler viser figur 7-9 forskjellige andre uomviklede mønstre for husseksjoner i mottagerområdet, selv om andre mønstre innbefatter kontinuerlige mønstre med sirkler, ovaler og andre gjentatte mønstre av hull skåret ut eller på annen måte utformet i huset, kan benyttes. Moderne metall-bearbeidings- og skjære-teknikker, innbefattet bruken av skjærelasere med høy energi, har tillatt skjæring av hull i metallhus i nesten ethvert ønsket mønster. Figur 7 viser et foretrukket mønster, spesielt et dobbeltskrudd rutemønster, som vist omkring mottagerne  $R_1$  og  $R_2$  på figur 3, som kan være skåret ut ved hjelp av en laser. Som nevnt kan dette rutemønsteret strekke seg over enhver del, innbefattet hele huset 23, så lenge mønsteret strekker seg kontinuerlig over huset i nærheten av mottagerne.

Det dobbeltskrudde rutemønsteret kalles dette på grunn av dannelsen av to motstående sett med tre spiraler (heliks-kurver) på røraksen, vist med linjene  $h_1$  til  $h_6$ . Slike spiraler danner et sett med innskutte hull i huset. Spesielle fysiske mål for et hus skåret med laser fra 3,625 O.D. X 3,03 I.D. rustfritt stål for et akustisk apparat med et akustisk kritisk område fra 2-15 kHz, er:

Aksial periode mellom vinduer i fase med hverandre = 3,0 tommer;

3 vinduer pr. rad,  $120^\circ$  fra hverandre; vinduer i tilstøtende rader forskjøvet med  $60^\circ$ ;

spiralvinkel fra akse =  $43,39^\circ$ ;

aksial vinduslengde = 1,836 tommer;  
radius på langsgående orienterte hjørner av vinduene  
= 0,45 tommer; og  
radius på omkretsmessig orienterte hjørner av vinduer  
= 0,25 tommer.

Den aksiale jevnheten av spiralmønsteret (i forhold til de alternerende transversale slisser og langsgående vinduer på den tidligere kjente sonden på figur 2 eller andre foretrukne hus (figur 1)) minimaliserer akustiske refleksjoner langs huset, og bidrar til å maksimalisere akustisk bølgeformkoherens. Den aksiale periode på tre tommer får frekvensforvrengning av bølgeformen til å inntreffe ved to ganger frekvensen av tidligere kjente hus med den vanlige periode på seks tommer.

Fraværet av periodiske ringlignende elementer (som finnes både i huset på figur 1 og figur 2 og er betegnet med "c" på figur 6, 8 og 9) reduserer i tillegg bølgeformforvrengning som skyldes resonansvibrasjon (ringing) av slike elementer. Den høye gjennomsnittlige åpenhet, (mindre metalldekning) over mottagersammenstillingen er også gunstig fordi borehullsmodi blir undertrykket og dempet, d.v.s. at det gir bedre overføring fra borehullet av akustiske signaler.

En annen konfigurasjon av huset er vist på figur 8. Dette mønsteret er referert til som "minimum metall" - mønsteret ettersom det har en meget høy gjennomsnittlig åpenhet og derfor reduserer metallmengden i hylsen mellom formasjonen og mottagerne. Ettersom hullene er lineært mønstret, og ikke forskutt, skapes det i tillegg ingen akustisk forsinkende buktede baner. Riktig dimensjonering av hullene eller slissene i henhold til de gjenværende konstruksjonsparametere, tilveiebringer imidlertid et utmerket hus for akustiske sonder. For en akustisk sonde med et kritisk område på fra 2 til 15 kHz, er dimensjonsparameterne:

aksial lengde på vinduer 2,5 tommer;  
6 vinduer pr. rad, 60° fra hverandre;  
vindusbredde = 47,67°;  
aksial periode mellom vinduer = 3,0 tommer, og

hjørneradius = 0,25 tommer.

