



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **329985**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

G01N 21/59 (2006.01)

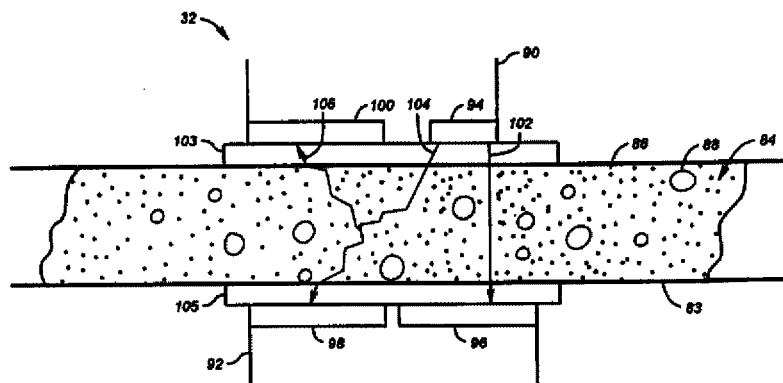
G01N 21/35 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20004262	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.02.25 PCT/US1999/04140
(22)	Inng.dag	2000.08.25	(85)	Videreføringsdag	2000.08.25
(24)	Løpedag	1999.02.25	(30)	Prioritet	1998.02.26, US, 31098
(41)	Alm.tilgj	2000.10.25			
(45)	Meddelt	2011.01.31			
(73)	Innehaver	Weatherford Artificial Lift Systems Inc, 515 Post Oak Boulevard, Suite 600, Houston, TX 77027, US-, USA			
(72)	Oppfinner	Roberto M Lansangnan, Houston, TX, US-, USA John S Lievois, 12218 Perthshire, Houston, TX 77024, US-, USA Mark E Sudberry, Trophy Club, TX, US-, USA			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	Smalbånds infrarød vannfraksjonsmåler			
(56)	Anførte publikasjoner	EP 461321 A1, US 5681749 A			
(57)	Sammendrag				

Foreliggende oppfinnelse gjelder en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32) for å kunne detektere hele vannfraksjonsområdet for en strømning. Denne vannfraksjonsmåler (32) omfatter en lyskildesonde for å bestråle strømningen med et smalt bånd av infrarødt lys og en lysdetektorsonde for å avføle infrarødt lys som passerer gjennom strømningen. For et visst smalt bånd av infrarødt lys med forutbestemt bølgelengde er det en stor forskjell mellom olje og vann når det gjelder absorpsjon av infrarød stråling. Ved en slik bølgelengde vil det smale bånd av infrarødt lys hovedsakelig slippe gjennom vanninnholdet og gassinnholdet i strømningen, men hovedsakelig bli absorbert av strømningens oljeinnhold. Denne vannfraksjonsmåler vil således være i stand til å skille ut olje ved at gass behandles på samme måte som vann. Til forskjell fra andre vannfraksjonsmålere vil denne smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler (32) være uavhengig av variasjoner i oljens og vannets densitet (24), saltinnhold, oljeemulsjoner, varierende mengdestrømmer, samt gassinnholdet (26) i en strømning.



Foreliggende oppfinnelse gjelder vannfraksjonsmålere generelt og særlig vannfraksjonsmålere som benytter smalbåndet infrarødt lys.

Skjønt det vil være ukjent for folk utenfor petroleumsindustrien og den petrokjemiske industri, så er det faktisk slik at de fleste oljebrønner omkring i verden frembringer vann sammen med olje. I de forente stater er faktisk den midlere vannmengde 7 fat for hvert fat olje. Den midlere fremstilling av olje og vann fra hver brønn er et viktig stykke informasjon hvor brukere helt fra oljebrønnsoperatører til bedriftsstyremedlemmer. Det er f.eks. ytterst viktig for operatører å kjenne de relative andeler av vann og olje i produksjonen fra hver oljebrønn for å bestemme produksjonsavgiften og overvåke ytelsen for hver enkelt brønn. Felttoppsynsmenn tar brønnyttelsen i betraktning for å bestemme forbedrede feltstrategier for å kunne bibeholde eller øke oljeproduksjonen. Reservoaringeniører går ut i fra brønnyttelsesdata for enten å planlegge eller vurdere effektiviteten av vannoverstrømningsoperasjoner. Feltadministrasjonen tar i betraktning den totale feltyttelse, innbefattet historiske oljeproduksjoner, for å fastlegge strategier for investeringer og deinvesteringer.

I de forente stater alene er det sannsynligvis over 700.000 produserende oljebrønner, som alle blir periodisk utprøvet med hensyn til deres produksjon av olje, vann og gass. De fleste delstater gir rom for en slik prøving med jevne mellomrom, men operatører behøver også data for å kunne administrere vedkommende reservoar på korrekt måte. I de fleste tilfeller vil brønnprøvingen åpenbare de første tegn på problemer ved en brønn og antyde behov for overhaling eller noen annen form for behandling.

For mange år siden ble hver brønn forbundet med en prøveseparator som ville tillate operatøren å måle den produserte olje, vann og gass. Etter at det er opprettet felles utnyttelse, er et antall brønner nå forbundet med en felles produksjonsseparator gjennom en manifold. Denne konfigurasjon gjør det mulig å isolere en brønn fra den kombinerte produksjonsstrømning, og avlede strømmingen fra denne brønn til en prøveseparator hvor den spesielle produksjon fra denne brønn av olje, vann og gass blir målt.

Det finnes omtrent 40.000 prøveseparatorer i drift i dag i de forente stater. I de fleste tilfeller er disse tofase-separatorer som er i stand til å separere gass fra den kombinerte strøm av olje og vann. Under disse forhold måler strømningsmålere produksjon av gass og den kombinerte produksjon av væske. I tillegg må operatøren utlede prosentandelene av olje og vann i den kombinerte væskestrøm for å kunne fastlegge netto produksjon av olje og vann. Dette utføres vanligvis ved en tidskrevende og kostnadskrevende prosess som går ut på manuell opptak av stikkprøver eller bruk av en direktekoplet innretning som kalles vannfraksjonsmåler.

Den andre vanlige variant av en separator av beholdertype er en trefase-separator. Denne type separator er i stand til å isolere gass, olje og vann slik at hver fase kan måles uavhengig av de øvrige. Disse separatorer er imidlertid mer kostnadskrevende å eie og drive samt er betraktelig større enn de enklere tofase-separatorer. I visse tilfeller anvendes fremdeles manuell prøvetaking i olje- og vanngrenen av en prøveseparator på grunn av utilstrekkelig separering eller visse oljers evne til å binde vann i en tett emulsjon.

Vanlige vannfraksjonsmålere omfatter kapasitive vannfraksjonsmålere, densitetsvannfraksjonsmålere og mikrobølge-vannfraksjonsmålere. Såvel kapasitive, som densitets- og mikrobølge-vannfraksjonsmålere har visse begrensninger. Kapasitive vannfraksjonsmålere er begrenset til å kunne påvise olje/vann-konsentrasjoner med en vannfraksjon lik eller mindre enn omtrent 10%. Over 95% av oljebrønnene i de forente stater har imidlertid vannfraksjoner over 10%. Skjønt densitets-vannfraksjonsmålere er i stand til å detektere en fullstendig skala av olje- og vannkonsentrasjoner (0-100% vannfraksjon), vil gassinnholdet i en strømning forhindre nøyaktig vannfraksjons-påvisning. På grunn av gassens lave densitet, kan det hende at en densitets-vannfraksjonsmåler betrakter et lite innhold av gass og et stort innhold av olje. Mikrobølge-vannfraksjonsmålere, som er én av de mer kostnadskrevende typer av vannfraksjonsmålere, er imidlertid overfølsomme for vannets saltinnhold og gassinnholdet. Mikrobølge-vannfraksjonsmålere er også mindre nøyaktige når det gjelder olje/vann-konsentrasjoner ved høye vannfraksjoner. Mikrobølge-vannfraksjonsmålere vil derfor være uønskede i anvendelser hvor det kreves høy følsomhet for olje/vann-konsentrasjonene ved høye vannfraksjoner.

Eksempler på infrarødt-baserte følere for "vannfraksjons"-målinger er beskrevet av McGuire i US-patent nr. 5,105,085, Gregorig et al, i US-patent nr. 4,674,879 og Hines i US-patent nr. 5,331,156. McGuire beskriver bruk av en diode som sender ut infrarødt lys og en motstående fotodiode for å bestemme gjennom-

5 siktigheten av en sammensatt strømning. I henhold til McGuire blir utgangssignalet fra fotodioden sammenlignet med et område av forut valgte verdier som grovt sett tilsvarer forskjellige forut valgte gjennomsiktighetsverdier. Resultatet av denne sammenligningsprosess fremvises så på et panel av lysutsendende dioder.

Gregorig beskriver bruk av dobbelte fotodetektorer for å måle både direkte

10 og spredte signaler under målingen av oljekonsentrasjonen i vann. Gregorig-teknikken går ut på at det rettes en hovedsakelig monokromatisk lysstråle gjennom en olje/vann-blanding og intensitetsforholdet mellom direkte overført lys gjennom blandingen og lys som er spredt av blandingen. Såvel det direkte som det spredte utgangssignal blir så normalisert ved å multiplisere signalene med en forutbestemt

15 forsterkningsfaktor. Det direkte utgangssignal representerer så ved en bestemt ligning, mens det spredte utgangssignal representeres ved en annen ligning.

I henhold til Hines utføres den optiske densitetsmåling av en strømning ved å detektere fotoner med en viss forutbestemt energi hvor absorpsjonsegenskapene er omtrent de samme for olje og vann, og ved å detektere fotoner ved en annen

20 forut bestemt energi hvor absorpsjonsegenskapene for olje og vann er like, men ikke hovedsakelig de samme. Forskjellene mellom absorpsjonsverdiene anvendes da for å bestemme olje- og vannfraksjonen i en strømning. Hvert forutbestemt energinivå tilsvarer en bølgelengde i et bølgelengdeområde mellom 1200 og 1900 nm.

EP 0461321 A1 fremlegger et apparat for analysering av sammensetningen av formasjonsfluider som benytter belysning av fluidet med lys i et område med

25 bølgelengder og som måler spekteret til det spredte lyset. US 5681749 angår en lignende metode som bruker spektroskopi til å bestemme syrekonsentrasjonen til en syre-vann-hydrokarbonløsning.

I et første aspekt tilveiebringer oppfinnelsen en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler som omfatter: en lyskildesonde, en lysdetektorsonde, og der oppfinnelsen er kjennetegnet ved at lyskildesonden er innrettet for å sende ut et smalt

30 bånd av infrarødt lys med en forutbestemt bølgelengde inn i en trefaset strømning,

og hvor det smale bånd av infrarødt lys med forutbestemt bølgelengde hovedsakelig slipper gjennom en første og en andre fase av den trefasede strømning og i det vesentlige absorberes av en tredje fase i den trefasede strømning, idet lysdetektorsonden er innrettet for å detektere svekkingen av det smalbåndede infrarøde lys av den trefasede strømning, og hvor en vannfraksjon i strømningen bestemmes fra svekkingen av det smale bånd av infrarødt lys av den trefasede strømning.

I et andre aspekt tilveiebringer oppfinnelsen smalbåndet infrarødt prøveutstyr for utprøving av brønnledning omfattende: en brønnledning som inneholder en strømning med et vanninnhold, et oljeinnhold og et gassinnhold; en første smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler som angitt over for å sende ut i strømningen et smalt bånd av infrarødt lys med en første forutbestemt bølgelengde som hovedsakelig slippes gjennom av vanninnholdet og gassinnholdet, men i det vesentlige absorberes av oljeinnholdet; og en andre smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler som angitt over for å motta strømningen fra den første smalbåndede vannfraksjonsmåler og sende ut i strømningen et smalt bånd av infrarødt lys med en andre forutbestemt bølgelengde som hovedsakelig absorberes av oljeinnholdet og vanninnholdet, men i det vesentlige slippes gjennom av gassinnholdet.

I et tredje aspekt tilveiebringer oppfinnelsen en fremgangsmåte for konsentrasjonsmåling i en trefaset strømning i en brønnledning ved bruk av en første smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler omfattende trinnene: strømning av minst to faser av den trefasede strømning til den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler, kjennetegnet ved at fremgangsmåten omfatter utsendelse av et smalt bånd av infrarødt lys til strømningen med en første forutbestemt bølgelengde og som hovedsakelig slippes gjennom en første fase og en andre fase av strømningen og som hovedsakelig absorberes av en tredje fase i strømningen ved hjelp av den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler; og detektering av svekking av det smale bånd av infrarødt lys med den første forutbestemte bølgelengde av den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler.

I et fjerde aspekt tilveiebringer oppfinnelsen en fremgangsmåte for konsentrasjonsmåling i en trefaset strømning i en brønnledning ved bruk av en første smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler omfattende trinnene: strømning av minst to faser av den trefasede strømning til den første smalbåndede infrarøde vann-

fraksjonsmåler, idet fremgangsmåten er kjennetegnet ved at den omfatter utsendelse av et smalt bånd av infrarødt lys til strømningen med en første forutbestemt bølgelengde og som hovedsakelig slippes gjennom en første fase og en andre fase av strømningen og som hovedsakelig absorberes av en tredje fase i strømningen ved hjelp av den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler; og 5 detektering av svekking av det smale bånd av infrarødt lys med den første forutbestemte bølgelengde av den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler.

Det beskrives kort sagt en smalbånds infrarød vannfraksjonsmåler for å detektere det fullstendige vannfraksjonsområdet for en strømning. Vannfraksjonsmåleren omfatter en lyskildesonde for å bestråle strømningen med et smalt bånd av 10 infrarødt lys og en lysdetektorsonde for å avføle det infrarøde lys som passerer gjennom strømningen. For et visst smalt bånd av infrarødt lys med forutbestemt bølgelengde, vil det være en stor forskjell i absorpsjon av infrarød stråling mellom olje og vann. Ved en slik bølgelengde blir det smale bånd av infrarødt lys hovedsakelig sluppet gjennom vanninnholdet og gassinnholdet i strømningen, mens det 15 hovedsakelig absorberes av strømningens oljeinnhold. Vannfraksjonsmåleren er således i stand til å skille ut olje mens den behandler gass på samme måte som vann. Til forskjell fra andre vannfraksjonsmålere er da denne smalbånds infrarøde vannfraksjonsmåler hovedsakelig immun overfor olje- og vanndensiteter, saltinnhold, oljeemulsjoner, varierende mengdestrømmer og strømningens gassinnhold. 20

I en utførelse av vannfraksjonsmåleren som skal beskrives, rommer lyskildesonden en sender og en uavhengig baksidedetektor, mens lysdetektorsonden inneholder en direkte fremoverdetektor og en uavhengig fremoverdetektor. Den uavhengige fremoverdetektor anvendes for å måle den "spredning" som forårsakes av strømningen, mens den uavhengige bakside-detektor anvendes for å måle 25 "refleksjonen" fra strømningen. Den direkte fremoverdetektor anvendes for å måle den grad strømningen slipper gjennom eller absorberer det infrarøde lys.

