



NORGE

(19) [NO]

STYRET FOR DET
INDUSTRIELLE RETTSVERN

[B] (12) UTLEGNINGSSKRIFT (11) Nr. 165268

(51) Int. Cl.⁵ G 01 L 11/00, 9/08

(21) Patentsøknad nr. 855194
(22) Inngivelsesdag 20.12.85
(24) Løpedag 20.12.85
(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(71)(73) Søker/Patenthaver SCHLUMBERGER LIMITED,
277 Park Avenue,
New York, NY 10172, US.

(83)
(86) Internasjonal søknad nr. -
(86) Internasjonal inngivelsesdag -
(85) Videreføringsdag -
(41) Alment tilgjengelig fra 01.07.86
(44) Utlegningsdag 08.10.90
(72) Oppfinner BIKASH K. SINHA,
East Redding, CT,
STANLEY LOCKE,
Norwalk, CT, US.
MICHAEL P. EKSTROM,
Paris, FR.

(74) Fullmektig Bryn & Aarflot AS, Oslo.

(30) Prioritet begjært 31.12.84, US, nr. 687715,
31.12.84, US, nr. 687716.

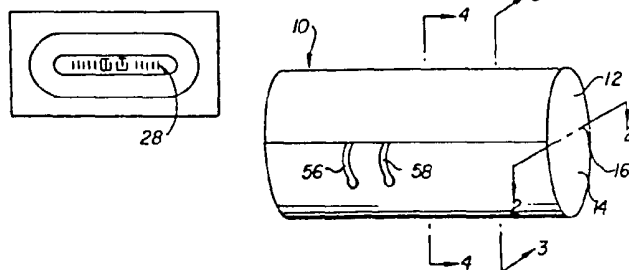
(54) Oppfinnelsens benevnelse TRYKKFØLER.

(57) Sammendrag

Det er tilveiebragt en eksternt belastet trykkføler som benytter et par akustiske overflatebølgeanordninger dannet på veggen i et indre hulrom. Differansefrekvensen for disse anordningene blir brukt som et temperatur-kompensert mål for hydrostatisk trykk på sensorens ytre. Den vegg i hulrommet som er umiddelbart tilstøtende langsiden av i det minste én av de akustiske overflatebølgeanordningene, er avrundet for å forbedre trykkfølsomheten uten uakseptabel økning i spenninger eller andre ugunstige virkninger.

(56) Antørte publikasjoner

Europeisk (EP) patentsøknad,
publ.nr. 107549.



Foreliggende oppfinnelse vedrører følere som benytter anordninger for akustiske overflatebølger ("SAW")-anordninger. En viktig side ved oppfinnelsen vedrører bruk av SAW-anordninger til å måle trykk, slik som hydrostatisk trykk.

Følere eller sensorer som benytter SAW-anordninger (slik som forsinkelseslinjer og resonatorer), er blitt foreslått for bruk ved måling av parametere slik som akselerasjon og trykk. SAW-sensorer beror på forplantningen av akustiske bølger i medier som reagerer på ytre påvirkninger hvis virkning endrer SAW-karakteristikken slik som bølgehastighet eller frekvens. I et tidligere kjent forslag er en SAW-anordning på et tynt diafragma montert slik at det bøyes under ytre påvirkninger som skal måles, og som derved endrer SAW-anordningens karakteristikk på en måte som kan måles. En annen type kjent og foreslått sensorkonstruksjon benytter et sylindrisk legeme som en ytre belastet eller en indre belastet sonde. For en ytre eller utvendig belastet konstruksjon har legemet et forseglet hulrom med én eller flere SAW-anordninger montert på den indre overflate. Når ytre trykk blir påført, bøyes legemet og forandrer SAW-anordningens karakteristikk. For en innvendig belastet konstruksjon er én eller flere SAW-anordninger på den ytre overflate av det sylindriske legeme, og utover-rettet trykk blir påført ved en sentral åpning i cylinderen. En detaljert beskrivelse av sensorer i forbindelse med akustiske overflatebølger er gitt i søkerens US-patentsøknad nr. 427.240 inngitt 29. sept. 1982. Hele innholdet av denne patentsøknaden er herved innbefattet i foreliggende søknad, og det gjøres oppmerksom på den teknikkens stand som er sitert i denne søknad.

