

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 164007 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0971/84

(51) Int.Cl.5

G 01 V 3/30

(22) Indleveringsdag: 24 feb 1984

(41) Alm. tilgængelig: 09 sep 1984

(44) Fremlagt: 27 apr 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 08 mar 1983 DE 3308559

(71) Ansøger: *PRAKLA-SEISMOS AG; Buchholzer Str. 100; 3000 Hannover 51, DE

(72) Opfinder: Friedhelm *Sender; DE

(74) Fuldmægtig: Patentingeniør K. Skøtt-Jensen

(54) Borehulsmåleindretning

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

971-84

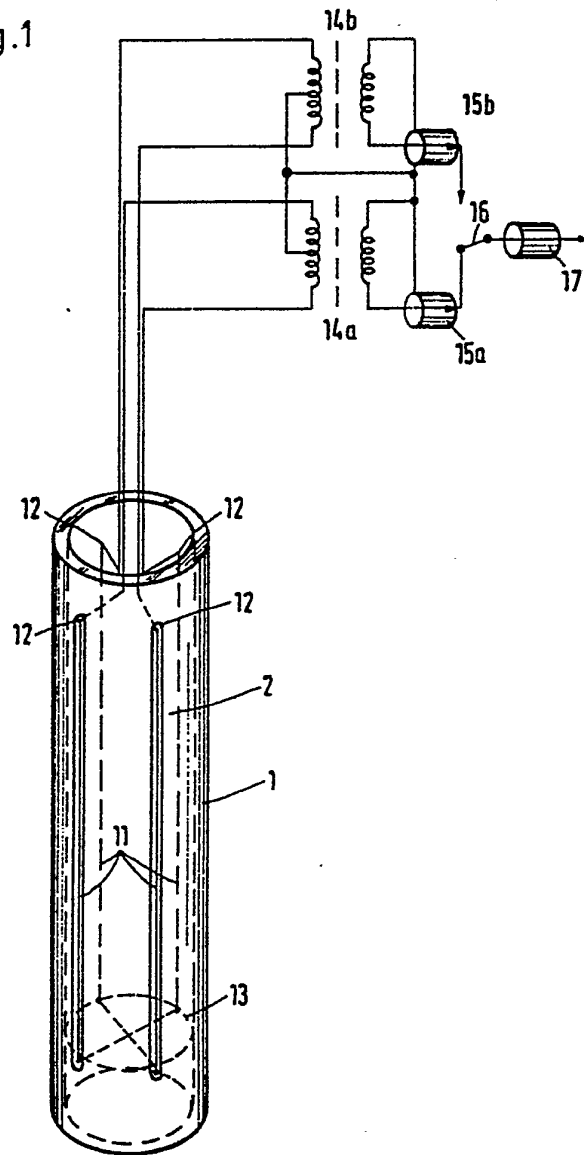
En borehulsmåleindretning til opfangning af radarsignaler har en antenneindretning, der er indeholdt i et sondelegeme, og hvis retningsdiagram i forbindelse med et til antenneindretningen tilsluttet detekteringsapparat tillader udledningen af de indfaldsretningen kendetegnende måleværdier fra de modtagne signaler. Ved at sondelegemet har et firkantet rammepole (2), hvis længdeakse i hovedsagen falder sammen med sondelegemets (1) længdeakse, og hvis med længdeaksen parallelle lederafsnit (11) er anbragt på sondelegemets (1) yderside, opnås en borehulsmåleindretning, der kan anvendes til målinger i borehuller af ringe tværmål og det selvom refleksionssignalerne, hvis indfaldsretning skal bestemmes, er i form af meget korte og forholdsvis komplicerede bølgetog.

DN 164007 B

fortsættes

971-84

Fig.1



Opfindelsen angår en borehulsmåleindretning til opfangelse af radarsignaler og af den i indledningen til krav 1 angivne art.

Typiske borehulsradarsystemer arbejder med elektromagnetiske bølger i kort- og ultrakortbølgeområdet. Til disse bølgelængder er det til rådighed stående borehulstværmål meget lille i forhold til bølgelængden. Denne kendsgerning har hidtil hindret anvendelsen af brugbare antenneindretninger med horisontal retningsvirkning. I de sædvanlige sonder har der hidtil været benyttet dipolantenner, som i horisontale retninger har en rundstrålekarakteristik, hvorved der i givet fald også benyttes foldede dipoler, jvf. US-patent nr. 328163. For såvidt som der benyttes mere komplicerede antenner, f.eks. af Yagi-typen, som vist i fig. 4 i US-patent nr. 3286163, forudsættes det, at antennedelene kan føres teleskopisk ud, således at de rager ud over sondens egentlige cylinderform. Et sådant antennearrangement forudsætter borehuller, hvis tværmål overskrider de sædvanlige størrelser, medmindre anvendelsen ikke skal begrænses til udvidede områder i et normalt borehul.

