



(12) PATENT

(19) NO

(11) 334663

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01S 13/89 (2006.01)

G01N 22/00 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

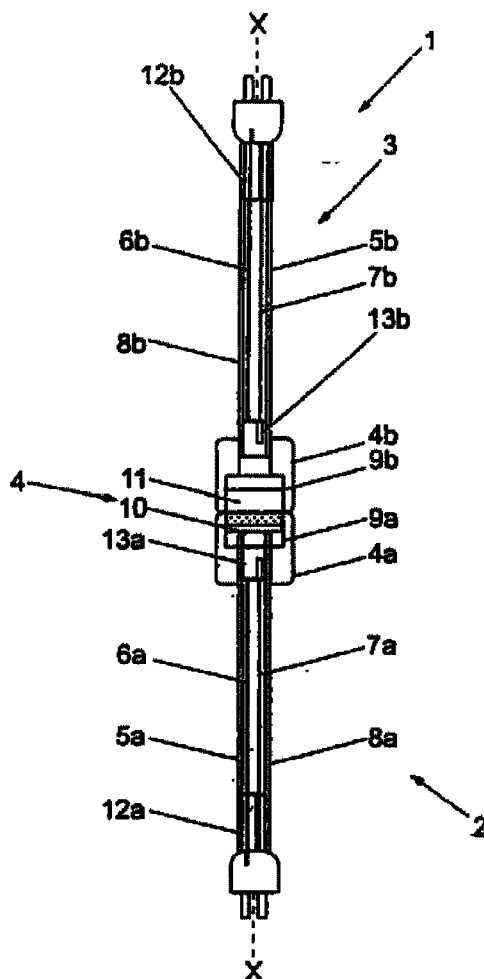
Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20021107	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.09.07 PCT/GB2000/03431
(22)	Inng.dag	2002.03.06	(85)	Videreføringsdag	2002.03.06
(24)	Løpedag	2000.09.07	(30)	Prioritet	1999.09.07, GB, 9921042
(41)	Alm.tilgj	2002.05.07			
(45)	Meddelt	2014.05.12			

(73)	Innehaver	George Colin Stove, 41 Craiglockhart Park, GB-EH141EU EDINBURGH, Storbritannia
(72)	Oppfinner	George Colin Stove, 41 Craiglockhart Park, GB-EH141EU EDINBURGH, Storbritannia
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vika, 0118 OSLO, Norge

(54)	Benevnelse	Radarantenne og -system for avbildning og spektralanalyse
(56)	Anførte publikasjoner	US 5774091 A US 5592170 A US 5829877 A
(57)	Sammendrag	

Radarapparat og fremgangsmåter for bruk av et slikt, for avbildning og/eller spektralanalyse. Pulserende radarsignaler brukes til forsterkning, avbildning, skala-måling, identifikasjon og/eller typebestemmelse av sammensetninger av substanser, ved radargrammetrisk avbildning og/eller statistisk analyse av energi/frekvens-spektra. På denne måte kan en substans skilles fra en annen substans, og overvåking av bevegelse av et avbildet objekt eller liknende kan utføres. Systemene og fremgangsmåtene kan tilpasses forskjellige anvendelser innenfor et stort omfang skalaer og avstander, fra storskalaanvendelser ved store avstander så som geofysisk avbildning/analyse, til småskalaanvendelser så som typebestemmelse (innbefattet mikroskopi), blant annet for biologisk og medisinsk avbildning og diagnose. Spesielle antennesammenstillinger og avansert dataprosesseringsteknikk benyttes.



BAKGRUNN

[0001] Denne oppfinnelse gjelder radarapparater og fremgangsmåter for å bruke slike, for avbildning og/eller spektralanalyse. Særlig gjelder oppfinnelsen pulsradarapparater for forsterkning, avbildning, skalamåling, identifikasjon og/eller typebestemmelse av sammensetningen av et objekt ved radargrammetrisk avbildning og/eller spektrometrisk analyse. Oppfinnelsen gjelder videre bruken av radarapparater til å lokalisere og/eller skille et objekt fra andre objekter. Oppfinnelsen kan ytterligere brukes til avbildning av et objekt eller en egenskap og overvåke bevegelsen av et avbildet objekt/et særtrekk ved en gjenstand. Slike bevegelige objekter eller elementer omfatter, uten å være begrenset til, blodstrøm og andre substanser som beveger seg i det menneskelige legeme eller i et dyr, og objekter/elementer i underjordiske omgivelser, så som bevegelse av vann, olje, gass og/eller forurensninger under jordoverflaten, under stillestående eller strømmende vannmasser eller under sjøoverflaten og sjøbunnen. Av kjent teknikk på området nevnes US 5774091 A som beskriver en impulsradar med forbedret støydemping og US 5592170 A som beskriver en radar for å detektere og isolere mål ved hjelp av analyse av energispekteret til et mottatt signal. US 5829877 A beskriver en anvendelse der en radar blant annet brukes til å bestemme substanser i en forbrenningsprosess.

[0002] Radarsystemer og -fremgangsmåter i samsvar med oppfinnelsen kan tilpasses en rekke anvendelser innenfor et stort omfang skalaer og avstander. Disse varierer fra storskala, langdistanseanvendelser så som luftbåret, sjøgående og bakkebaserte geofysiske avbildninger og analyser av jordens overflate og understruktur, for eksempel nøyaktig kartlegging og klassifisering av sjøbunnmaterialer og dessuten jordbunn, sedimenter og fjellformasjoner for kartlegging og klassifisering til midlere skala, midlere avstandsanvendelser så som "bakkenivå" (på land eller vannmasser) for avbildning/analyse, så som av sjøbunnen og jordpenetreringsanvendelser ved relativt grunne dybder, inntil småskalaundersøkelser så som anvendelser for materialtypebestemmelse og avbildning/analyse i meget liten målestokk (innbefattet mikroskopisk), innbefattet biologisk og medisinsk avbildning og diagnose. Oppfinnelsen vil også kunne utvides til meget lange avstander og særdeles store skalaer for romfart og avbildninger i rommet og tilhørende analyser, så som overvåking av planeter og andre astronomiske fenomener.

[0003] Den skala (dvs. den avstand og den oppløsning) et radarapparat arbeider i vil være bestemt i større eller mindre grad av geometrien av radarapparatets sender- og mottakerantenne, brukt i et system i samsvar med oppfinnelsen. Skalaen vil også påvirkes av egenskapene hos de dielektriske materialer som brukes i et slikt radarapparat.

[0004] Visse aspekter av oppfinnelsen gjelder bestemte betingelses som oppnås under oppsetting av apparatet, så som å oppnå "standbølgeoscillasjoner" i prøvekommeret og/eller i antennesammenstillinger. I dette henseende er det viktig å kunne styre selektivt utstrålingens gruppehastighet når signalene sendes ut fra senderen og inn i det omgivende medium. Når det gjelder dypavsøking er det særlig viktig at bølgens utbredelseshastighet er tilstrekkelig langsom til å sikre at denne bølge blir presist registrert ved et "nulltidssted" av mottakeren og etter at bølgepulsen er utsendt. Nulltidsposisjonen er startposisjonen for områdemålinger og må bestemmes i det mottatte radarsignal for å kunne finne det riktige avstandsområde som dette signal representerer.

[0005] Oppsettingen av standbølgeoscillasjoner for forskjellige tidsavsnitt eller -vinduer så som for eksempel 25 ns, 50 ns, 100 ns, 1000 ns eller 20 000 ns ville i så fall involvere forskjellig nulltidssteder. Forskjellige tidsområder trengs for å muliggjøre forskjellige dybdeområder, idet slike er påkrevet for bestemte nøyaktige kartleggingsanvendelser. En nøyaktig posisjonsbestemmelse av nulltidspunktet er viktig og kan være en vanskelig prosedyre: unøyaktig punktfastsettelse av nulltiden ville nemlig innføre en systematisk forskyvning av posisjonen for samtlige radarmålinger. Visse utførelser i samsvar med oppfinnelsen gir registrering av nulltidsstedet før de mottatte radarsignaler blir omvandlet fra analog til digital form. En slik omvandling muliggjør en mer nøyaktig registrering av nulltid, enn det som kan oppnås ved å bruke konvensjonell teknikk (analog teknikk). Foretrukne utførelser av oppfinnelsen lokaliserer den optimale posisjon for nulltid, for kartlegging eller "stjernedannelsestrinn", ved digitale midler og ved hjelp av matematisk logikk.

[0006] Et blindpunkt i størrelsesorden 1 meter i liten avstand (nærområdet) til radarapparatet vil kunne generere en ekvivalent posisjonsforskyvning i radarkartleggingen for bestemte objekter som registreres. Slike nærblindpunkter kan derfor være meget uønsket. Ved presis lokalisering av posisjonen av nulltidspunktet i det mottatte radarsignal kan imidlertid slike blindpunkter undertrykkes eller helt unngås.

[0007] Selv om bakkepenetreringsradar (GPR) allerede er kjent som et ikke-destruktivt prøveverktøy har deres analytiske kapasitet vært begrenset, og avbildning vil ofte være ganske grov ved hjelp av konvensjonelle innretninger. Konvensjonelle radarsystemer som bruker elektromagnetiske bølger for å undersøke den interne struktur av elektrisk ikke-ledende substanser i bakken gir relativt dårlig oppløsning. Videre er de ofte uhensiktsmessige på flere måter og krever kyndig teknisk betjening.

[0008] Apparatene, systemene og fremgangsmåtene ifølge oppfinnelsen kan brukes for en rekke formål, særlig, men ikke eksklusivt, tre grunnanvendelser. Den første av disse er relatert til identifikasjon eller "typebestemmelse" av ukjente materialer ved hjelp av deres spektrale karakteristika, dvs. ved å bruke energi/frekvensforløpet.

Teknikken går ofte under benevnelsen "typecasting". Den andre anvendelse gjelder bruk av utstyret i felten eller i laboratoriet, for å registrere og/eller kartlegge og/eller måle og/eller analysere strukturer eller materialer, for eksempel kan disse generelt kalles "overvåkingsarbeider". Den tredje anvendelse gjelder bruken av apparatet til å

5 lokalisere materialer som tidligere er typebestemt og søke etter dem i feltet eller laboratoriet. Denne type undersøkelse kan kalles "søking". De enkelte typer anvendelse vil kunne håndteres ved hjelp av passende programvare som også gjør det mulig å utføre felt- eller laboratorieavbildning og -analyseprosesser i tilnærmet sanntid. Det er således et formål med den foreliggende oppfinnelsen å tilveiebringe

10 anordninger, systemer og fremgangsmåter for disse anvendelsene og som løser noen av problemene med

OPPSUMMERING AV OPPFINNELSEN

[0009] Dette oppnås ved å tilveiebringe en antenne som angitt i krav 1 med

15 tilhørende underkrav. Antennen kan inngå i et radarsystem som angitt i krav 17 med underkrav. En fremgangsmåte for typebestemmelse av et objekt ved hjelp av radarsystemet er angitt i krav 41, og kan også brukes til å identifisere et ukjent objekt. Oppfinneren antar at et nøkkeltrekk av oppfinnelsen er oppsetningen av resonansbetingelser i apparatets sender og mottaker. Dette påvirkes at dimensjonene og/eller

20 geometrien av en senderkavitet og en mottakerkavitet som i alt vesentlig omslutter den respektive sender- henholdsvis mottakerantenne. Særlig vil de relative proporsjoner av lengde og bredde av antenneelementet eller -elementene, i forhold til lengder og bredder av de omsluttende kaviteter være viktig. Ideelt er innerdiameteren av en antennekavitet hvis vegger kan utgjøre katodeelementet for en antenne i bestemte ut-

25 førelser, et heltallig multiplum av diameteren av det interne antenneanodeelement, og tilsvarende vil den interne lengde av dette ideelt være et heltallig multiplum av lengden av antenneanodeelementet.

[0010] Resonansbetingelsene kan ytterligere påvirkes av i det minste delvis "utforing" ("cladding") av antenneelementene med et passende dielektrisk

30 utforingsmateriale, og i tillegg kan valget av et passende slikt materiale for å omslutte sender- og mottakerantenneelementer antas ytterligere å hjelpe til i nærområdefokuseringen og for å muliggjøre mer nøyaktig bestemmelse av nulltidsposisjonen, nemlig startposisjonen for avstandsmålinger.

[0011] I og med oppfinnelsen søker man å komme frem til radarapparater som har en

35 sender som kan sende ut en stråle av elektromagnetisk utstråling inn i eller mot et objekt eller en substans, og en mottaker som skal kunne ta imot tilsvarende elektromagnetiske bølger som har passert gjennom eller er reflektert fra objektet eller substansen. Utstrålingen er fortrinnsvis et pulssignal fra radarapparatet. Et slikt

radarsignal kan frembringes ved hjelp av en konvensjonell pulsradarenhet, og radarapparatet omfatter passende avstemningsmidler som kan regulere spektralkarakteristika, for eksempel sendereffekten og båndbredden, av det utsendte radarsignal. Disse spektralkarakteristika vil kunne styres slik at man ved passende bestråling av en substans får en frekvensrespons som vil være karakteristisk for substansens sammensetning, ved deteksjonen i en mottaker.

[0012] Passende substanser hvis sammensetning og/eller struktur kan gjenkjennes og detekteres av radarapparatets mottaker innbefatter faste stoffer, væsker og sammensatte substanser så som med pulverform, av typen jord- og grunnmateriale eller sedimenter. Flytende substanser kan være blandinger og/eller emulsjoner (f.eks. luft/olje, etc).

[0013] Spektralanalysen av de data som hentes ut fra radarapparatet utføres fortrinnsvis i en datamaskin som er egnet til å bli kjørt ved hjelp av et passende program for å få utført den nødvendige analyse.

[0014] Den frekvensrespons som oppnås ved bestråling av et objekt eller en substans vil vise karakteristiske mønstre og liknende som oppfinneren antar i det minste delvis vil være avhengige av interaksjon mellom det utsendte signal og substansens subatomiske oppbygging. Radarapparatet kan videre innbefatte passende filterinnretninger for å endre de spektrale karakteristika, for eksempel ved å endre båndbredde og/eller polarisasjon av signalene.

[0015] Radarsignalet kan også sendes inn i et kammer som kan romme en prøve av en bestemt substans som skal analyseres.

[0016] I bestemte utførelser av oppfinnelsen styres det sendte signal slik at resonansbetingelser, dvs. standbølger blir dannet i apparatet. Fortrinnsvis vil slike betingelser finne sted i kaviteter som omslutter sender- og mottakerantennen. Ytterligere resonansbetingelser kan etableres inne i substansen og/eller i et kammer som omslutter det. Slike resonansbetingelser kan etableres ved selektiv avstemning av parametere for det utsendte signal inntil spekteret av det mottatte signal indikerer resonansbetingelser.

[0017] Radarapparatet er fortrinnsvis utformet slik at det kan gi en sterkt kollimert eller selektivt fokusert stråle over et ønsket frekvensområde eller en ønsket avstand.

[0018] Grensebetingelsene for resonansstandbølger vil i det minste delvis være avhengige av overflategrensene for selve substansen og kan ytterligere påvirkes av eventuelle indre strukturer i den. Sammensatte materialer kan for eksempel fremvise mer komplekse grensebetingelser som kan muliggjøre at substansstrukturen blir bestemt, for eksempel kan graden av granularitet for en prøve i pulverform kunne bestemmes til en viss utstrekning ved hjelp av et radarapparat.

[0019] Oppfinnelsen fremgår i sine forskjellige aspekter, varianter og foretrukne og valgfrie utførelser av de vedlagte patentkravene.

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

5 [0020] Oppfinnelsen beskrives nærmere ved hjelp av eksempler på utførelsesformer med henvisning til de vedlagte tegningene, hvor:

Fig. 1 viser et blokkskjema over et radarsystem i et første aspekt av oppfinnelsen.

10 Fig. 2 viser et blokkskjema over en foretrukket utførelse av et radarsystem tilsvarende det som er vist på fig. 1.

(Fig. 3A, 3B og 4 er slettet. Se avdelt søknad.)

15 Fig. 5A viser et tverrsnitt av en antennesammenstilling for bruk som en sender eller mottaker i et ytterligere aspekt av oppfinnelsen.

Fig. 5B viser tilsvarende en første variant av denne sammenstilling.

20 Fig. 5C viser en andre variant av samme.

Fig. 5D viser en tredje variant av samme.

25 Fig. 5E viser en antennesammenstilling for bruk som en sender eller mottaker, tilsvarende den som er vist på fig. 5A.

Fig. 5F-5N viser skjematisk varianter av antennesammenstillinger av den type som er vist på fig. 5E.

30 Fig. 6A viser en oversikt over et radarapparat oppsatt for kammermodusdrift i samsvar med en utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 6B viser en variant av samme.

35 Fig. 7A viser et eksempel på et arrangement av et radarapparat for drift i refleksjonsmodus i samsvar med en ytterligere utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 7B viser et ytterligere arrangement av et radarapparat i såkalt transilluminasjonsmodus i en ytterligere utførelse.

Fig. 8A-8D viser skjematisk forskjellige utførelser av oppfinnelsens radarantenneapparat og beregnet for fjerndeteksjon, avbildning eller typebestemmelse av substanser/objekter.

Fig. 9 viser en utførelse av et radarapparat egnet for sjøbunnavsøking.

Fig. 10 viser en annen utførelse av samme.

Fig. 11A viser et eksempel på et mikroskop som er utrustet med en sender- og en mottakerantenne i samsvar med en ytterligere utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 11B viser den relative bevegelse av en sender- og en mottakerantenne i en ytterligere utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 12 viser en tabell over forskjellige parametre som brukes i flere utførelser.

Fig. 13 viser en avbildning som er registrert ved hjelp av oppfinnelsens radarapparat.

DETALJERT BESKRIVELSE

[0021] Først skal nå et apparat ifølge forskjellige aspekter av oppfinnelsen beskrives.

[0022] Fig. 1 viser et generelt blokkskjema over hovedarkitekturen for radarsystemer i samsvar med oppfinnelsen. En pulsradarenhet 21 strømforsynes fra en strømforsyning 20. Radarenheten 21 er koplet til en senderantenne 2, som kan være en antennesammenstilling eller et antennearray, og til en mottakerantenne 3 som også kan være en antennesammenstilling eller et antennearray. Radarenheten 21 kan være av konvensjonell type, gjerne en såkalt bakkepenetreringsradar (GPR) som kan tilveiebringe styrte signalpulser til senderantennen 2 og motta og signalbehandle retursignaler som fanges opp av den tilsvarende mottakerantenne 3. Enheten 21 kan videre ha inn/ut-kretser for å sende ut og motta pulsførmede signaler. Den generelle konfigurasjon, styreenheter, kontroller etc. for radarsett av denne type tør være velkjent for fagfolk og behøver derfor ikke beskrives nærmere her. Kontrollene (betjeningsknappene etc.) på radarenheten 21 gjør det mulig å styre og endre karakteristikker for de utsendte pulser, og disse innbefatter for eksempel pulsprofilen, bredden, varigheten og energien. Når det gjelder oppfinnelsen tjener radarenheten 21 primært som en pulsgenerator for å drive senderantennen 2.

[0023] Radarenheten 21 er koplet til en analog/digital-omvandler 22, gjerne kombinert med en styreenhet 25, for styring av driften av enheten 21 og for å motta analoge signaler som mottas av enheten 21 via mottakerantennen 3 og for å omvandle de analoge signaler til digital form. Omvandleren 22 og styreenheten 25, sammen med prosessoren 23, er på sin side koplet til en datamaskin (PC) 23 med prosessor og skjerm og passende programmert og omfattende et lager 24 av en eller annen type (magnetplatelager og/eller båndstasjon og/eller innlastbar CD-ROM etc.). Maskinen 23 omfatter generelt som nevnt en skjerm for visning (ikke vist).

[0024] Strømforsyningen 20 kan være for nettilkopling, en generator og/eller et batteri. Den kan være anordnet internt i pulsradarenheten 21 eller eksternt. Typisk er den en 12 V likestrømforsyning som kan være for nettkopling og med omvandling og likeretting til 12 V, eller alternativt og særlig i bærbare versjoner av oppfinnelsens pulsradarenhet kan den være en 12 V generator og/eller et 12 V batteri.

[0025] Radarenheten 21, omvandleren 22 og styreenheten 25 samt datamaskinen 23 kan være kombinert på forskjellige måter og være "skreddersydd" anvendelsen. Som illustrert omfatter systemet med disse elementer typisk en standard radarenhet 21, en standardmaskin 23 med programvare som er egnet for oppfinnelsens fremgangsmåter, og en særskilt bygget omvandler 22 og tilhørende styreenhet 25.