En måte til fremstilling av utvendig belastede konstruksjoner er å begynne med en massiv sylinder av et materiale slik som krystallinsk kvarts, sage den i to langs et aksialplan og skjære eller frese de plane sidene av halvdelene for å danne kanaler med respektive "flater" ved sin bunn. Uttrykket "flate" blir her brukt i betydningen en overflate som er flat eller plan nok til at det kan dannes en SAW-anordning på den, i virkeligheten kan overflaten være plan eller buet. En respektiv SAW-anordning blir dannet på hver flate og de to halvdelene blir satt sammen igjen til en sylinder og festet til hverandre,

165268

2

f.eks. ved klebning, for å forsegle det indre hulrom som dannes av kanalene som vender mot hverandre. Elektriske ledere fra SAW-resonatoren løper gjennom bindingen til en ytre krets. Denne konstruksjonen blir typisk montert i et hus som tillater konstruksjonen å utsettes selektivt for utvendig trykk, slik som trykk fra fluidum som selektivt gis adgang til huset. Forandringen i differansefrekvensen til de to SAW-anordninger, f.eks. mellom de stabile tilstander før og etter trykket ble påført, blir brukt som et mål på trykkforandringen. Eksempler på slike konstruksjoner er beskrevet i den nevnte tidligere inngitte patentsøknad.

Et eksempel på en ikke begrensende bruk av konstruksjoner av denne type er ved avføling av trykk nede i borehull ved oljebrønner for undersøkelse eller produksjon. Strengt krav som ofte står i innbyrdes strid med hverandre er påført slike konstruksjoner på grunn av de vanskelige forhold nede i hullet, slik som høyt trykk og temperatur og behovet for å måle nøyaktig meget små trykkdifferanser. Ved f.eks. evaluering og planlegging av utnyttelsen av produksjonsbrønner, er det noen ganger ønskelig å forandre produksjonshastigheten av én brønn i et felt (f.eks. stenge brønnen midlertidig), og å måle og tidsbestemme de resulterende trykkforandringer i én eller flere andre brønner i det samme felt, f.eks. for å anslå undergrunnsformasjonenes permeabilitet. Man vil forstå at dette krever nøyaktig måling av forholdsvis små trykkforandringer under de vanskelige forhold i borehullet.

Det ville følgelig være ønskelig at trykksensorer som anvender akustiske overflatebølger, tilveiebringer trykkmålings-egenskaper med et dynamisk område på omkring 1 million eller mer, en trykkresponstid i størrelsesorden flere sekunder eller mindre over et temperaturområde på 0-125°C eller mer, termisk responstid som er så kort som mulig og høy nøyaktighet. Sagt på en annen måte er det ønskelig å ha en trykkføler som bygger på prinsippet med akustiske overflatebølger, med et trykkområde på 0-10.000 psi, oppløsning på 0,01 psi, termisk responstid på omkring 10 sekunder eller mindre pr. 100°C trinnforandring i omgivelsestemperaturen og nøyaktighet på 0,025% full skala. Videre er det ønskelig å overskride selv disse mål og tilveiebringe en konstruksjon med et trykkområde som overskrider

0-20.000 psi, et temperaturområde som overskrider 0-175°C og trykk- og temperatur-responstider i størrelsesorden noen få sekunder uten at det går ut over den ovennevnte oppløsning og nøyaktighet.

Den ovenfor nevnte patentsøknad beskriver blant andre ting en eksternt belastet SAW-trykkføler som har en sylindrisk form og et indre hulrom i hvilket to SAW-resonatorer er dannet i kanaler som vender mot hverandre. En ytre krets måler differansefrekvensen til SAW-resonatorene, og bruker den som et temperatur-kompensert mål for trykket på konstruksjonens ytre overflate. Eksempler på slike konstruksjoner er illustrert på figurene 4, 5, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 29, 30 og 33 i den tidligere inngitte patentsøknad. I hver av disse illustrasjonene av spesielle utførelsesformer er SAW-resonatoren på en plan overflate (ganske enkelt kalt en "flate") i bunnen av en kanal, og kanalsidene som flankerer langsiden av resonatorens flate, er perpendikulære til flaten og er hovedsakelig rette og plane, kanskje bortsett fra en viss avrunding av skarpe hjørner som er konstruert for å lette mekaniske påkjenninger ved veggskjæringene. Selv om de i denne patentsøknad beskrevne oppfinnelser ikke behøver å være begrenset til rette kanal-sidevegger, er det ingen figur i denne tidligere inngitte patentsøknad som illustrerer en buet sidevegg som umiddelbart flankerer SAW-anordningens flate i en eksternt belastet konstruksjon, eller slike vegger som er i en vinkel i forhold til flaten som er vesentlig forskjellig fra normalen.