I lodrette retninger kan en retningsangivelse for de modtagne radarsignaler opnås ved målinger af en række, i vertikal retning på hinanden følgende målepunkter. For den vertikale retningsopløsning er en retningsantenne således ikke påkrævet, selvom en sådan ville være let at realisere. Endvidere må det bemærkes, at ingen virksom retningsfocusering med elektriske feltsensorer i snævre borehuller kan opnås af fysiske grunde, da en retningsbestemmelse kun kan udledes af differensinformation fra mindst to sensorer, som i bølgefeltet ved den del, der skal detekteres, skal ligge en bølgelængde fra hinanden.

Rammeantenner har i radioteknikken i lang tid med succes været anvendt som såkaldte pejlerammer eller retningsmodtageranlæg, se. f.eks. "Handbuch für Hochfrequenz- und Elektrotechniker", bind II, 1953, p. 489 og 490. På grund af de relativt små inducerede spændinger er disse rammer helt igennem udført som selektiv indretning til smalbåndsmodtagelse af udvalgte bærerfrekvenser. Den inducerede spænding i en rammeantenne er proportional med rammearealet, frekvensen og $\cos$ til bølgefrontens indfaldsvinkel. Rammeantenner har i modsætning til rundstrålediagrammet hos stav- og dipolantennen et dobbeltcirkeldiagram i horisontal retning med to udprægede nulsteder. Ved en rigtigt tilpasset kombination af en dipol- og en rammeantenne kan opnås et kardioidediagram med kun en pol, et såkaldt nulsted.

Til bestemmelse af indfaldsretningen drejes pejlerammen om den vertikale akse, til et nulsted kan findes. Denne såkaldte minimumspejling frembringer på grund af nulstedets stejle karakteristisk de nøjagtige resultater. Hvor en drejelig pejleramme af konstruktive eller elektrisk grunde ikke kan opstilles, benytter man i dag faststående krydsrammer sammen med et elektrisk gonimeter. Ved et sådant gonimeter bliver den retvinklet krydsede modtagelsesrammes felt gengivet via to retvinklet krydsede spoler, hvis indre indeholder en drejespole, der tjener som søgespole. Søgespolens drejning simulerer en drejning af rammeantenneindretningen.

Disse kendte rammeantenneindretninger kan hensigtsmæssigt anvendes til bestemmelse af indfaldsretningen for diskrete bærerfrekvenser. Den til en entydig retningsbestemmelse benyttede kombination af en pejleramme med en hjælpeantenne til modtagelse 360° rundt fordrer en meget omhyggelig afstemning af systemet og forudsætter varigt stabile bærerfrekvenser.

Disse i radioteknikken længe kendte indretninger og fremgangsmåder kunne hidtil af pladshensyn ikke anvendes til borehulsmålinger. Den opgave at tilvejebringe en tilpasning af en sådan indretning til anvendelse ved
5 borehulsmåling, løses ifølge opfindelsen derved, at der tilvejebringes en borehulsmåleindretning af den indledningsvis angivne art med de i den kendetegnede del af krav 1 angivne foranstaltninger. Udførelsesformer for opfindelsen er anført i de uselvstændige krav.

10 Selvom dimensionerne af sædvanlige borehuller kun giver lidt plads til realisering af brugbare antenneindretninger, muliggør opfindelsen en optimal udnyttelse af denne plads til opnåelse af brugbare resultater. Dette resultat opnås, selvom signalerne, hvis indfaldsretning
15 skal bestemmes, er meget korte og forholdsvis komplicerede bølgetog. Opløsningen i vertikal retning er derved mulig trods stærk spredning af indfaldsretningen på den ovenfor anførte måde.

I forhold til teknikkens stade opnås en væsentlig
20 forbedring.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende ved hjælp af et eksempel og under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser en basisudførelsesform for opfindelsen
25 i forenklet fremstilling omfattende de i sonden anbragte koblingsdele,

fig. 2 svarende til det i fig. 1 viste en antenneindretning til muliggørelse af en entydig retningsangivelse af horisontalkomposanterne,

30 fig. 3 signalvejene ved en antenneindretning ifølge fig. 2,

fig. 4 en yderligere forbedring af antenneindretningen indbefattende de i sonden indeholdte koblings-elementer, og

fig. 5 et anvendelseseksempel til indfaldsretningsbestemmelse.