Ved én anvendelse som skal beskrives omfatter denne smalbånds infrarøde vannfraksjonsmåler bruk av en gass/væske-separator, mengdestrømmålere, 30 samt den foreliggende smalbånds infrarøde vannfraksjonsmåler. Gass/væske-separatoren skiller gass fra olje og vann i en sammensatt strømning. Gassen avgis til en gass-strømningsmåler, mens olje og vann avgis til en væske-strømningsmåler. Olje og vann fra væskestrømningsmåleren avgis til den smalbåndede infra-

røde vannfraksjonsmåler for å detektere vannfraksjonen i væskesammensetningen. Denne anvendelse av en gass/væske-separator, strømningsmålere samt den smalbånds infrarøde vannfraksjonsmåler sørger da for vannfraksjons-deteksjon sammen med gass/væske-separering.

5 En annen anvendelse av den smalbånds infrarøde vannfraksjonsmåler omfatter bruk av en mengdestrømmåler og et par smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmålere i forbindelse med hver brønnledning. Den sammensatte strømning fra en brønnledning avgis til en første smalbånds infrarød vannfraksjonsmåler. Et
10 smalt bånd av infrarødt lys med en første forut bestemte bølgelengde og som sendes ut fra den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler passerer hovedsakelig gjennom strømningsmålerens vanninnhold, og gassinhold, men blir for størstedelen absorbert av strømningens oljeinnhold. Strømningssammensetningen fra den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler overføres til en andre smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler. Et smalt bånd av infrarødt lys ved en
15 andre forutbestemt bølgelengde og som avgis fra den andre smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler passerer hovedsakelig uhindret mellom strømningens gassinhold og blir hovedsakelig absorbert av strømningens oljeinnhold og vanninnhold. Det utledede strømningssammensetning fra den andre smalbåndede infrarøde strømningsmåler avgis til en trefaset massestømningsmåler for å bestemme strømningens mengdestrøm. Denne anvendelse av en smalbåndet infrarød
20 måler muliggjør en relativt billig og nøyaktig kontinuerlig trefasemåling for hver brønn, og vil muliggjøre et sort antall opplegg for avgiftsbestemmelser.

En tredje anvendelse omfatter bruk av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler for å sikre at olje/vann-sammensetningen av overbordsvann er forenlig med regler som gjelder oljeinnholdet av det vann som slippes ut i sjøen.
25 Overbordsvann gjelder vann som et vannbehandlingsanlegg (av den art som finnes på visse boreplattformer til sjøs) har tillatelse til å slippe ut i sjøen. Før en strømningssammensetning avgis til et vannbehandlingsanlegg, overføres strømningssammensetningen til en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler. Smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmålere kan også innføres før og/eller etter forskjellige
30 trinn av vannbehandlingsprosessen i vannbehandlingsanlegget. Bruk av smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmålere for å bekrefte vannbehandlingen og lette korreksjon av eventuelle ikke-godtagbare strømningssammensetninger som er

påvist av de smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmålere gjør det mulig å redusere mulktene for ikke å ha arbeidet i samsvar med oljeinnholds-reglene.

En bedre forståelse av foreliggende oppfinnelse kan oppnås ut i fra følgende detaljerte beskrivelse av den foretrukne utførelse sett i sammenheng med de vedføyde tegninger, hvorpå:

fig. 1 viser skjematisk et blokkskjema for en brønnprøvingskonfigurasjon av satellitttype og som omfatter en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler i samsvar med foreliggende oppfinnelse,

fig. 2 viser et blokkskjema for en utprøvingskonfigurasjon for en brønnledning og som omfatter en gass/væske-separator og en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler i henhold til foreliggende oppfinnelse.

fig. 3 viser skjematisk et blokkskjema for utprøving av en trefaset brønn og som omfatter en trefase-strømningsmåler og et par smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmålere i samsvar med foreliggende oppfinnelse.

fig. 4 viser skjematisk en konfigurasjon for verifisering av vannbehandling og som omfatter en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler i henhold til foreliggende oppfinnelse,

fig. 5 viser skjematisk utstyr med smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler og som videre omfatter en strømningsberegner, en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler, en signalkondisjoneringsblokk, samt drivstrømkretser i henhold til foreliggende oppfinnelse,

fig. 6 er en skjematisk skisse av følerkomponenter i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler i fig. 5, i sammenheng med en strømning gjennom en rørledning, hvor partier av rørledningen er tatt bort,

fig. 7A og 7B er flytskjemaer for den strømningsbehandlingsteknikk som utføres av strømningsberegneren i fig. 5 for å bestemme vannfraksjonen i en strømning ved hjelp av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler i fig. 5, i samsvar med foreliggende oppfinnelse,

fig. 8 viser eksempel på et koplingsskjema for signalkondisjoneringskretsene i fig. 5 og for den direkte fremover-detektor i fig. 6,

fig. 9 viser et eksempel på koplingsskjema for signalkondisjoneringskretsen i fig. 5 og for den uavhengige fremoverdetektor i fig. 6,

fig. 10 viser et eksempel på koplingskrets for signalkondisjoneringskretsene i fig. 5 og for den uavhengige baksidedetektor i fig. 6,

fig. 11 viser et eksempel på koplingsskjema for de temperaturfølede kretser i fig. 5, samt for drivstrømkretsene i fig. 5 og lyssenderen i fig. 6,

5 fig. 12 er en grafisk fremstilling som viser gjennomskinnelighetsegenskapene for olje og vann ved et nær-infrarødt til midt-infrarødt område som omfatter et smalt infrarødt bånd hvori lys avgis fra den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler i fig. 5,

fig. 13 er en grafisk fremstilling som viser signalgjennomgangen for en de-
10 tetektor i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler i fig. 5 som en funksjon av vannfraksjonen i den angitte strømning i fig. 5,

fig. 14 er en grafisk fremstilling som viser et eksempel på vannfraksjonen i en strømning som funksjon av logaritmen av signalgjennomgangen for en detektor i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler i fig. 5, og

15 fig. 15 og 16 er grafiske fremstillinger som angir eksempel på lysemisjonen fra senderen i fig. 6 for visse eksempler på bølgelengdeområder.

Det skal nå henvises til tegningene, hvor fig. 1 viser en brønnprøvingskonfigurasjon av satellitttype og som omfatter en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler 32 i henhold til foreliggende oppfinnelse. Et brønnprøvingssted eller en satellitt
20 anvendes vanligvis for samling av brønnledninger for utprøvingsformål. Et slikt utprøvingsformål er en bestemmelse av en vannfraksjon i en sammensatt strømning i en brønnledning. En vannfraksjon fra en sammensatt strømning angir prosentandelen av olje og vann i den sammensatte strøm. Denne vannfraksjonsinformasjon kan anvendes for forskjellige formål, som først og fremst omfatter avgiftsbereg-
25 ninger og reservoar-administrasjon. En satellitt eller en vanlig samlingsstasjon 10 oppviser en prøvemanifold 11 med et prøveledningsområde 12 samt et produksjonsledningsområde 14 for å motta flere brønnledninger 16. Manifolde 11 anvender en rekke ventiler (ikke vist) for å forbinde en brønnledning 16 av gangen med prøvelinjeområdet 12, samt for å rette flere brønnledninger 16 til produksjonsledningsområdet 14. Ledningsprøveområdet 12 er tilsluttet en prøveledning
30 18 til en prøveseparator 22. Prøveseparatoren 22 kan enten være en tofase-separator eller en trefase-separator som er blitt omgjort til en tofase-separator. Prøveseparatoren 22 omfatter et væskeområde 24 for å ta inn vanninnholdet og oljeinn-

holdet fra en sammensatt strømning, samt et gassområde 26 for å romme gassinnholdet fra en sammensatt strømning.

Prøveseparatoren 22 er av en type som vil være kjent innenfor fagområdet. En væskegren 28 er opprettet fra væskeområdet 24 i prøveseparatoren 22 til den 5 smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Som det vil bli mer fullstendig beskrevet nedenfor i forbindelse med fig. 5-12, er den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 i stand til å detektere vannfraksjonen i den væske som tilføres gjennom grenledningen 28 for væske. Væskeinnholdet avgis da fra den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 til en væskestrømningsmåler 44 for å måle 10 væskeinnholdets volum. Mengdestrømsmåleren 44 for væske kan f.eks. være en turbinmåler som er velkjent innenfor fagområdet. Væskeinnholdet returneres fra mengdestrømmåleren 44 for væske til produksjonsledningen 20. Gassinnholdet fra gassområdet 26 i prøveseparatoren 22 avgis til en gasstrømningsmåler 42. Gasstrømningsmåleren 42 kan f.eks. være en virvelstrømningsmåler eller en virvelavløsende strømningsmåler. Som det vil være kjent innenfor fagområdet, an- 15 vendes i en virvelstrømningsmåler en fluidstrømning rundt en ikke-strømlinjeformet hindring for å frembringe virvler som dannes og oppløses vekselvis på begge sider av hindringen. Ved en korrekt konstruert hindring, eller oppløsningsstav, dannes og oppløses virvlene proporsjonalt med fluidhastigheten. Fluidets 20 mengdestrøm kan da anslås ved å måle graden av virveldannelse. Gassinnholdet fra gasstrømningsmåleren 42 returneres til produksjonsledningen 20 gjennom en tilbakeløpsgren 30. Produksjonsledningen 20 fører til en produksjonsseparator 36. Denne produksjonsseparator 36 kan også være av en type som er kjent innenfor fagområdet. Den beskrevne brønnprøvingskonfigurasjon sørger for vannfraksjons- 25 deteksjon ved bruk av en tofaset prøveseparator. Den smalbåndsbaserte vannfraksjonsmåler 32 måler her en "oljefraksjon" (prosentandelen olje, uten å skille vann fra gass), skjønt anordningen 32 innenfor industrien fremdeles vil kalles en vannfraksjonsmåler.

Som et alternativ til å anordne den smalbåndede infrarøde vannfraksjons- 30 måler 32 nedstrøms for en prøveseparator 22, kan den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 være anbrakt nedstrøms for en produksjonsseparator 36. Denne produksjonsseparator 36 avgir en kombinert strømning over en strømningsgren 27 til en slik smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler 32. Til forskjell fra

en smalbåndet måler 32 som kan være anordnet mellom en prøveseparator 22 og en væskestrømningsmåler 44, utnytter ikke den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 som er anordnet nedstrøms for produksjonsseparatoren 36 noen prøveseparator eller prøvemanifold. Fra denne smalbåndede vannfraksjonsmåler 32 avgis den kombinerte strømning over en avgrening 25 til en sentral oppsamler eller et batteri 35. Det bør forstås at flere produksjonsseparatorer 36 hver kan avgis en kombinert strømning til den sentrale oppsamler 35.

Det skal nå henvises til fig. 2, hvor det er vist en utprøvningskonfigurasjon for en brønnledning og som omfatter en gass/væske-separator 40 samt den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. En brønnledning 16 avgir en sammensatt strømning med gassinnhold, oljeinnhold og vanninnhold til en gass/væske-separator 40. Denne gass/væske-separator 40 er fortrinnsvis en gass/væske-separator med kompakt syklus (GLCC). Denne spesielle type gass/væske-separator anses imidlertid ikke å være av avgjørende betydning i sammenheng med foreliggende oppfinnelsesgjenstand. Gass/væske-separatoren 40 tjener til å separere gassinnholdet i den sammensatte strømning fra væskeinnholdet i denne strømning. Selv når gass/væske-separatoren er i stand til å frembringe en høy grad av gass/væske-separering, så vil væskeinnholdet likevel vanligvis inneholde en gasskomponent som betegnes som en gassoverføring. Væskeinnholdet avgis fra gass/væske-separatoren 40 til væskestrømningsmåleren 44. Væskeinnholdet avgis fra denne mengdestrømmåler 44 for væske til den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Gassoverføringen har vanligvis komplisert vannfraksjonsdetekteringen ved hjelp av vanlige vannfraksjonsmålere. Som beskrevet nedenfor, vil den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 være i stand til å differensiere mellom olje og gass ved å behandle gass som vann. På denne måte kan den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 ikke ta feil av gass og olje. Gassinnholdet fra gasstrømningsbeholderen 42 og væskeinnholdet fra den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 kan kombineres og returneres til brønnledningen 16. Den beskrevne utprøvningskonfigurasjon for brønnledningen, og som representerer en annen anvendelse av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32, sørger for vannfraksjonsdetektering for den enkelte brønnledning, og eliminerer da behovet for en prøvemanifold eller en prøveseparator.