Det antas at de konstruksjoner som er beskrevet og søkt patentbeskyttet i patentsøknaden fra 1982, utgjør en betydelig forbedring i forhold til tidligere kjente forslag. Likevel er det behov for enda større forbedringer. I et forsøk på å møte det behovet, er det blitt oppdaget at uventede og høyst betydelige forbedringer resulterer av: (i) endring av konstruksjonens form ved å avbøye eller runde den sideveggen som umiddelbart flankerer én eller flere av de respektive SAW-anordningene, eller anordne sideveggen i en vinkel som er mye større enn 90° i forhold til flaten; og/eller (ii) avflatning av sensorens ytre overflate i nærheten av én av de indre flatene slik at veggtykkelsene ved de to flatene får sine termiske responser bedre tilpasset hverandre. Disse forbed-

165268

4

ringene innbefatter en uventet og betydelig økning i trykkfølsomheten uten særlig ugunstige spenningsvirkninger, og en uventet og betydelig forbedring i den termiske respons uten uakseptabel forringelse av trykkfølsomheten.

Oppfinnelsen defineres nøyaktig i de vedføyde patentkravene.

Et eksempel på en utførelsesform av oppfinnelsen som ikke innebærer noen begrensning, omfatter følgende en trykkføler i form av et hovedsakelig sylindrisk legeme som utgjøres av to halvdeler sammensatt langs et aksialt plan. En kanal som strekker seg aksialt i hver halvdel vender mot tilsvarende kanal i den andre halvdel, og har en flate ved sin bunn som strekker seg aksialt. En innretning som utnytter akustiske overflatebølger opptar hver flate. I det minste én av kanalene kan ha en buet sidevegg som støter mot flaten eller sideveggen som heller vekk fra flatens langsider i en vinkel som er betydelig større enn 90° . Fortrinnsvis, men ikke nødvendigvis, er den buede sideveggen konform med en sylindrisk overflate. Den buede sideveggen kan dannes med et freseverktøy som har en buet eller sylindrisk overflate. De to kanalene kan ha forskjellig dybde slik at veggtykkelsen til legemet kan være større ved én flate enn ved den andre (i det minste når sensoren blir fabrikkert), og flatene kan ha forskjellig bredde. Den ytre overflate av sensoren som ligger overfor én av flatene, kan være avflatet for å gjøre de termiske responser ved flatene bedre tilpasset uten uakseptabel forringelse av trykkfølsomheten.

Et eksempel på en utførelsesform av oppfinnelsen som ikke utgjør noen begrensning, omfatter uttrykt med andre ord et hult legeme som har minst én SAW-anordning som er dannet på dens indre overflate, og hvis frekvens varierer med trykk som utøves på legemets ytre. I det minste en betydelig del av den indre overflate som støter til SAW-anordningen kan være buet, eller kan helle bort fra SAW-anordningen ved en vinkel som er betydelig større enn 90° . Det hule legeme har fortrinnsvis to indre flater som er dannet i dets indre og vender mot hverandre. SAW-anordningene kan være dannet på hver av de indre flater. Veggtykkelsene til sensorlegemet ved flatene kan være tilpasset

for bedre tilpasning av termisk respons enn mellom de respektive SAW-anordninger.

En økning i trykkfølsomheten i størrelsesorden 50% er anslått for en spesiell utførelsesform som har en buet sidevegg som støter til én flate, sammenlignet med en spesiell utførelsesform som har plane sidevegger som støter til begge flater, uten noen betydelig økning i spenningene ved flatesentrene. En forkortning av den termiske responstid med i det minste en tredjedel er anslått der veggtykkelsene til sensorlegemet ved flatene er tilpasset, uten uakseptabel forringelse av trykkfølsomheten eller en uakseptabel økning i spenningene.

Disse og andre fordeler ved oppfinnelsen er beskrevet mer detaljert nedenfor i forbindelse med de utførelsesformer som er vist på figurene, der:

Fig. 1 er en perspektivskisse av en eksternt belastet trykksensor som utnytter akustiske overflatebølger.

Fig. 2 viser et aksialsnitt tatt langs linje 2-2 (ved det aksialplan ved hvilket de to halvdelene som utgjør den sylindriske konstruksjonen på fig. 1, er sammenføyd).

Fig. 3 viser et aksialsnitt tatt langs linje 3-3 (ved et aksialplan perpendikulært til det på fig. 2).

Fig. 4 viser et tverrsnitt tatt langs linje 4-4 på fig. 1 (ved et plan normalt på akse).