Et i fig. 1 kun delvist med et omrids antydnet sondelegeme 1 indeholder en krydsrammeantenne 2 således, at vinkelrette spoleledere 11 anbragt på sondelegemets yderskal, især er indlejret i flade noter på det af isoleringsmateriale bestående sondelegeme 1. Tværforbindelserne mellem de vinkelrette spoleledere 11 føres via tryktætte gennemføringer 12 ind i sondelegemets 1 indre hulrum. Den elektrisk brokoblede spoleende kan via en ledende yderring 13, som ligesom de vinkelrette spoleledere 11 er indlejret i sondelegemets 1 yderskal, være forbundet fælles for begge spoler. De dermed til en krydsrammeantenne 2 forbundne rammeantennener er stærkt langstrakte firkantspoler, hvis spolebredde er bestemt af sondens maksimale tværmål. Spoleparrets ender tilpasses via tilpassede symmetritransformatorer 14a, 14b til asymmetriske koaksialledninger 15a henholdsvis 15b. Et elektronisk omskifterrelæ 16 tillader valgfrit at indkoble de to koaksialledninger over ledningen 17 på det på overfladen opstillede, ikke nærmere viste modtageapparat, hvori signalerne optegnes efter hinanden og vurderes ifølge en nedenfor nærmere forklaret fremgangsmåde.

Krydsrammeantennens 2 rammer indeholder hver kun en vinding og er ikke afstemt, men med deres induktive reaktans næsten tilpasset den forventede båndmidtefrekvens for kabelimpedansen. Ved den ohmske belastning over forstærkerindgangen er rammerne således bredbåndsmæssigt ydelsestilpasset.

Da retningsdiagrammet for en rammeantenne er en 8-kurve eller dobbeltcirkelkurve, er retningsbestemmelsen med antennen ifølge fig. 1 tvetydig, d.v.s. der viser sig to 180° forskudte, forskellige retningsangivelser. Til den nøjagtige bestemmelse kræves en yderligere måling.

Indretningen ifølge fig. 2 muliggør en entydig retningsbestemmelse. Krydsrammen 20 er udbygget ved hjælp af en yderligere 360° modtageantenne 21. Denne stavformede antenne 21 er fortrinsvis en usymmetrisk fødet dipol eller en foldet topantenne. Ved antenneindretningen ifølge fig. 2 føres 360° modtageantennens 21 fødekabel gennem et rør 23 i krydsrammens 20 centrum. Herved drejer det sig fortrinsvis om et ledende metalrør, som af symmetriske hensyn til rammekarakteristikken forløber nøjagtigt koncentrisk med rammelængdeaksen. Tværforbindelserne 24 for siderammelederne 22 lukkes hensigtsmæssigt enkelt via en føringsring 25 for metalrøret 23. Derved bliver en gensidig indflydelse på begge delsystemerne 20, 21 i antenneindretningen effektivt forhindret, og krydsrammens 20 retningskarakteristik forbliver uforstyrret. Da de i krydsrammen 20 i rammeantennen inducerede signaler ifølge induktionsloven er faseforskudt 90° i forhold til det af 360° modtageantennen 21 optagne elektriske felt, bliver der i 360° modtageantennens 21 antennefødeledning indskudt en T-formet 90° hybridkobler 26. T-koblerens 26 tredje terminal 27 kan enten afsluttes med en impedansmodstand eller kan som vist anvendes som trigger-signalkilde for modtagelsesapparatet. Foruden triggersignalet, som tjener som tidsreference for alle modtagelser, kan der over to koaksialrelæer 28, 29 i det ikke viste modtagelsesapparat valgfrit tilføres signalet fra 360° modtageantennen 21 eller et af signalerne fra de to orthogonale rammer. Indretningen med symmetritransformatorerne 14a, 14b svarer til fig. 1.

I praksis fremkommer via afstanden mellem 360° modtageantennen 21 og rammeantennen 20 den i fig. 3 viste modtagesituation. Den egentlige sendeantenne 30 ligger i aksial afstand fra den af rammeantennen 20 og 360° modtageantennen 21 dannede antenneindretning og er indeholdt i det samme sondelegeme neden under modtageindretningen. Den i fig. 3 viste geometriske konfiguration, ved hvilken de fra sendeantennen 30 udgående bølger spejles i reflektorerne R_1 og R_2 , fører til, at refleksionerne, der optages fra R_1 henholdsvis R_2 ved 20 og 21, har tilsvarende løbetidsdifferencer. Disse løbetidsdifferencer, som er angivet i Fig. 3 med Δt i forhold til en middelstråle, må detekteres og korrigeres for hver enkelt refleksion.