Det skal nå henvises til fig. 3, hvor det er vist en trefaset utprøvningskonfigurasjon for en brønnledning og som omfatter et par smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmålere samt en masse-strømningsmåler. Brønnledningen 38 avgir en sammensatt strømning til en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler 32A. Denne

5 vannfraksjonsmåler 32A avgir et smalt bånd av infrarødt lys med en forutbestemt bølgelengde λ_1 , hvor de infrarøde absorpsjonsegenskaper for vann og gass er innbyrdes like, men vesentlig forskjellige fra de infrarøde absorpsjonsegenskaper for olje. Vannfraksjonsmåleren 32A tjener således til å skille oljeinnholdet fra et kombinert vann- og gassinnhold. Vannfraksjonsmåleren 32A avgir den sammen-

10 satte strømning til en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler 32B. Vannfraksjonsmåleren 32B avgir et smalt bånd av infrarødt lys med en forutbestemt bølgelengde λ_2 , hvor de infrarøde absorpsjonsegenskaper for olje og vann er like, men vesentlig forskjellige fra de infrarøde absorpsjonsegenskaper for gass. Vannfraksjonsmåleren 32B tjenerer således til å differensiere et kombinert olje- og

15 vanninnhold fra et gassinnhold. For å beregne volumstrømmen for de tre faser i denne beskrevne utførelse, må enten absorpsjonsegenskapene for vann og gass ved den forutbestemte bølgelengde λ_1 være de samme, eller også må absorpsjonsegenskapene for olje og vann ved den forutbestemte λ_2 være de samme. Vannfraksjonsmåleren 32B avgir den sammensatte strømning til en massestrømningsmåler 46. Denne massestrømningsmåler 46 tjener til å bestemme den totale massestrøm for vedkommende strømning. Ved kjennskap til den totale massestrøm og de kjente densiteter for de tre faser, kan volumfraksjonene for disse tre faser beregnes. Liksom ved den viste konfigurasjon i fig. 2 for brønnledningsprøving, gir den beskrevne utprøvningskonfigurasjon for brønnledning vannfraksjons-

25 detektering for hver enkelt brønnledning. En ytterligere fordel ved den beskrevne utprøvningskonfigurasjon for brønnledning er muligheten for vannfraksjonsdetektering uten noen som helst separering av strømningens bestanddeler. Ved å ta vannfraksjonsmålinger fra en sammensatt strømning uten separering av dens komponenter, kan denne brønnutprøvningskonfigurasjon gjøre det mulig å utføre

30 forenklede og kontinuerlige brønnfraksjonsmålinger.

Det skal nå henvises til fig. 4, hvor det er vist en konfigurasjon for verifisering av en vannbehandling og som omfatter den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Et vannbehandlingsanlegg 48, f.eks. av den art som foreligger på

mange bore- eller produksjonsplattformer til sjøs, er anordnet for behandling av vann. Vannbehandlingsutstyret 48 kan omfatte et enkelt eller flere vannbehandlingstrinn. Vannbehandlingsutstyret 48 er f.eks. vist å inneholde et vannbehandlingstrinn 52 og et ytterligere vannbehandlingstrinn 54. Endeproduktet fra vannbehandlingsutstyret 48 er avfallsvann 56. Da avfallsvannet 56 skal kunne avgis til sjøen, er prosentandelen av olje i denne ledningsgren 56 strengt regulert. Hvis avfallsvannet 56 omfatter en oljekonsentrasjon større enn den maksimale oljekonsentrasjon som tillates av loven, blir det utstedt en mulkt til den bedrift som har ansvaret for styring av vannbehandlingsutstyret 48. Den typiske strategi for å redusere de mulkter som må betales av en bedrift som har ansvaret for vannbehandlingsutstyret 48 har da vært å måle oljekonsentrasjonen i avfallsvannet 56, og derpå justere vannbehandlingsprosessen i samsvar med resultatet av denne måling. Det er f.eks. vist en vannfraksjonsmåler 55 etter sluttbehandlingstrinnet 52 i vannbehandlingsutstyret 48 for å fastlegge oljekonsentrasjonen i det avfallsvann 56 som skal gå over bord.

I henhold til foreliggende oppfinnelse kan da den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 anvendes for periodisk å måle oljekonsentrasjonen i det tilførte vann gjennom en innløpskanal 58 til vannbehandlingsutstyret 48. Dette innledningsvis tilførte vann tilføres den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32, og denne vannfraksjonsmåler 32 avgir da det tilstrømmende vann gjennom en tilstrømningsvannkanal 57 til vannbehandlingsutstyret 48. På denne måte kan oljekonsentrasjonen i vann innledningsvis bestemmes før den behandlingsprosess som utføres i vannbehandlingsutstyret 48. Hvis oljekonsentrasjonen i det tilførte vann ligger over den maksimale oljekonsentrasjon som kan håndteres av vannbehandlingsutstyret, så kan dette tilførte vann avledes gjennom en returkanal 63 tilbake til en produksjonsseparator 36 eller en lagringstank 50. Produksjonsseparatoren 36 mottar en sammensatt strømning 64 og separerer denne sammensatte strømning 64 i det vann som tilføres gjennom tilføringskanalen 58 for vann, oljeinnhold som avgis gjennom en oljekanal 60, og gassinnhold som avgis gjennom en gasskanal 62. I praksis har hovedgrunnen for overskuddsolje i avfallsvannet 56 vært forstyrrelser i produksjonsseparatoren 36 som har ført til høy en konsentrasjon av olje i vanntilførselskanalen 58.

Alternativt eller i tillegg kan en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler 32 anvendes for å måle oljekonsentrasjonen i vannet etter et vannbehandlingstrinn i den behandlingsprosess som utføres i vannbehandlingsutstyret 48. På denne måte kan oljekonsentrasjonen i vannet bestemmes umiddelbart etter et vannbe-
5 handlingstrinn. Et korreksjonstrinn 61 for etter valg å justere oljekonsentrasjonen i vannet kan innføres i vannbehandlingsprosessen etter vannfraksjonsmåleren 32. Ved gitte typiske konsentrasjoner i vann som skal måles for behandlingsutstyret 48, kan en strømningslengde, som kan være avstanden mellom en emitter 94 og en uavhengig fremoverdetektor 96 (fig. 6) i den smalbåndede vannfraksjonsmåler
10 32, økes for å vinne en eksponensiell følsomhetsøkning i høyfraksjonsenden av vannfraksjonsområdet.

Den beskrevne konfigurasjon for vannbehandlingsbekräftelse representerer annen potensiell anvendelse av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Man har tenkt seg at enkle forandringer i følerkonfigurasjonen i den smalbån-
15 dede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 som vil bli beskrevet nedenfor, kan tas inn i mange anvendelser. Videre kan justeringer av den følermodell for den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 som vil bli beskrevet nedenfor, under spesielle feltbetingelser kunne utføres uten avvik fra oppfinnelsens idéinnhold.

Det skal nå henvises til fig. 5, hvor det er vist et smalbåndet infrarødt vannfraksjonsmålerutstyr 65. Dette utstyr 65 for smalbåndet infrarødt vannfraksjonsmå-
20 ling omfatter en strømningsberegner, en signalkondisjoneringsblokk, en smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler 32, samt drivstrømkretser 75. Den smalbåndede infrarød vannfraksjonsmåler 32 omfatter emitteren 94 (fig. 6) for å avgi et smalt bånd av infrarødt lys til vedkommende strømning. Emmitteren 94 drives fra driv-
25 strømkretsene (fig. 11). Den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 kan omfatte den direkte fremoverdetektor 96, en uavhengig fremoverdetektor 98, samt en uavhengig baksidedetektor 100 (fig. 6) for å detektere den svekking av det smalbåndede infrarøde lys som forårsakes av en strømning. Den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 kan alternativt benytte den direkte fremoverde-
30 tektor 96 som eneste detektor. Denne direkte fremoverdetektor 96 frembringer et direkte fremover-detektorsignal 70 som representerer absorpsjonen av det smalbåndede infrarøde lys, mens den uavhengige fremoverdetektor 98 frembringer et uavhengig fremoverdetektorsignal 72 som representerer "spredning" av det smal-

båndede infrarøde lys, og den uavhengige baksidedetektor 100 frembringer et uavhengig baksidedetektorsignal 74 som representerer "refleksjon" av det smal-
båndede infrarøde lys. "Spredningen" gjelder generelt infrarødt lys som vandrer i
en annen fremoverretning enn den direkte bane, til forskjell fra den vanlige teknis-
5 ke definisjon av spredning. "Refleksjon" gjelder generelt infrarødt lys som vandrer i
en annen motsatt retning enn den direkte bane.

Signalet 70 fra den direkte fremoverdetektor, signalet 72 fra den uavhengi-
ge fremoverdetektor, et temperaturavførende signal 73 og det uavhengige bak-
sidedetektorsignal 74 avgis til signalkondisjoneringsblokken 68 for kondisjonering
10 (eller behandling) av detektorsignalene. Signalkondisjoneringsblokken 68 avgir da
et absorpsjonssignal 76, et spredningssignal 78, et refleksjonssignal 80 samt et
temperaturavførende signal 82 til strømningsberegneren 66. Absorpsjonssignalet
76 utgjøres av det direkte fremover-detektorsignal fra kondisjoneringskretsene
220 (fig. 8), spredningssignal 78 er det direkte fremover-detektorsignal fra kondi-
15 sjoneringskretsene 222 (fig. 9) og refleksjonssignalet utgjøres av det uavhengige
baksidedetektorsignal som utgjør utgangssignalet fra kondisjoneringskretsene 224
(fig. 10). Strømningsberegningen 66 er av vanlig type og tjener til tolkning av ab-
sorpsjonssignalet 76, spredningssignalet 78, refleksjonssignalet 80 og det tempe-
raturavførende signal 82. Det temperaturavførende signal 82 utgjøres av utgangs-
20 signalet fra temperaturavfølingskretsene 226 (fig. 11) for avføling av temperaturen
av emitteren 94 (fig. 6).

Det skal nå henvises til fig. 6, hvor det er vist en skjematisk skisse av føler-
komponentene i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 i forbindelse
med en strømning 84. Den viste utførelse av den smalbåndede infrarøde vann-
25 fraksjonsmåler 32 omfatter en lyskildesonde 90 og en lysmottakersonde 92. Lys-
kildesonden 90 rommer emitteren 94 for utsendelse av et smalbåndet infrarødt lys
mot strømningen 84 samt en uavhengig baksidedetektor 100 for å detektere "re-
fleksjoner" for et smalt bånd av infrarødt lys. I det viste eksempel avgis lysstråler
102 og 104 fra emitteren 94, og en lysstråle 106 detekteres av den uavhengige
30 baksidedetektor 100. Lysmottakersonden 92 rommer en direkte fremoverdetektor
96 for å detektere absorpsjon av et smalt bånd av infrarødt lys, samt en uavhengig
fremoverdetektor 98 for å detektere "spredning" av et smalt bånd av infrarødt lys. I
det viste eksempel blir lysstrålen 102 detektert av den direkte fremoverdetektor

96, mens lysstrålen 94 detekteres av den uavhengige fremoverdetektor 98. For avskjermingsformål er både lyskildesonden 90 og lysmottakersonden 92 atskilt fra strømmingen 84 ved hjelp av glassvinduer 103 og 105 som kan befinne seg i avtettet kontakt med sondelegemene 90 og 92.

5 Følerkomponentene i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 er fortrinnsvis anbrakt på en rørledning 83 som inneholder strømmingen 84. Rørledningen 83 er vist med avbrutte partier for å vise sammenhengen mellom strømmingen 84 og vannfraksjonsmåleren 82. En statisk blander (ikke vist) kan anbringes oppstrøms for den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 med det
10 formål å røre om strømmingen 84 for å oppnå forbedret målnøyaktighet for den smalbåndede vannfraksjonsmåler 32. Strømmingen 84 omfatter et kontinuerlig medium 86 som typisk er vann og et ikke-kontinuerlig medium 88 som typisk er olje.

Det skal nå henvises til fig. 7A og 7B, som viser flytskjemaer for den strømningsbehandlingsteknikk som utføres av strømningsbehandleren 66 (fig. 5) for å
15 fastlegge den foreliggende vannfraksjon ved hjelp av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Strømningsberegneren 66 omfatter et prosessorlesbart medium 79 slik som et datalager for lagring av en kode som utøves av prosessoren 77 for å utføre strømningsbehandlingen. Reguleringsprosessen begynner i
20 trinn 200 hvor detektorsignalene 70, 72 og 74 samt temperaturavfølingssignalet 82 utledes av strømningsberegneren 66. Fra trinnet 200 fortsetter reguleringsprosessen i trinn 202, hvor detektorsignalene korrigeres for temperaturen av emitteren 94 og som tilføres av temperaturavfølingssignalet 82. Det følgende er et eksempel på en ligning som kan anvendes for å korrigere detektorsignalene med
25 hensyn på temperatur:

$$\text{Korrigert signal} = [\text{detektorsignal}] [1,2331 - 0,00303T].$$

Den variable "T" i ligningen ovenfor angir temperaturen på emitteren 94 i grader Fahrenheit. En temperaturkorreksjon er viktig da utgangssignalet fra emitteren 94 varierer med temperaturen. I trinn 204 blir så detektorsignalene omformet
30 til lysstrømverdier. Det følgende er et eksempel på en ligning som kan anvendes for å omforme de korrigerede detektorsignaler til lysstrømverdier:

$$\text{Lysstrøm} = \text{korrigert signal} \div \text{forsterker-vinningsmotstand}.$$

Hvert detektorsignal er tilordnet signalkondisjoneringskretser med en forsterker-vinningsmotstand. Motstandsverdien for forsterker-vinningsmotstanden anvendes i ligningen ovenfor for å omforme detektorsignalet til en fotostrømverdi. Fra trinn 204 fortsetter reguleringsprosessen til trinn 206 hvor vannfraksjonen i strømning-
 5 en 84 beregnes. Vannfraksjonen i strømningen 84 beregnes ut i fra en ikke-homogen lineær ligning som omfatter detektorenes fotostrømverdier, en absorpsjonskonstant samt maskinvarekonstanter. Den følgende ligning er et eksempel på en ligning som kan anvendes for å beregne vannfraksjonen (C_w):

$$C_w = A \logg (\text{direkte fremoverdetektor-lysstrøm} + (B \cdot \text{uavhengig fremoverdetektorlysstrøm})) + C.$$

I ligningen ovenfor angir A en absorpsjonskonstant som er bestemt på grunnlag av en ren oljeabsorpsjonsmåling og en ren vannabsorpsjonsmåling, B er en geometrisk maskinvarekonstant for den uavhengige fremoverdetektor 98, og C angir en generell maskinvare-kalibreringskonstant. Hvis baksidedetektorens fotostrøm er større enn en referanseverdi for baksidedetektorens fotostrøm, nemlig
 15 uavhengig baksidedetektor-fotostrøm_{ref}, så blir uttrykket $D \cdot (\text{uavhengig baksidedetektor-fotostrøm} - \text{uavhengig baksidedetektor-fotostrøm}_{ref})$ lagt til vannfraksjonsligningen. Den uavhengige baksidedetektor-fotostrøm_{ref} representerer en lysstrømverdi for den uavhengige baksidedetektor 100 for en strømning fri for emul-
 20 sjoner. Den uavhengige baksidedetektor-kalibreringskonstant D er bestemt empirisk.