[0026] Datamaskinen 23 er fortrinnsvis av robust og bærbar type (laptop) med en hensiktsmessig kraftig prosessor, gjerne av Pentium og med tilhørende tilstrekkelig lager (RAM) og masselagringsplass (harddisk).

[0027] Omvandleren 22 er fortrinnsvis utformet slik at den i bruk kan motta minst tre parallelle signaler på hver sin inngang. En ytterligere signalinngang for f.eks. taledata kan også være anordnet.

[0028] Systemet kan arbeide i minst én av tre generelle arbeidsmodi, i samsvar med oppfinnelsen: En kammermodus hvor en prøve av et materiale som skal undersøkes lukkes inne i et kammer, og senderantennen er da anordnet for å bestråle det indre av dette kammer, mens mottakerantennen er anordnet for å motta signaler som modifiseres ved interaksjon mellom de utsendte signaler og kammeret og dets innhold. En andre modus kalles altså transilluminasjonsmodusen, og der er senderantennen anordnet for å sende signaler gjennom en prøve av materialet eller et objekt, et legeme eller en struktur etc. under undersøkelse, mens senderantennen er anordnet for å motta signaler som har passert gjennom prøven, objektet etc. Den tredje modus er refleksjonsmodusen hvor mottakerantennen mottar signaler som er sendt ut fra senderantennen og reflektert av en prøve, et objekt, et legeme eller en struktur etc. Disse forskjellige modi skal gjennomgå i nærmere detalj nedenfor. De forskjellige modi brukes for et større omfang av avbildning, kartlegging, måling og typebestemmelse, slik det også skal gjennomgå i nærmere detalj nedenfor.

[0029] Fig. 2 viser en foretrukket utførelse av et anvendelig radarsystem i samsvar med oppfinnelsen og som kan bruke forskjellige typer sender- og mottakerantenner, antennesammenstillinger eller arrayer, innbefattet den foretrukne antenne og antennesammenstilling som beskrives nærmere her.

5 [0030] Det vises til fig. 2 hvor systemet omfatter en radarstyreenhet (RCU) 500, en datamaskin 506, en sender 507, en mottaker 508, en senderantenne 550, en mottakerantenne 552 og en strømforsyning 519.

[0031] Enheten RCU 500 har sitt eget hovedkort med en prosessor 501, en DMA-krets 502 for overordnede funksjoner, en bufferlagermodul 503 og en inn/ut-krets 504, 10 samtlige koplet til en systembusslinje 505. I/U-kretsen 504 er direktekoplet til den eksterne datamaskin 506 som styrer samtlige digitale oppsetninger, datalagringen og dataanalyse. Enheten RCU 500 sørger for taktsignaler for styring av senderen 507 og mottakeren 508, idet disse er direkte koplet til antennene 550 henholdsvis 552. Disse antenner kan være enkeltantenner eller bestå av flere elementer hver. Taktsignalene 15 styres av parameterutganger fra datamaskinen 506 til enheten 500. Denne enhet 500 mottar også digitalsignaler fra mottakeren 508 og videreformidler disse tilbake til datamaskinen. Enheten 500 består av analog og digital logikk med en programmerbar sentral prosessor enhet CPU 501.

[0032] Enheten RCU setter opp en pulsrepetisjonsfrekvens PRF, og senderen 507 20 består i alt vesentlig av en pulsgenerator 512 for å frembringe kraftige pulser med bestemt karakteristikk, innbefattet PRF og bestemt av RCU 500. Hver puls begrenses av den maksimale spenning, strøm og effekt man kan ha. Ved å utvide pulsbredden reduseres behovet for spenning og strøm for samme gjennomsnittlige pulsenergi. For kort puls vil gi for mye høyfrekvensenergi som ikke er nødvendig eller ønskelig for 25 bestemte anvendelser hvor signaler ved høy frekvens absorberes mer enn signaler ved lav frekvens i det aktuelle objekt under undersøkelse (så som jordbunnen i undersøkelser under bakken). Høyere frekvenser kan være nødvendige for andre anvendelser som innbefatter kortavstandsmodi for driften (så som for anvendelser for avspøking av mikroskopdekkglass for undersøkelser av vev ved medisinske anvendelser). 30

[0033] I senderen 507 aktiveres pulsen av en digital aktiveringspuls som sendes ut fra enheten 500 via en PRF-modul 509 som kanaliserer aktiveringspulsen via en forsinkelseslinje 510 for fast forsinkelse. Aktiveringspulsen 511 har ansvaret for 35 aktivering av den sendte puls i senderen 507. En forsinkelses/forsterkningsregulator 513 i enheten 500 styrer en forsterkningsregulator 514 slik at denne frembringer en fast tidsvarierende forsterkning (TVG) og en fast forsinkelse i linjen 510 for senderen 507. Samme regulator 513 og betjent ved hjelp av PRF-modulen 509 aktiverer også en variabel forsterkning TVG for en forsterker 518 i mottakeren 508 og en

forsinkelseslinje 515 med innstillbar forsinkelse for en modul 516 for sampling og holding (S&H)-modul også tilhørende mottakeren 508. Den takt pulsene sendes med kalles pulsrepetisjonsfrekvensen PRF, og PRF-modulen 509 er den modul som bestemmer den ønskede PRF for hver bestemt driftsmodus for systemet. PRF må være stor nok til å tillate en analog omvandling til digital form av omvandleren 517 i mottakeren 508 og dekke det påkrevde tidsvindu for den bestemte instrumentmåle-
5 anvendelse.

[0034] Mottakeren 508 inkluderer en lavstøyforsterkeren 518 som forsterker de analoge signaler som mottas via antennen 552, idet disse signaler samples i S&H-modulen 516 og digitaliseres i omvandleren 517 når dette er påkrevet ut fra et digitalt signal fra enheten 500.
10

[0035] Omvandleren 517 har ansvaret for analog til digital sampling, og den digitale samplingsfrekvens bør ideelt ikke være større enn tidsavstanden mellom de enkelte bildeelementer i en avbildning som utgangssignaldata representerer. Et mindre samplingsintervall fører til såkalt aliasing (det vil si økning av støyen) av signalet. Et lengre samplingsintervall demper signalets høyfrekvenskomponenter. Fordelen med den variable TVG fra regulatoren 514 til mottakerforsterkeren er at A/D-omvandlingen kan utføres med samme nøyaktighet med et færre antall digitalsifre.
15

[0036] De digitale data som fremkommer fra omvandleren 517 muliggjør sanntidsanalyse av:
20

- i) et posisjonsfasttegn eller en kjedemarkering for lokalisering av en substans/avbildning som skal bestemmes,
- ii) avbildningssignalinformasjon,
- iii) typebestemmelsesinformasjon - dvs. de spektrale karakteristika for det avsøkte objekt/den avsøkte substans, og
25
- iv) en "overtale" som ytterligere skal registreres fra brukeren via en passende mikrofon som et digitalsignal.

[0037] Under bruken av oppfinnelsens radarapparat omformer omvandleren 517 de mottatte signaler fra analogt til et 12 b digitalt signal og kombinerer dette signal med en synkroniseringspuls og elektroniske fastdata. Signalene bufferforsterkes og synkroniseres med et 16 b maskinsignal for omforming av data. Avbildningsdata blir omvandlet til 8 b avbildningsfiler.
30

[0038] Datamaskinen 506 styrer den overordnede funksjon for de øvrige enheter og tilveiebringer et brukergrensesnitt for valget av styre- og overvåkingsparametre, datainnhenting, dataforbedring, avbildningsfremstilling, avbildningsanalyse, materialtypebestemmelse, materialprøving, datalogging etc.
35

[0039] Hele radarsystemet er strømforsynt enten fra et nettaggregat som danner strømforsyningen 519 eller fra en omvandler i forbindelse med et batteri 520.

[0040] Mellom de enkelte komponenter eller elementer i systemet er fire signaltyper, dataforbindelser og styrekoplinger: Senderen 507 til mottakeren 508, fra enheten RCU 500 til senderen 507, fra mottakeren 508 til enheten 500 og fra enheten 500 til datamaskinen 506.

[0041] Koplingen mellom sender og mottaker går via antennene 550 og 552 og det mellomliggende medium så som luft eller andre gasser, vann eller andre væsker, jord, vakuum etc. Det kan også være utilsiktede koplinger mellom sender og mottaker via RCU-senderkabler og mottaker-RCU-kabler dersom disse er ledende. Når dette finner sted kan berøring av kablene gi en elektrisk kortslutning som kan påvirke utgangsdata. Disse to koplinger kan generelt være via metall eller glassfibre, men kan også være trådløse forbindelser så som radioforbindelser eller optiske forbindelser via vakuum og/eller gassmedia og/eller væskemedier. Metall unngås fortrinnsvis av disse grunner. Koplingen RCU-datamaskin vil normalt være en seriell eller parallell portforbindelse siden de påkrevde overføringshastigheter for data ikke er uvanlig høye. Andre mulige forbindelser innbefatter USB, PCMCIA, IrD eller radiomodem.

[0042] Eksempler på forskjellige antenner og antennesammenstillinger som innbefatter ytterligere aspekter av oppfinnelsen skal nå gjennomgås, og disse eksempler er særlig egnet for oppfinnelsen når den er i en av de aktuelle modi.

[0043] Fig. 5A-5D er tverrsnitt av foretrukne utførelser av antennesammenstillinger i henhold til oppfinnelsen som kan utvikles som sendere og/eller mottakere i forskjellige systemer og fremgangsmåter som dekker oppfinnelsen. Disse utførelser vil kunne anvendes for samtlige av de enkelte driftsmodi og -funksjoner i samsvar med de forskjellige aspekter av oppfinnelsen, det vil si kammer-, transilluminasjons- og refleksjonsmodusene, og avbildning/kartlegging av typebestemmelsesfunksjoner. Konfigurasjonen av antennesammenstillingene er skalerbar over et stort omfang av dimensjoner for forskjellige anvendelser.

[0044] På frontsidens 203 av sammenstillingen er det anordnet et fokuseringssystem ved hjelp av en passende linse 204 eller linseanordning, for eksempel av typen som går under benevnelsen FZP (Fresnels soneplatinse). En slik FZP-linse omfatter to konsentriske splittringaperturer 224, 225 som er skilt av en avstandsring 226, for eksempel av metall (gjerne polert messing) som en intern frontsiderefleksjonsring. Hovedlegemet av sammenstillingen består av et rør 227, fortrinnsvis med refleksjonsflater av metall, gjerne polert messing eller rustfritt stål. En bakveggreflektor 232 er anordnet i form av en konkav metallring (igjen kan polert messing eller et annet passende refleksjonsmateriale brukes) som er sammenføydd med røret 227 og med en katodekontakt 233. Gjennom midten av reflektoren 232 er ført et anodeelement 230

som fortrinnsvis er i form av et trangt rør med gjennomgående hull, for eksempel av kopper, og dette element 230 er skilt fra de jordede katodevegger i sammenstillingen ved hjelp av et isolasjonsmateriale 231.

5 [0045] I samsvar med den foreliggende oppfinnelsen er diameteren D_A av anodeelementet 230 et nøyaktig multiplum av innerdiameteren D_T av røret 227 og/eller for den uisolerte del av anodeelementet 230 som trenger inn i det indre av røret 227 over en avstand L_A som er et eksakt multiplum av den totale refleksjonsavstand L_T fra bakveggreflektoren 232 til den frontveggreflekterende avstandsring 226.

10 [0046] En anodebredde på 2 mm og en rørinne diameter på 10 mm gir for eksempel et forhold $D_A:D_T$ på 1:5. Ideelt bør forholdet mellom anodediameteren og rørdiameteren være et helt tall, og tilsvarende bør forholdet mellom anodelengden og rørlengden være et helt tall. I dette tilfelle vil en anodelengde L_A på 19,05 mm og en rørinne lengde L_T på 190,5 mm mellom bakveggreflektoren 232 (den indre) og frontveggreflektoren 226 (den indre i form av avstandsringen) gi et langsgående
15 standbølgeforhold som en parameter $L_A:L_T$ på 1:10. Dette balanserer det siderettede forholdsparameter tall $D_A:D_T$ på 1:5 nevnt ovenfor, slik at man får en optimal standbølgeresonans i røret, før bølgen sendes ut gjennom aperturen.

[0047] Disse forhold velges for å optimalisere resonansrefleksjonsbetingelsene i sammenstillingen. Resonansforsterkningsvirkningen og utbredelsen av signaler via
20 sammenstillingen optimaliseres ytterligere ved passende valg av et dielektrisk omslutningsmateriale 228 som i alt vesentlig fyller det indre av røret 227 (og fortrinnsvis det indre av det rør som danner anodeelementet 230, for å bringe den effektive dielektrisitetskonstant av sammenstillingen for et gitt dielektrisk materiale til et maksimum). Materialet 228 utgjør altså et omsluttende utføringsmateriale og
25 benevnes gjerne "cladding material". Det har fortrinnsvis en ganske stor dielektrisitetskonstant (ϵ) for å gi en optimal resonansforsterkning i antennesammenstillingen. Det dielektriske materiale kan være i væskeform eller som et fast stoff eller en blanding. Fortrinnsvis omfatter materialet en pulverformet pakke av fast stoff i det indre av røret 227.

30 [0048] En anodeledning 236 for signaltilførsel forbinder anodeelementet 230 med en kabel 235 med relativt stor karakteristisk impedans (f.eks. 75 Ω). Reflektoren 232 på bakveggen er jordnet ved kopling av en katodeledning 237 som danner en jordledning fra kabelen 235 til katodekontakten 233.

[0049] Konfigurasjonen av sammenstillingen er slik at senderenergien som stråles ut
35 fra anodeelementet 230 blir sterkt kollimert eller samlet innenfor sammenstillings-"legemet". Når sammenstillingen brukes som en sender virker de konsentriske fokuseringsringspalteaperturer 224, 225 på sendersiden som strålelinser som fokuserer den kollimerte stråle som går ut fra sammenstillingen, ved en gitt avstand fra

utgangsaperturen. I avhengighet av konfigurasjonen av disse fokuserende elementer og/eller bruken av ytterligere fokuseringselementer så som dielektriske linsevedheng beskrevet nedenfor kan sendestrålens karakteristiske egenskaper modifiseres slik at fokalavstanden for sammenstillingen kan varieres over et stort omfang, effektivt fra

5 utgangsaperturen og til uendelig, for forskjellige anvendelser.

[0050] Fig. 5B viser en antennesammenstilling som tilsvarende den som er vist på fig. 5A, men som ytterligere har et sylindrisk dielektrisk linseelement 238 med plane endeflater. Denne type linsetilbehør modifiserer strålen som forlater sammenstillingen på en måte som vil være avhengig av avstanden til den ytre endeflate av linsetilbehøret, i forhold til den innvendige fokusavstand for hovedsammenstillingen, og av brytningsindeksen og dielektriske egenskaper av linsetilbehøret i forhold til de samme parametre for det dielektriske cladding-materiale inne i sammenstillingen og i relasjon til de parametre som hører til det eksterne medium som strålen sendes via fra innretningen eller sammenstillingen. En slik utførelse er særlig anvendelig når linseflaten er lokalisert ved den innvendige fokalavstand i sammenstillingen og anordnet i kontakt med en flate som skal undersøkes, slik at man får et avstandselement for nøyaktig fokusering.

[0051] Fig. 5C viser en ytterligere antennesammenstilling som tilsvarende den som er vist på fig. 5A. I dette tilfelle er sammenstillingen innpasset med en sylindrisk plankonkav dielektrisk linse 239. Sammenliknet med utførelsen vist på fig. 5B er denne type linsetilbehør ytterligere egnet til å modifisere strålen, i avhengighet av geometrien av den konkave flate, i tillegg til lensens refraktive og dielektriske egenskaper. En stråle som sendes ut fra utførelsen vist på fig. 5A vil divergere utenfor sammenstillingens fokalavstand. En plankonkav linse av denne type kan konfigureres for å redusere slik divergens eller omfokusere strålen eller kollimere den.

[0052] Fig. 5D viser nok en antennesammenstilling som tilsvarende den vist på fig. 5A. I dette tilfelle er sammenstillingen innpasset med en sylindrisk plankonveks dielektrisk linse 240, og denne type linsetilbehør vil ha en virkning motsatt av den som er vist på fig. 5B. Når sammenstillingen brukes som en mottaker vil linsetilbehøret øke sammenstillingens kapasitet for oppfangning av innfallende stråling.

[0053] I utførelsene vist på fig. 5A-5D tjener den rørformede hoveddel av sammenstillingen som antennens katode, og anoden strekker seg langs den sentrale lengdeakse i røret. Fig. 5E viser en alternativ utførelse som tilsvarende den vist på fig. 5A, med unntak av at både anoden og katoden har langstrakte, fortrinnsvis rørformede elementer 602 og 604 anordnet inne i et ytre rør 606, parallelt med og anordnet symmetrisk om dette rørs lengdeakse. Dimensjonene (særlig lengdene og diametrene) av anode- og katodeelementene 602 og 604 er fortrinnsvis proporsjonale med de tilsvarende dimensjoner av det ytre rør 606, som for anoden i utførelsene vist på fig. 5A-

5D. Også avstandene mellom elementene 602 og 604 og mellom elementene og det ytre rør 606 er tilsvarende i proporsjon.

[0054] Anordningen av antenneelementene 602 og 604 på fig. 5E tillater at et par tilsvarende antennesammenstillinger kan krysspolariseres i forhold til hverandre siden sammenstillingene kan roteres om sin lengdeakse slik at det plan som elementene 602 henholdsvis 604 ligger i kan anordnes i rett vinkel til hverandre.

[0055] Antallet og anordningen av anode- og katodeelementer i antennesammenstillingen kan varieres, slik det er vist på fig. 5F-5N, idet disse tegninger er skjematisk enderiss av antennesammenstillinger som tilsvarende de som er vist på fig. 5E, med forskjellig anordning av elementer. Fig. 5F og 5I viser sammenstillinger som tilsvarende fig. 5E, med et anode- og et katodeelement 602 og 604. På fig. 5F er elementene orientert i rett vinkel til de som er vist på fig. 5I. Fig. 5G-5K viser sammenstillinger med flere anode- og katodeelementer anordnet i lineære rekker eller arrayer, langs en diameter av det ytre rør i sammenstillingen, og med fig. 5G og 5H illustrerende tilsvarende rekker orientert i rett vinkel til de som er vist på fig. 5J og 5K. Fig. 5L-5N viser ytterligere utførelser med flere elementer anordnet i krysslagte rekker, og elementene er lokalisert langs to diametere for røret, i rett vinkel til hverandre. I slike utførelser vil anordningen av anoder og katoder kunne variere, for eksempel kan elementene langs den ene diameter være bare anoder, mens elementene langs den andre diameter da bare er katoder, eller elementene langs to tilstøtende radier kan være anoder, mens elementene anordnet langs de andre to radier kan være katoder, hvorved man får forskjellig polarisasjon for de enkelte sammenstillinger. Par av sammenstillinger kan orienteres med planene for rekkene anordnet i relative vinkler annerledes enn 90° , så som 45° , for å tilveiebringe andre relative polarisasjoner. Elektriske tilkoplinger til de forskjellige elementer kan være omkoplbare slik at en enkel sammenstilling kan selektivt konfigureres med forskjellige arrangementer av anoder og katoder. I samtlige tilfeller er de relative dimensjoner og avstander for elementene og det ytre rør fortrinnsvis ved samme proporsjoner som tidligere gjennomgått.

[0056] De forskjellige grunnmodi for driften av radarsystemet i samsvar med oppfinnelsen skal nå gjennomgås.

[0057] Fig. 6A og 6B illustrerer såkalte kammermodi hvor en prøve av et materiale eller liknende innesluttet i et kammer. Disse utførelser arbeider ved "transilluminasjon" av prøven, det vil si at radarstrålene trenger gjennom prøven fra flere sider. Utførelsene vist på fig. 3 og 4 er også beregnet for kammermodusdrift, men ikke ved transilluminasjon av prøven på samme måte som i utførelsene vist på fig. 6A og 6B.

[0058] Det vises nå først til fig. 6A som illustrerer to antennesammenstillinger som tilsvarende de som er vist på fig. 5E, og anordnet for kammermodusdrift.

[0059] Radarapparatet vist generelt ved 1 består i dette tilfelle av en sendersammenstilling 2 og en mottakersammenstilling 3 som er anordnet i alt vesentlig koaksiale i forhold til hverandre og i forhold til et kammer 4 mellom dem.