Et alternativt mønster med minimal metall-mengde er gitt på figur 9. Forskjellen i mønsteret gjelder størrelsen på hullene langs omkretsen som alternerer mellom brede og smale hull. Store hull er nyttige, for eksempel for å tilveiebringe en større åpenhet omkring mottagerne. Nesten ethvert forhold mellom bredder for store til smale hull kan brukes under hensyntagen til de nevnte konstruksjonskriterier. Slike hull med forskjellige dimensjoner kan anbringes i mønsteret (der er ikke noe krav til at alle hullene eller det gjenværende metall skal ha en enkelt størrelse) så lenge mønsteret er kontinuerlig i langsgående retning i nærheten av mottagerne.

Det er klart at ethvert spesielt hus ikke kan følge alle de nevnte konstruksjonskriteriene. Tabellen nedenfor viser en sammenligning mellom mønsteret ifølge oppfinnelsen for mottagerseksjoner som er vist på figur 6, 7, 8 og 9 i forhold til de åtte nevnte konstruksjonskriteriene:

Tabell

Konstruksjons- kriteriene:	Rektangulær (fig. 6)	Ruteformet (fig. 7)	Minimum metall (fig. 8 & 9)
1. Langsomhet:	Ja	Akseptabel	Nei
2. Strukturmessig styrke:	Ja	Ja	Ja
3. Periodisitet ( $1/2 \lambda_{\min}$ ) for spredning:	Ja	Akseptabel	Ja
4. Periodisitet ( $\lambda_{\min}$ ) for effekt:	Ja	Ja	Ja
5. Åpen så meget som mulig:	Akseptabel	Ja	Ja
6. Periodisitet ( $\ll \lambda_{\min}$ ) for Stoneley-modus kobling:	Ja	Ja	Ja

- |   |     |                   |            |
|---|-----|-------------------|------------|
| 7. Høyde av ring-<br>lignende elementer<br>( $<1/6\lambda_{\min}$ ) for<br>cavitetsmodus: | Ja  | Ja (ingen ringer) | Akseptabel |
| 8. Fravær av ring-<br>lignende elementer<br>for periferimodus:                            | Nei | Ja                | Nei        |

Man har således sett at den spesielle konstruksjonen av ethvert spesielt hus vil avhenge av det forventede borehullsmiljø, det frekvensområdet som er av interesse og de spesielle kompromisser mellom ønskede støyreduksjoner. Ytterligere kombinasjoner, slik som å frembringe et mellomliggende område med høy langsomhet (figur 6) med et mottagerområde som har andre ønskede karakteristikk (for eksempel som på figur 7), slik som huset på figur 3, vil minske de negative sider ved et hus med et enkelt mønster (som på figur 1). En slik kombinasjon ville være nødvendig med mønstrene med minimum metall for å tilveiebringe den nødvendige totale hus-langsomhet som er nødvendig etter det første konstruksjonskriteriet.

Ytterligere modifikasjoner vil kunne foretas av fagfolk på området, og slike modifikasjoner ansees å falle innenfor rammen for foreliggende oppfinnelse slik den defineres i de vedføyde krav.

## P A T E N T K R A V

1. Apparat for bruk i en boret brønn, omfattende en akustisk senderanordning, og

akustiske mottakeranordninger anbrakt i fast avstandsforhold til den akustiske senderanordningen,

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

et langstrakt, rørformet organ som omgir den akustiske senderanordningen og de akustiske mottakeranordningene, hvilket rørformede organ innbefatter et senderområde, et mellomliggende område og et mottakerområde, hvor hvert av områdene på det rørformede organ omfatter en rekke langsgående avbrytelser anbrakt gjennom en vegg på det rørformede organ for å forsinke akustisk energi som kommer fra senderanordningen og passerer til mottakeranordningene via områdene på det rørformede organ,

ved at de langsgående avbrytelsene som er anbrakt gjennom det rørformede organets vegg har et på forhånd valgt, kontinuerlig mønster i mottakerområdet for å redusere sekundær akustisk støy fra akustisk spredning mellom det mellomliggende område og mottakerområdet,

og ved at det på forhånd valgte, kontinuerlige mønsteret omfatter interfolierte eller forskutte slisser.

2. Apparat ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at det på forhånd valgte, kontinuerlige mønsteret har en på forhånd valgt periodisitet.