Verdiene av kalibreringskonstantene eller koeffisientene gjør det mulig for den smalbåndede vannfraksjonsmåler 32 å ta med i beregningen hvilke som helst emulsjoner i strømningen 84, denne strømnings mengdestrøm, samt eventuell
 25 medtrukket gass i strømningen 84. Videre er vannfraksjonen C_w en verdi mellom 0 og 1, hvor 0-verdien representerer 0% vann og 1-verdien representerer 100% vann. I samsvar med foreliggende oppfinnelse forenkles en vannfraksjonsberegning ved at det tas hensyn til hvert detektorsignal i én og samme ligning.

Reguleringen fortsetter så til trinn 208 hvor en pulsinnngang måles av en
 30 væskestrømningsmåler 46 (fig. 1 og 3). Derpå blir det i trinn 210 beregnet en inkremental volumstrøm på grunnlag av den pulsinnngang som detekteres av strømningsmåleren 46. Fra trinn 210 fortsetter reguleringsprosessen til trinn 212 (fig.

7B) hvor en inkremental vannmengde beregnes. Denne mengde kan beregnes ved å multiplisere inkrementalvolumet med den beregnede vannfraksjon C_w . Reguleringen fortsetter så til trinn 214 hvor en inkrementalmengde olje beregnes. Denne mengde kan beregnes ved å multiplisere inkrementalvolumet med $(1-C_w)$. I

5 trinn 216 kan så den beregnede inkrementalmengde olje og den beregnede inkrementalmengde av vann adderes til eventuelle tidligere målinger av inkremental oljemengde og inkremental vannmengde. I trinn 218 returnerer reguleringen til trinn 200, hvor detektorsignalene 70, 72 og 74 samt det temperaturavførende signal 82 atter utledes. Denne strømningsbehandlingsteknikk gir således kontinuerlige vannfraksjonsberegninger.

10

Signalkondisjoneringsblokken 68 (fig. 5) omfatter kondisjoneringskretser 220 (fig. 8) for det direkte fremover-detektorsignal, signalkondisjoneringskretser 222 (fig. 9) for det uavhengige fremoverdetektorsignal, samt signalkondisjoneringskretser 224 (fig. 10) for det uavhengige baksidedetektorsignal. Det skal nå

15 henvises til fig. 8, hvor det er vist et eksempel på et kopleingsskjema for signalkondisjoneringskretsene 220 for den direkte fremoverdetektor 96. Inngangssignalet til signalkondisjoneringskretsene 220 er signalet 70 fra den direkte fremoverdetektor. Dette direkte-detektorsignal 70 avgis til en inverteringsklemme 300 for en operasjonsforsterker U1C som anvender en omforming fra strøm til spenning for å måle

20 en kortslutningsstrøm på direkte-fremoverdetektoren 96. Et tilbakekopplingsnettverk som inneholder en tilbakekopplingsmotstand R13 er anordnet mellom inverteringsklemmen 300 og utgangsklemmen 304 for operasjonsforsterkeren U1C. Videre er den ikke-inverterende klemme på operasjonsforsterkeren U1C koplet til jord.

25 Omkopleertrinnet 228 for omforming fra strøm til spenning etterfølges av et lavpassfiltertrinn 230. I den viste utførelse, inneholder lavpassfiltertrinnet 230 et fjerdeordens Bessel-lavpassfilter med en forsterkning på fire i passbåndet og en avskjæringsfrekvens på omtrent 0,2 hertz. Den viste utførelse av lavpassfiltertrinnet 230 omfatter en operasjonsforsterker U1B og en operasjonsforsterker U1A,

30 som begge har et tilbakekopplingsnettverk med kapasitet og motstand. Den ikke-inverterende klemme 308 for operasjonsforsterkeren U1B er koplet til en kondensator C6 og en motstand R12. Denne motstanden R12 er i serie koplet til en motstand R11 som tjener som en forbindelse mellom strøm/spenning-omformertrinnet

228 og lavpassfiltertrinnet 230. Den inverterende klemme 306 er koplet til et felles knutepunkt mellom tilbakekopplingsmotstanden R7 og en tilbakekopplingsmotstand R8. Tilbakekopplingsmotstanden R8 er også koplet til jord. En tilbakekopplingskondensator C3 er innlagt mellom utgangsklemmen 310 og det felles knutepunkt mellom omstandene R11 og R12.

Den ikke-inverterende klemme 314 for operasjonsforsterkeren U1A er koplet til en inngangskondensator C5 og en inngangsmotstand R10. Denne inngangsmotstand R10 er videre tilsluttet en motstand R9 som er innkoplet mellom utgangsklemmen 310 for operasjonsforsterkeren U1B. En inverterende klemme 312 for operasjonsforsterkeren U1A er koplet til et tilbakekopplingsnettverk 232 og forskyvningskretser 234. I den viste utførelse sikrer forskyvningskretsene 234 at utgangen fra signalkondisjoneringskretsene 220 ikke blir negative. Forskyvningskretsen 234 omfatter en motstand R2 og en motstand R3 i innbyrdes parallellkopling, idet begge motstander er koplet til en forskyvningsspenning V_{offset} . Forskyvningskretsen 234 omfatter videre en motstand R1 seriekoplet med motstanden R2 og en kondensator C1 parallelt med motstanden R3. Både motstanden R3 og kondensatoren C1 er koplet til jord.

Tilbakekopplingsnettverket 232 omfatter en tilbakekopplingsmotstand R5 og en tilbakekopplingsmotstand R4 som er forbundet med den inverterende klemme 312 for operasjonsforsterkeren U1A. Tilbakekopplingsmotstanden R4 er også koplet til jord, mens tilbakekopplingsmotstanden R5 også er tilsluttet utgangsknutepunktet 316. Tilbakekopplingsnettverket 232 omfatter også en tilbakekopplingskondensator C2 som er innkoplet mellom utgangsknutepunktet 316 og et fastlagt knutepunkt mellom motstanden R9 og motstanden R10. Utgangsknutepunktet 316 er videre tilsluttet en motstand R6 som er forbundet med en kondensator C4 og et knutepunkt som danner utgangssignalet 76.

Det skal nå henvises til fig. 9, hvor det er vist et eksempel på et koplings-skjema for signalkondisjoneringskretsene 222 for den uavhengige fremoverdetektor 100. Inngangssignalet til signalkondisjoneringskretsen 222 er det direkte fremoverdetektor-signal 72. Dette direkte detektorsignal 72 avgis til en inverteringsklemme 400 for en operasjonsforsterker U2C som utnytter omforming fra strøm til spenning for å måle en kortslutningsstrøm i den uavhengige fremoverdetektor 100. Et tilbakekopplingsnettverk omfatter en tilbakekopplingsmotstand R24

som er innlagt mellom inverteringsklemmen 400 og utgangsklemmen 404 for operasjonsforsterkeren U2C. Videre er den ikke-inverterende klemme 402 på operasjonsforsterkeren U2C koplet til jord.

Omformertrinnet 234 for omforming fra strøm til spenning etterfølges av et lavpassfiltertrinn 240. I den viste utførelse utgjøres dette lavpassfiltertrinn 240 av et fjerdeordens Bessel-lavpassfilter med en forsterkning på fire i passbåndet samt en avskjæringsfrekvens på omtrent 0,2 hertz. Den viste utførelse av lavpassfiltertrinnet 240 omfatter en operasjonsforsterker U2B og en operasjonsforsterker U2A, som begge har et kapasitivt/resistivt-tilbakekoplingsnettverk. Den ikke-inverterende klemme 408 på operasjonsforsterkeren U2B er koplet til en kondensator C11 og en motstand R23. Denne motstand R23 er forbundet med en motstand R22 som kopler strøm/spennings-omformertrinnet 234 til lavpassfiltertrinnet 240. Inverteringsklemmen 406 på operasjonsforsterkeren U2B er koplet til en tilbakekoplingsmotstand R18 og en tilbakekoplingsmotstand R17. Tilbakekoplingsmotstanden R17 er også forbundet med jord. En tilbakekoplingskondensator C8 er innkoplet mellom utgangsklemmen 410 og et knutepunkt som er dannet mellom motstandene R22 og R23.

Den ikke-inverterende klemme på operasjonsforsterkeren U2A er koplet til en inngangskondensator C10 og en inngangsmotstand R21. Denne inngangsmotstand R21 er videre forbundet med en motstand R20 som er koplet til utgangsklemmen 410 for operasjonsforsterkeren U2B. Inverteringsklemmen 412 for operasjonsforsterkeren U2A er koplet til et tilbakekoplingsnettverk 238, samt også til et forskyvningssignal V_{offset} gjennom en motstand R14.

Tilbakekoplingsnettverket 238 omfatter en tilbakekoplingsmotstand R16 og en tilbakekoplingsmotstand R15 som er forbundet med inverteringsklemmen 412 for operasjonsforsterkeren U2A. Denne tilbakekoplingsmotstand R15 er også forbundet med jord, mens tilbakekoplingsmotstanden R16 også er forbundet med utgangsknutepunktet 416. Tilbakekoplingsnettverket 238 omfatter også en tilbakekoplingskondensator C7 som er innkoplet mellom utgangsknutepunktet 416 og et knutepunkt som er dannet mellom motstanden R20 og motstanden R21. Utgangsknutepunktet 416 er videre forbundet med en motstand R19 som er koplet til en kondensator C9 samt et knutepunkt som danner utgangssignalet 78.

Det skal nå henvises til fig. 10, som viser et eksempel på et kopleingsskjema for signalkondisjoneringskretsene 224 for den uavhengige baksidedetektor 100. Inngangssignalet til signalkondisjoneringskretsene 224 utgjøres av det uavhengige baksidedetektorsignal 74. Dette uavhengige baksidedetektorsignal 74 tilføres en
 5 inverteringsklemme 500 på en operasjonsforsterker U3C som utnytter en omforming fra strøm til spenning for å måle en kortslutningskrets for den uavhengige baksidedetektor 100. Et tilbakekoplingsnettverk som omfatter en tilbakekoplingsmotstand R35 er anordnet mellom inverteringsklemmen 500 og utgangsklemmen 504 på operasjonsforsterkeren U3C. Videre er den ikke-inverterende klemme 502
 10 for operasjonsforsterkeren U3C koplet til jord.

Omformertrinnet for strøm/spennings-omforming etterfølges av et lavpassfiltertrinn 240. I den viste utførelse utgjøres lavpassfiltertrinn 240 et fjerde-ordens Bessel-lavpassfilter med en forsterkning på fire i passbåndet og en avskjæringfrekvens på omtrent 0,2 herz. Den viste utførelse av lavpassfiltertrinn 240
 15 omfatter en operasjonsforsterker U3B og en operasjonsforsterker U3A, som begge har et kapasitivt og resistivt tilbakekoplingsnettverk. Den ikke-inverterende klemme 508 på operasjonsforsterkeren U3B er forbundet med en kondensator C16 og en motstand R34. Denne motstand R34 er koplet til en motstand R33 som tjener som en bro mellom omformertrinnet 236 for omforming fra strøm til spenning og lavpassfiltertrinn 240. Inverteringsklemmen 506 er koplet til en tilbakekoplingsmotstand R30 og en tilbakekoplingsmotstand R29. Tilbakekoplingsmotstanden R29 er også koplet til jord. En tilbakekoplingskondensator C14 er innkoplet mellom utgangsklemmen 510 og det felles knutepunkt for motstandene R34 og R33.
 20

Den ikke-inverterende klemme 514 på operasjonsforsterkeren U3A er koplet til en inngangskondensator C15 og en inngangsmotstands R32. Denne inngangsmotstand R32 er videre forbundet med en motstand R31, som også er koplet til utgangsklemmen 510 for operasjonsforsterkeren U3B. Inverteringsklemmen 512 for operasjonsforsterkeren U1A er forbundet med et tilbakekoplingsnettverk 242 samt også til en forskyvningsspenning V_{offset} gjennom motstanden R25.
 25 30

Tilbakekoplingsnettverket 242 omfatter en tilbakekoplingsmotstand R26 og en tilbakekoplingsmotstand R27 som er tilsluttet inverteringsklemmen 512 for operasjonsforsterkeren U3A. Tilbakekoplingsmotstanden R27 er også koplet til jord,

og tilbakekoplingsmotstanden R26 er også forbundet med utgangsknutepunktet 516. Dette tilbakekoplingsnettverk 242 omfatter også en tilbakekoplingskondensator C13 som er innkoplet mellom utgangsknutepunktet 516 og et knutepunkt dannet mellom motstanden R31 og motstanden R32. Utgangsknutepunktet 516 er
 5 videre tilsluttet en motstand R28 som er koplet til en kondensator C12 og et knutepunkt som danner utgangssignalet 80.

Det skal nå henvises til fig. 11, hvor det er vist et eksempel på et koplings-skjema for drivstrømskretsene 75 for emitteren 94, temperaturavfølingskretsene 226 samt effekt-dekoplingskretsene 244. Drivstrømskretsene 75 danner hoved-
 10 sakelig en omformer for omforming fra spenning til strøm og for å drive emitteren 94. Potensiometeret P1 er koplet til et register R44 som er forbundet med en referansespenning V_{ref} . Potensiometeret R2 er tilsluttet en kondensator C24 og en motstand 39. Denne motstand R39 er koplet til en kondensator C23 som er forbundet med en inverteringsklemme 246 for operasjonsforsterkeren U4 og et test-
 15 inngangssignal, nemlig TEST_INPUT, og som anvendes for å detektere en frekvensrespons. En ikke-inverterende klemme 248 er forbundet med en motstand R46 som er koplet til en motstand R42 og emitteren 94. I den viste utførelse er emitteren 94 en lysemitterende diode for omforming av strøm til infrarødt lys. Motstanden R42 og kondensatoren C24 er videre koplet til effektforsyningsjord
 20 VCC_GND. Utgangsklemmen 250 for operasjonsforsterkeren U4 er koplet til en motstand R40, som er forbundet med basis for transistoren T1. I den viste utførelse er transistoren T1 en bipolar sjikttransistor. Kollektoren for transistoren T1 er forbundet med en motstand R41 som er koplet til en kondensator C22. Denne kondensator C22 er videre koplet til effektforsynings-jord VCC_GND. Emitteren for
 25 transistoren T1 er forbundet med emitteren 94 i den smalbåndede vannfraksjonsmåler 32. I den viste konfigurasjon tjener således transistoren T1 som en strømregulert omkopler, og drivstrømskretsene 75 driver da emitteren 94 med en strøm proporsjonalt med den spenning som påvirkes av potensiometerne P1 og P2.