[0060] Sendersammenstillingen 2, for korthets skyld like gjerne kalt senderen 2, og mottakersammenstillingen 3, for korthets skyld kalt mottakeren 3 består begge av sin respektive kavitet 5a henholdsvis 5b, for eksempel i form av et hult rør eller en hul rørdel. Inne i kaviteten 5a som altså kan være et rør er det anordnet en anode 6a og en katode 7a som danner en senderantenne 8a anordnet i langsgående flukting med røraksen XX'. Inne i røret 5b er en anode 6b og en katode 7b i form av en mottakerantenne 8b, likeledes anordnet i lengderetningen av røret, sammenfallende med aksens XX'.

[0061] I hvert av disse rør 5a og 5b er anodene 6a, 6b og katodene 7a, 7b i alt vesentlig omsluttet av et utforings- eller cladding-materiale som er valgt for sine dielektriske egenskaper. Antennene 8a, 8b kan for eksempel være neddykket i destillert vann som brukes som et dielektrisk medium for omslutning. Andre alternativer innbefatter blandinger av destillert vann og sand eller andre substanser med de ønskede dielektriske egenskaper. Hvert rør 5a, 5b er passende forsegleet i hver ende 12a, 13a og 12b, 13b. Et passende tetningsmateriale kan for eksempel være en harpiks eller et annet elektrisk isolerende materiale.

[0062] Fokuseringsmidler 9a, 9b er anordnet nær kammeret 4. I dette tilfelle omfatter disse midler en dielektrisk linse med valgt geometri og dielektrisk sammensetning for å bevirke at den stråling som sendes ut/mottas av senderantennen 8a eller den oppsamlede mottakerantenne 8b blir konvergent/divergent ved innføringen/utløpet av kammeret 4. Som et eksempel er disse midler 9a, 9b i en første utførelse av oppfinnelsen linser 9a, 9b som hører til senderen henholdsvis mottakeren, og begge disse velges fremstilt av en vokssammensetning med stor resistivitet, for eksempel i størrelsesorden 10^9 (Megohm-metermåling).

[0063] De relative dimensjoner for anodene 6a, 6b og katodene 7a, 7b og det omsluttende dielektriske materiale og/eller røret 5a, 5b bestemmes til å være fraksjonalt proporsjonale med hverandre som tidligere gjennomgått. For eksempel er bredden av anoden 6a med bredden av katoden 7a og innerdiameteren av røret 5a og lengden av anoden 6a er proporsjonal med totallengden av røret 5a.

[0064] Det antas at en slik geometrisk skalering mellom antennen og den omsluttende cladding, sammen med de dielektriske egenskaper av denne vil bedre dannelsen av resonerende standbølgeoscillasjoner. Slike oscillasjoner settes opp innenfor det dielektriske materiale i senderrøret 5 og kan hjelpe til ved å gjøre intensiteten og kollimeringen av de utsendte stråler mer optimale. Under slike

betingelser tilveiebringer senderen 2 et middel for å generere en resonerende og kollimert stråle ved bestemte bølgelengder som mottakeren 3 kan registrere.

[0065] Totalgeometrien av senderen 2 og mottakeren 3 er derfor relatert til størrelsen og skalaen for den oppløsning som trengs. De dielektriske egenskaper av cladding-
5 materialet som velges for å omslutte antennene 8a, 8b er også viktige i denne henseende, siden disse egenskaper vil påvirke gruppehastigheten V_g for den stråling som sendes ut/mottas.

[0066] I utførelsen vist på fig. 6A er senderen 2 og mottakeren 3 anordnet i koaksial flukting slik at prøvematerialkammeret 4 blir transilluminert.

[0067] For å typebestemme en substans ved å bestemme dens spektrale karakteristika kan andre valgkriterier brukes for å bestemme passende antennecladdingmaterialer og de relative dimensjoner og totalstørrelsen av antennesammenstillinger. I hvert tilfelle er hensikten å sikre tilstrekkelig spektraldetaljer ved den ønskede oppløsning og skala. For å få optimale betingelser er bredde og/eller lengde av rørene 5a, 5b heltallige
10 multipla av tilsvarende bredde/lengde av de interne antenner 8a henholdsvis 8b.

[0068] På fig. 6A vises en utførelse av oppfinnelsens radarapparat 1 og under prøvebestemmelse/identifikasjon av en prøve 10 som er lagt inn i kammeret 4. Dette kammer er i denne utførelse anordnet i to deler: en nedre del 4a som er festet til senderen 2, og en øvre del 4b som er festet til mottakeren 3. Prøven 10 er lagt inn i den
15 nedre del 4a. Kammeret kan for eksempel ha en innerdiameter på 40 mm og en innvendig dybde på 40 mm på oversiden av rørbunnen.

[0069] I denne utførelse kan rørene 5a, 5b begge ha en innerdiameter på 16 mm, og kammeret 4 kan være anordnet slik at den totale indre transmisjonslengde i senderrøret 5a og kammerdelen 4a er 330 mm, mens den totale mottakerlengde av mottakerløret 5b og kammerdelen 4b er 295 mm. Målingene i hvert tilfelle er parallelle med retningen XX' og måles fra kontaktgrenseflaten mellom den nedre kammerdel 4a og den øvre kammerdel 4b når kamrene kontakter hverandre i transilluminasjonskonfigurasjonen. For et påkrevet innvendig kammervolum velges de dielektriske linser 9a og 9b slik at man får optimalisering av
25 konvergens/divergensen av strålingen som sendes ut av antennesammenstillingene 2, 3 og prøvekammerdelen 4a er lokalisert innenfor en maksimal avstand fra senderen 2, fortrinnsvis ikke mer enn 300 mm.

[0070] I den utførelse som er vist på fig. 6A kan hver antenne 8a, 8b være en flerfoldet Yagi-gruppe med to isolerte undergrupper som inneholder flere enkeltvis skjermede høykvalitets koppererlementer i det langsgående rørplan XX'. Hver gruppe er fylt med det valgte dielektriske materiale, så som destillert vann i dette eksempel, for å danne en dielektrisk utforing for en bistatisk antennepargruppering. Konfigurasjonen nevnt ovenfor muliggjør optimal impedanstilpasning ved 50 ohm.
35

[0071] Den stråling som utgår fra senderantennen 8a fokuseres ved hjelp av vokslinsen 9a slik at prøven 10 anordnet i den nedre del av kammeret 4a blir bestrålt. Begge vokslinsene 9a, 9b i denne utførelse strekker seg 4 mm inn i bunnen av kammerdelene 4a henholdsvis 4b. Mottakerdelen av kammerdelen 4b fylles med et passende dielektrikum, for eksempel luft. Strålingen omfokuseres av vokslinsen 9b til mottakerantennen 2 hvor den blir registrert av antenneelementet 8b.

[0072] I denne utførelse begrenser størrelsen av kammeret 4 størrelsen av de objekter som kan undersøkes: Med unntak av denne begrensning kan et stort omfang av substanser og objekter typebestemmes, for eksempel alt fra fast stoffer, kompositter, væsker, gasser, jordprøver, sedimenter eller pulverprøver. Man kan for eksempel ha trepulvermasse, grunnmasse fra bakken, meltyper og oljer. Både organiske og uorganiske substanser kan bestemmes.

[0073] Som et eksempel og dersom det totale volum av prøvekammeret 4 er 45 ml kan en prøve på for eksempel 25 ml av den aktuelle substans typebestemmes ved at substansen plasseres i den nedre del av kammeret 4a. Luft opptar de øvrige 20 ml av volumet inne i den øvre kammerdel 4b.

[0074] For å sikre at elektromagnetisk stråling reduseres til et minimum har man ordnet en passende skjerming. Ved å velge en elektrisk ledende metallsubstans, for eksempel aluminium for rørene 5a og 5b og kammerdelene 4a og 4b og/eller ved ytterligere å skjerme metallsubstansen med et passende isolasjonsmateriale (så som plast) kan man redusere strålingen. Det å etablere et lag med isolasjonsmateriale og et ledende materiale er, slik det er kjent innenfor teknikken, slik at elektromagnetiske strålingsfelt blir betydelig redusert.

[0075] Senderantennen 2 brukes til å sende ut en resonansstråle av pulserende radar-signaler, idet strålen er kollimert. Disse signaler oppsettes og styres av en pulsgenerator som tidligere beskrevet i forbindelse med fig. 1 og 2. I dette eksempel kan båndbredden av den sendte puls være i størrelsesorden 2 MHz - 200 MHz. Et stort nok tidsvindu brukes for å sikre at man får tilstrekkelige refleksjoner inne i teleskopene 2, 3 og kammeret 4, og et tidsvindu på 16 ns kan for eksempel brukes med en pulsintervalltid på 100 ms.

[0076] Fig. 6B viser en annen utførelse som er en variant av anordningen på fig. 6A. På fig. 6A og 6B brukes samme henvisningstall for samme eller ekvivalente komponenter og trekk. I denne utførelse er også sender- og mottakerantennen 2, 3 fluktende i transilluminasjonsmodus og med et lukket kammer 4 som fullstendig inneholder og skjuler en prøvebeholder 400 for typebestemmelse. I dette eksempel kan sender- og mottakerantennen helt tilsvare de som er vist på fig. 5A og 5B. Utførelsen skiller seg fra den på fig. 6A ved at de indre kaviteter i rørene 5a, 5b er pakket med et materiale med stor dielektrisitetskonstant, så som bariumtitanat, og for dette materiale

er ϵ_r lik 4000 ved romtemperatur. Inne i rørene 5a, 5b er anodene 6a, 6b anordnet sentralt og strekker seg langs aksen X-X', mens katodene 7a, 7b dannes av innerveggene i disse rør.

5 [0077] Fokuseringsmidlene 9a, 9b berører fortrinnsvis henholdsvis topp og bunn av beholderen 400. I dette tilfelle omfatter disse midler 9a, 9b to konsentriske splittringaperturer 224a, 224b, 225a og 225b, skilt fra hverandre med en avstandsdel 226a, 226b som beskrevet ovenfor i forbindelse med fig. 5.

10 [0078] Kammeret 4 i dette tilfelle omfatter to metalliske massive celler 4a, 4b som er skrudd sammen for å danne en forseglet høyfrekvensskjermenhet. Cellene 4a, 4b er fortrinnsvis av ikke-magnetisk materiale så som aluminium eller messing, som et eksempel.

[0079] En slik anordning av et typebestemmelseskammer er optimalisert for i alt vesentlig å hindre elektromagnetisk spredestråling.

15 [0080] Båndbredden av signalene som mottas vil være avhengige av størrelse og konfigurasjon av antennene 8a, 8b og prøvekammeret 4. Dersom prøvesubstansen skal typebestemmes bestemmes dens spektrale karakteristika ved å trekke det signal som mottas fra apparatet under resonansbetingelser når prøvekammeret 4 er tomt, fra det signal som mottas under tilsvarende betingelser når en substans som skal prøvebestemmes er lagt inn i det. Disse karakteristika for de resulterende data kan
20 deretter sammenliknes med de tilsvarende karakteristika for kjente materialer som tidligere er analysert på tilsvarende måte og hvis resultater er lagret i en database.

[0081] Det er viktig å ha tilstrekkelig lang tid, nemlig et langt tidsvindu, for det etablerte strålemønster i prøvekammeret 4 for å få resonansbetingelser inne i prøven (dette gjelder også andre prøvebestemmelsesmodi for driften, slik det skal beskrives
25 senere. Den utsendte radarpuls kan avstemmes slik at det detekterte signal indikerer at man har fått etablert en passende betingelse med resonansstråling. Den andre modus for driften er relatert til bruken av antennesammenstillinger 200, så som illustrert på fig. 5, og de må være utfoldet eller anordnet i transilluminasjonskonfigurasjon uten bruk av noe prøvekammer, slik det er vist på fig. 6B. Denne tegning viser hvordan
30 sammenstillingene 201 og 202 for henholdsvis senderen og mottakeren er anordnet aksialt fluktende, på samme måte som på fig. 5A-5N. Det er klart at en slik driftsmodus ikke nødvendigvis krever at sender- og mottakerantennen er i flukt med hverandre, men de kan være parallelle eller danne en bestemt vinkel med hverandre på den ene side av objektet under undersøkelsen med en reflektor anordnet bak objektet
35 slik at signalet fra senderantennen vil passere dette og reflekteres tilbake til mottakeren fra reflektoren.

[0082] Som vist på fig. 7B er sammenstillingene koaksialt fluktende for å vendt mot hverandre og er anordnet i en optimal fokuseringsavstand i forhold til et prøveobjekt

eller en prøvesubstans midt mellom to sensorer for å oppnå en balansert transilluminasjonsvirkning. Sammenstillinger av denne type kan også brukes i arrangementer slik som illustrert på fig. 6A og 6B.

5 [0083] I denne modus gir apparatet et middel for avbildning eller typebestemmelse av den interne sammensetning eller innholdet i, for eksempel objekter som transporteres på et transportbelte. I en slik anvendelse er antennesammenstillingene 201 og 202 anordnet på hver side av beltet for å gjennomstråle objektene på dette når de forflytter seg langs beltet. Metallreflektorer kan videre være anordnet på undersiden av beltet og rundt sidene/toppen av en eventuelt omsluttende skjerm.

10 [0084] Den tredje driftsmodus er relatert til at antennesammenstillingene 200 er utfoldet i parallell konfigurasjon eller i en vinkel i forhold til hverandre, med aperturene for sender- og mottakerantennesammenstillingen vendende i samme retning, og slik at det mottatte signal blir ledet tilbake i kilderetningen (dvs. reflektert eller tilbakespredt). Fig. 7A, 8A-8D, 9 og 10 illustrerer eksempler på denne
15 driftsmodus. Antennesammenstillingene kan være utfoldet i stasjonær konfigurasjon eller en eller begge av dem kan forflytte seg i forhold til substansen/det areal som skal av søkes og/eller substansen/dette areal kan beveges i forhold til antennesammenstillingene.

[0085] Som et eksempel viser fig. 7A skjematisk hvordan anordningen av sammen-
20 stillingene 201 og 202 er slik som beskrevet ovenfor, i en GPR-anvendelse som er egnet for fjerndeteksjon og/eller -avbildning og/eller typebestemmelse av objekter og/eller substanser som er under bakkenivå. Sammenstillingene 201, 202 kan monteres på passende kjøretøyer på land eller til havs, for eksempel viser fig. 8A hvordan apparatet kan være montert på forsiden eller baksiden av et landkjøretøy.
25 Alternativt kan apparatet være utformet for å trenge gjennom gulvet eller skroget i et sjøgående fartøy så som på fig. 8D. I avhengighet av skalaen for antennesammenstillingene kan apparatet være lett bærbar for bestemte anvendelser, slik det er illustrert på fig. 8B og 8C. Fig. 8B viser en bærbar innretning som er egnet for drift på land, mens fig. 8C viser en tilsvarende innretning som passer for å brukes av en dykker
30 under neddykking.

[0086] Fig. 9 illustrerer hvordan en senderantenne|sammenstilling 201 og en mottakerantennesammenstilling 202 kan være anordnet i parallell langs en stang 250 som utgjør en del av en neddykket forflyttbar plattform 280. Denne plattform kan for eksempel festes til fronten av en fjernbetjenbar farkost 260 som passer til drift på en
35 sjøbunn 270.

[0087] Fig. 10 illustrerer hvordan flere par grupper av sammenstillinger 201 og 202 for senderen og mottakeren kan være anordnet på undersiden av pongtongstøtter 300a, 300b for bruk med en halvt neddykkbar plattform eller sjøfarkost. En slik

konfigurasjon av radarapparatet muliggjør sjøbunnregistrering, avbildning og typebestemmelse av materialer for oljeindustrien.

[0088] Antenneparene er fordelt langs pongtongen, fortrinnsvis med samme avstand fra tilstøtende antennepar i gruppen. Minst én gruppe mottakerantenn er anordnet parallelt med den tilsvarende gruppe pardannende senderantenn, slik at man får bredvinkelrefleksjon og -refraksjon (WARR)-konfigurasjon. Minst én slik antennepargruppe 310a, b og 320a, b er anordnet på hver pongtong, og to par pongtong kan for eksempel være hensiktsmessig og er illustrert på fig. 10, for å danne det totale antall på åtte grupper av antennesammenstillinger. Ved å bruke et slikt apparat får man en stor mengde storskalainformasjon når det gjelder strukturen og sammensetningen, og denne informasjon kan samles inn fra og i sjøbunnsforholdene, for eksempel kan apparatet brukes under en slik "søkemodus" for å registrere undergrunns- og sjøbunn-fenomener.

[0089] Oppfinnelsen har registrert skipsvrak, og apparatet kan være egnet for deteksjon av olje- og gassforekomster ved hjelp av dette apparat. Bestemte objekter så som skipsvrak kan være gravd dypt ned under sjøbunnen, og selv om det er mulig å registrere slike objekter med et enkelt par antennesammenstillinger over relativt små søkeområder vil en større gruppering av antenner og fortrinnsvis et multiarray med antenner være mer anvendelig. Slike sammenstillinger av mange antenner kan avsøke en rekke linjer i et eneste foroversveip som dekker et stort søkeareal over kort tid.

[0090] Ved videre å la apparatet holde seg på plass og avsøke et bestemt areal over en gitt tidsperiode (for å danne en "stjernesøking" i en overvåkingsmodus) vil det være mulig å registrere en rekke avbildninger som indikerer forflytting av substanser så som væsker (gjærne olje) og gasser (f.eks. utslipp av naturlig gass).

[0091] I den WARR-konfigurasjon som er illustrert på fig. 10 arbeider antennegruppene i tandem. Sendersammenstillingen 310a sender for eksempel ut signaler som reflekteres og omgrupperes av mottakersammenstillingen 320b, og sendersammenstillingen 320a vil sende ut signaler som fortrinnsvis registreres av mottakersammenstillingen 310b etc. Dette gir en rekke linjer 330 som avsøker sjøbunnen effektivt. I den viste utførelse kan for eksempel ni slike linjer 330 avsøkes. I WARR-modusen kan enhver antennesammenstilling velges som en senderantennesammenstilling, og refleksjonene kan mottas av enhver tilsvarende sammenstilling på mottakersiden, i en vilkårlig rekkefølge. Samplingstiden for å øke sender- og mottakerseparasjonen (se fig. 10) for triangulering og nøyaktige kartleggingsformål kan utføres for å komme frem til en detaljert tabell eller oversikt over de dielektriske egenskaper som frembringes, og disse egenskaper vil kunne avsløre dybder, radarhastigheter, mellomagtykkelser, mellomagfastigheter og dielektrisitetskonstanter i slike mellomlag.