Fig. 4 viser en yderligere forbedret antenneindretning 40 med tilhørende, i sondelegemet anbragte koblingsdele. Ved denne forbedrede antenneindretning er en efterfølgende detektering af løbetidsdifferencen og afledningen af en tilsvarende korrektion ikke nødvendig, da antenneindretningens 40 dele er således sammensat, at de har fælles elektrisk midtpunkt. Antenneindretningen 40 består af to som stave udformede krydsrammer 401, 402, som er således forbundet over en udgangskobling 50, at begge rammestrukturer 401, 402 også kan udnyttes som halvdele af en dipol 360° modtageantenne.

Udgangskoblingen 50 indeholder symmetritransformatorer 41, 42 for den nederste krydsramme 401 og 43, 44 for den øverste krydsramme 402. De i samme plan liggende delrammers udgange, d.v.s. udgangene fra transformatorerne 41 og 44 på den ene side og 42 og 43 på den anden side, bliver via hver et summationsorgan 46 henholdsvis 47 adderet og således sammenført til de to sædvanlige orthogonale rammeudgange. Midterne af primærviklingen på transformatorerne 41, 42 i den nederste krydsramme 401 og 43, 44 i den øverste krydsramme 402 er tilsluttet primærviklingen på en yderligere symmetritransformator

45 i modtakt. Derved står de elektriske differens-EMK ved transformatorens 45 udgang mellem de to krydsrammer, som derved virker som en dipolantenne. Tilpasningsnetværket anbringes i det elektriske centrum mellem de to krydsrammer, som
5 skematisk vist i fig. 4. Udgangsledningerne udføres til den ene side fortrinsvis gennem et rør 48 i den ved siden af det egentlige modtageapparat liggende krydsrammes 402 akse, ligesom indretningen i fig. 2. Dette muliggør en problemfri anbringelse af antenneindretningen i sondelegemer, som er
10 egnede til snævre borehuller.

Ved borehulsonder med store dimensioner er der mulighed for, at induktansen, som forøges på grund af den nødvendige dipollængdes resulterende rammearealværdi, er for stor til en resonansfri bredbåndsafstemning. De egentlige rammer 401,
15 402 kan da udformes kortere og forsynes med koncentriske forlængelser 49, som anbringes på de neutrale rammeforbindelsessteder 403 henholdsvis 404 og tillader at arbejde med elektriske dipoler af optimal længde på trods af den egentlige rammes forkortelse.

20 Til videreføring af antennesignalerne anvendes den i fig. 2 viste relæindretning med 90° hybridkobler.

Ved antenneindretningen ifølge fig. 4 falder på grund af konstruktionen midtpunkterne for ramme- og 360° modtageantennen nøjagtigt sammen, således at løbetidskorrektur ikke
25 er nødvendig.

De i det foregående beskrevne krydsrammer er i hvert tilfælde anbragt fast i sondelegemet. Til retningsbestemmelsen er en drejning af rammen ikke nødvendig. Kun den geografiske indstilling af sonden må bestemmes for hvert målepunkt for at

muliggøre indordning af de reflekterende lags indfaldsretning i geografiske koordinater. Hertil er eksempelvis i sondeleget indbygget et magnetkompassystem, hvis visning optages på hvert målepunkt og overføres elektrisk til den over jorden
5 værende optageindretning. Sådanne magnetkompassystemer er velkendte.

Ud over kompasinformation optages i hvert målepunkt med de i fig. 2 og 4 viste udførelsesformer

- a) 360° modtageantennens modtageværdi,
- 10 b) en antennerammes modtageværdi, og
- c) den derpå vinkelrette antennerammes modtageværdi.

Af disse data kan udledes retningsinformation for en vilkårlig teoretisk tiltagende drejningsvinkel for en rammeantenne ved vektoriel addition af modtagespændinger. Med et til op-
15 tageapparatet til detekteringen anvendt regneanlæg kan følgelig en drejning af rammeantennen i vilkårlige vinkelskridt simuleres, således som den ved en mekanisk drejelig rammeantenne under optagelsen kunne være udført.

Den fra radioteknik kendte fremgangsmåde ved fasekorrekt ind-
20 kobling af en 360° modtageantennes modtagesignaler i signaler-
ne for de coaksialt dertil liggende rammer at opnå en kardio-
ide med entydigt nulsted, er principielt ikke anvendelig ved
et radarekkos bredbandede impulsformige signaler. En vigtig
forudsætning for signaloverlejringen er en yderst ensartet
25 signatur for begge antennesignalers impulsform. Denne er ved
de i radioteknikken sædvanlige smalbandede sinussignaler
principielt til rådighed. Ved radarsignalers komplekse form
kan de to antennearters karakteristika i praksis ikke bringes
således i samklang, at en fuldkommen udløsning af et veldefi-
30 neret nulsted bestemmes problemfrit. Derimod er signaltogets
relative faseleje principielt let at bestemme.