3. Apparat ifølge krav 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d at avbrytelsenes mønster og periodisitet i mottakerområdet er annerledes enn mønsteret og periodisiteten for avbrytelsene i det rørformede organets mellomliggende område.

4. Apparat ifølge krav 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d at avbrytelsenes mønster og periodisitet i mottakerområdet ligner på mønsteret og periodi-

siteten til avbrytelsene i det rørformede organets mellomliggende område.

5. Apparat ifølge krav 2,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at avbrytelsene i det rørformede organets mottakerområde danner et på forhånd valgt, kontinuerlig mønster av hull anbrakt gjennom veggen på det rørformede organ som omgir de akustiske mottakeranordningene.

6. Apparat ifølge krav 5,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at flere signalbølgelengder mottas av mottakeranordningene, idet en av bølgelengdene er en korteste signalbølgelengde i forhold til de andre signalbølgelengdene, og idet periodene mellom avbrytelsene i en aksial og en omkretsmessig retning er kortere enn den nevnte korteste akustiske signalbølgelengde i den borede brønnen.

7. Apparat ifølge krav 6,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at periodene mellom avbrytelsene i aksial og omkretsmessig retning er omkring halvparten så lange som den nevnte korteste akustiske signalbølgelengde i den borede brønnen.

8. Apparat ifølge krav 7,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at periodene mellom avbrytelsene i aksial og omkretsmessig retning er kortere enn halvparten av den nevnte korteste akustiske signalbølgelengde i den borede brønnen.

FIG.1

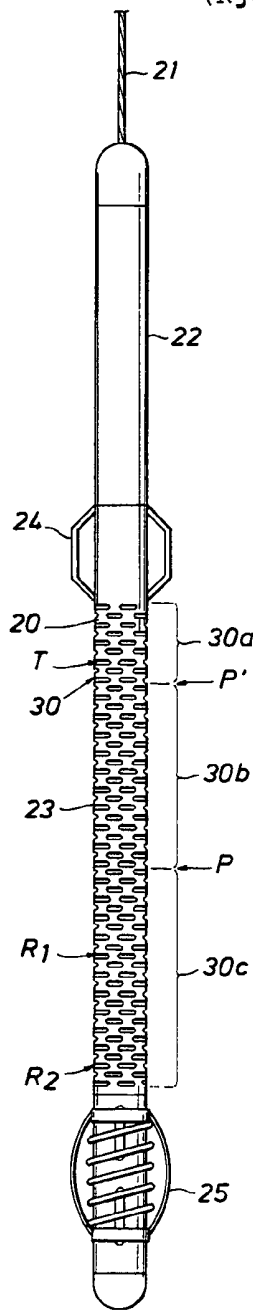


FIG.2  
(Kjent teknikk)