- [0092] Størrelsene av aperturene i antennesammenstillingene kan optimaliseres for å passe til veilengden og strålekollimeringskravene. For dypere "sounding" og lengre veier for strålene kan det være nødvendig å variere fokuseringsmidlene, for eksempel for å passe inn smale aperturer med et område for eventuell sirkulær spalting. Slike spalter vil kunne innpasses i teleskoper for å gi fokusering i det optimale nærrområde eller et fjernområde. Dielektriske linseanordninger så som de illustrert på fig. 5B-5D kan også brukes for samme formål. Fokuseringsmidlenes valgkriterium følger det som er kjent innenfor teknikken ved radarkonstruksjon, og valgprosedyrene blir da basert på enkel geometri, timing og plattformhastigheter.
- 10 [0093] For feltbruk omfatter typiske landkjøretøyer ATV, mindre robotplattformer, bærbare og/eller håndbetjente eller spor- eller skinnegående kjøretøyer for tunneler eller mineganger, eller kjøretøyer som kan betjenes fra kommandoplattformer og liknende for avsøking av vertikale veggflater på bygninger, tunneler eller brokonstruksjoner. Typiske sjøgående fartøyer omfatter oppblåsbare, luftputefartøyer, Dory-arbeidsfartøyer, slepe- og bukserbåter, overvåkingfartøyer for hydrografi og seismikk, halvneddykkbare plattformer for oljeindustrien og pongtonger som er egnet for montering av større rørsammenstillinger. Andre farkoster kan være såkalte ROV som er selvgående undervannskjøretøyer, likeledes er slike fartøyer ofte benevnt AUV, oppjekkplattformer, borerigger eller enkeltstående produksjonsplattformer.
- 15 20 Antennesammenstillingene er typisk anordnet i alt vesentlig vertikalt og har orientering slik at de kan fokusere ned mot sjøbunnen eller bakken, ved dybder som gir brukbar oppløsning for olje- og gassreservoarer. I et særlig eksempel for å registrere substanser under sjøbunnen kan antennesammenstillingene 201, 202 har dimensjoner 24 m lengde og 200 mm innvendig diameter (8 tommer) og kan bestå av to 12 m lange stålrør av høykvalitets stål og beregnet for olje, sveiset sammen til hverandre slik at det dannes et par store sender- og mottakersammenstillinger på omkring 24 m lengde. En slik geometri vil av oppfinneren antas å gi en naturlig resonans som forsterker radarsignalene med en faktor på 180.
- 25 30 [0094] Apparatet kan videre være montert på luftfartøyer/romfartøyer, for eksempel mindre helikoptre eller fjernstyrte farkoster (RPV) så som modellfly, ballonger, autogyroer og liknende, betjente eller ubetjente. Romplattformer kan også brukes for geologiske undersøkelser av forekomster under bakken, både på jorden, på månen, på kometer og/eller andre planeter.
- 35 [0095] Valget av passende antennekonfigurasjoner og aperturstørrelser muliggjør at forskjellige skalaer kan oppløses, for eksempel objekter/substanser som er under bakken eller under vann (se f.eks. fig. 8C, 8D, 9 og 10).
- [0096] Fig. 11A illustrerer en ytterligere utførelse av oppfinnelsen med en senderantennesammenstilling 201 og en mottakerantennesammenstilling 202, montert

på et konvensjonelt optisk mikroskop 700, for det formål å undersøke biologiske prøver som er lagt på et objektglass 702, for å ta et eksempel. Mottakerantennesammenstillingen 202 er innmontert i en hylse i mikroskopet, nemlig en hylse som normalt vil oppta okulalet. Enden av denne sammenstilling 202 kan være utformet for å passe inn i denne hylse (ofte kalt tubus på et mikroskop). Sammenstillingen 202 på sendersiden er i dette eksempel montert i en hylse eller liknende som normalt opptar en lyskilde for belysning av dekkglasset 712. Er mikroskopet av binokulær type kan det andre okular brukes for visuell betraktning av dekkglasset og fokusering. Det sendte signal fra sammenstillingen 201 følger den normale optiske vei gjennom mikroskopet til sammenstillingen 202, og dette betyr at begge sammenstillinger 201 og 202 er anordnet for transilluminasjon eller gjennomstråling av dekkglasset 702. Alternativt kan sammenstillingene være montert ved siden av hverandre i okulartubusene for et binokulært mikroskop for refleksjonsmodusdrift. På denne måte kan forskjellige typer optiske mikroskoper tilpasses bruk som "radarmikroskoper" og kan brukes for avbildning og/eller typebestemmelse av biologiske prøver eller liknende i en rekke anvendelser, innbefattet medisinsk diagnose. For av søkingsformål kan objektglasset med prøven forskyves i forhold til sammenstillingene 201, 202 ved å bruke mikroskopets konvensjonelle x,y-forskyvningsmekanisme. (For ytterligere forståelse av mikroskopet og dets bruk vises her til litteraturen, blant annet: Hydén & Brattgård: Mikroskopet och dess optikk, og B. I. Eggen: Kremler, Del 1, 1996, ISBN 82-994133-0-3.)

[0097] For nøyaktig kartlegging ved hjelp av oppfinnelsens radarapparat vil det være nødvendig å bruke kalibrerte antennesammenstillinger, fortrinnsvis av den type som er illustrert på fig. 5E-5N og hvis relative separasjon kan varieres for optimalisert triangulering av avstander. Fortrinnsvis kan sender- og mottakerantennen dreies om sin respektive lengdeakse over hele vinkelomfanget 0-360° i forhold til hverandre for å gi variabel polarisasjon av signaler, hvorved man kan optimalisere koherente avbildningsrefleksjoner fra mål og grenseflater av interesse.

[0098] Trianguleringsfaktoren er viktig for mange anvendelser av oppfinnelsen. Polariseringsfaktoren er av størst betydning for nærområdeinspeksjon av strukturer så som rør eller betongseksjoner. Endring av polarisasjonen med en faktor på 90° for eksempel kan tillate oppsamling av multivariantavbildningsdatasett langs hver av søkingslinje, og dette kan ofte hjelpe til ved klassifisering av mediet og gi koordinater for punktmål eller strukturer i det medium som undersøkes.

[0099] Antennene kan typisk være orientert på to måter: Planpolariserte (PP) eller krysspolariserte (CP, 90° modus) hvor senderantennen blir orientert ved 90° i forhold til mottakerantennen eller omvendt. Av denne grunn kan man ved en gitt frekvens få to forskjellige sett spektrale refleksjonsdata (eller digitale avbildningsbånd) ved

datainnsamlingen. Utformingen av passende romfrekvensfiltre og bruken av prinsippkomponentanalyse (PCA) for multivariante avbildningskartlegginger av slike komplekse multispektrale og multipolariserte avbildningsdatasett kan i stor grad hjelpe til ved identifikasjonen av for eksempel konstruksjonsdetaljer av interesse, for

5 nøyaktig kartlegging og klassifisering.

[0100] Man må også ta i betraktning de romkoordinater (X, Y, Z) for både sender- og mottakerantennen. Dette betyr at det areal som skal undersøkes må være nøyaktig overvåket for å kunne bygge opp en konsis topografisk overvåkingsdatabase med koordinatene for hver avsøkinglinje. I tilfeller hvor avsøkinglinjene er ulineære er det viktig å følge/spore antennene på sin avsøkingplattform under datainnsamlingsfasen.

[0101] Denne situasjon kan for eksempel oppstå når man av søker de uregelmessige topografiske trekk for en biopsiprøve, siden antennene da vil være montert på en enkel avsøkingplattform for biopsi (BSP) og ikke i direkte kontakt med prøven. Med en fast antennekonfigurasjon på en slik plattform BSP og hvor det vevet som skal undersøkes er uregelmessig vil luftgapet mellom antennen og prøven naturligvis variere betydelig over arealet, og av denne grunn er det viktig samtidig å følge antennene under avsøkingssfasen slik at den sanne aktuelle planposisjon er kjent og kan relateres til de nøyaktige romkoordinater for det objekt som blir undersøkt.

[0102] For å få til koherent avbildning er det viktig at man velger en optimal avsøkingsskonfigurasjon for antennene. Særlig vil dette være den faste separasjonsavstand mellom sender- og mottakerantennen når disse er montert på avsøkingssoppstillingen eller plattformen BSP. For avbildning av dypereleggende strukturer må antennene være festet med større separasjon. For igjen å fokusere via materialer med liten dielektrisitetskonstant eller dypereleggende organer i legemet må antennene beveges ytterligere fra hverandre. For å få nøyaktige dybde data er det da viktig å triangulere hver eneste avsøkinglinje i legemets underflatedomene. Dette kan oppnås ved å overlappes avsøkingsspor fra starten av en avsøkingssposisjon (SOS) og til slutten av avsøkingssposisjonene (EOS). Denne type avsøking er vanligvis kjent som WARR-avsøking (vidvinkelrefleksjons- og refraksjonsavsøking) som illustrert på fig. 11A hvor det vises en fast senderantennesammenstilling 201 og en forflyttbar mottakerantennesammenstilling 202 som forskyves gradvis bort fra sammenstillingen 201 i pilenes retning, i forhold til et objekt 704 som kan være en kreftsvulst i en pasient. Dette kan oppnås ved automatisk omkopling av sensorgrupper, på digital basis og

35 håndtert med programvarestyring.

[0103] Når avsøkingssoppstillingen beveger seg langs avsøkingsslinjen vil mottakerantennen samle inn hver ny refleksjon og gi en registrering langs de tidligere avsøkte returer. Denne prosess integrerer refleksjonssporene og gir til sist en

vidtfavnende avbildning av objektet 704. For å sammenstille et koherent bilde av dette vil systemet sørge for prosessering av responsrefleksjonene fra de undersøkte objekter, og disse refleksjoner blir automatisk fremhevet for å optimalisere ønskede mål og laggenererte grenserefleksjoner som deretter kan klassifiseres.

5 **[0104]** Avbildningene kan også skaleres på passende måte ved hjelp av programvare, med omsampling og autozoom-muligheter som gir todimensjonal og tredimensjonal visualisering av punktmål og grenseflater, det hele for sanntids visning. Disse trekk, sammen med bruken av klassifiserte fargepaletter kan skille de enkelte klasser av overflater eller ruhet (for eksempel) for et stort register av materialer. En typisk
10 brystkreftdannelse kan således bestå av seks distinkte vevlag, og lagtykkelsene i mikrometer kan for eksempel være: 76, 76, 152, 202, 88, 77, hvert lag med sin forskjellige dielektrisitetskonstant.

[0105] Ytterligere analyse av avbildningen kan vise dielektriske tabeller som demonstrerer midlere mellomagtykkelse, dybde, utbredelseshastighet og dielektrisitetskonstant. Slike tabeller kan også innbefatte RMS-feilberegninger i toveis
15 utbredelsestid og målt i nanosekunder, og dybden måles gjerne i meter for hver stratigrafisk grenseflate.

[0106] Den foretrukne signalprosesseringsprogramvare utfører sanntids avomhyllning av senderpulsene for å tillate sann konform avbildning av objektformene, idet dette da
20 blir kartleggingen. Konvensjonelle GPR-refleksjoner fra sirkulære eller elliptiske seksjonsstrukturer så som rør vil derved fremkomme som parabolske ekkoer fra topp og bunn av rørets refleksjonsflater, mens kartlegging eller avbildning på den måte som er beskrevet ovenfor vil vise strukturene i deres sanne sirkulære eller elliptiske konfigurasjon.

25 **[0107]** Fra de resulterende avbildninger kan materialer spektroskopisk identifiseres og klassifiseres (som beskrevet nedenfor), under forutsetning av at de tidligere er typebestemt og at deres spektrale karakteristika er innlagt i referansedatabasen. Dersom dette er tilfelle muliggjøres klassifiseringen i nesten sanntid, dvs. innenfor noen få mikrosekunder for datainnhenting. Dybder kan automatisk beregnes av
30 systemdatamaskinen etterat WARR-resultatene er implementert, og følgelig er det rett og slett et spørsmål om å lese dybden av en påkrevet målposisjon ut fra den skalerte avbildning.

[0108] Fig. 12 viser en tabell som gir en oversikt over systemspesifikasjonen for forskjellige driftsmodi for systemer som utnytter oppfinnelsen. Femten slike driftsmodi
35 A1-A5, B1-B5 og C1-C5 er indikert og gir eksempler på det store omfang av anvendelser oppfinnelsen gjelder for. A1-A5 gjelder nærområder/nærfelt (småskala) for økende avstander mellom senderantennen og objektet. Disse modi er egnet for anvendelser så som biologisk og medisinsk avbildning. B1-B5 er for nært område til

middels nært område (medium skala), og likeledes for stadig økende avstander. Disse modi er egnet for typiske GPR-anvendelser med relativt grunn inntrengning. C1-C5 er langavstandsmodi (storskala) som er egnet for geologiske og geofysiske anvendelser, særlig innenfor oljeindustrien og for relativt stor dybdeinntrengning under overflater og under havbunnen. Disse forskjellige modi vil typisk bruke hovedsakelig samme datamaskin, pulsgenerator og radarstyreapparat, men med forskjellige sender- og mottakerantennesammenstillinger. Disse er fortrinnsvis slik som vist på fig. 5A-5N, mens mindre sammenstillinger (f.eks. med lengde 200-300 mm) kan være egnet for modusene A1-A5. Mellomstørrelser kan være egnet for B1-B5, og større sammenstillinger (dvs. opp til 24 m lengde) kan være egnet for modusene C1-C5.

[0109] Oppløsningstiden og -rommet (spalte 2 og 3) indikerer hvilken oppløsning man kan oppnå for hver modus. Verdiene som er satt opp gjelder saltvann og kan omvandles til andre media med forskjellige dielektriske egenskaper. Spalte 4 indikerer passende verdier for PRF for hver modus, idet denne verdi er høyere for nærområdeanvendelser og lavere for lengre avstander. Spalte 4 indikerer passende pulsbreddeverdier (Pw) for de enkelte modi, og disse verdier er mindre for kortere avstander og større for lengre avstander. For hver modus A1-A5 ligger verdiene i området 10 til 100 ps (pikosekunder), for hver modus B1-B5 er passende verdier i området 1-10 ns, og for C1-C5 er passende verdier 10-25 ns. Tabellen på fig. 12 bruker Pw-verdier på 0,1 ns for modus A1-A5, 1 ns for B1-B5 og 10 ns for C1-C5. Spalte 6 indikerer tidsavstanden (TR) for de mottatte signaler og frembrakt av hver utsendt puls som vil inneholde data av interesse for den relevante avstand og skala. Størrelsen TR vil normalt starte med den første spiss for det mottatte signal og er kortere for kortere avstander og mindre skala for anvendelsene, og lengre for lengre avstander og anvendelser i større skala.

[0110] Spalte 6 og 7 angir den foretrukne frekvens (Fmin-Fmax) for den sendte puls for hver modus. Frekvensområdet er høyere for nærområder og mindre skalaer, nemlig stråling som trenger lite inn og med stor oppløsning, og frekvensområdet er lavere for lengre avstander og anvendelser for større skala, hvor det trengs dyp inntrengning og man kan greie seg med mindre oppløsning. Frekvensområdet bestemmes av radarsystemet som helhet, innbefattet de karakteristiske egenskaper for sender- og mottakerantennen. Spalte 9-11 angir passende verdier for puls per spor (Ptr) avsporingstakten (SR, spor per sekund) og S-forsinkelsen (1/SR) for samplingen, lagringen og visningen av data på digital form.

[0111] Det totale frekvensområde for radarsystemet er angitt som 1 MHz til 10 GHz, hvilket dekker et særdeles stort område. Dette frekvensområde egner seg for de forskjellige avbildnings- og typebestemmelsestrinn for apparatet, for forskjellige avstander og skalaer. For hver av de femten modi vil samplingstakten (Fs) som er

mest å foretrekke være lik to ganger den maksimale frekvens ($F_{\max}$) som angitt i spalte 7 på fig. 12B. Samplingstakten bestemmes ved forskjellen i tidsforsinkelse fra puls til puls. For alle modi for driften vil denne samplingstakt fortrinnsvis falle innenfor området $F_{\max}/4$ til $4F_{\max}$. Samplingstiden (T_s , spalte 12) vil være forskjellig fra samplingstakten, idet denne tid er den tid det tar for det analoge signal å bli avtastet eller samplet før digitaliseringen, og denne tid tilsvarer følgelig den tid som angis av ett bildeelement i y-retningen. Fortrinnsvis vil samplingstiden T_s gjennomsnittlig være $1/2F_{\max}$). Den må være minst $1/F_{\max}$, men for rask avsøking er det anbefalt at den er $1/(4F_{\max})$ som tilsvarer 0,25 ns når $F_{\max} = 1$ GHz.

[0112] Det er viktig at det analoge inngangssignal filtreres før samplingen, for å unngå aliasing. Dette utføres særlig i samplern 516 (fig. 2) som danner middelveiden av signalet over samplingstiden. Det lavere frekvensområde er begrenset av sender- og mottakerantennene, tidsvinduet og radarens lavfrekvenskomponent. Den laveste frekvens som kan oppløses er den inverse av tiden fra tid null og til slutten av radarsyklusen. Anta for eksempel modus A5 på fig. 12. I dette tilfelle vil det 25 ns tidsområde (spalte 6) ha en minste frekvens på $(25 \text{ ns})^{-1}$, dvs. 40 MHz. Dette vil være en absolutt minimumverdi. For praktisk formål velges fortrinnsvis en høyere verdi (100 MHz på fig. 12).

[0113] Modusene A1-A5 er ment for nærundersøkelser eller nærfeltavbildning og typebestemmelse så som for medisin og biologiske undersøkelser. Det anbefalte frekvensområde for disse modi er fra minstefrekvensen $F_{\min}$ i området 100 MHz (A5) til 1 GHz (A1) og til maksimalfrekvensen i området 1 GHz (A5) til 10 GHz (A1). For disse frekvensområder bestemmes samplingstakten (F_s) av tidsforskjellen mellom den ene puls til den neste (forsinkelsen). Som bemerket ovenfor er kriteriet for å velge F_s at den minst må være to ganger $F_{\max}$ for de fleste anvendelser eller fortrinnsvis fire ganger $F_{\max}$ for enkelte bestemte anvendelser så som for hurtigavsøking. Det foretrukne totalområde for samtlige modi er som allerede nevnt $F_{\max}/4$ til $4F_{\max}$.

[0114] Pulsrepetisjonsfrekvensen (PRF) er den takt pulser sendes ut ved, fra senderen. For nærområdet (fokusering for nærfeltavbildning) for medisinske og biologiske anvendelser bør denne repetisjonsfrekvens være minst 64 kHz for kombinert avbildning og typebestemmelse, men den foretrukne maksimalverdi vil gjerne være 100 kHz.

[0115] Antallet pulser per syklus eller "trace" (P_{tr} , spalte 9, fig. 12B) er viktig for den effektive drift av apparatet. Den foretrukne maksimale P_{tr} for modusene A1-A5, for å dekke et bredt område av diagnostiske medisinske, biologiske og biokjemiske anvendelser vil være 100 pulser per syklus. Det maksimale tidsvindu TR vil være en funksjon av P_{tr} og T_s på følgende måte: $TR = (P_{tr} \times T_s)$. Følgelig har man for modus A3: $T_s = 1/(2F_{\max})$, dvs. $T_s = 10^{-10} = 0,1$ ns; $TR = (100 \times 0,1) \text{ ns} = 10$ ns.

[0116] Man må gjøre et kompromiss mellom parametrene for optimal avbildning og typebestemmelse, idet høyere verdier av Fmax alltid gir bedre resultat når det gjelder oppløsning etc., men på bekostning av inntrengningen, dataprosesseringen etc.

5 [0117] Modusene B1-B5 gjelder nærområdeundersøkelser til undersøkelser ved mindre områder (fokuset underoverflateavbildning) for GPR-anvendelser. For disse modi vil den foretrukne verdi av PRF også være 100 kHz. Det optimale område for Ptr for å dekke dette anvendelsesområde vil ligge på mellom 4000 og 9600 pulser per syklus.

10 [0118] Modusene C1-C5 gjelder midlere områder til langdistanseundersøkelser (fjernfelt). For mange fjernfelts geologiske anvendelser vil et mest passende tidsomfang være i størrelsesorden 20-80 μ s. For dypgeologiske anvendelser (dvs. grunne til dype seismiske undersøkelsesområder, inntil noen tusen meter) vil tidsområdene være i størrelsesorden 160 til 250 μ s.

15 [0119] Lagring (stacking) av pulsen (St) er en vanlig måte å utheve de avbildede produkter på innenfor konvensjonell geofysisk eller seismisk avbildning. Teknikken kan brukes i det foreliggende system når datainnhenting finner sted (under digital kommando) eller kan utføres eksternt ved etterprosessering av de innsamlede radarbilder. I det siste tilfelle vil datainnhentingstakten fortrinnsvis være øket.

20 [0120] Avsøkingstakten (SR) blir lik antallet sykluser (eller avsøkinger) per sekund. Maksimalverdien av SR vil være lik PRF dividert med produktet av Ptr og St. Man har for eksempel i modus A1 hvor Ptr er lik 40, PRF er lik 100 kHz og St er lik 1 (ingen stacking): $SR = (100 \times 10^3)/(40 \times 1) = 2500$ avsøkinger per sekund.

25 [0121] Med henvisning til oppsettingen av radarsystemet for operativ bruk er tidsnullposisjonen (T_0) av særlig viktighet. T_0 vil generelt velges som hensiktsmessig for en bestemt anvendelse, for å sikre at alle data i det relevante mottatte signal blir innhentet. Generelt vil T_0 være den tid hvor den utsendte puls mottas via den korteste overføringsvei mellom senderen og mottakeren (dvs. direktebølgen som i luft går bare gjennom luften eller i vann bare i vann). Den ønskede T_0 -posisjon vil ikke i virkeligheten være nullpunktet på tidsskalaen, for pulsen har måttet forflytte seg fra
30 senderen til mottakeren, slik at T_0 -posisjonen i virkeligheten tilsvarer avstanden mellom sender- og mottakerantennen dividert med pulshastigheten. Denne faktor er viktig for å oppnå nøyaktig resultater av dybdemålingene via materialer, særlig slike som har forskjellige dielektrisitetskonstanter og mellomstikthastigheter. Det er viktig at T_0 -posisjonen innbefattes i tidsvindusområdet (TR, spalte 6, fig. 12) eller i den viste
35 avbildning i visningsenheten som hører til datamaskinen. Den direktebølge som mottas som en puls kan brukes til å avomhylle avbildningen, og dette vil generelt frembringe en mindre forvrengt avbildning, dvs. at avbildede objekter så som sirkulære

rørsnitt vil fremtre som sirkulære i stedet for paraboliske refleksjoner av rørets topp og bunn.