Til detekteringen anbefales det derfor for hvert enkelt reflektionsimpulstog først alene med rammeantenneinformation at finde vinklen for den ene af de to nulsteder, som hører til rammens retningsdiagram. Til kontrol af resultatet kan
5 også det andet nulsted findes. Ved entydige forhold må det andet nulsted ligge nøjagtigt 180° forskudt i forhold til det første nulsted. Derpå bliver eksempelvis ved højredrejning rammesignalets maksimum fundet og vist sammen med 360° modtagesignalet. Hvis begge signaler overvejende er i samme fase, er
10 indfaldsretningen lig med nulsignalsvinklen $+ 90^\circ$; hvis signallerne er i modfase, er indfaldsretningen lig med nulsignalsvinklen $- 90^\circ$.

Denne fremgangsmåde tillader at detektere de med en indretning ifølge krav 2 eller 4 modtagne radarsignaler hurtigt og
15 effektivt og derved at bestemme indfaldsretningen for signallerne.

Fig. 5 viser et praktisk eksempel på detekteringsfremgangsmåden til indfaldsretningsbestemmelse. I en bestemt orientering til nordretningen i 15° skridt optegnes de tilsvarende vektorielt
20 adderede rammeantennesignaler. På et passende sted 51a, 51b er det 180° forskudte dipolmodtagesignal mixet på begge sider. Refleksionen har ved 52a og 52b sine minima. Som indfaldsretning kommer begge de derpå vinkelrette retninger på tale.

En signatursammenligning med dipolmodtagelsen viser ved
25 53a fasesammenfald i modsætning til 53b. Altså er indfaldsretningen 54 fra den side, hvor der findes fasesammenfald, givet.

Refleksionen har minima ved 55a og 55b; signatursammenligning med dipolen viser ved 56a fasesammenfald og ved 56b modfase.
30 Altså viser pilen 57 indfaldsretningen.

P A T E N T K R A V

1. Borehulsmåleindretning til optagelse af radar-signaler med en antenneindretning, der er indeholdt i et sondelegeme (1), og hvis retningsdiagram i forbindelse med et til antenneindretningen tilsluttet detekterings-apparatur tillader udledningen af de indfaldsretningen kendetegnende måleværdier fra de modtagne signaler, k e n d e t e g n e t ved, at antenneindretningen er en firkantet rammeantenne (2; 20; 401, 402), hvis længdeakse i hovedsagen falder sammen med sondelegemets (1) længdeakse, og hvis med længdeaksen parallelle lederafsnit (11; 22) er anbragt på sondelegemets yderside.

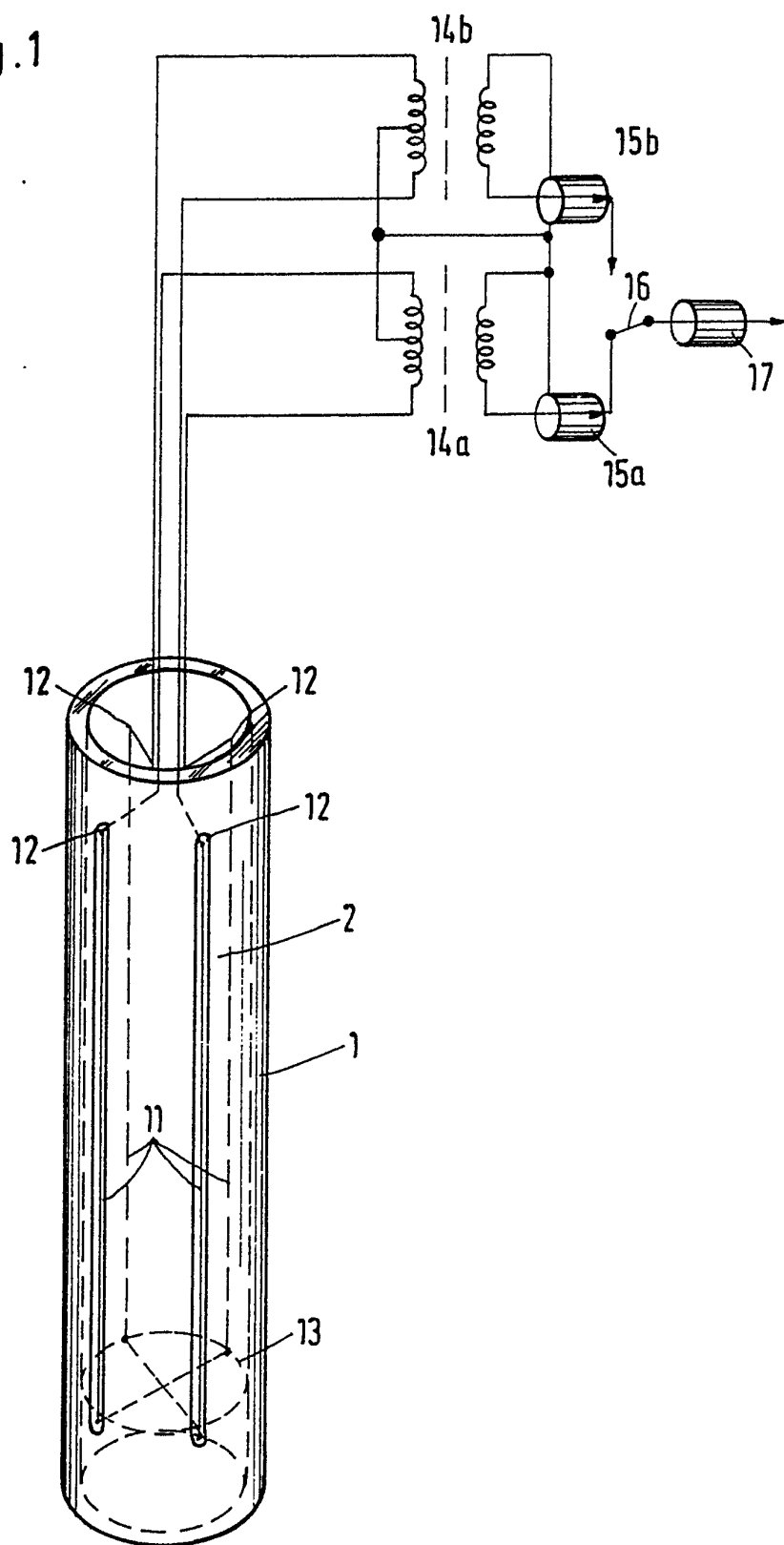
2. Indretning ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at de med længdeaksen parallelle lederafsnit (11; 22) er indlejret i flade noter, som er udformet i sondelegemets (1) yderside.