Effekt-dekoplingskretsen 244 er av vanlig type og med fordeler som vil
 30 kunne erkjennes av vanlige fagfolk på området. I den viste utførelse er det anordnet en +5V effektkilde og en +15V effektkilde. I den viste utførelse av effektavkoplingskretsen 244 er et inngangsknutepunkt 252, som utgjør den positive klemme for +15V effektkilden, koplet til en kondensator C18 og en kondensator C19 i pa-

rallellkopling. Både kondensatoren C18 og kondensatoren C19 er videre forbundet med en kondensator C21 og en kondensator C20. Disse kondensatorer C21 og C20 er koplet til et annet inngangsknutepunkt 254, som utgjør en negativ klemme for +15V effektkilden. Kondensatoren C18 og kondensatoren C21 er koplet til en
 5 motstand R38 som forbinder 15V effektkildens jord VCC_GND til signaljord SIGNAL_GND. Kondensatoren C19 og kondensatoren C20 er videre forbundet med en motstand R37. Denne motstand R37 forbinder 15V effektkildens jord til 5V effektkildens jord. Kondensatoren C17 er parallellkoplet med spenningen V_{ref} og er forbundet med et knutepunkt 256, som utgjør den positive klemme for +15V
 10 effektkilden.

Temperaturavfølingskretsene 226 anvendes for å avføle temperaturen på emitteren 94. I den viste utførelse omfatter temperaturavfølingskretsen 226 en temperaturføler 258 som er forbundet med en motstand R45. En utgangsklemme 260 for kretsen er koplet til temperaturføleren 258 og motstanden R45. Denne
 15 utgangsklemme 260 avgir et utgangssignal EMITTER_TEMP, som representerer temperaturen på emitteren 94. Motstanden R45 er videre forbundet med signaljord SIGNAL_GND.

Det skal nå henvises til fig. 12, hvor en grafisk fremstilling angir transmisjonen eller spektralegenskapene for olje og vann for et avsnitt av det nærinfrarøde spektralområdet med et smalt infrarødt bånd hvori lys avgis i den smalbåndede
 20 infrarøde vannfraksjonsmåler 32. I samsvar med foreliggende oppfinnelse, avgir emitteren 94 i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 et smalt bånd av infrarødt lys som er valgt innenfor det nærinfrarøde området. I en utførelse av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 er det valgt en bølgelengde
 25 hvor transmisjonsegenskapene for vann er vesentlig forskjellige fra transmisjonsegenskapene for olje. Ved denne valgte bølgelengde er det således mulig å skjelne mellom oljeinnholdet og vanninnholdet i strømmingen 84. Ved den valgte bølgelengde er transmisjonsegenskapene for vann hovedsakelig det samme som de tilsvarende egenskaper for gass. Den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler
 30 32 vil således ikke forveksle gass med olje ved den valgte bølgelengde. Det er blitt funnet at ved en bølgelengde av størrelsesorden 950 nanometer, er transmisjonsegenskapene for vann vesentlig forskjellige fra transmisjonsegenskapene for olje. Ved 950 nanometer i den viste grafiske fremstilling viser transmisjonskurven 600

for vann en vesentlig større prosentandel transmisjon for det infrarøde signal enn transmisjonskurven 602 for olje. Det bør forstås at bølgelengder i det nære til midlere infrarøde området med en lignende virkning også kan velges.

I en annen utførelse av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 velges en bølgelengde hvor transmisjonsegenskapene for olje er vesentlig forskjellig fra transmisjonsegenskapene for gass, mens transmisjonsegenskapene for olje er vesentlig de samme som transmisjonsegenskapene for vann. Ved en slik bølgelengde blir et smalt bånd av infrarødt lys hovedsakelig absorbert av oljeinnholdet og vanninnholdet i strømmingen 84, men kan hovedsakelig slippe gjennom gassinnholdet i strømmingen 84. Denne utførelse gjør det således mulig å skille gass fra olje og vann. Det er blitt funnet at en bølgelengde på 1140 nanometer er en slik bølgelengde hvor et smalt bånd av infrarødt lys hovedsakelig absorberes av såvel oljeinnholdet som vanninnholdet, men i det vesentlige slippes gjennom av gassinnholdet. Nærheten mellom kurvepunktet 604 på transmisjonskurven for olje og kurvepunktet 606 på transmisjonskurven for vann i nærheten av bølgelengden på 1140 nanometer tjener til å anskueliggjøre den spesielle egenskap ved denne utførelse av den smalbåndede vannfraksjonsmåler 32.

Det skal nå henvises til fig. 13, hvor en grafisk fremstilling viser signaltransmisjonen for en detektor i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 som en funksjon av vannfraksjonen i strømmingen 48. Transmisjonskurven 700 angir det logaritmiske sammenheng mellom vannfraksjonen C_w i strømmingen 44 og et detektorsignals transmisjon i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 over et fullstendig vannfraksjonsområde. Vanlige vannfraksjonsmålere, slik som mikrobølge-vannfraksjonsmålere, har spesiell målefølsomhet ved lave vannfraksjonsverdier. Et eksempel på transmisjonskurven 702 for en mikrobølge-vannfraksjonsmåler er skjematisk angitt ved stiptet linje. For mange brønnprøvingsanvendelser kreves imidlertid følsomhet ved den ende av området som representerer høye vannfraksjonsverdier. Dette behov kan da tilfredsstilles av den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 som da gir høy følsomhet ved høye vannfraksjonsverdier i motsetning til ved lave vannfraksjonsverdier. Det er vist et eksempel på transmisjonskurver 700 for den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Følsomheten ved høyverdienden av vannfraksjonsområdet gir da bedre målnøy-

aktighet ved strømnings sammensetninger som har en høy prosentandel vanninnhold.

Det skal nå henvises til fig. 14, hvor en grafisk fremstilling viser vannfraksjonen i strømnings 44 som en funksjon av logaritmen av signaloverføringen for en detektor i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32. Liksom i fig. 13, tjener den lineære vannfraksjonskurve 750 i fig. 14 til å angi den logaritmiske sammenheng mellom overføringen for et detektorsignal i den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler 32 og den faktiske vannfraksjon i strømnings 44. Helningen av vannfraksjonskurven 750 tilsvarer en konstant A-kalibreringsverdi, mens skjærings 10 ringen mellom den horisontale og kurven 75 tilsvarer en konstant C-kalibreringsverdi.

Det skal nå henvises til fig. 15, hvor en grafisk fremstilling viser et eksempel på lysemisjonen fra emitteren 94 over et eksempel på et bølgelengdeområde. Fig. 16 er også en grafisk fremstilling som viser et eksempel på lysemisjonen fra emitteren 94 over et visst bølgelengdeområde, angitt som eksempel. Lysemisjonen 15 800 er sentrert ved en bølgelengde på 950 nanometer, mens lysemisjonen 900 er sentrert ved en bølgelengde på 1140 nanometer. Lysemisjonen 800 representerer et smalt lysstrålingsbånd som hovedsakelig overføres gjennom vanninnholdet og gassinnholdet samt hovedsakelig absorberes av oljeinnholdet, mens lysemisjonen 20 900 representerer et smalt bånd av infrarødt lys som hovedsakelig absorberes av oljeinnholdet og vanninnholdet, men i det vesentlige slipper gjennom gassinnholdet.

Den smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler er således i stand til å detektere vannfraksjonen over et fullstendig område for denne parameter uavhengig av medtrukket gass innenfor mange forskjellige anvendelser. Det bør forstås at de 25 anvendelser som er beskrevet her bare er angitt som eksempler og ikke er altomfattende. En annen anvendelse kan f.eks. være å anordne den smalbåndede vannfraksjonsmåler 32 nedhulls i en pakke som er egnet for nedhulls vannfraksjonsmålinger, hvilket eliminerer behovet for å bringe opp, separere for utprøving og derpå gjeninnføre en fluidstrømning. Videre bør det forstås at anbringelsen, 30 plasseringsmåten, posisjonen eller omgivelsene for vannfraksjonsmåleren eller hvilke som helst av dens komponenter kan varieres.

Den foregående forklaring og beskrivelse av oppfinnelsen er bare ment å være anskueliggjørende og forklarende, og forskjellige forandringer i størrelse, form, materialer, komponenter, kretselementer, kopplingsforbindelser og kontakter, såvel som detaljer ved de viste kretser og konstruksjoner samt bedriftsfremgangsmåter kan da vinne sted uten at dette medfører avvik fra oppfinnelsens idéinnhold.

5

PATENTKRAV

1. Smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32) som omfatter:

en lyskildesonde (90)

5 en lysdetektorsonde (92),

karakterisert ved at

lyskildesonden er innrettet for å sende ut et smalt bånd av infrarødt lys med en forutbestemt bølgelende inn i en trefaset strømning, og

10 hvor det smale bånd av infrarødt lys med forutbestemt bølgelengde hovedsakelig slipper gjennom en første og en andre fase av den trefasede strømning og i det vesentlige absorberes av en tredje fase i den trefasede strømning, idet lysdetektorsonden er innrettet for å detektere svekkingen av det smalbåndede infrarøde lys av den trefasede strømning, og

15 hvor en vannfraksjon i strømningen bestemmes fra svekkingen av det smale bånd av infrarødt lys av den trefasede strømning.

2. Vannfraksjonsmåler som angitt i krav 1, og hvor den trefasede strømning

20 omfatter et oljeinnhold, et gassinnhold og et vanninnhold, og hvor det smale bånd av infrarødt lys med den forutbestemte bølgelengde hovedsakelig slipper gjennom vanninnholdet og gassinnholdet, men i det vesentlige absorberes av oljeinnholdet.

3. Vannfraksjonsmåler som angitt i krav 1, og hvor lydkildesonden videre omfatter:

25 en emitter (94) for å sende ut det smale båndet av infrarødt lys inn i strømningen, og

en uavhengig baksidedetektor (100) for å detektere refleksjonen av det smale bånd av infrarødt lys fra strømningen.

4. Vannfraksjonsmåler som angitt i krav 1, og hvor lysdetektorsonden (92)

30 omfatter en direkte fremoverdetektor (96) for å detektere absorpsjonen av det smale bånd av infrarødt lys i strømningen.

5. Vannfraksjonsmåler som angitt i krav 4, og hvor lysdetektorsonden (92) videre omfatter en uavhengig fremoverdetektor (98) for å detektere spredningen av det smale bånd av infrarødt lys fra strømmingen.

5 6. Vannfraksjonsmåler som angitt i krav 1, og hvor det smale bånd av infrarødt lys hovedsakelig absorberes av oljeinnholdet og vanninnholdet, men i det vesentlige slippes gjennom av gassinnholdet.

7. Smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32) som angitt i et hvilket som helst av kravene 1 til 6, omfattende:

en signalkondisjoneringsblokk (68) for å generere et temperaturavføende signal og et absorpsjonssignal som representerer absorpsjonen av det smale bånd av infrarødt lys i strømmingen, og

15 en strømningsberegner (66) for behandling av det temperaturavføende signal og absorpsjonssignalet for å fastlegge en vannfraksjonsverdi for strømmingen.

8. Smalbåndet infrarødt prøveutstyr for utprøving av brønnledning omfattende:

20 en brønnledning som inneholder en strømning med et vanninnhold, et oljeinnhold og et gassinnhold;

en første smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32A) ifølge krav 1 for å sende ut i strømmingen et smalt bånd av infrarødt lys med en første forutbestemt bølgelengde som hovedsakelig slippes gjennom av vanninnholdet og gassinnholdet, men i det vesentlige absorberes av oljeinnholdet; og

25 en andre smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32B) ifølge krav 1 for å motta strømmingen fra den første smalbådede vannfraksjonsmåler og sende ut i strømmingen et smalt bånd av infrarødt lys med en andre forutbestemt bølgelengde som hovedsakelig absorberes av oljeinnholdet og vanninnholdet, men i det vesentlige slippes gjennom av gassinnholdet.

30

9. Fremgangsmåte for konsentrasjonsmåling i en trefaset strømning i en brønnledning ved bruk av en første smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32) omfattende trinnene:

5 strømning av minst to faser av den trefasede strømning til den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler, karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter utsendelse av et smalt bånd av infrarødt lys til strømningen med en første forutbestemt bølgelengde og som hovedsakelig slippes gjennom en første fase og en andre fase av strømningen og som hovedsakelig absorberes av en tredje fase i strømningen ved hjelp av
10 den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler; og
detektering av svekking av det smale bånd av infrarødt lys med den første forutbestemte bølgelengde av den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler.

15 10. Fremgangsmåte ifølge krav 9, hvor det før trinnet med strømning av minst to faser av den trefasede strømning til den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler, oppdeles den trefasede strømning til en enfaset strømning og en hovedsakelig tofaset strømning, idet den hovedsakelig tofasede strømning bringes til å strømme til den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler.

20

11. Fremgangsmåte ifølge krav 10, som utføres i en brønnutprøvingssatelitt.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 9, hvor de minst to fasene av den trefasede strømning som strømmer til den første smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler
25 (32A) omfatter tre faser av den trefasede strømning og fremgangsmåten omfatter følgende trinn:

strømning av den trefasede strømning til en andre smalbåndet infrarød vannfraksjonsmåler (32B);

30 utsendelse av et smalt bånd av infrarødt lys med en andre forutbestemt bølgelengde og som hovedsakelig absorberes av den første fase og den tredje fasen i strømningen og som hovedsakelig slippes gjennom av den andre fasen til strømningen av den andre smalbåndede infrarøde vannfraksjonsmåler; og
detektering av svekking av det smale bånd av infrarødt lys med den

andre forutbestemte bølgelengde med den andre smalbådede infrarøde vannfraksjonsmåler.