[0122] Posisjonen av T_0 i avbildningen vil være avhengig av forskjellige forsinkelser i radarsystemet og settes fortrinnsvis opp når radaren først slås på, før noen andre innstillinger endres.

[0123] Gjennomgåelsen ovenfor og referansen til fig. 12 i tegningene gjelder særlig såkalt transilluminasjon og refleksjonsmodus.

[0124] For å sette opp passende betingelser for å kunne prøvebestemme materialer i kammermodusdriften (som vist på fig. 6A) kan følgende teknikk brukes når man bruker et konvensjonelt GPR-radarsett (eller ekvivalent) som pulsgenerator. For å gi optimal styring og kontroll under oppsettingsprosedyren har man funnet det best å slå av den automatiske forsterkningsregulering (AGC) og den tidsvarierende forsterkningsregulering (TVGC) i pulsgeneratoren 21 (fig. 1). En passende mot-takersignalbåndbredde etableres deretter ved egnet valg av avskjæringsfrekvenser for et høypassfilter henholdsvis lavpassfilter, for eksempel mellom 40 Hz og 3,2 kHz.

[0125] Et stort nok tidsvindu velges for sampling for å la et tilstrekkelig antall resonansringrefleksjoner etableres gjennom det avsøkte objekt/substansen, slik at man får en betydelig spektral visning og et bestemt forhold for hver samplet substans eller hvert avsøkt objekt. Man har funnet at et tilfelle hvor en 25 ml prøve ble lagt inn i kammerdelen 4a (fig. 6A) og 20 ml ble beholdt i prøvekammerdelen 4b, førte til at et passende tidsvindu kunne velges omtrent 16 ns. Ved å øke dette vindu til for eksempel 25 ns fikk man tilstrekkelige resonansvirkninger for etableringen og prøvingen. Samplingsintervallet eller avsøkingstakten ble valgt for å tillate tilstrekkelig pulsdveletid for å kunne etablere resonans i den avsøkte substans, slik at resonansen ble optimalisert. I dette eksempel ble samplingen optimalisert med et samplingsintervall på 100 ms (ti avsøkinger per sekund) for å sikre at man fikk fornuftige resultater ved gjentatte prøver. Generelt kan samplingsintervallet som en nedre grense settes til 50 ms, dvs. at avsøkingstakten ikke bør overskride tyve avsøkinger per sekund. For enkelte hurtigavsøkingsanvendelser kan man imidlertid avsøke ved 200 avsøkinger per sekund, og det er også mulig å utføre prøvebestemmelse ved så stor hastighet.

[0126] De data som fremkom ved å bruke apparatet, systemene og fremgangsmåtene beskrevet så langt kan brukes for en rekke formål, innbefattet avbildning, kartlegging, dimensjonsmåling og typeprøving (identifikasjon av materialer etc.).

[0127] De tidsdomenedata som mottas i mottakeren kan prosesseres for slike formål ved hjelp av velkjent teknikk som allerede er i bruk innenfor konvensjonelle GPR-teknikker og andre anvendelser for avbildning/kartlegging, og dette behøver vi derfor ikke gå nærmere inn på her.

[0128] De aktuelle tidsdomenedata kan transformeres til frekvensdomenedata ved hjelp av Fourier-transformasjon (særlig forsert eller hurtig slik transformasjon: FFT. Dette innebærer etablering av et energi/frekvensspektrum som, i samsvar med et aspekt av oppfinnelsen, kan brukes som en unik signatur for å identifisere (typebestemme) det materiale som frembrakte dette spektrum. I samsvar med dette aspekt av oppfinnelsen analyseres dette energi/frekvensspektrum ved hjelp av en av en rekke velkjente statistiske analysemetoder (så som prinsippkomponentanalyse, klassifisering etter maksimal sannsynlighet eller multivariantklassifisering) eller kombinasjoner av slike fremgangsmåter, for å komme frem til et gunstig parametersett. En referansedatabase for kjente materialer etableres, omfattende de opprinnelige tidsdomenedata og/eller de transformerte data og/eller det parametersett som er fremskaffet fra disse, og et ukjent materiale kan deretter identifiseres ved sammenlikning av dets parametersett, også fremkommet ved hjelp av apparatene, systemene og fremgangsmåtene ifølge oppfinnelsen, med de tilsvarende parametere i referansedatabasen. Den statistiske analyse av energi/frekvensspekteret kan utføres enten ved frekvensklassifisering (ved hjelp av såkalte energigrupper) eller ved energiklassifisering (ved tilsvarende såkalte frekvensgrupper).

[0129] Konvensjonelle analysemetoder kan også brukes for de aktuelle data for klassifiseringsformål, så som analytiske metoder av typen tidsdomenereflektometri, hastighetsfordelingsanalyse eller liknende, slik det brukes innenfor konvensjonelle geofysiske anvendelser for å bestemme dielektriske egenskaper.

[0130] Datamaskinformateringsdelen av radarsystemet i samsvar med oppfinnelsen kan være programmert for å utføre disse funksjoner.

[0131] Ved bruk av oppfinnelsen vil det være mulig å klassifisere og kartlegge forekomster av olje, vann og gass dypt under bakken eller sjøbunnen uten behov for boring. Ved å "stjernekartlegge" dypforekomster under bakken kan man således overvåke olje, vann og gass og disse materials bevegelse og klassifiserer oljetyper som allerede er typebestemt og holdt i referansedatabaser for oljetyper etc.

[0132] Andre anvendelser innbefatter registrering av eksplosiver, substanser i kriminelle grupper og særlig narkotika, så vel som typebestemmelse av fjell, stein, grunn, sedimenter og iskjerner, samt biologiske og medisinske avbildnings- og diagnoseteknikker.

[0133] Den foretrukne antennesammenstilling ifølge oppfinnelsen (fig. 5A-5N) antas å kunne arbeide på en måte som tilsvarer en laser, med unntak av at radiobølger bringes til resonans i et sterkt dielektrisk medium og med et omhyggelig valgt slikt medium og med likeledes omhyggelig valg av dielektrisk linseapertur med konsentriske sirkulære fokuseringsspalter. Med en 3 mm apertur er det mulig å

fokusere strålen fra 3 m utenfor den sentrale apertur og helt ut til uendelig, på samme måte som et knappenålshullkamera.

[0134] Et eksempel på en avbildning som er fremkommet ved hjelp av oppfinnelsen er illustrert på fig. 11. Avbildningen viser en avsøking av en kort sylindrisk gullkjerne i en kvartsittåre angitt med A. Bredden av denne korte avsøkte del er 280 mm og diameteren av gullkjernen er tilnærmet 40 mm.

[0135] Den vertikale dimensjon angir tidsdomenet, mens den horisontale skala er korrigert for å representere lengden av kjernen avsøkt av det bevegelige antennepar. Toppen av avbildningen er 0 ns. Ytterligere tidsforsinkelser representerer signaler som er reflektert fra dypere områder inne i prøvekjernen. Ser man ned langs kjernerefleksjonene ser man at de er registrert til omkring 5,4 ns. To ytterligere harmoniske refleksjoner er anordnet for å frembringe informasjon om overflateruheten av kjernen og stammer fra at man har brukt for stor starteffekt ved genereringen av radarpulsen. Den første refleksjon ligger ved omkring 7 ns og frem til 13 ns i tidsområdet, mens den andre multippeloverflaterefleksjon viser en forstørret del av kjernen fra 17 ns til 25 ns, idet grensen av tidsvinduet er valgt til 25 ns.

[0136] Valget av passende sirkulære spalteaperturer 224, 225 og avstandsring 226, samt valget av dielektrisk fyllmateriale 228 for å sende ut bølgen muliggjør at den innvendige struktur av kjernen kan oppfattes. Dersom anodelengden er proporsjonal med rørlengden som tidligere beskrevet, for eksempel $1/\alpha$ eller i dette tilfelle $1/10$ av den totale lengde av det innvendige teleskoprør 227 vil tidsforsinkelsen for radarstrålen (dvs. tiden fra sending til registrering etter refleksjon) måtte multipliseres med den inverse av fraksjonen $1/\alpha$, dvs. at den virkelige tidsforsinkelse $T_D = \alpha$ ganger den forventede tidsforsinkelse T_E , idet T_E er den verdi som er den samme som i konvensjonelle GPR-formler. Ved å bruke den konvensjonelle GPR-områdeformel kommer denne 40 mm kjerne av kvartsitt og med en midlere dielektrisitetskonstant (ϵ_R) lik 5 å produsere en ekvivalent tidsområdelengde i avbildningen, på 0,54 ns, men faktoren 10:1 strekker tidsområdet siden strålen ble senket ned i teleskopet, og dette førte til et tidsområde som spenner over 5,4 ns. Dette betraktes av oppfinneren å være rørgeometri og virkninger fra den dielektriske linse og vil hjelpe til ved nærområdefokuseringen av radiobølgekameraer og mikroskoper så vel som radiobølge teleskoper for kartlegging av områder dypt under bakkenivå eller havbunnsnivå.

[0137] Beskrivelsen ovenfor er relatert til bestemte utførelser av oppfinnelsen. Generelt vil verdiene eller områdene av verdier, indikert for de forskjellige parametre, kunne variere og kan være avhengige av den bestemte anvendelse av oppfinnelsen.

[0138] Dersom videre de dielektriske egenskaper av et utforingsmateriale som omslutter antennen i teleskopene varierer under bestemte betingelser, for eksempel dersom dielektrisitetskonstanten er varmeavhengig, slik det er tilfelle med materialet

bariumtitanat vil det være mulig å registrere slike betingelser ved å bruke oppfinnelsen for å fokusere på substansen og overvåke endringen i de mottatte spektraldata. Dette kan gi anledning til registrering av termiske betingelser i underjordiske strukturer/substanser/objekter som skal bestemmes. Andre dielektriske fenomener av interesse

5 innbefatter blyzirkonattitanat (PZT) og ammoniumdihydrogenfosfat.

[0139] Det er klart at sender- og mottakerantennene eller -antennesammenstillingene kan kombineres i sender/mottakersammenstillinger eller liknende, særlig for bestemte anvendelser av oppfinnelsen.

PATENTKRAV

1. Radarantennesammenstilling for bruk i en radarsender, -mottaker eller -sender/mottaker og omfattende:

5 en rørformet omslutning (227) med en radarreflekterende innerflate og en første ende, en andre ende og en lengdeakse,

en apertur anordnet i den andre ende,

minst ett langstrakt antenneelement (230) som strekker seg i alt vesentlig parallelt med lengdeaksen fra reflektoren (232) mot den andre ende, og som har en diameter D_A og en lengde L_A , og

10 et dielektrisk materiale (228) som i alt vesentlig fyller det innvendige volum i den rørformede omslutning,

karakterisert ved .

en radarreflekterende reflektor (232) som lukker den første ende av den

15 rørformede omslutning (227),
der den rørformede omslutning (227) har en innerdiameter (D_T) som er et heltallig multiplum av diameteren (D_A) av det minst ene antenneelement (230), og/eller der den rørformede omslutning (227) har en innvendig lengde (L_T) som er et heltallig multiplum av lengden (L_A) av det minst ene antenneelement (230).

20 2. Antennesammenstilling ifølge krav 1, **karakterisert ved** fokuseringsmidler (204) i den andre ende.

3. Antennesammenstilling ifølge krav 2, **karakterisert ved at**
25 fokuseringsmidlene (204) omfatter flere konsentriske splittringaperturer (224, 225) anordnet i den andre ende.

4. Antennesammenstilling ifølge krav 2 eller 3, **karakterisert ved at**
30 fokuseringsmidlene omfatter minst ett dielektrisk linseelement (238, 239, 240) i den andre ende.

5. Antennesammenstilling ifølge krav 4, **karakterisert ved at** det dielektriske linseelement omfatter et plant linseelement (238).

35 6. Antennesammenstilling ifølge krav 4, **karakterisert ved at** linseelementet omfatter et plankonkavt linseelement (239).

7. Antennesammenstilling ifølge krav 4, **karakterisert ved at** linseelementet omfatter et plankonvekst linseelement (240).
8. Antennesammenstilling ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved at** en indre flate i den rørformede omslutning (227) omfatter en antennekatode, og at det langstrakte antenneelement (230) omfatter en antenneanode.
9. Antennesammenstilling ifølge krav 8, **karakterisert ved at** det langstrakte antenneelement (230) strekker seg langs lengdeaksen.
10. Antennesammenstilling ifølge ett av kravene 1-7, **karakterisert ved å** omfatte minst to av de langstrakte antenneelementer (602, 604), idet minst ett av dem omfatter en antennekatode, og at minst ett av dem omfatter en antenneanode.
11. Antennesammenstilling ifølge krav 10, **karakterisert ved at** de langstrakte antenneelementer (602, 604) er anordnet symmetrisk om omslutningens (606) lengdeakse.
12. Antennesammenstilling ifølge krav 11, **karakterisert ved at** de langstrakte antenneelementer (602, 604) har tilnærmet samme innbyrdes lengde og diameter.
13. Antennesammenstilling ifølge krav 12, **karakterisert ved at** innerdiameteren (D_T) av omslutningen (606) er et heltallig multiplum av diameteren (D_A) av de langstrakte antenneelementer (602, 604) og av avstanden mellom tilstøtende par av disse elementer (602, 604).
14. Antennesammenstilling ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved at** det dielektriske materiale (228) er en væske.
15. Antennesammenstilling ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved at** det dielektriske materiale (228) er et fast stoff.
16. Antennesammenstilling ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved at** det dielektriske materiale (228) er et pulvermateriale som er solid pakket inn i det indre av den rørformede omslutning (227, 606).
17. Radarsystem som omfatter pulssignalgenereringsmidler (21, 512), senderantennemidler (2, 550), mottakerantennemidler (3, 552), styremidler (25, 500)

for å styre driften av pulssignalgenereringsmidlene (21, 512), analog/digital-omvandlermidler (22, 517) for digitalisering av signaler som mottas fra mottakerantennemidlene (3, 552), og datalagringsmidler (24, 506) for å lagre de digitaliserte signaler, idet senderantennemidlene og mottakerantennemidlene omfatter
5 minst én antennesammenstilling ifølge ett av kravene 1-16.

18. System ifølge krav 17, **karakterisert ved at** senderantennemidlene (2, 550) omfatter minst én radarsenderantennesammenstilling ifølge ett av kravene 1-16, og at mottakerantennemidlene (3, 552) omfatter minst én radarmottakerantennesammenstilling ifølge ett av kravene 1-16.
10

19. System ifølge krav 18, **karakterisert ved at** sender- og mottakerantennesammenstillingene (2, 3; 201, 201) er anordnet for transilluminasjon av et objekt.

15 20. System ifølge krav 18 eller 19, **karakterisert ved at** sender- og mottakerantennesammenstillingene (2, 3; 201, 201) er anordnet for koaksial innbyrdes flukting på motsatte sider av et objekt.

21. System ifølge ett av kravene 18 til 20, **karakterisert ved at** sender- og mottakerantennesammenstillingene (2, 3) er koplet til et lukket prøvekammer innrettet for å romme et objekt.
20

22. System ifølge krav 18, **karakterisert ved at** sender- og mottakersammenstillingene (201, 202) er anordnet slik at mottakerantennesammenstillingen mottar et signal som er sendt ut av senderantennesammenstillingen og reflektert fra et objekt.
25

23. System ifølge krav 22, **karakterisert ved at** sender- og mottakersammenstillingene (201, 202) er anordnet slik at deres lengdeakse strekker seg i alt vesentlig innbyrdes parallelle med hverandre, og med deres andre ender vendende i samme retning.
30

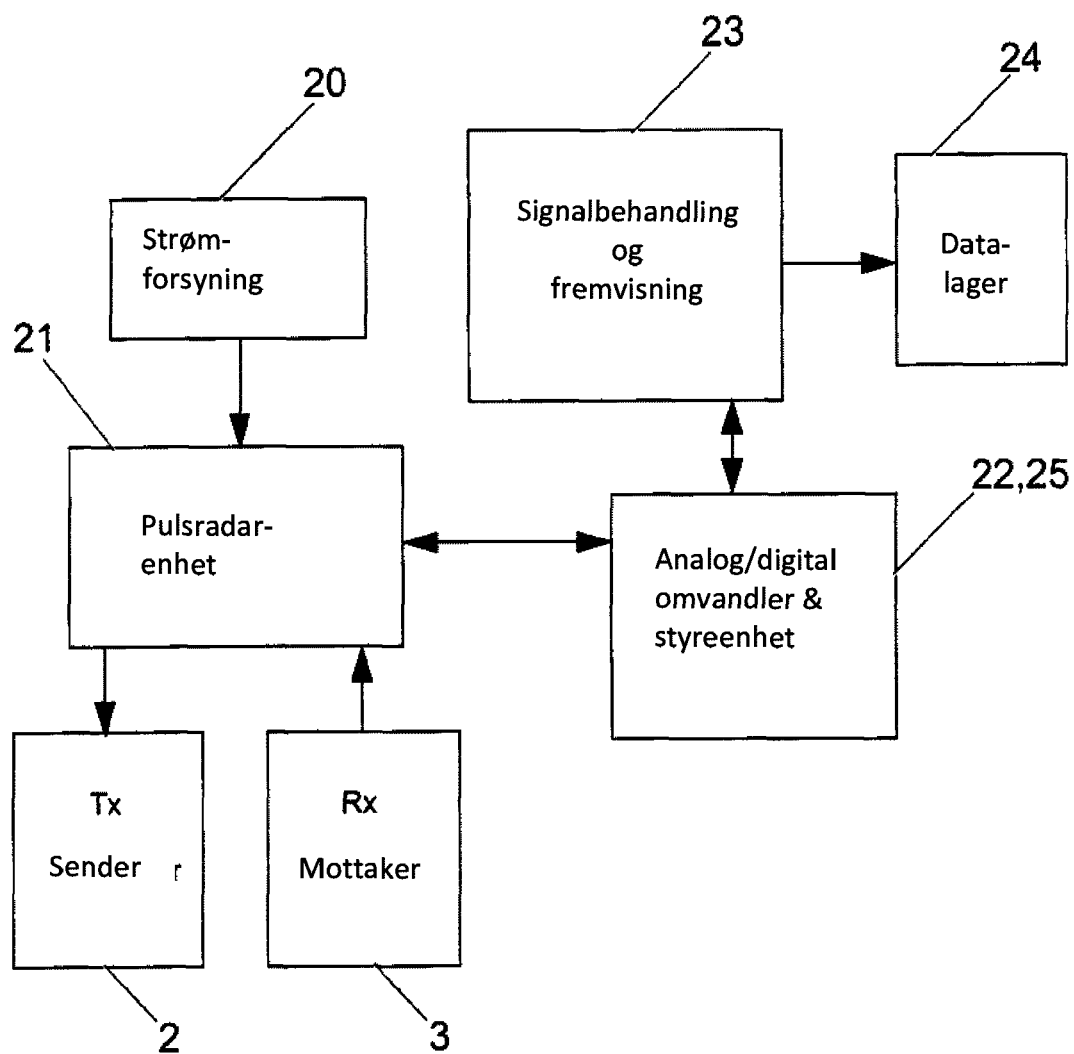
24. . System ifølge ett av kravene 17 til 23, **karakterisert ved å** være bærbar.

25. System ifølge ett av kravene 17 til 24, **karakterisert ved å** kunne bæres av et landgående kjøretøy.
35

26. System ifølge ett av kravene 17 til 24, **karakterisert ved å** kunne fraktes av et vanngående fartøy.

27. System ifølge ett av kravene 17 til 24, **karakterisert ved** å kunne fraktes av en neddykkbar farkost.
- 5 28. System ifølge ett av kravene 17 til 24, **karakterisert ved** å kunne transporteres av et luftgående fartøy.
29. System ifølge ett av kravene 17 til 24, **karakterisert ved** å kunne fraktes om bord i en romfarkost.
- 10 30. System ifølge ett av kravene 17 til 29, **karakterisert ved** at posisjonen av sendersammenstillingen (201) er fast i forhold til mottakerantennesammenstillingen (202).
- 15 31. System ifølge ett av kravene 17 til 30, **karakterisert ved** at minst én av senderantennesammenstillingen (201) og mottakerantennesammenstillingen (202) er innrettet for forflytting i forhold til et objekt.
- 20 32. System ifølge ett av kravene 17 til 29, **karakterisert ved** at minst én av sender- og mottakerantennesammenstillingene (201, 202) er innrettet for å kunne forflyttes i forhold til den andre av dem.
- 25 33. System ifølge ett av kravene 17 til 32, **karakterisert ved** dataprosesseringsmidler (23, 506) for å prosessere de digitaliserte signaler.
- 30 34. System ifølge krav 33, **karakterisert ved** at dataprosesseringsmidlene (23, 506) er innrettet for å prosessere de digitaliserte signaler for et eller flere av følgende formål: avbildning, måling, kartlegging, deteksjon, registrering, identifikasjon og typebestemmelse av et objekt.
- 35 35. Radarsystem i følge krav 34, innrettet til:
 bestråling av objektet med et pulserende bredbånds radarfrekvenssignal som sendes ut fra minst én senderantenne,
 registrering av et retursignal som følger interaksjon mellom det utsendte signal og objektet, ved hjelp av minst én mottakerantenne,
 beregning av retursignalets energifrekvensspektrum, og
 analysering av dette spektrum for å komme frem til en karakteristisk energifrekvenssignatur for objektet.