Fig. 5 viser et snitt i likhet med det på fig. 4, men illustrerer en utførelsesform som bruker plane sidevegger støtende til flatene.

Fig. 6 er et tverrsnitt loddrett på akse som viser en utførelsesform med en buet sidevegg støtende til bunnflaten.

Fig. 7 er et snitt normalt på akse som viser en utførelsesform med en buet overflate støtende til toppflaten.

Fig. 8 er et snitt normalt på akse som illustrerer en utførelsesform med buede sidevegger tilstøtende både topp- og bunnflaten.

Fig. 9 er en perspektivskisse som illustrerer en kanal med rette sidevegger tilstøtende flaten.

Fig. 10 er en lignende perspektivskisse som illustrerer en kanal med en buet sidevegg tilstøtende flaten.

Fig. 11 er en perspektivskisse som illustrerer hoved-

165268

6

komponentene i en SAW-resonator.

Fig. 12 er et blokkskjema som illustrerer hovedkomponentene i en SAW-resonator og en ytre krets for denne.

Fig. 13a er et blokkskjema som illustrerer en fremgangsmåte for direkte telling av SAW-oscillatorfrekvensen, og 13b er et blokkskjema over en periodemåle-teknikk for måling av en SAW-oscillatorfrekvens.

Fig. 14 er en skjematisk illustrasjon av et hus i hvilket en eksternt belastet SAW-konstruksjon er montert for hydrostatisk trykkmålinger.

Fig. 14a illustrerer bruken av en sensor ved brønnlogging.

Fig. 15 viser et tverrsnitt normalt på aksens i likhet med det på fig. 8, men illustrerer en sensor med en ytre overflate som er avflatet for å forbedre termisk responstilpasning uten uakseptabel forringelse av trykkfølsomheten eller økende spenninger.

Fig. 16 er en grafisk fremstilling som illustrerer den anslåtte termiske respons for en føler med plane sidevegger tilstøtende flatene og med forskjellige veggtykkelser ved flatene, som illustrert på figurene 1-5.

Fig. 17 er en grafisk fremstilling som illustrerer den anslåtte termiske respons for en føler med en buet sidevegg tilstøtende hver flate og forskjellige veggtykkelser ved flatene, som vist på fig. 8 (TBR).

Fig. 18 er en grafisk fremstilling som illustrerer den forbedrede, anslåtte termiske respons for en sensor som, som vist på fig. 15, har en avflatet ytre overflate ved én av flatene, for å gjøre veggtykkelsene til sensorlegemet ved flatene tilnærmet like, og

figurene 19-22 er tverrsnitt normalt på aksens over sensorer med alternative former.

Det vises nå til perspektivskissen på fig. 1 og tverrsnittene på figurene 2, 3 og 4, hvor en eksternt belastet trykksensor 10 omfatter en topp-halvdel 12 og en bunn-halvdel 14 sammenføydd ved 16 langs et aksialplan. En kanal 18 som strekker seg aksialt er dannet i topp-halvdelen 12, og en lignende (men grunnere) kanal 20 som strekker seg aksialt er dannet i bunn-halvdelen 14. De to kanalene vender mot hverandre, og danner sammen et hulrom som er forseglet ved hjelp av

topp- og bunn-halvdelen 12 og 14. En toppflate 22 som strekker seg aksialt er dannet ved bunnen av toppkanalen 18, og en bunnflate 24 som strekker seg aksialt er dannet ved bunnen av kanal 20. Flatene 22 og 24 vender mot hverandre over hulrommet som dannes av kanalene 18 og 20. Et toppresonator med anordninger for akustiske overflatebølger 26 er dannet på toppflaten 22, og en bunnresonator 28 er dannet på bunnflaten 24. Ytterligere detaljer ved utseende til de to halvdelene som utgjør legemet 10, fremgår av fig. 9 som viser en perspektivskisse av halvparten av bunn-halvdelen 14, idet den andre delen er hovedsakelig symmetrisk med hensyn til planet 30 langs hvilket bunn-halvdelen 14 er kuttet i skissen på fig. 9. Uttrykket "hovedsakelig" blir her brukt fordi som det best fremgår av fig. 4, de to kanalene kan ha forskjellig dybde, og tykkelsene av sensorveggen ved de to flatene kan være forskjellig. Som vist på fig. 9 er bunnflaten 24 på sine langsider flankert av rette (plane) sidevegger 32 og 34 som heller bort fra dens langsider med en vinkel som er betydelig større enn 90° . Den kan dannes (fremstilles) ved å frese en halvdel av en massiv sylinder som er skåret langs et aksialplan, med et freseverktøy i form av en avkortet kjegle. Topp-halvdelen 12 kan formes på samme måte, men kanalene 18 og 20 kan ha forskjellig dybde. Når kanalene 18 og 20 har forskjellig dybde, kan topp-tykkelsen (tykkelsen av sensorlegemets vegg over toppflaten 22) være forskjellig fra bunntykkelsen (tykkelsen av sensorlegemets vegg under bunnflaten 24). I den utførelsesform som er vist på fig. 2-4 som inneholder et eksempel på dimensjoner som ikke er begrensende, er tykkelsen ved toppflaten 4 mm og tykkelsen ved bunnflaten er 6 mm. På fig. 5 som inneholder et annet eksempel på valgte dimensjoner som ikke er begrensende, er topptykkelsen 5,79 mm og bunntykkelsen er 3,17 mm. I hvert av disse eksemplene har de flatene på en gitt sensor som vender mot hverandre, de samme bredder (5 mm på fig. 2-4, og 6,350 mm på fig. 5). Dette behøver imidlertid ikke å være tilfellet, og flatene i den samme sensoren kan ha forskjellig bredde fra hverandre.