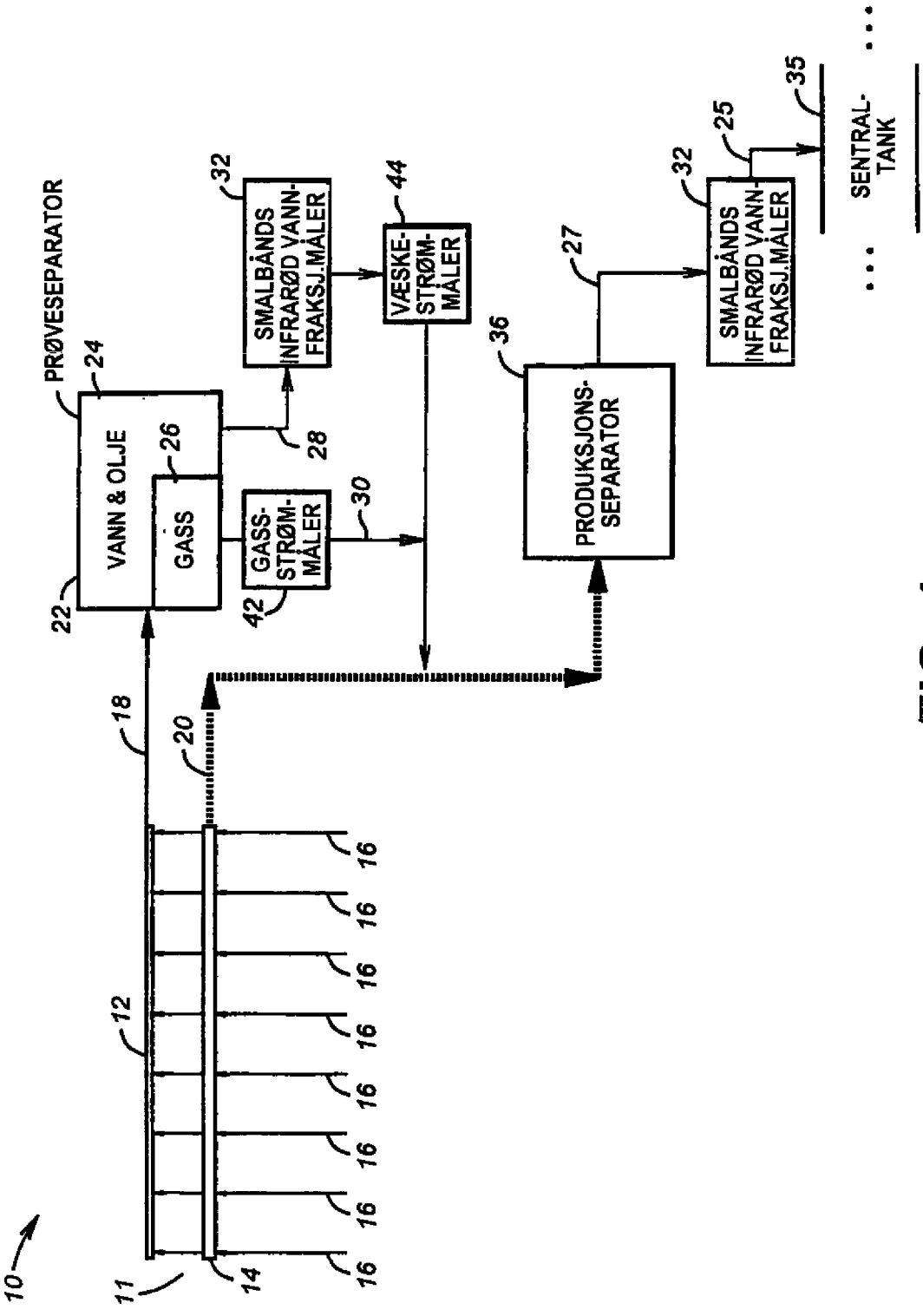


FIG. 1

2/13

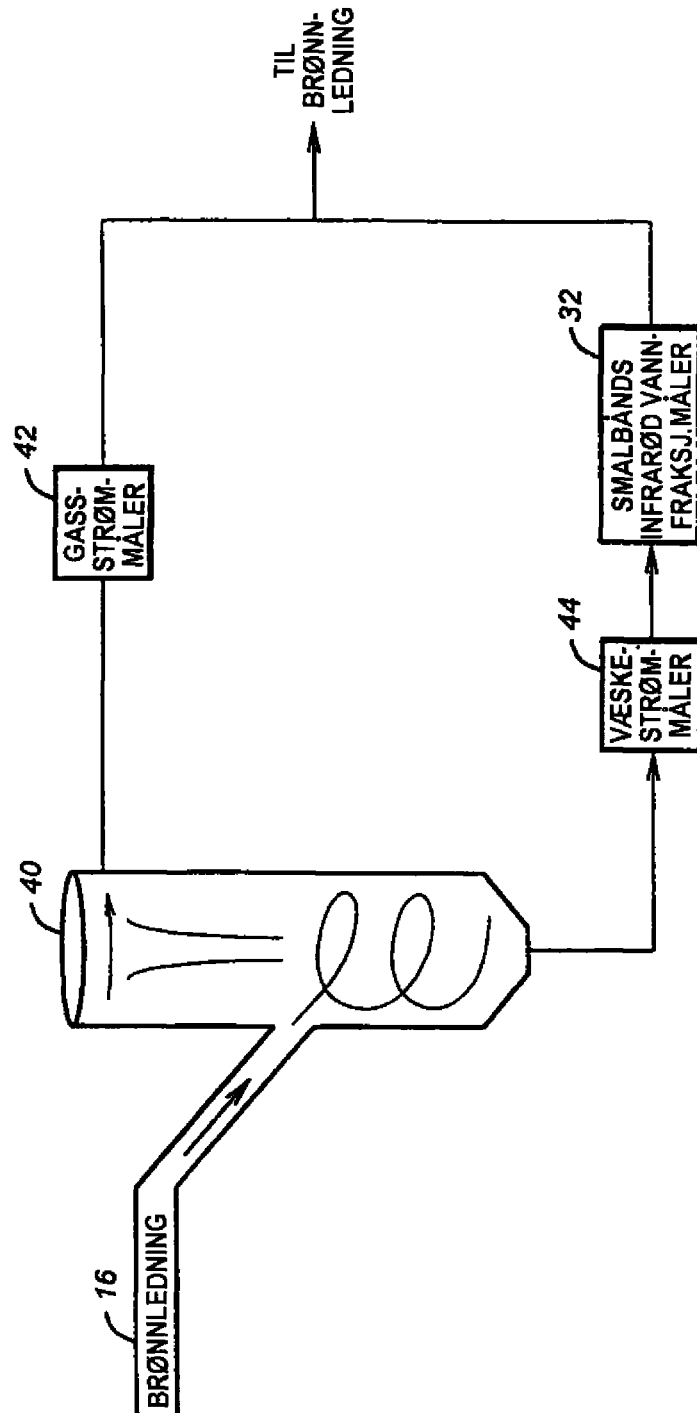


FIG. 2

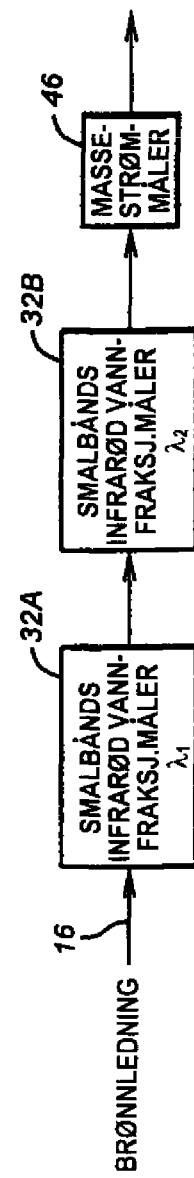
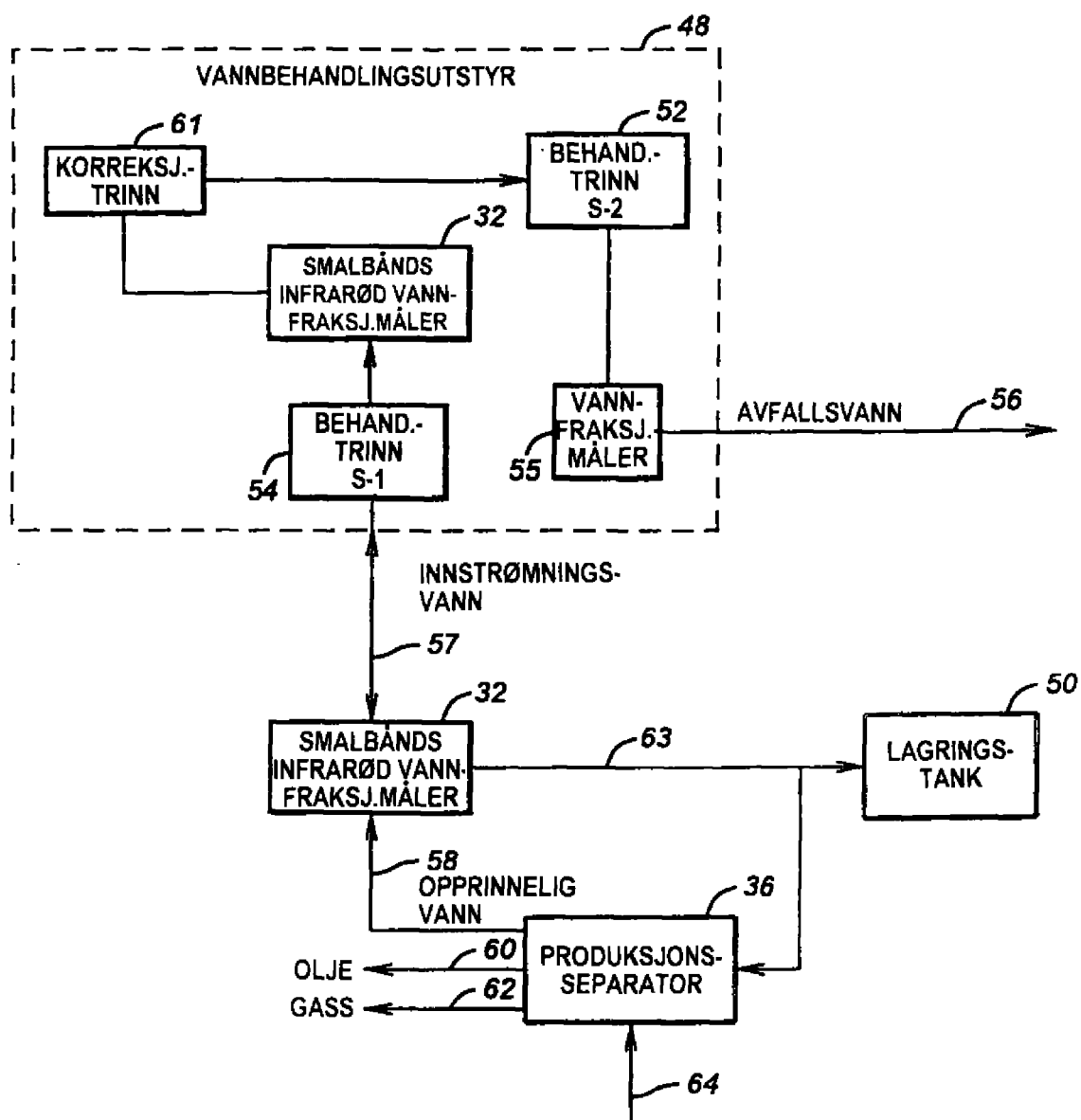