36. Radarsystem ifølge krav 35, **karakterisert ved at** analyseringen av energifrekvensspekteret omfatter utførelse av en statistisk analyse av det.
- 5 37. Radarsystem ifølge krav 36, **karakterisert ved at** den statistiske analyse omfatter minst én av følgende analysemetoder: en prinsippkomponentanalyse, en klassifisering for maksimal sannsynlighet og en multivariantklassifisering.
- 10 38. Radarsystem ifølge ett av kravene 35-37, **karakterisert ved at** analyseringen av spekteret omfatter frekvensklassifisering ved bruk av energigrupper.
39. Radarsystem ifølge ett av kravene 35-37, **karakterisert ved at** analyseringen av spekteret omfatter energiklassifisering ved hjelp av frekvensgrupper.
- 15 40. Radarsystem i følge ett av kravene 35 til 39, innrettet til:
etablering av en energifrekvenssignatur for objektet, og
sammenlikning av denne signatur for objektet med en database som inneholder tilsvarende signaturer for kjente objekter som er etablert tidligere.
- 20 41. Fremgangsmåte for typebestemmelse av et objekt ved hjelp av et radarsystem i følge ett av kravene 35 til 40 omfattende trinnene:
bestråling av objektet med et pulserende bredbånds radarfrekvenssignal som sendes ut fra minst én senderantenne,
registrering av et retursignal som følger interaksjon mellom det utsendte
25 signal og objektet, ved hjelp av minst én mottakerantenne,
beregning av retursignalets energifrekvensspektrum, og
analyse av dette spektrum for å komme frem til en karakteristisk energifrekvenssignatur for objektet.
- 30 42. Fremgangsmåte for identifikasjon av et ukjent objekt, omfattende trinnene:
etablering av en energifrekvenssignatur for objektet ved hjelp av fremgangsmåten ifølge krav 41, og
sammenlikning av denne signatur for objektet med en database som inneholder tilsvarende signaturer for kjente objekter som er etablert tidligere ved bruk av
35 fremgangsmåten ifølge krav 41.