3. Indretning ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at sondelegemet (1) består af et isolerende materiale.

4. Indretning ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at rammeantennen er en krydsrammeantenne (2; 20; 401, 402).

5. Indretning ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at de med sondelegemets længdeakse parallelle lederafsnit er forbundet ved den bort fra modtageapparatets tilslutning vendte ende via en for begge krydsrammeantennens rammeantennær fælles yderring (13).

Fig.1



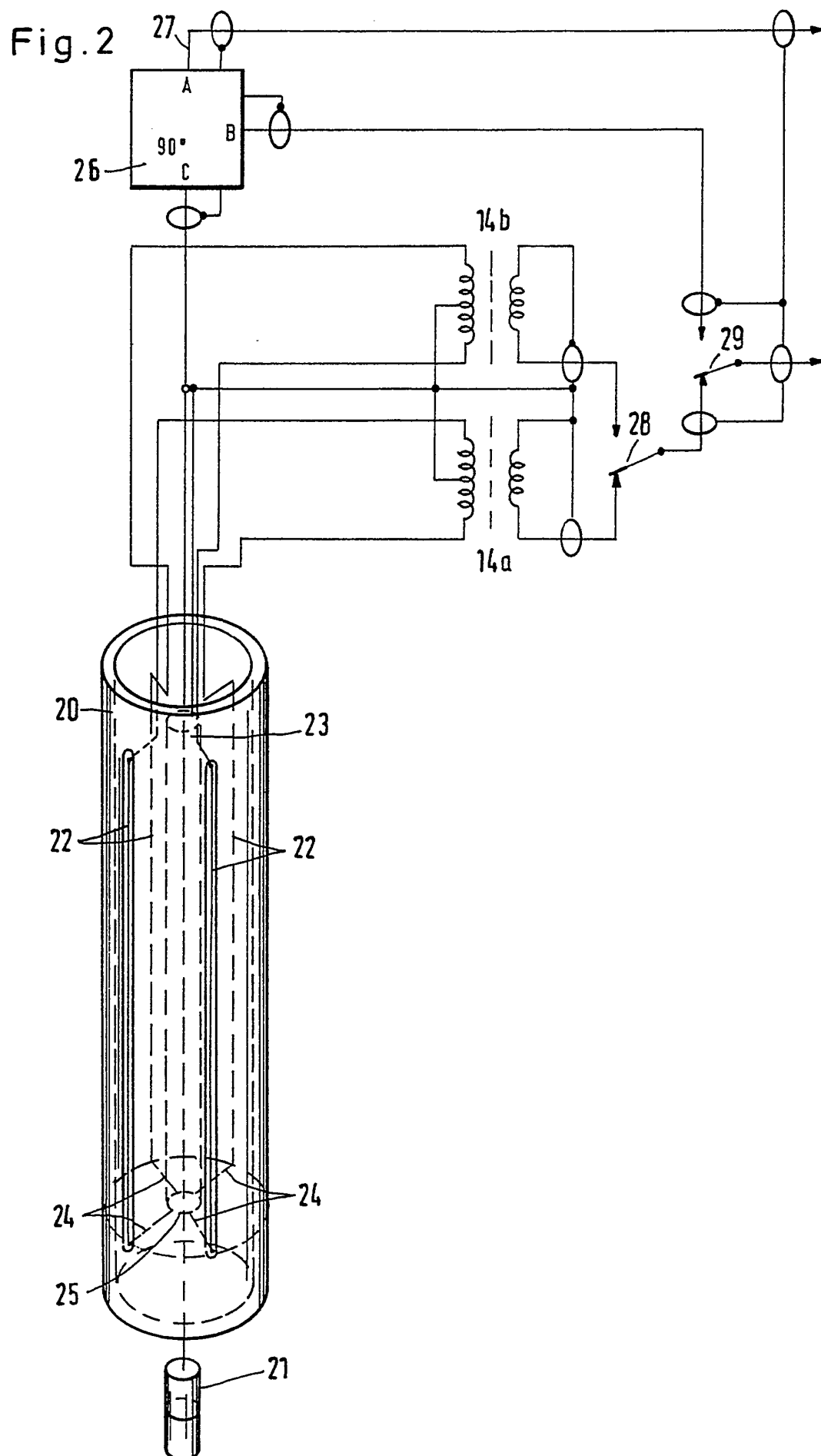


Fig.3

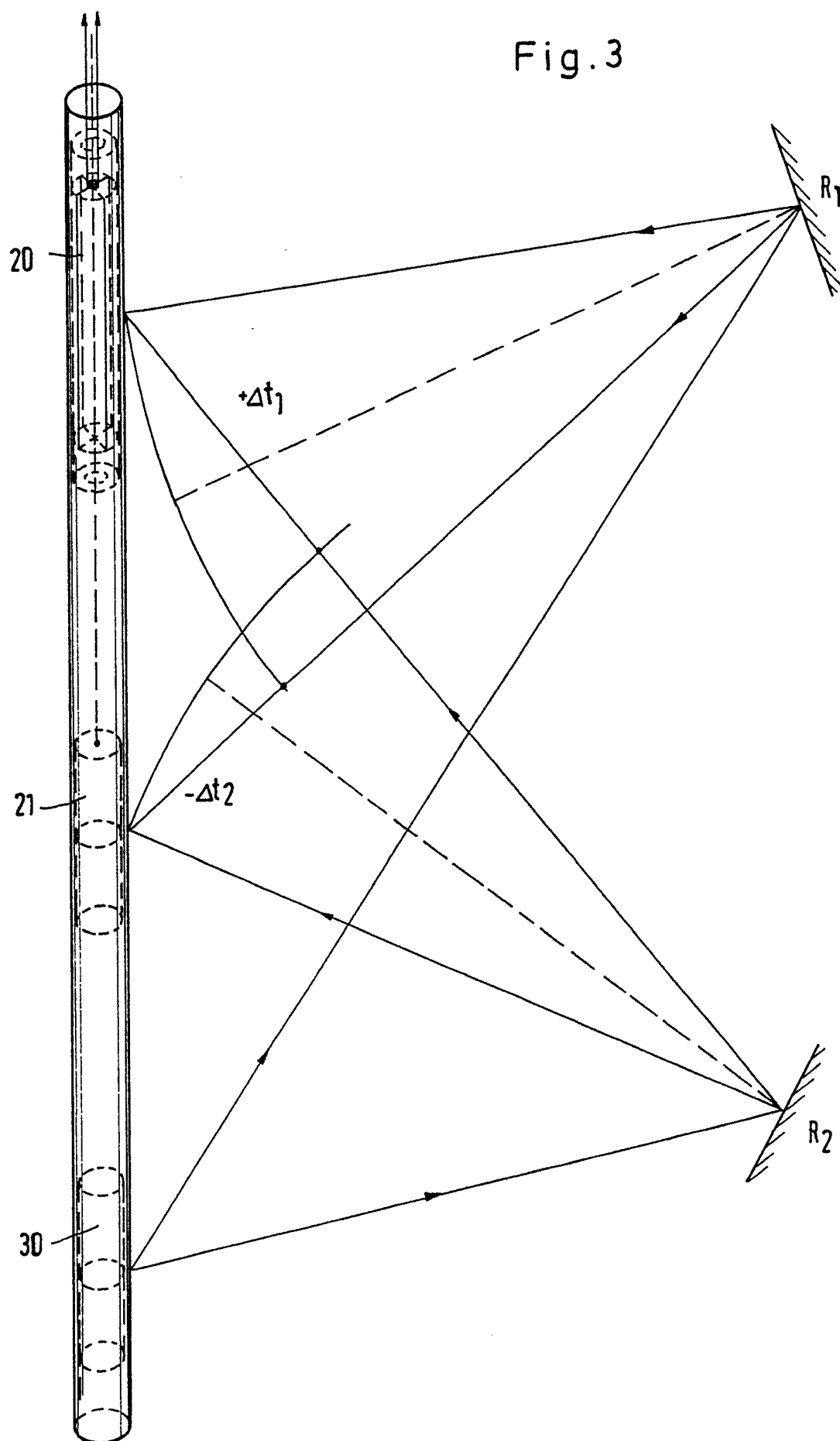


Fig.4

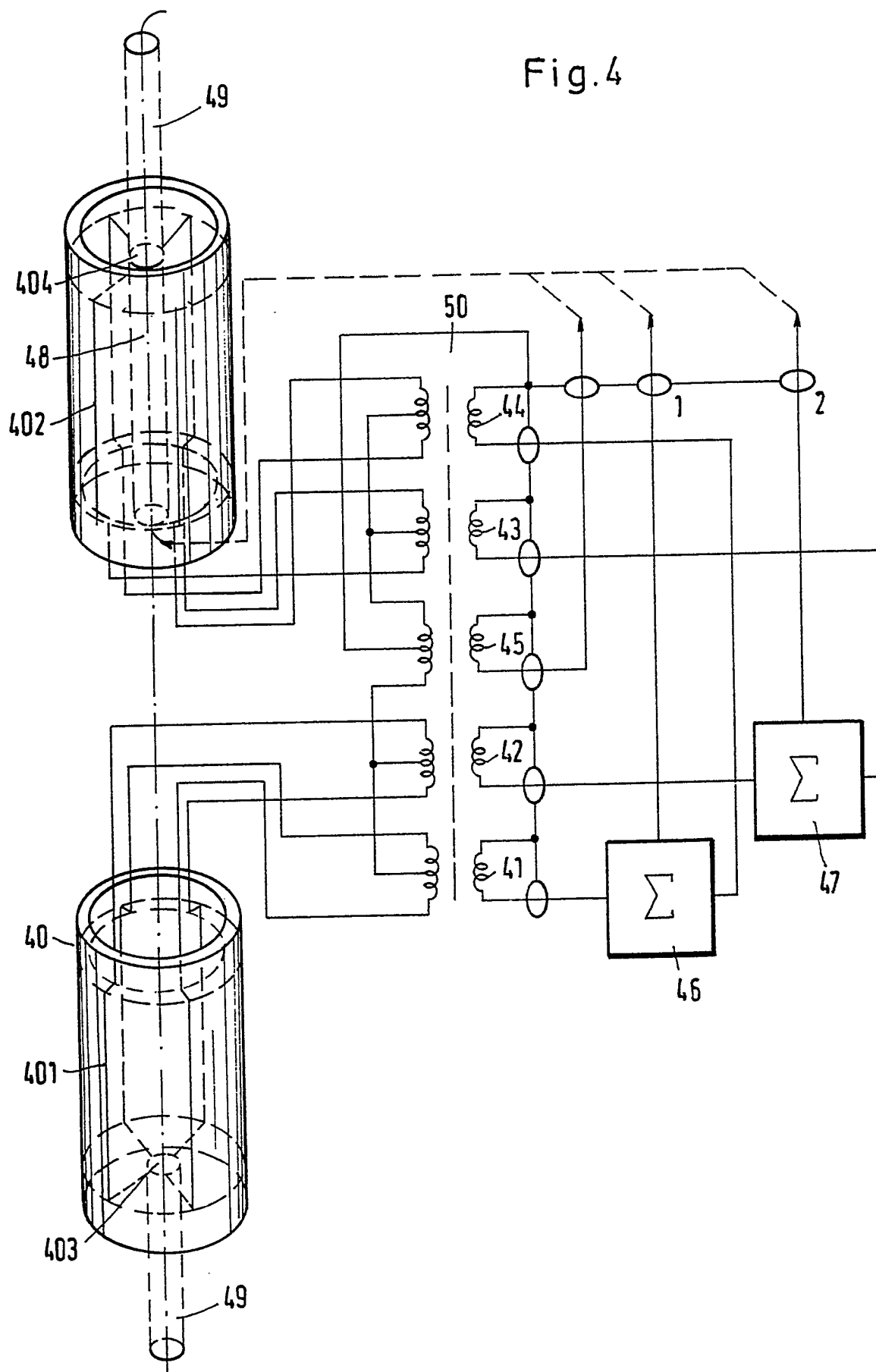


Fig. 5