FIG. 3

3/13

**FIG. 4**

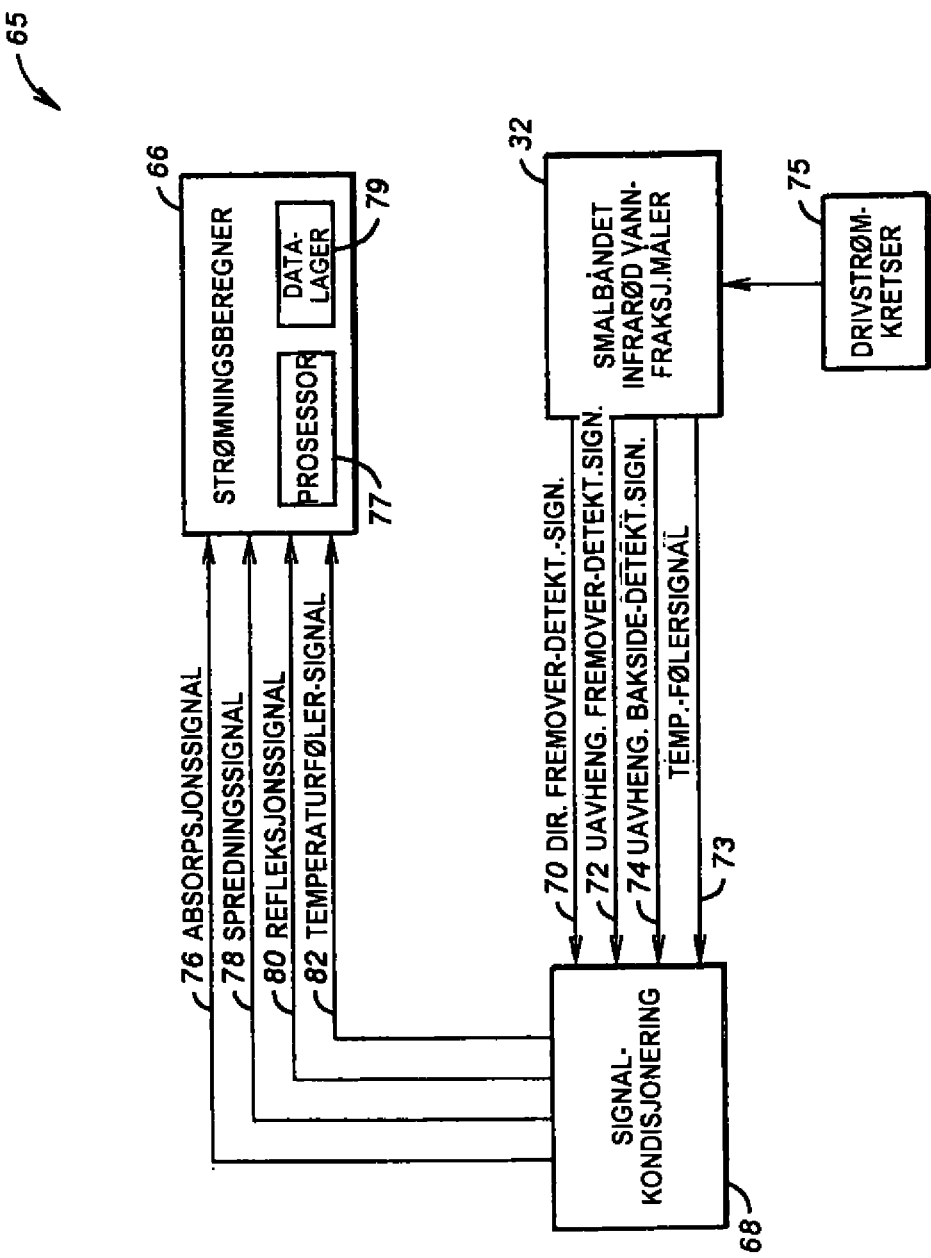


FIG. 5

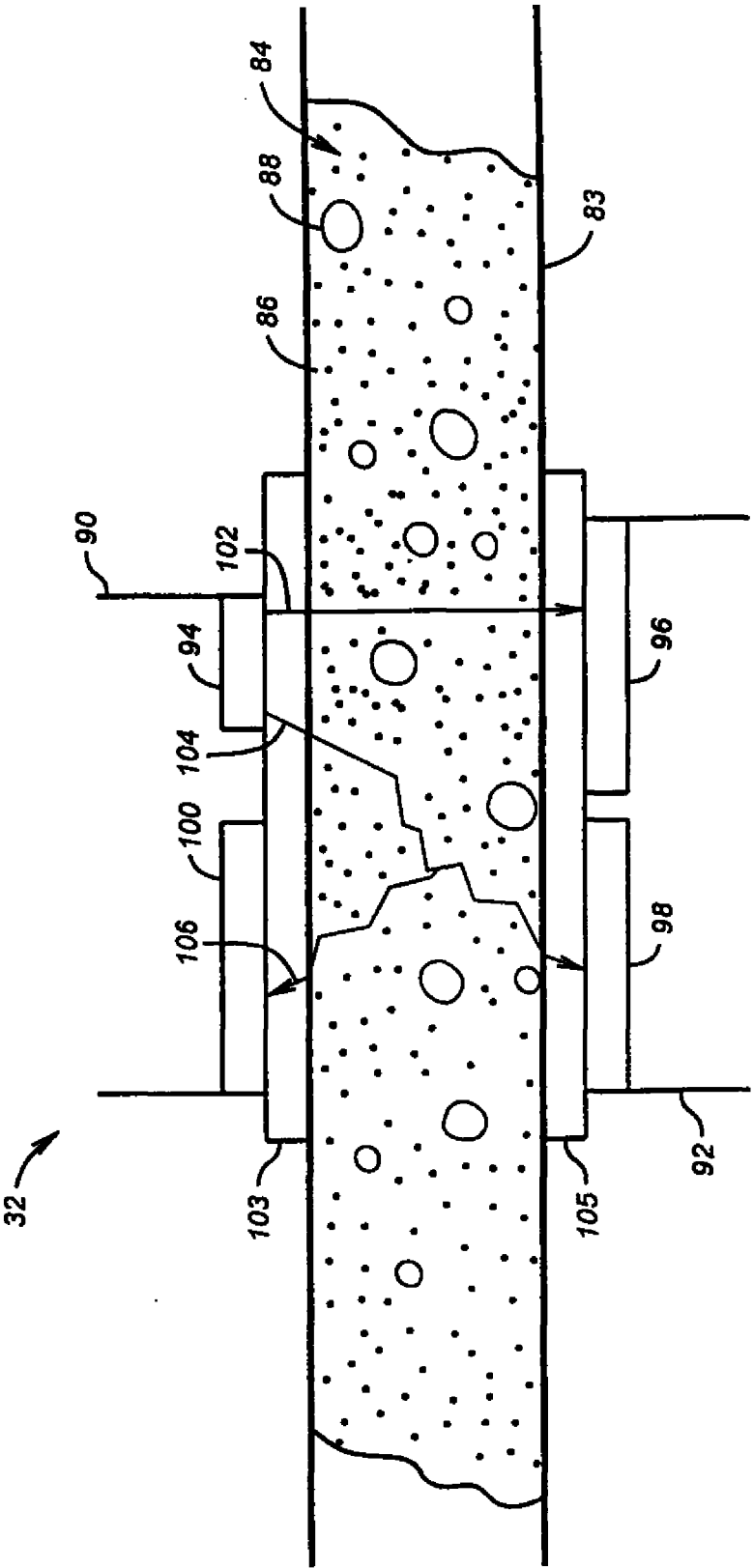
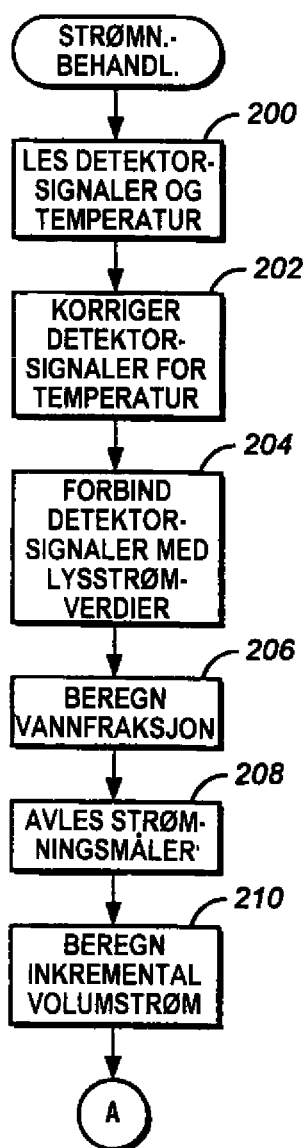
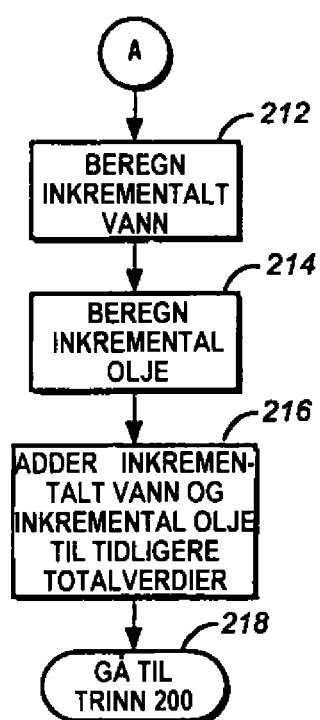


FIG. 6

6/13

**FIG. 7A**

7/13

**FIG. 7B**

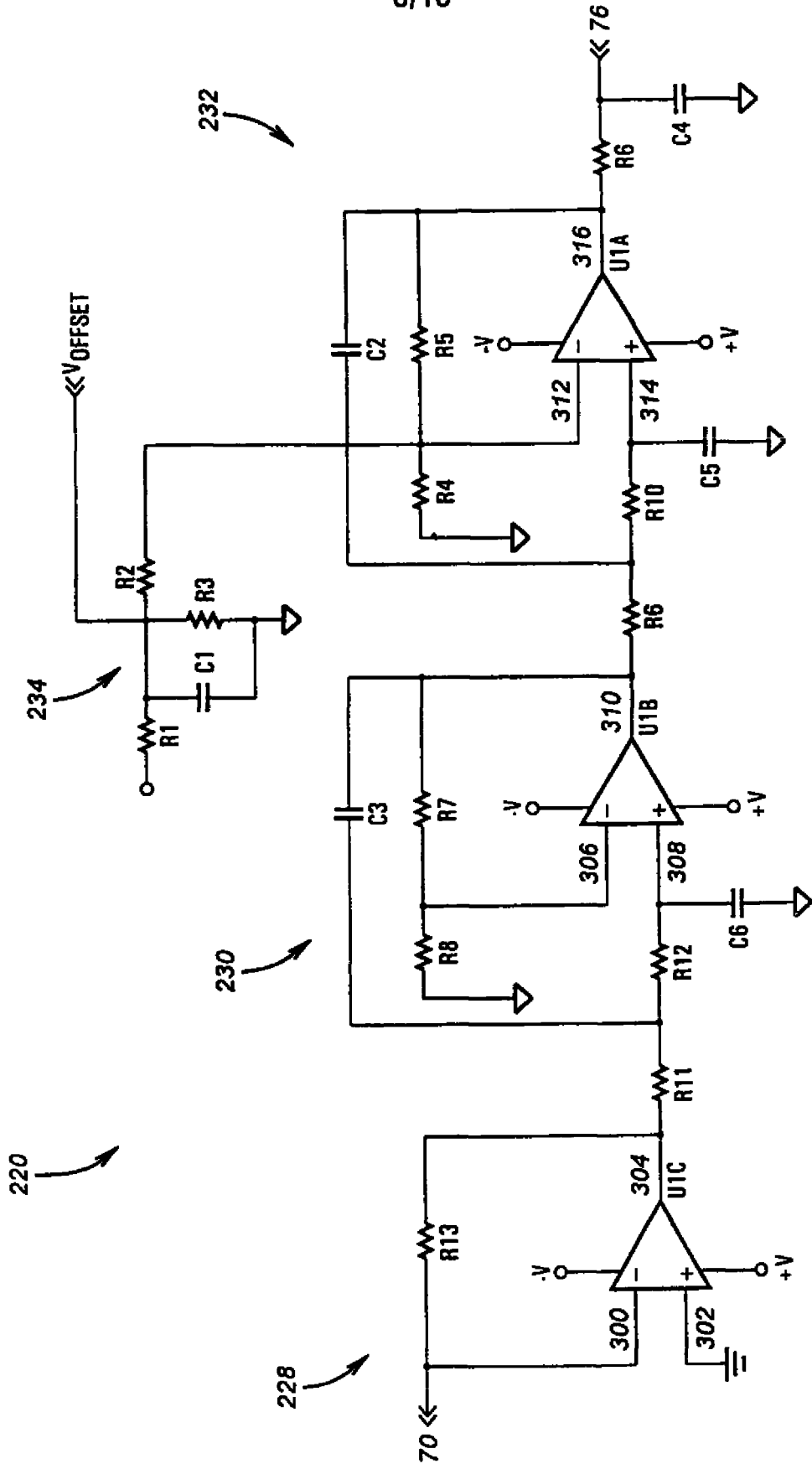


FIG. 8

9/13

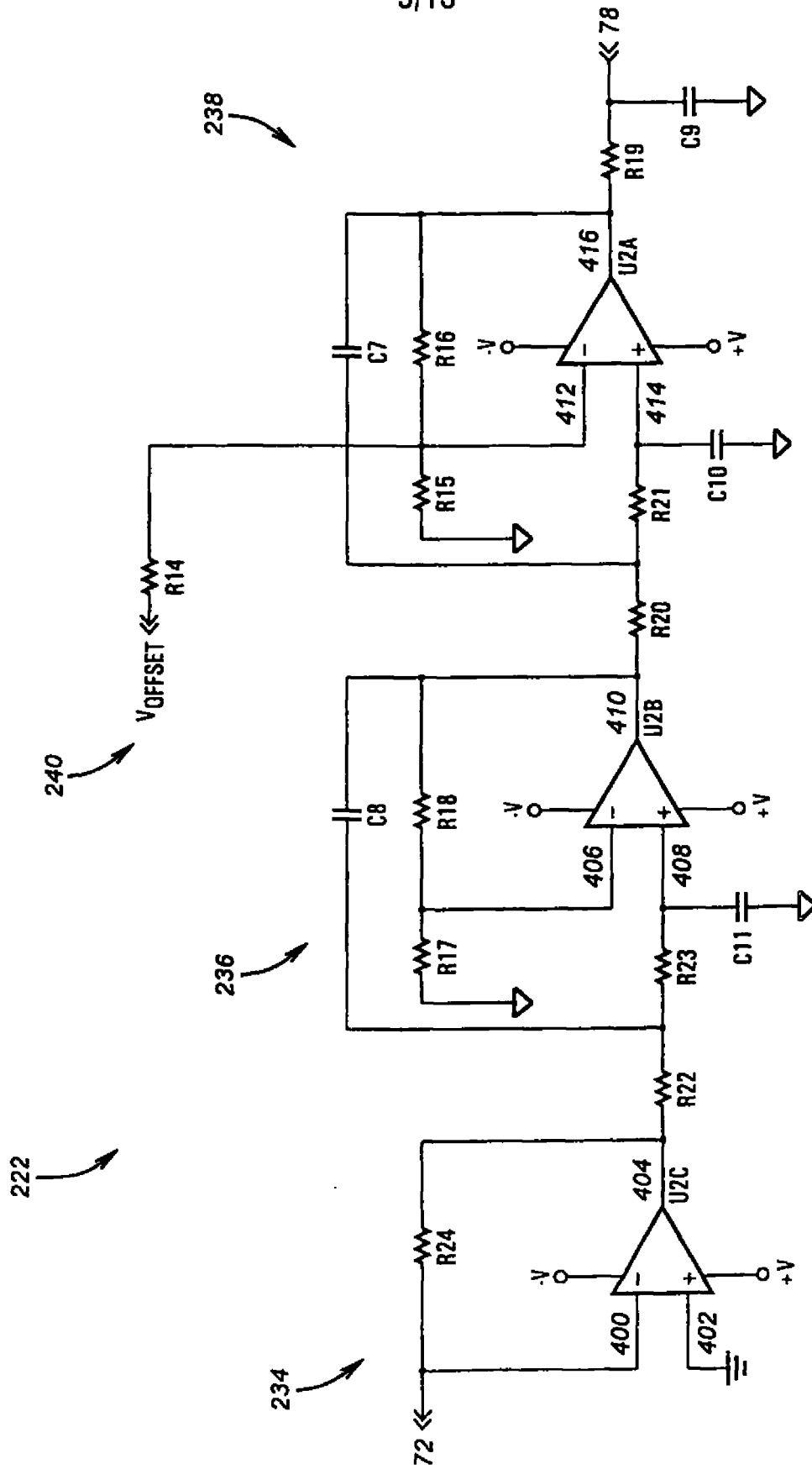
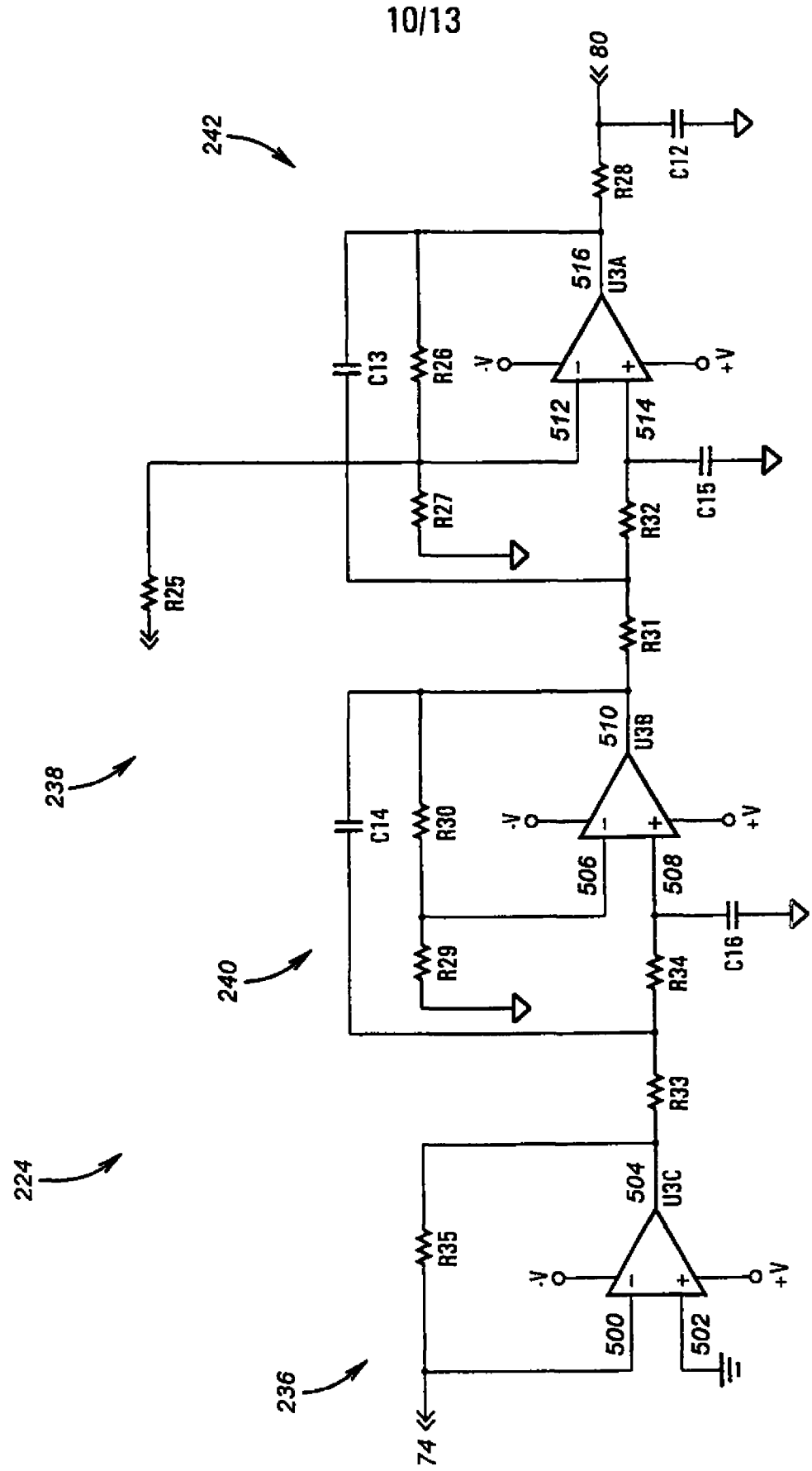