*Fig. 1*

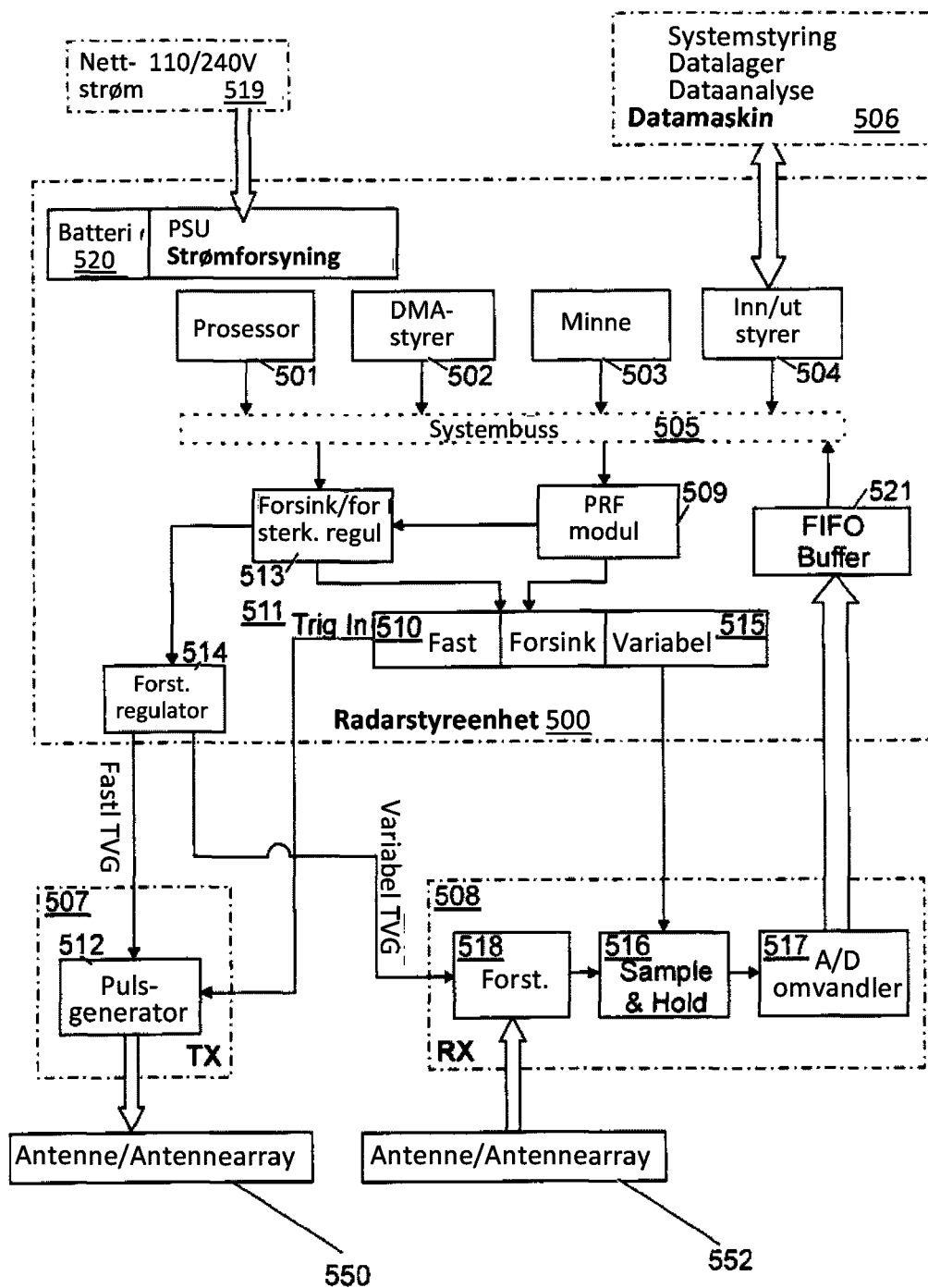


Fig. 2

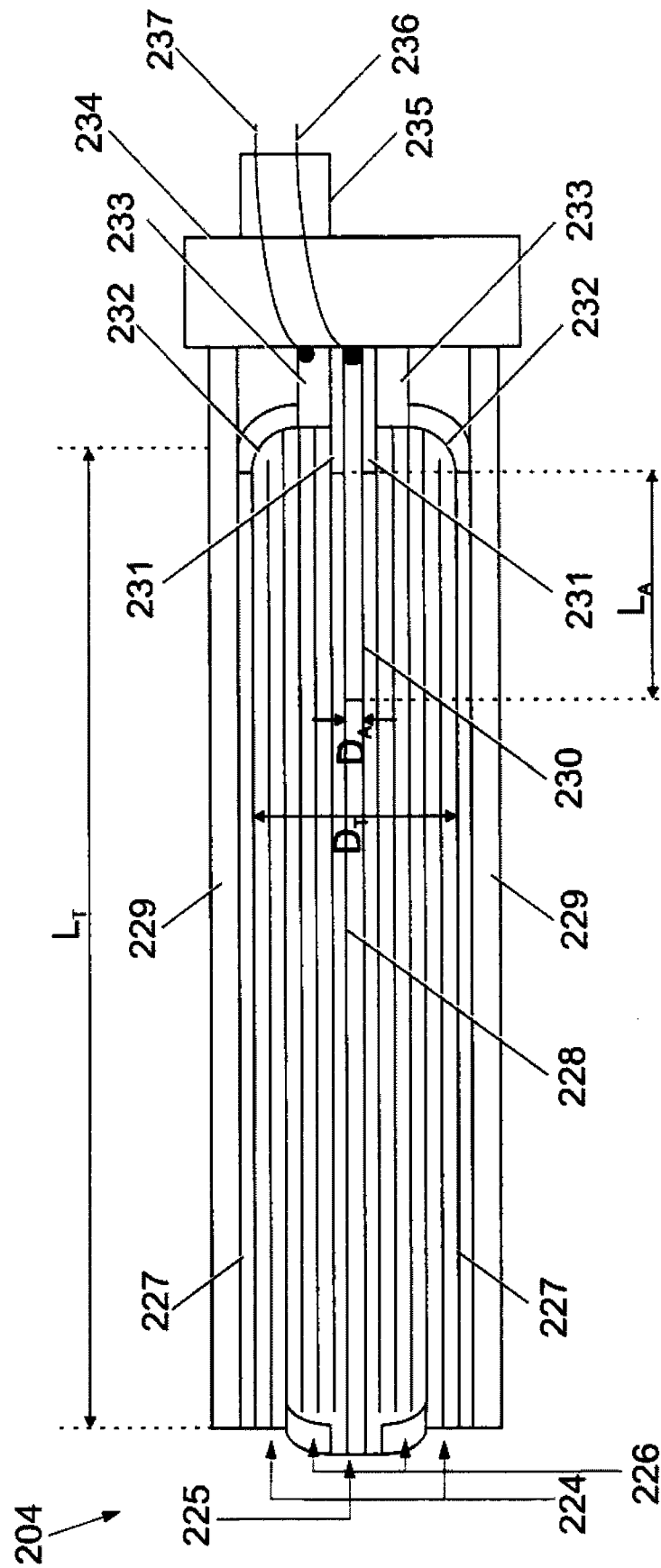


Fig. 5A

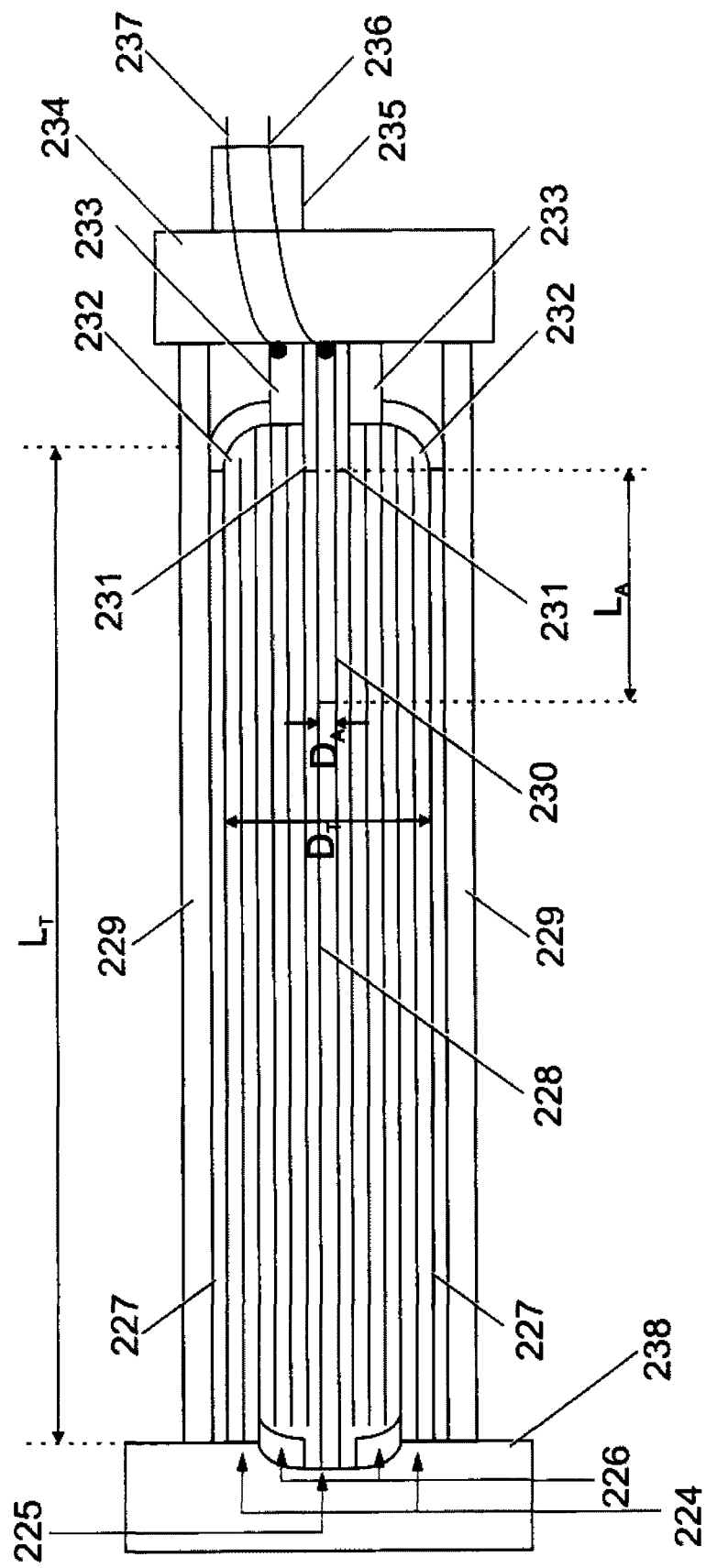


Fig. 5B

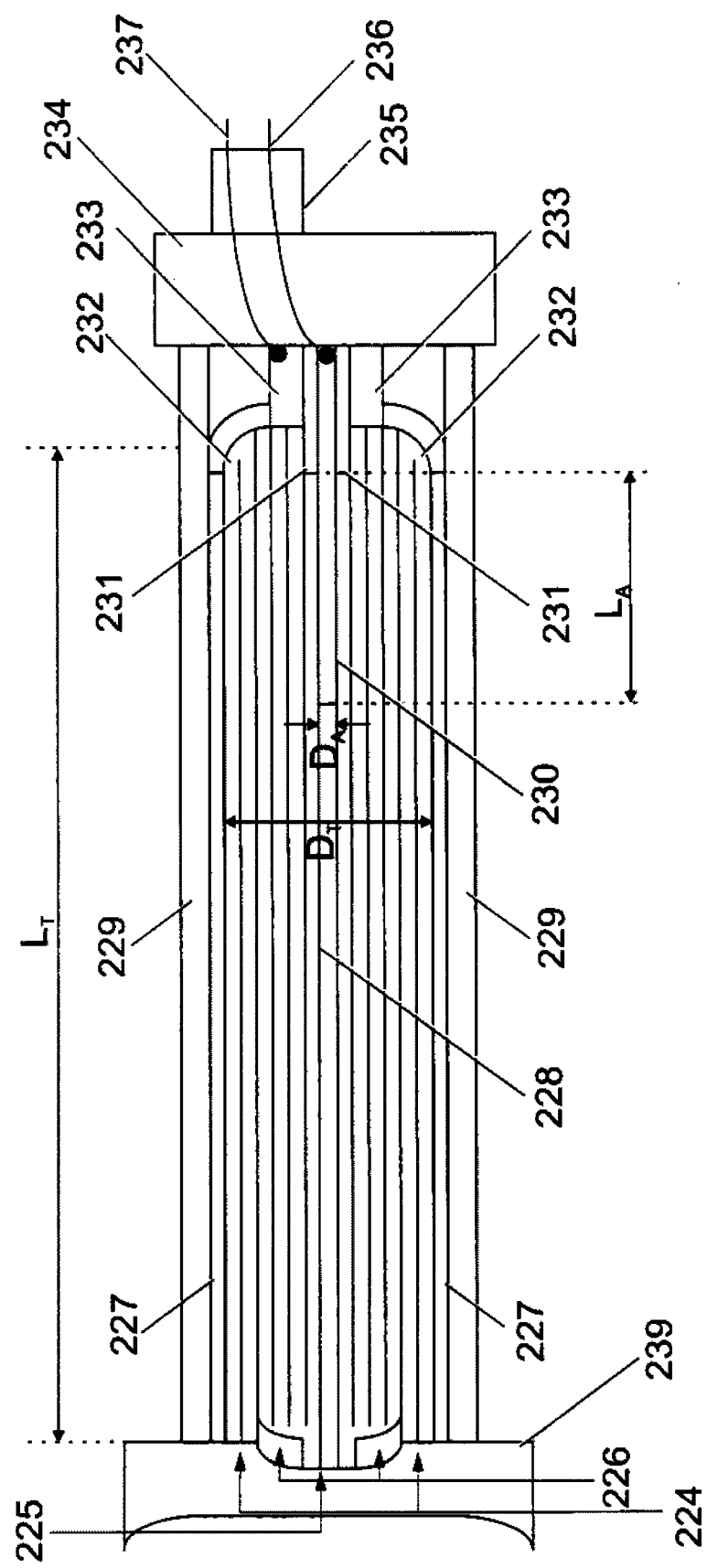


Fig. 5C

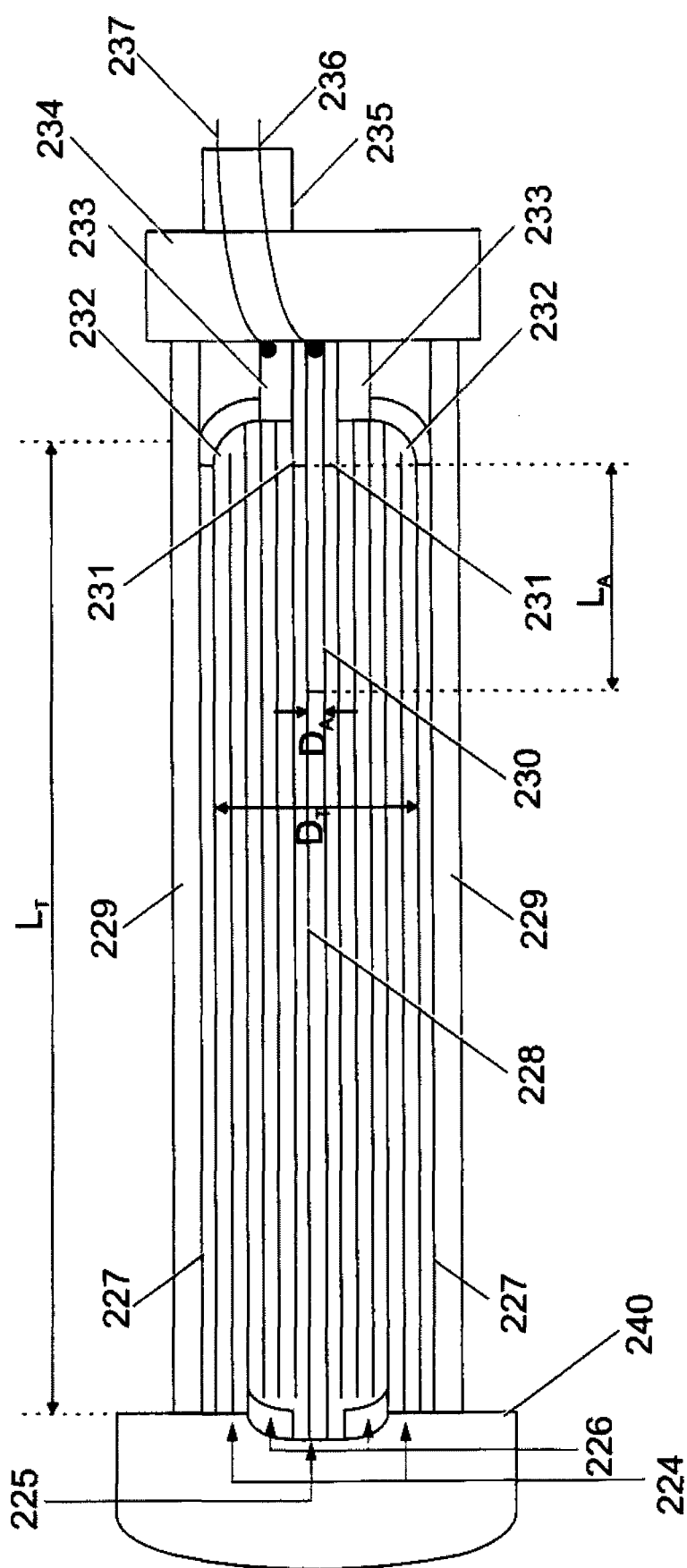


Fig. 5D

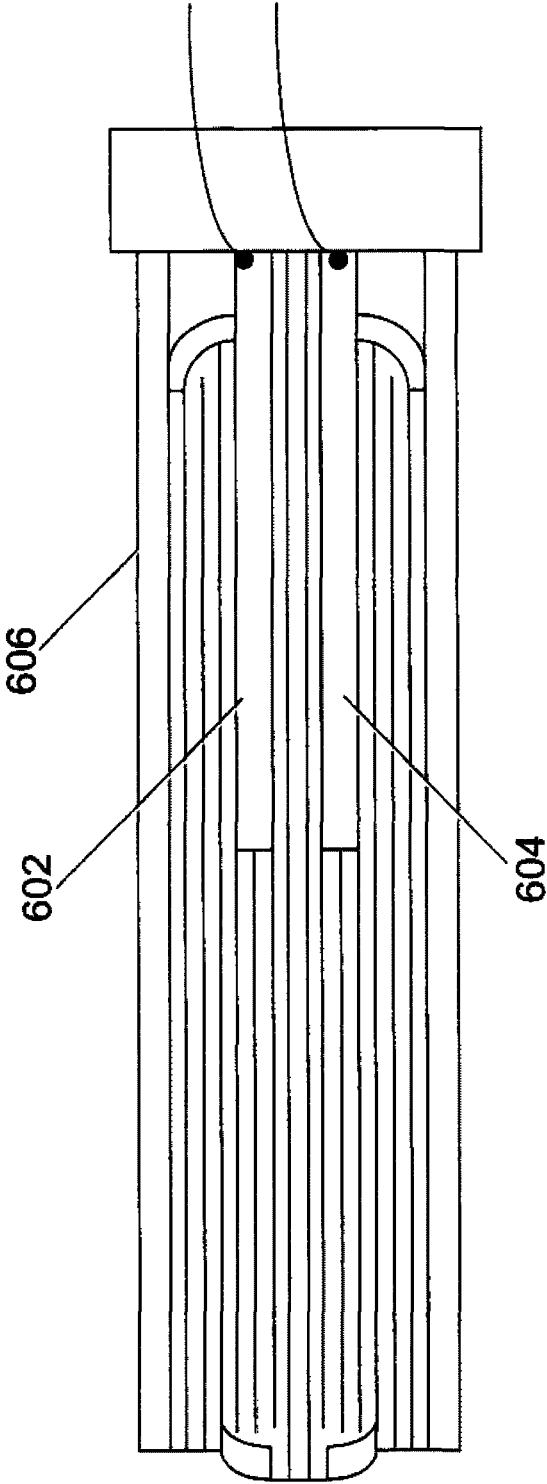
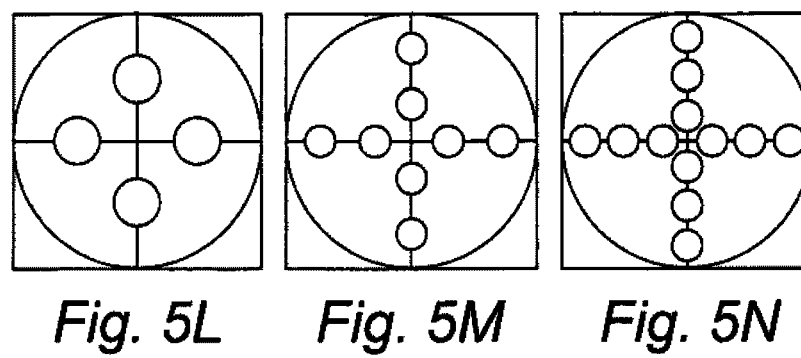
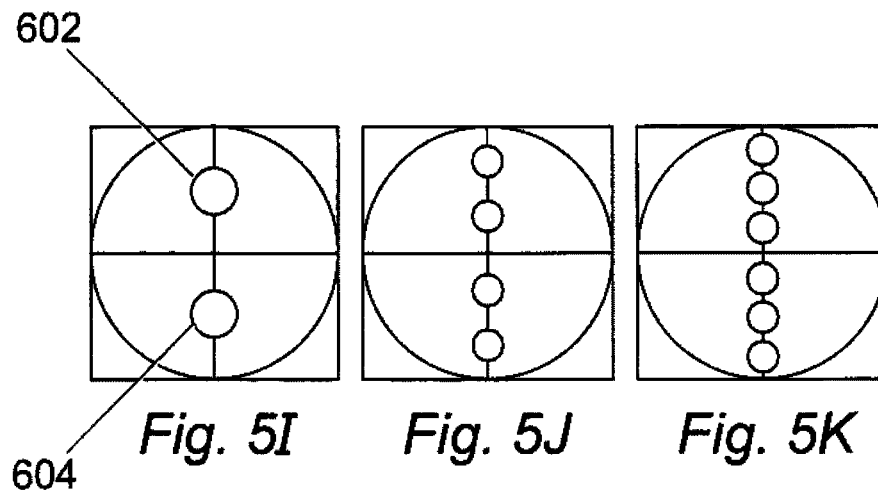
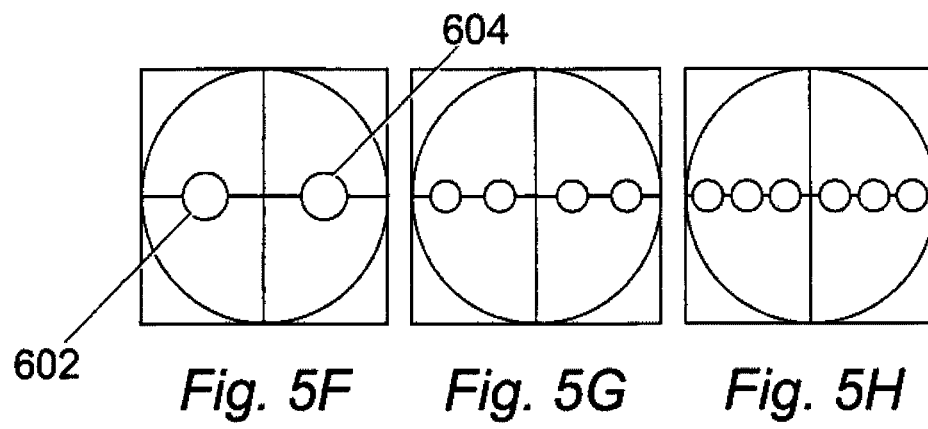