Trykkfølere som har rette (plane) vegger tilstøtende flatene, slik som illustrert på fig. 2-4, 5 og 9, er anslått til å gi høyst nyttige resultater uttrykt ved trykkfølsomheten

og spenningene ved flatesentrene. Den utførelsesform av sensoren som f.eks. er illustrert på fig. 5, som adskiller seg fra den på fig. 2-5 bare ved den antydende forskjell i målinger, gir en anslått trykkfølsomhet (ved flatesentrene) som spesifisert i tabell 1 nedenfor. I tabell 1 er den anslåtte parameter forandring i SAW-resonatorfrekvens pr. enhet forandring i eksternt påført hydrostatisk trykk (Hz/psi). Den kolonne som er merket t identifiserer tykkelsen av sensorveggen ved henholdsvis den tykke og den tynne flate. Denne tabell gir derfor resultater for de dimensjoner som er vist på fig. 5, hvor alle andre dimensjoner er som vist på fig. 2-4. Den kolonne som er merket t/r identifiserer forholdet mellom den tykkelsesdimensjon som er gitt i den foregående kolonne og sensorlegemets radius. Den kolonne som er merket ST gir den anslåtte forandring i frekvens av den respektive SAW-anordning pr. enhet forandring i eksternt påført trykk i enheten Hz/psi for en ST-skåret sensor. Den kolonne som er merket AT gir forandringen i frekvens pr. enhet forandring i eksternt påført trykk for en AT-skåret sensor. Referanse-oscillatorfrekvensen for anslagene over trykkfølsomhetene i tabell 1, er 310 MHz. Eksempler på teknikker for påføring av eksternt trykk er diskutert i forbindelse med fig. 14 nedenfor, og eksempler på teknikker for måling av frekvensen til en SAW-anordning er diskutert i forbindelse med fig. 11-13b nedenfor, så vel som i nevnte patentsøknad fra 1982. Uttrykkene ST og AT er definert mer detaljert i patentsøknaden fra 1982.

Tabell 1

	t (mm)	t/r	ST (Hz/psi)	AT (Hz/psi)
$\Delta f/\Delta P$	5,79	0,456	38,0	20,0
$\Delta f/\Delta P$	3,17	0,250	50,0	28,4

Selv om de utførelsesformer som bruker rette (plane) sider som flankerer flatene, som på fig. 2-4, 5 og 9, gir gode anslåtte resultater sammenlignet med tidligere forslag, er det oppdaget at avrunding av den sidevegg som flankerer i det minste én av flatene, gir uventet forbedrede resultater, og at den uventede forbedring er meget betydelig og ikke medfører økning i spenninger som ville forringe sensorens ytelse.

Som et eksempel vises til fig. 6, hvor man ser at toppflaten 22 (den tykke flaten) er flankert av rette sidevegger 36 og 38, som i utførelsesformen på fig. 5, men bunnflaten 24 (den tynne flaten) er flankert av en buet sidevegg 40 på både høyre og venstre side. Bunnkanalen 20 som har den buede sideveggen 40, kan være dannet hovedsakelig på samme måte som toppkanalen 18, f.eks. med et freseverktøy. Freseverktøyet for bunnkanalen 20 har imidlertid en bunnende som har form som en halvkule med et avflatet bunnparti (for å danne bunnflaten 24). Det vises til fig. 9 for en perspektivskisse som illustrerer en sensor-halvdel med en avrundet sidevegg, der man ser at den adskiller seg fra illustrasjonen på fig. 9 bare ved at en kurvet sidevegg 40 flankerer langsiden av bunnflaten 24. Den sensor-konstruksjon som er illustrert på fig. 6, er merket BR, kort for bunn rund (Bottom Round) for å indikere at bare bunnkanalen 20 har en rund eller avrundet buet sidevegg 40.