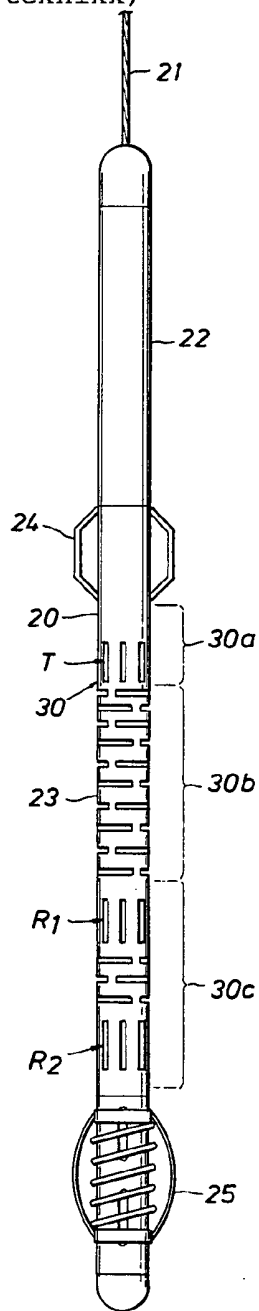


FIG.3 113

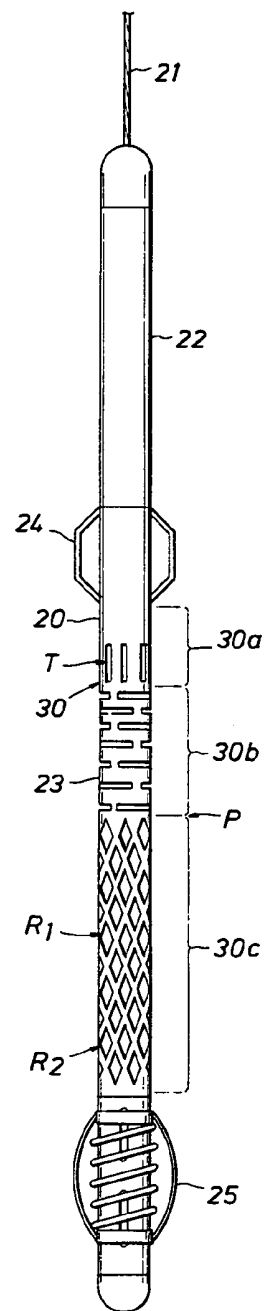


FIG. 5

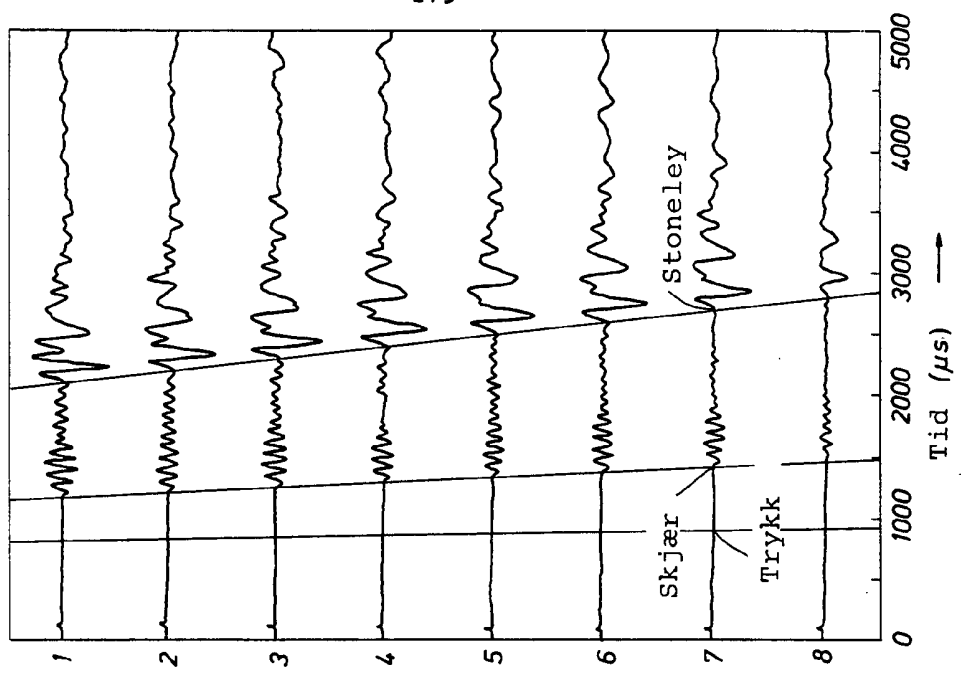
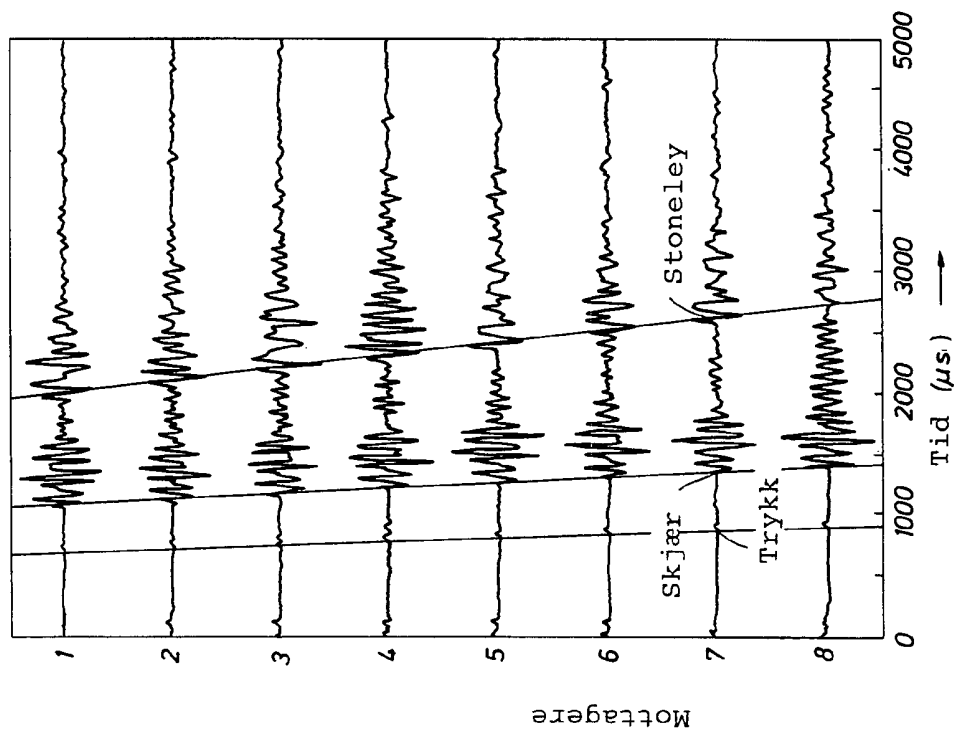
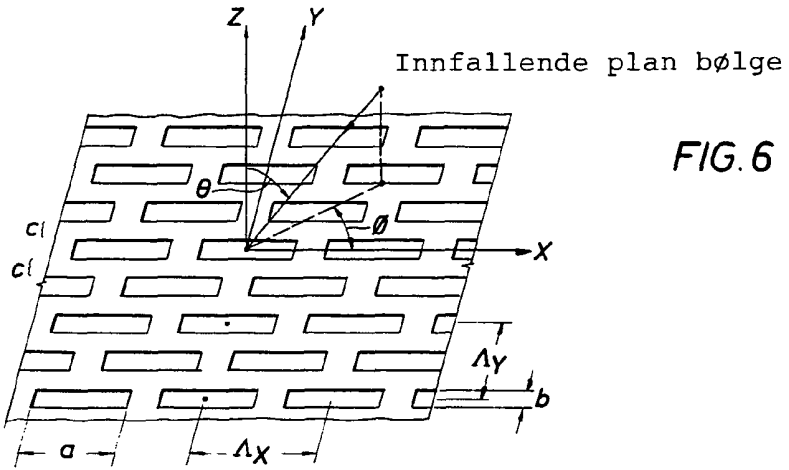