FIG. 9

**FIG. 10**

11/13

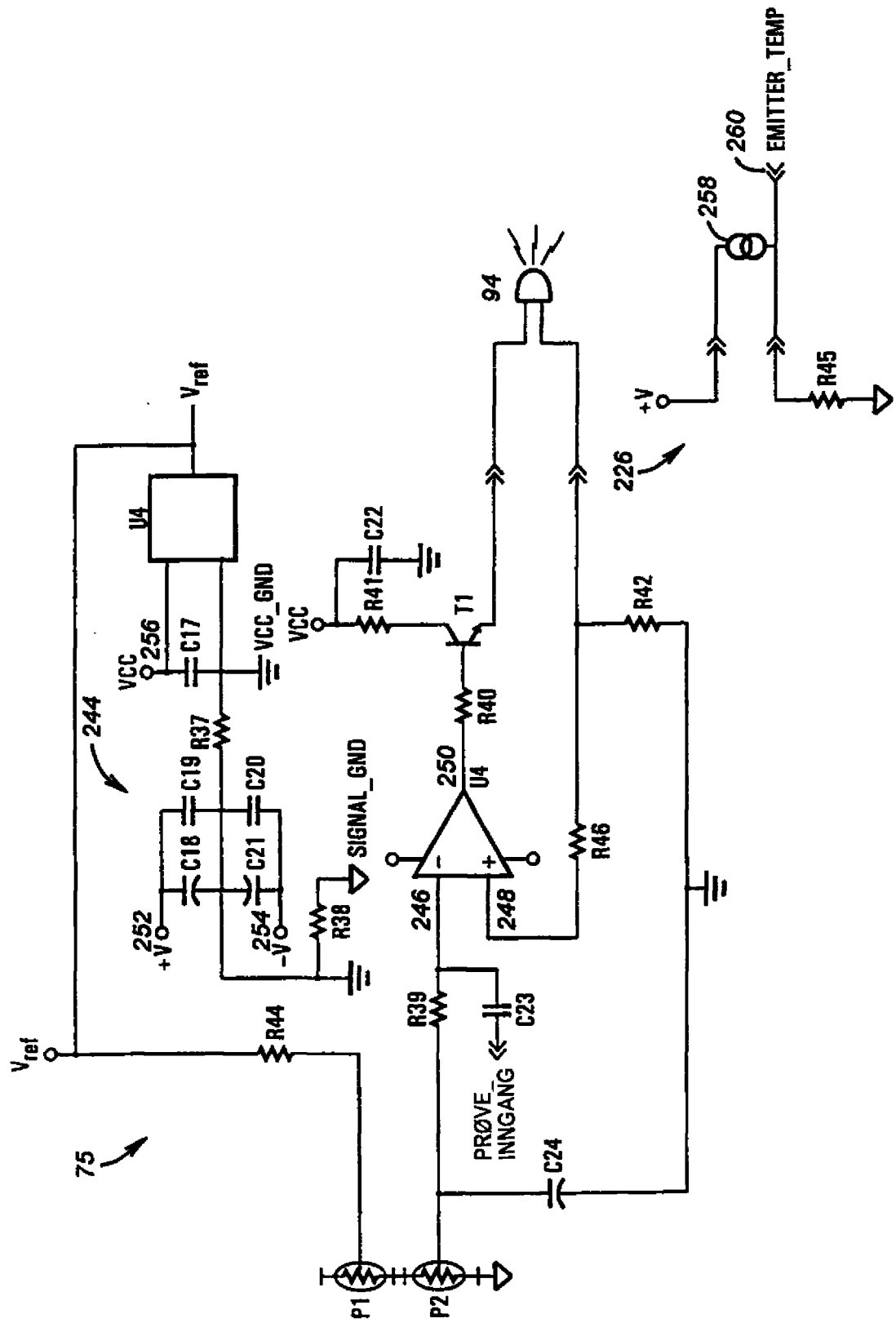
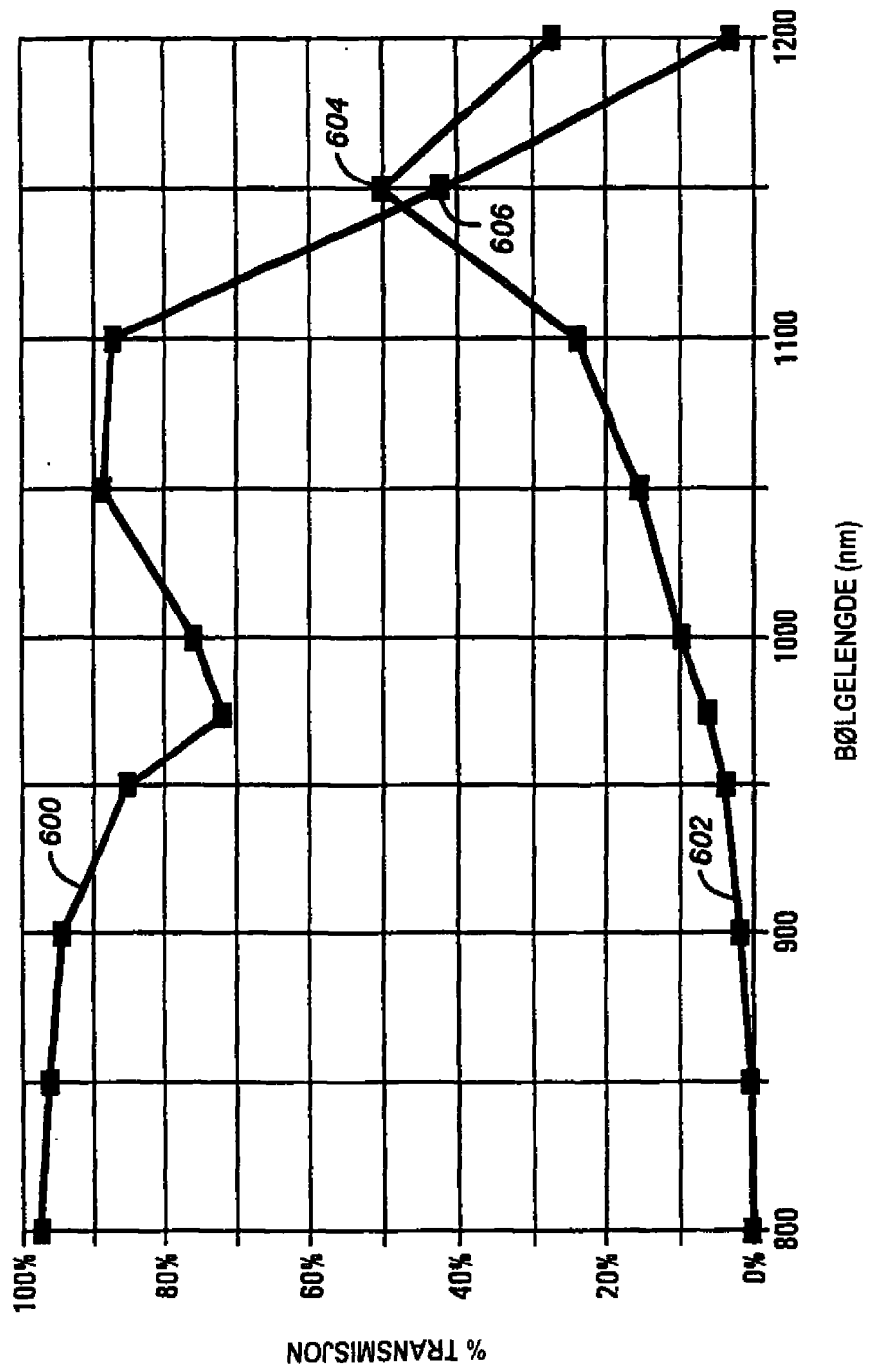


FIG. 11

12/13

**FIG. 12**

13/13

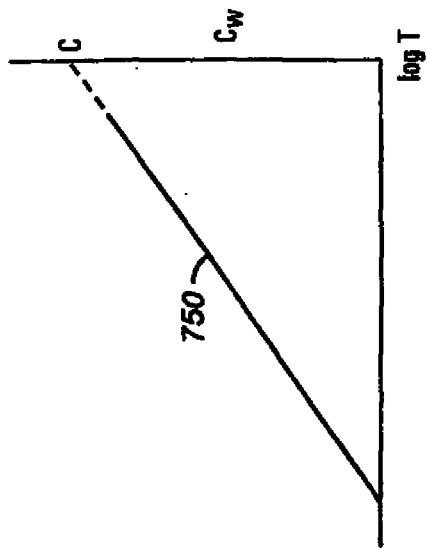


FIG. 14

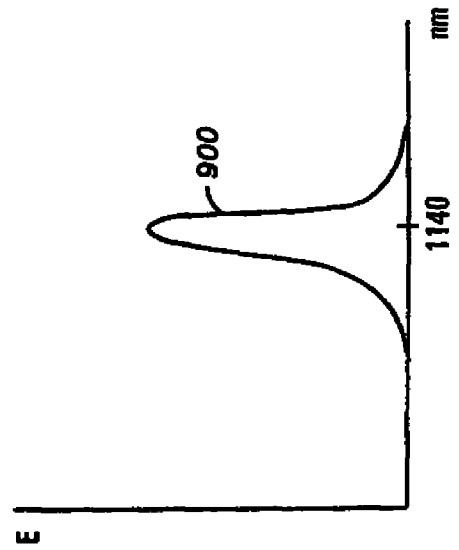


FIG. 16

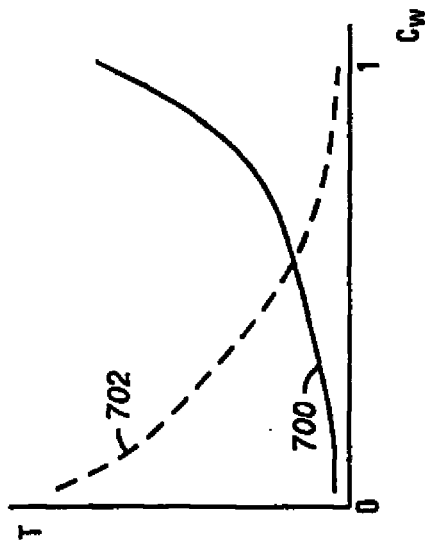


FIG. 13

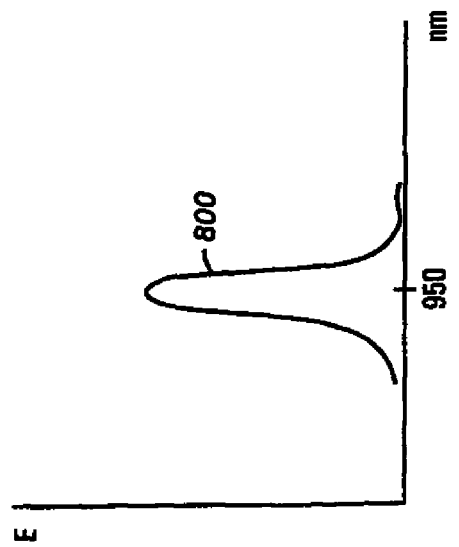


FIG. 15