En annen utførelsesform som bruker en buet sidevegg, er illustrert på fig. 7 og er merket TR, kort for topp rund (Top Round). På fig. 7 er toppflaten 22 eller den tykke flaten, flankert av en buet sidevegg 42 på hver side av sine langsider, mens bunnflaten 24 er flankert av rette vegger 44 og 46, som i utførelsesformene på fig. 2-5 og 9.

Fig. 8 illustrerer nok en utførelsesform, merket TBR, kort for topp og bunn rund (Top and Bottom Round). I utførelsesformen på fig. 8 er bunnflaten eller den tynne flaten 24 flankert av en avrundet sidevegg 40, som i utførelsesformen på fig. 6, og toppflaten eller den tykke flaten 22 er flankert av en avrundet sidevegg 42 som i utførelsesformen på fig. 7.

Det er oppdaget at bruken av en avrundet sidevegg som flankerer i det minste én flate, uventet frembringer oppsiktsvekkende anslåtte forbedringer i trykkfølsomheten, og at dette ikke forringer sensorytelsen ved uakseptabel økning av spenningene ved flatesentrene. Tabell 2 nedenfor gir de anslåtte trykkfølsomheter ved flatesentrene, idet det brukes de samme betegnelser som i tabell 1 ovenfor, og gjentar innholdet av tabell 1 (for den trykksensoren som er illustrert på fig. 5) for mer hensiktsmessig sammenligning med de anslåtte resultater for denne med de for sensorene på fig. 8 (TBR), på fig. 7 (TR) og på fig. 6 (BR). Verdiene i kolonnene ST og AT er forandring-

ene i frekvens for de respektive SAW-anordninger pr. enhet forandring i eksternt påført trykk (i Hz/psi), under bruk av alle andre testparametre som i forbindelse med tabell 1.

Tabell 2

	t (mm)	t/r	ST (Hz/psi)	AT (Hz/psi)
Fig. 5				
$\Delta f/\Delta P$	5,79	0,456	38,0	20,0
$\Delta f/\Delta P$	3,17	0,250	50,0	28,4
TBR (fig. 8)				
$\Delta f/\Delta P$	5,79	0,456	38,9	24,8
$\Delta f/\Delta P$	3,17	0,250	54,7	39,2
TR (fig. 7)				
$\Delta f/\Delta P$	5,79	0,456	39,1	25,4
$\Delta f/\Delta P$	3,17	0,250	50,5	27,1
BR (fig. 6)				
$\Delta f/\Delta P$	5,79	0,456	37,9	19,6
$\Delta f/\Delta P$	3,17	0,250	54,2	41,6

Man ser i tabell 2 at forandringene i SAW-anordningens frekvens er enhet forandring i trykk for de to flatene til sensoren BR (fig. 6) har den største kontrasten, og at dette er tilfellet både for ST- og AT-skjæringen. Med rette (plane) sidevegger tilstøtende begge flater, som på fig. 5, er den anslåtte differensielle trykkfølsomhet 12 Hz/psi for ST-skjæringen. Dette forandres til 15,8 for TBR-sensoren på fig. 8 hvor både topp- og bunn-flatene er flankert av de buede (sfæriske) sidevegger, og til 16,3 for BR-sensoren på fig. 6 hvor bunnflaten er flankert av en buet sidevegg og toppflaten er flankert av rette sidevegger. En lignende forbedring i anslått differensiell trykkfølsomhet merkes for AT-skjæringen: 8,4 for sensoren med rette sidevegger tilstøtende begge flater (som på fig. 5), 14,4 for TBR-sensoren på fig. 8 (med buede sidevegger tilstøtende begge flater), og 22 for BR-sensoren på fig. 6 (med en buet sidevegg tilstøtende bunnflaten og rette sidevegger tilstøtende toppflaten). For ST-skjæringen merkes en minskning i den differensielle følsomhet sammenlignet med sensoren på fig. 5 (som har rette vegger tilstøtende begge flater), for TR-sensoren på fig. 7 (som har en buet sidevegg

tilstøtende toppflaten og rette sidevegger tilstøtende bunnflaten), men en meget betydelig økning i følsomheten opptrer for BR-sensoren på fig. 6. Det kan videre anslås fra disse resultater, at en sensor laget av et krystall skåret slik at flatene er mellom en ST-skjæring og en AT-skjæring, bør vise en forbedring i differensiell følsomhet i størrelsesorden 50% for BR-konstruksjonen sammenlignet med en konstruksjon som på fig. 2-5 og 9.