FIG. 4



Mottagere



3/3

FIG. 6

FIG. 7

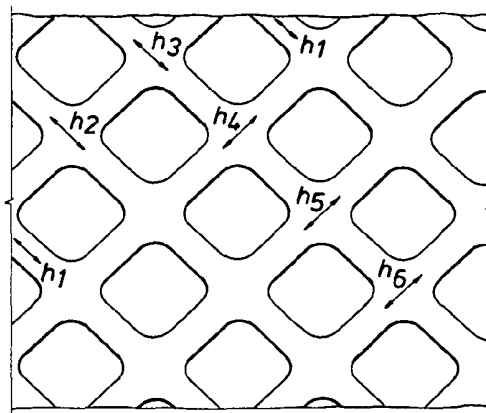


FIG. 8

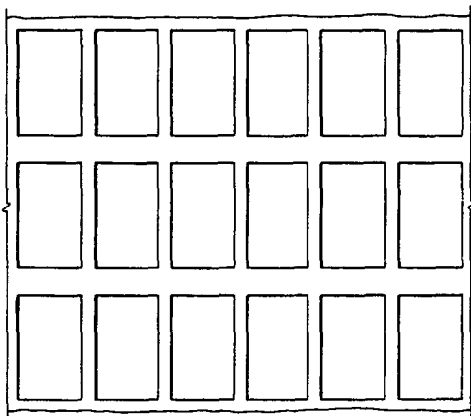


FIG. 9