Fig. 5E



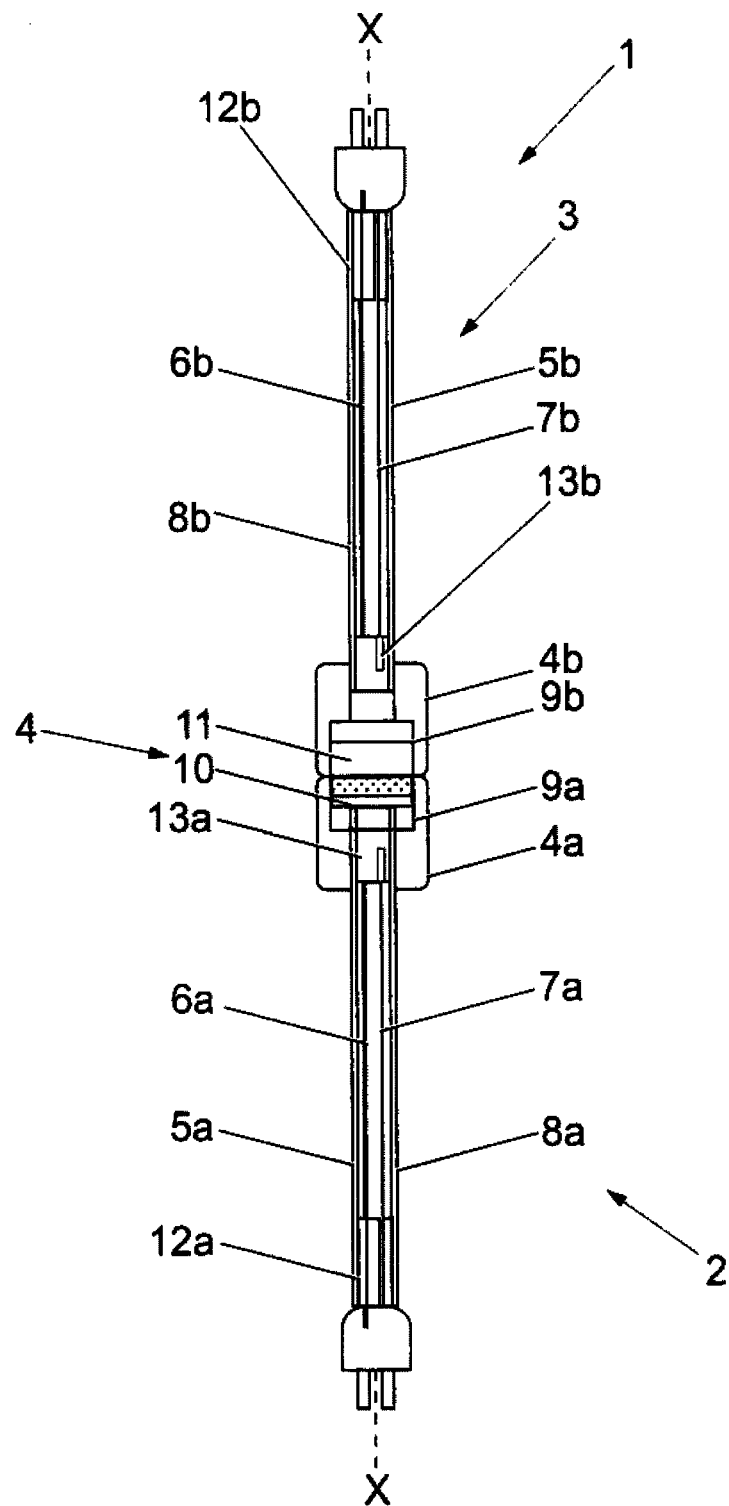


Fig. 6A

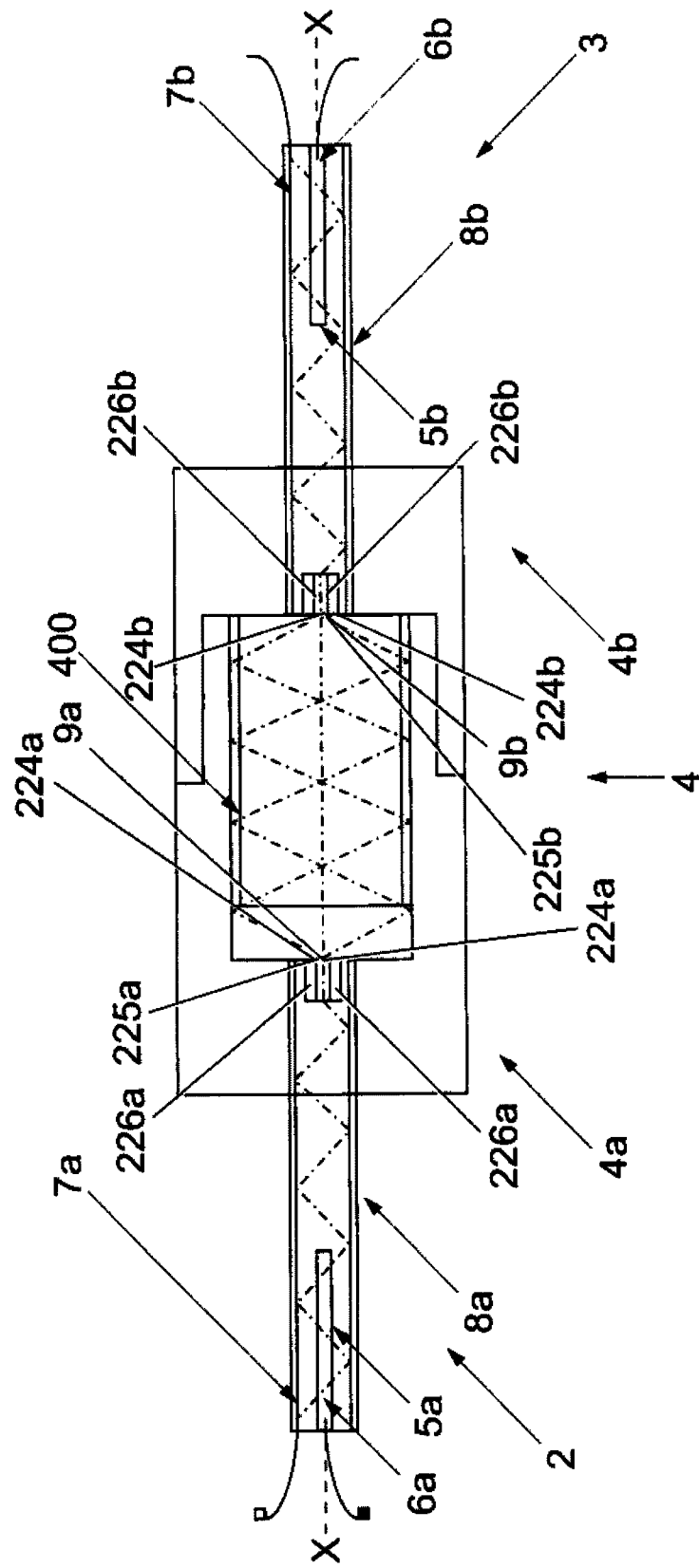


Fig. 6B

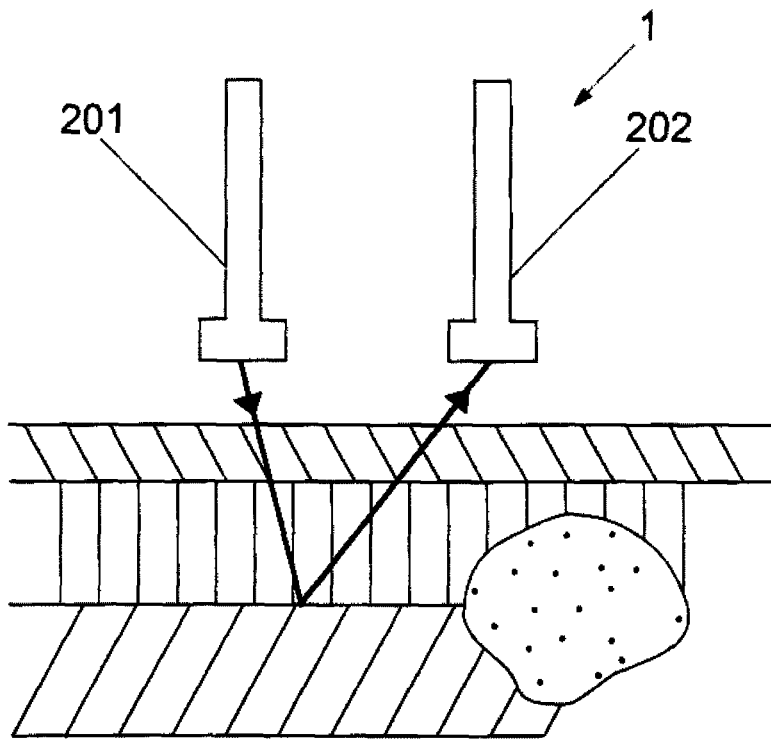


Fig. 7A

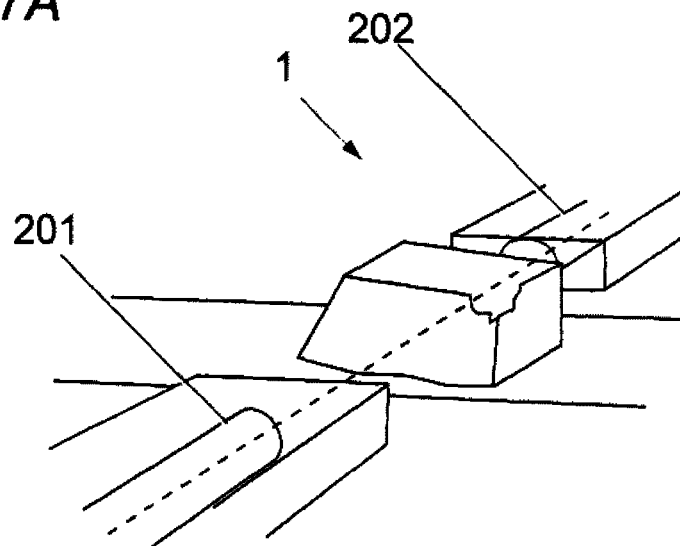


Fig. 7B

15 / 21

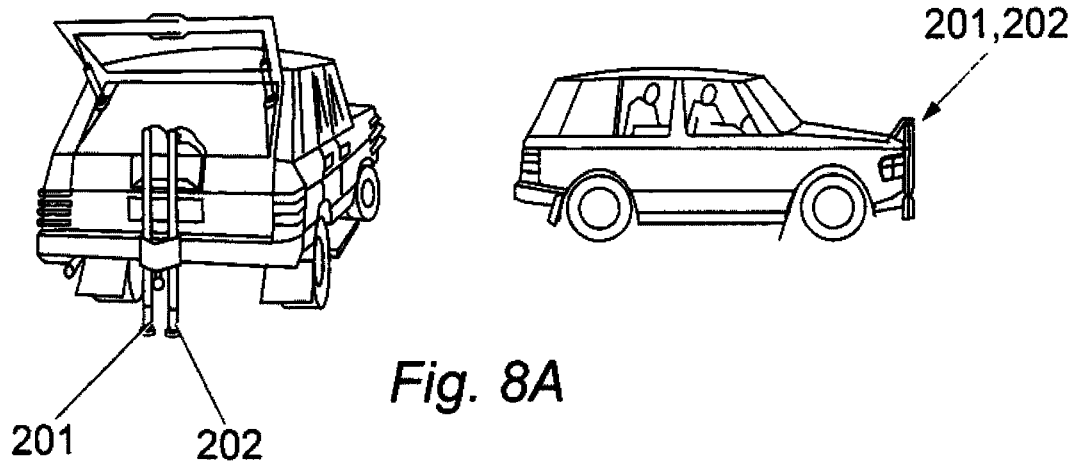


Fig. 8A

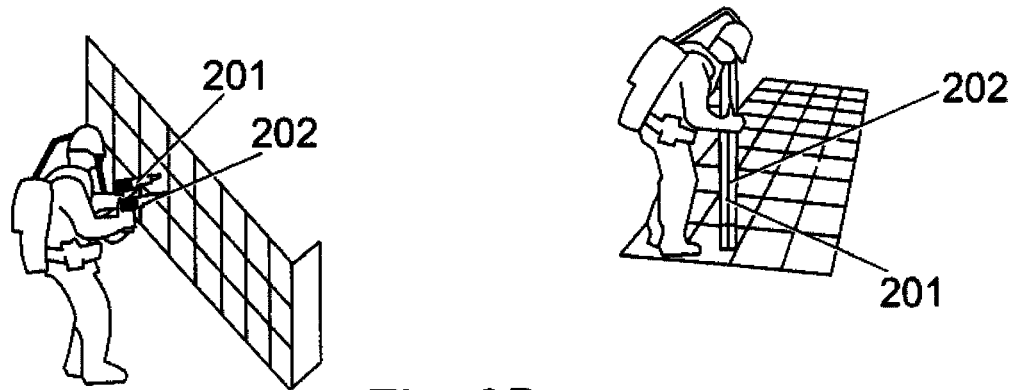


Fig. 8B

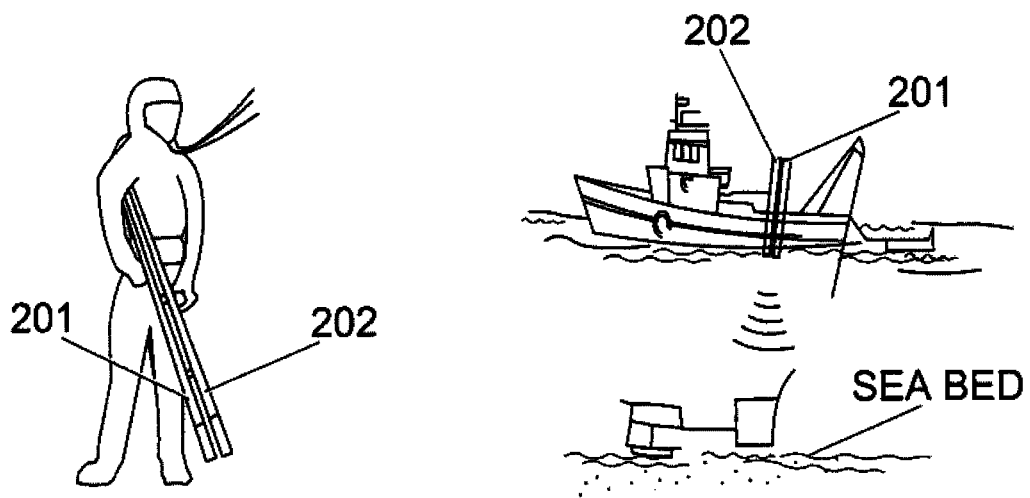


Fig. 8C

Fig. 8D

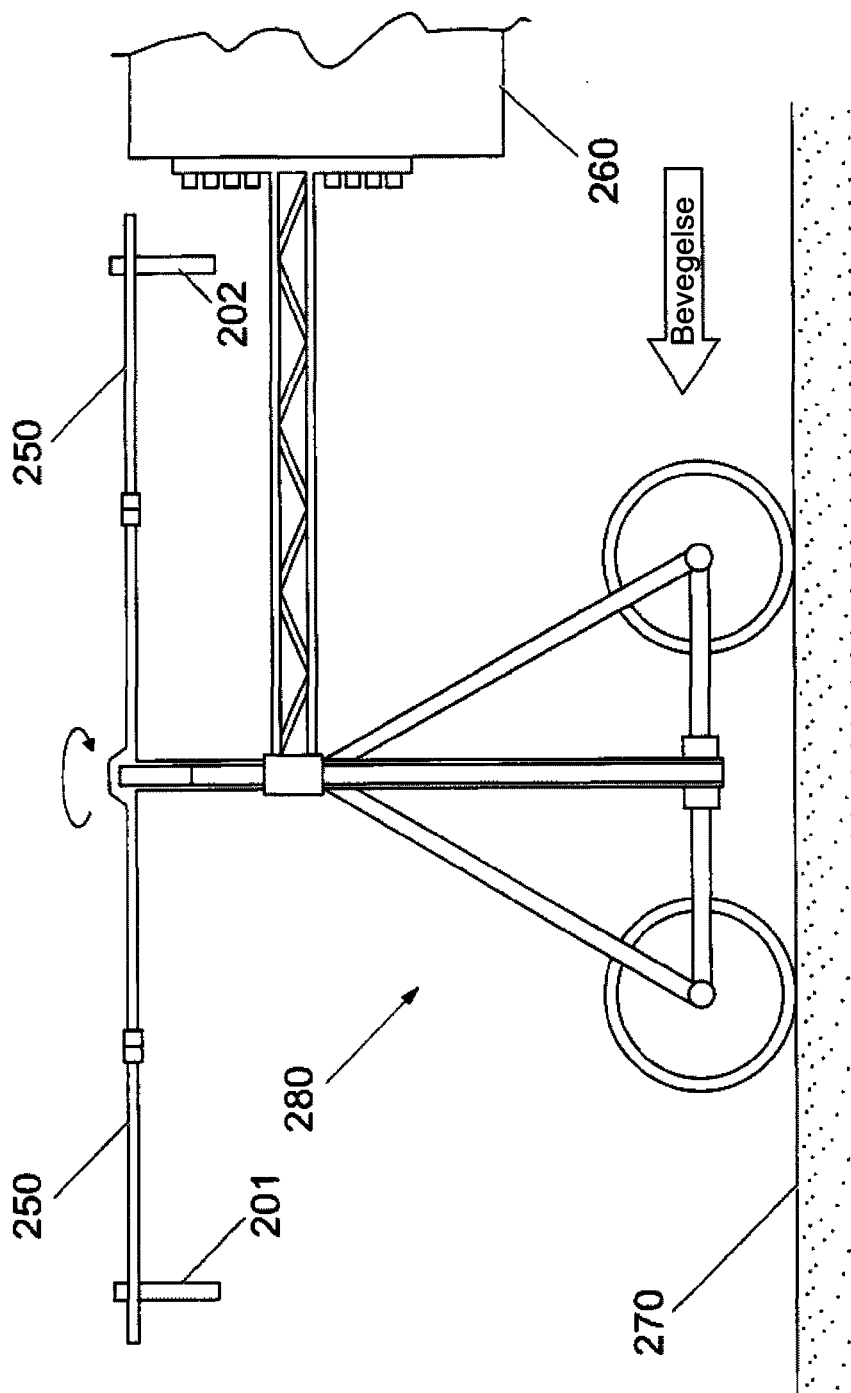


Fig. 9

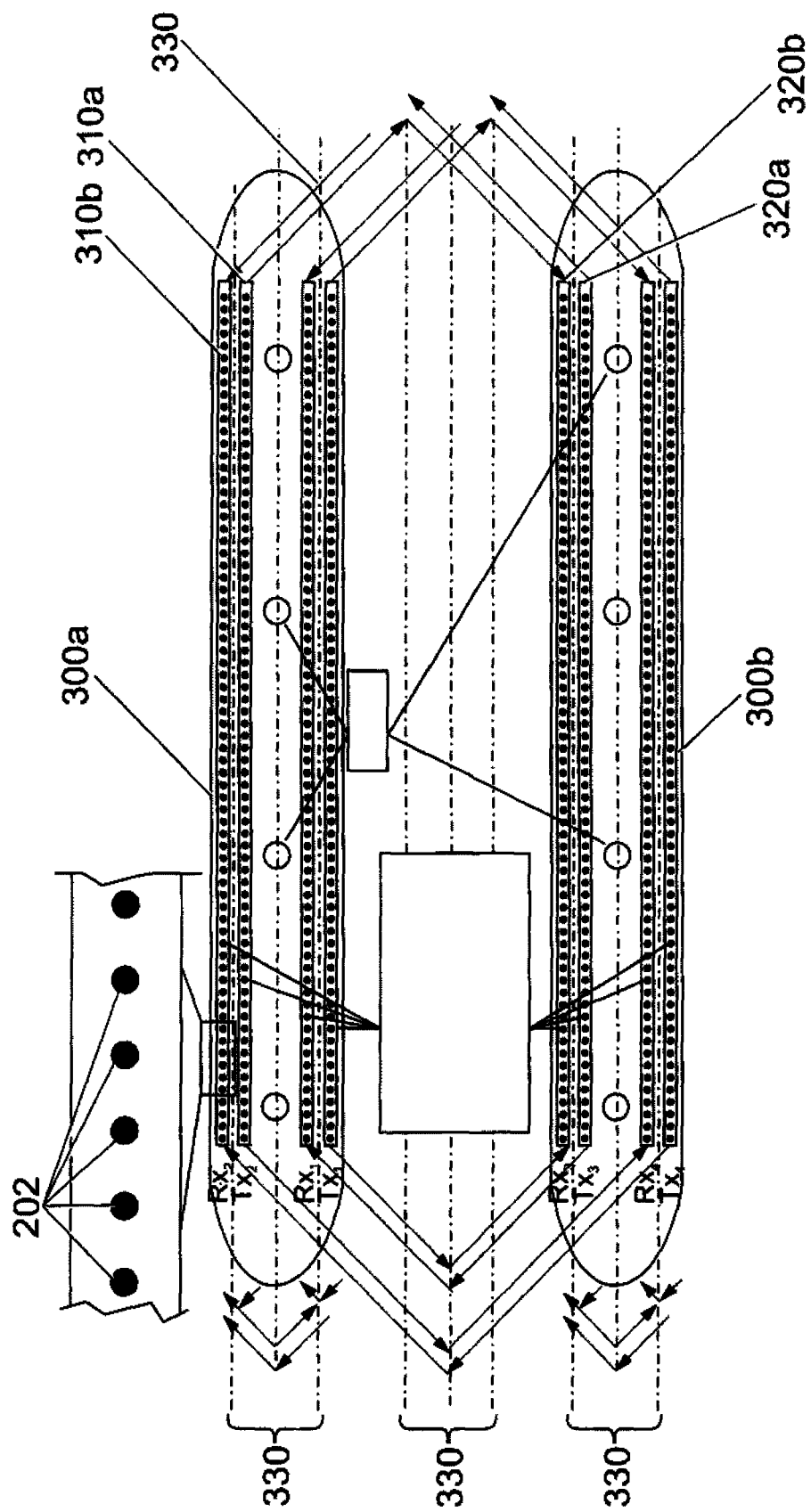


Fig. 10

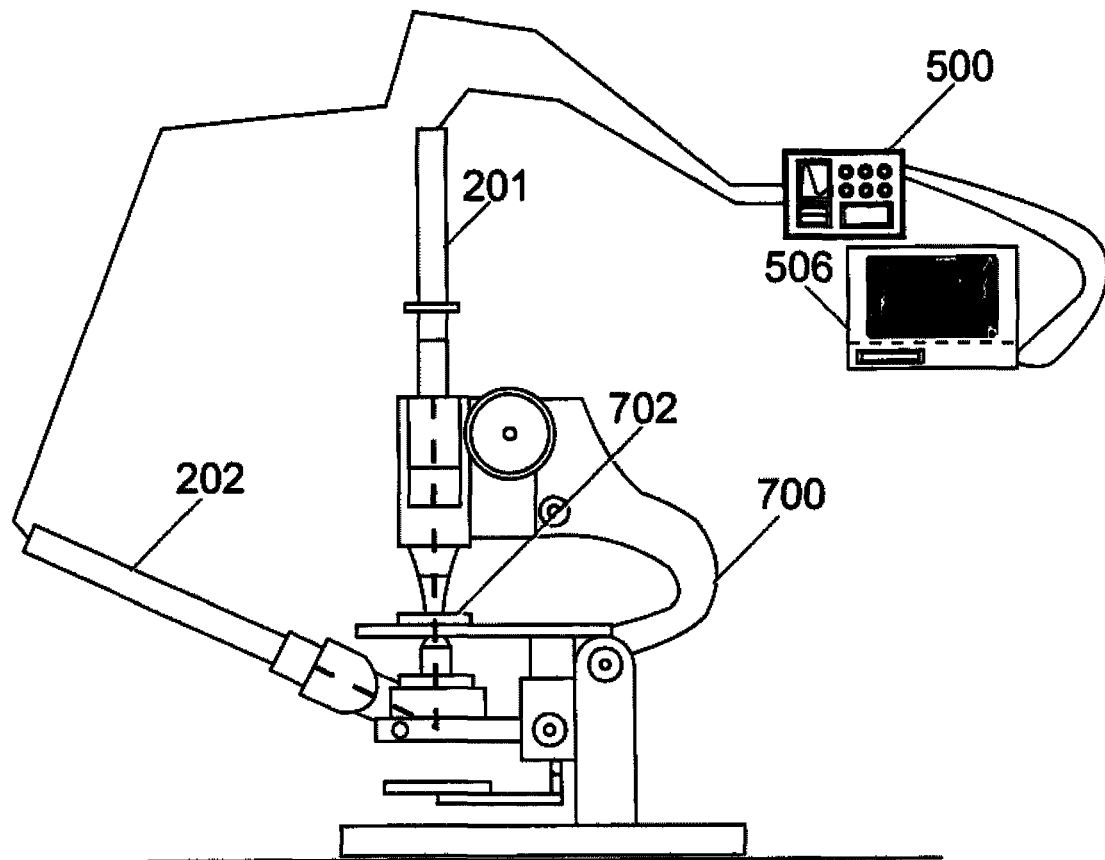


Fig. 11A

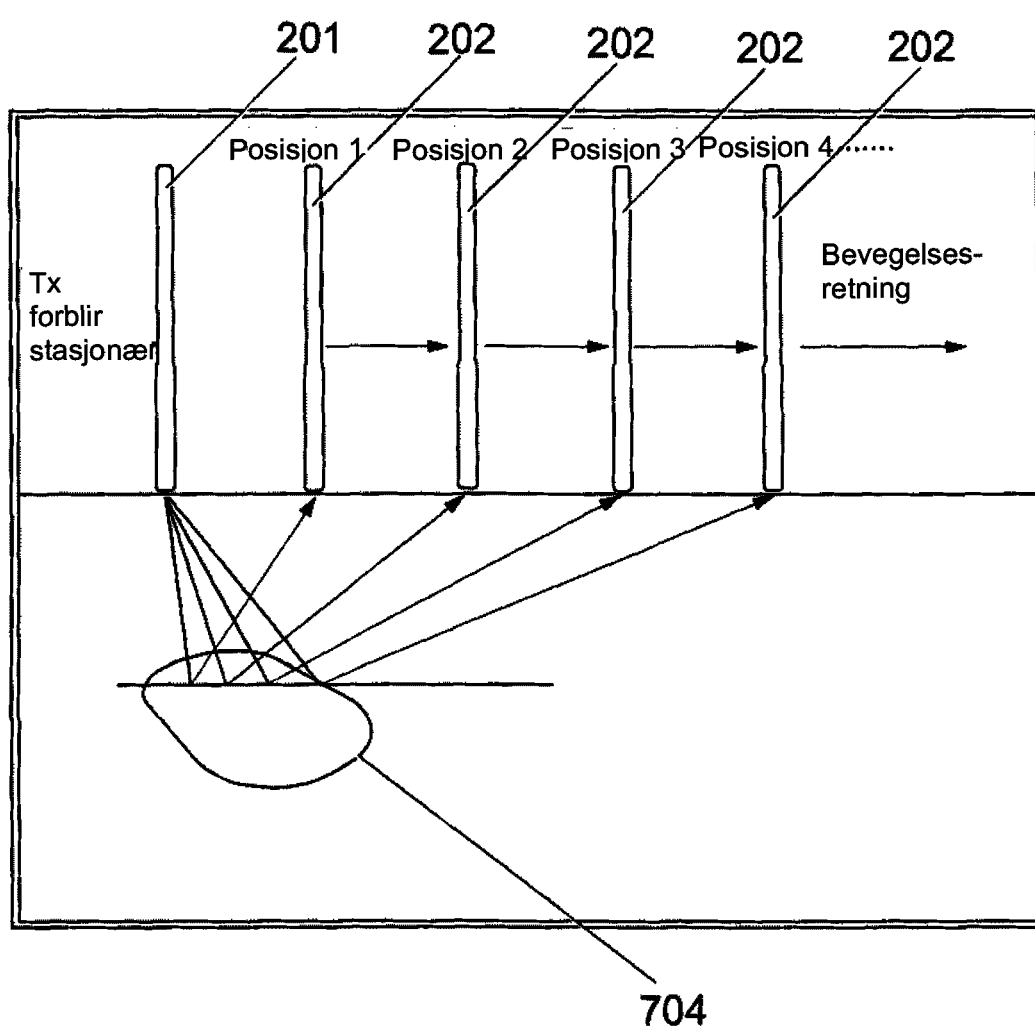


Fig. 11B

MODUS	Tidsopp- løsning (ps)	Romopp- løsning (m) (i saltvann)	PRF (kHz)	Pw (ns)	TR (ns)	Fmax (MHz)	Fmin (MHz)	P _{tr}	Avsøkings- takt (syklus/s)	1/SR SForsinkelse	T _s (ns)
A1	50	0,00167	100	0,1	2	10000	1000	40	2500	0,0004	0,05
A2	50	0,00167	100	0,1	5	10000	1000	100	1000	0,001	0,05
A3	100	0,00167	100	0,1	10	5000	500	100	1000	0,001	0,1
A4	250	0,00167	100	0,1	15	2000	200	50	1667	0,0006	0,25
A5	500	0,00167	100	0,1	25	1000	100	50	2000	0,0005	0,5
B1	250	0,01667	100	1	2000	2000	125	8000	12,5	0,08	0,25
B2	500	0,01667	100	1	4000	1000	62,5	8000	12,5	0,08	0,5
B3	625	0,01667	100	1	6000	800	50	9600	10,4	0,098	0,625
B4	1250	0,01667	50	1	8000	400	25	6400	7,8125	0,128	1,25
B5	2500	0,01667	25	1	10000	200	12,5	4000	6,25	0,16	2,5
C1	2500	0,16667	50	10	20000	200	12,5	8000	0,625	1,6	2,5
C2	5000	0,16667	25	10	40000	100	6,25	8000	0,3125	3,2	5
C3	10000	0,16667	12,5	10	80000	50	6,25	8000	0,15625	6,4	10
C4	40000	0,16667	6,25	10	160000	12,5	1	4000	0,15625	6,4	40
C5	62500	0,16667	3,125	10	250000	12,5	1	4000	0,078125	12,8	40

Samplingstakt= $F_s=2 \cdot F_{max}$
Område for alle generelle typer = $1/4 F_{max} - 4 F_{max}$
 $P_{tr} = \text{Tidsområde (TR) / Samplingstid (ts)}$
Samplingstid= $T_s=1/2 F_{max}$, Den tid det tar for 1 bilde-
element i y-retningen nedover langs radarstrålen

Fig. 12

P_{tr} = Antall bildeelementer per syklus
 PRF = Pulsrepetisjonsfrekvens
 P_w = Pulsbredde
 TR = Tidsområde
 F_{max} = maksimalfrekvens
 F_{min} = minimalfrekvens
Tidsoppløsning = Den tid det tar fra et bildeelement
til det neste nedover langs radarstrålen
 SR = Samplingstakt

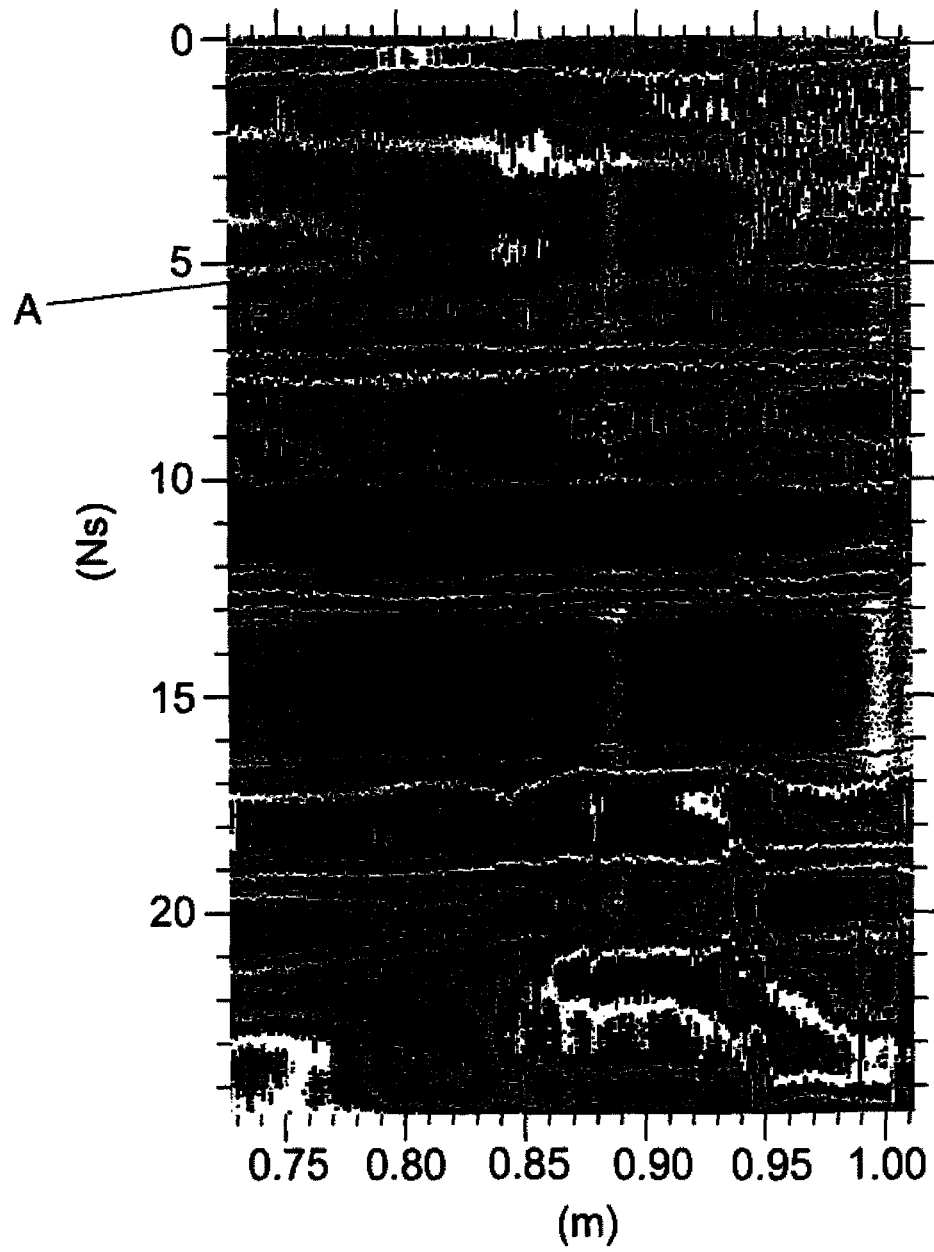


Fig. 13