Den uventede og oppsiktsvekkende økning i anslått trykkfølsomhet som tilveiebringes ved å avrunde sideveggen tilstøtende minst én av flatene, kommer uten betydelig samtidig økning i spenninger ved flatesentrene, noe som er klart ut fra de anslåtte resultater som er gitt i tabell 3 nedenfor for den form som er illustrert på fig. 5, sammenlignet med andre konstruksjoner som er diskutert i forbindelse med tabell 2. Den normaliserte spenning, σ , er gitt for zz-retningen som er aksialretningen (langs sylinderaksen) og for θ - θ -retningen, som er periferispennings-retningen. I hvert tilfelle er spenningen pr. psi eksternt påført trykk. Resten av betegnelsene i tabell 3 er de samme som i tabell 2. Til tross for den tynnere vegg i sensorlegemet i tilknytning til den buede sideveggen, er der uventet ingen betydelig økning i spenningene for hverken ST- eller AT-skjæringen. Dermed er det ikke gjort noe offer av betydning med hensyn til styrke av sensoren for å sikre den oppsiktsvekkende økning i anslått trykkfølsomhet.

Tabell 3

	t (mm)	t/r	ST	AT
Fig. 5				
aksialspenning	5,79	0,456	-1,66	-1,62
periferispenning	5,79	0,456	-2,26	-2,25
aksialspenning	3,17	0,250	-2,16	-2,13
periferispenning	3,17	0,250	-2,88	-2,84
TBR (fig. 8)				
aksialspenning	5,79	0,456	-1,59	-1,57
periferispenning	5,79	0,456	-1,90	-1,87
aksialspenning	3,17	0,250	-2,06	-2,03
aksialspenning	3,17	0,250	-2,00	-2,00
TR (fig. 7)				
aksialspenning	5,79	0,456	-1,57	-1,54
periferispenning	5,79	0,456	-1,80	-1,77
aksialspenning	3,17	0,250	-2,23	-2,20
periferispenning	3,17	0,250	-3,09	-3,06
BR (fig. 6)				
aksialspenning	5,79	0,456	-1,68	-1,65
periferispenning	5,79	0,456	-2,35	-2,34
aksialspenning	3,17	0,250	-1,99	-1,96
periferispenning	3,17	0,250	-1,79	-1,72

Hver av resonatorene 26 og 28 kan være av den type som er illustrert på fig. 11, og kan omfatte interfolierte eller interdigitale overflatetransdusere 44 og 46 som er avsatt på den høyt polerte overflaten 48 av den respektive flate, og overflatebølge-gitter-reflektorer 50 og 52 dannet på overflaten av den respektive flate, i samsvar med kjent teknologi og som diskutert i nevnte patentsøknad fra 1982. Overflatebølgen forplanter seg langs flatens lange dimensjon og parallelt med sylinderaksen til sensorlegemet 10.

Det vises nå til fig. 12 som er et forenklet blokkskjema over en SAW-resonator av den type som er illustrert på fig. 11, og av kretsen som driver den og tilveiebringer en utgang, idet en SAW-resonator er skjematisk illustrert ved 54 og har utganger forbundet via ledere slik som 56 og 58 på fig. 1. Lederne passerer gjennom den forseglede skjøt mellom topp- og bunn-

halvdelene 12 og 14, og kan på hensiktsmessig måte være forbundet til et eksternt kretskort. Som vist på fig. 12 kan det eksterne kretskort omfatte en sløyfeforsterker 60, en retningskobler eller effektdeler 62 og en utgangsbufforsterker 64 som ved en utgangsledning 66 frembringer et signal ved en frekvens som bestemmes av egenskapene til SAW-resonatoren 54. Disse egenskapene avhenger igjen av forandringer som skyldes det påførte trykk på sensorlegemet.

Fig. 13a og 13b illustrerer to kjente fremgangsmåter for måling av frekvensen til utgangssignalet fra en krets som vist på fig. 12. I den direkte tellemetoden på fig. 13a er ett inngangssignal til hovedporten 68 utgangen 66 fra utgangsbufforsterkeren 64 på fig. 12. Den andre inngangen til hovedporten 16 kommer fra en tidsbasis-oscillator 70 hvis utgang blir tidsbasis-dividert ved hjelp av deleren 72 og matet til hovedporten 68 gjennom en hovedport-vippe 64. Utgangen fra hovedporten 68 blir tallet i teller 76. Under drift teller telleren 76 antall perioder av det inngangssignal 66 som slipper gjennom hovedporten 68 i et tidsintervall som bestemmes av tidsbasis-oscillatoren/deleren og hovedport-vippen. I en periodemålings-krets av den type som er vist på fig. 13b åpner inngangssignalet slik som utgangen 66 fra utgangsbufforsterker 64 på fig. 12, en hovedport 82 for et antall inngangsperioder $N(i)$, og antall perioder av tidsbasisen $n(t)$ blir tallet. Tidsbasisen kommer fra en tidsbasis-oscillator 78 hvis utgang passerer gjennom tidsbasis-delere 80 før den blir den annen inngang til hovedporten 82. Frekvensen til inngangssignalet 66 blir beregnet ut fra forholdet mellom inngangsperioder $N(i)$ og produktet av antall perioder i tidsbasisen $n(t)$ multiplisert med tidsbasisens periode $t(c)$. Hva som måles er hovedsakelig det antall perioder i tidsbasisen som er nødvendig for å slippe gjennom et antall inngangsperioder i hovedporten. Tiden pr. inngangsperiode (signalets periode) blir beregnet, og så blir den resiproke verdi beregnet for å gi den målte frekvens. Antallet tidsbasis-perioder blir tallet i tidstelleren 84, og antall inngangsperioder blir tallet i hendelsestelleren 86. Det nødvendige produkt og forhold blir funnet i aritmetiske kretser 90, og resultatet blir fremvist ved fremvisningsanordningen 92.

Et eksempel på et arrangement for bruk av en sensor 10 til hydrostatiske trykkmålinger er illustrert på fig. 14. Det omfatter en inngangsventil 100 som selektivt kan åpne en ledning 102 for å tilføre fluidum under trykk til et hus 104 i hvilket en trykksensor 10 er passende understøttet ved hjelp av isolerende understøttelser 106. De elektriske forbindelser til sensoren 10 er gjennom ledere 112 og 114 forbundet med eksterne kretser for måling av SAW-anordningenes frekvens i sensoren 10, slik som kretser av den type som er diskutert i forbindelse med fig. 13a og 13b. Trykket inne i huset 104 kan lettes ved å evakuere fluidumet inne i det gjennom en utløpsledning 108 som styres av en utgangsventil 110. Alternativt kan det være tilveiebragt bare én port, og sensorlegemet kan være montert ved hjelp av en ettergivende understøttelse som strekker seg langs sensorlegemets sylindriske akse, hvor de elektriske ledere forlater huset gjennom veggens motsatt den vegg væsken tilføres huset gjennom. Fordi ethvert av et antall forskjellige hus kan brukes og fordi det som er viktig er tilstedeværelsen av et hus og ikke de spesielle detaljene ved huset, ansees det ikke nødvendig med noen nærmere beskrivelse av et spesielt hus for å lage og bruke oppfinnelsen.

Fig. 14a illustrerer hvordan en sensor av den her beskrevne type kan anvendes i et loggesystem. En sensor av den type som er beskrevet i forbindelse med fig. 1-10, 15 og 19-22 er festet i et hus som beskrevet i forbindelse med fig. 14, og er montert i en loggesonde 130, som henger i en kabel 131 i et borehull 132 som er boret i en undergrunnsformasjon 134. Kabelen 131 passerer over et skivehjul 136 og er festet til en heise-mekanisme 138. Mekanismen 138 innbefatter en egnet børste- og slepering-anordning 140 for å tilveiebringe elektrisk forbindelse mellom de elektriske lederne i kabelen 131 og en overflate-enhet 142 som leverer energi og styresignaler til loggesonden 130 og sensoren som er montert i denne. En krets slik som diskutert i forbindelse med fig. 12-13b, kan være montert inne i sonden 130 og drevet under styring av overflate-enheten 142 for å sende opp gjennom kabelen 131 signaler som indikerer det trykk som måles av sensoren. Om ønsket, kan en kodeomformer være innbefattet i sonden 130 for å omforme sensor-utgangen til et digitalt signal i en ønsket kode og et ønsket

format. Et hjul 137 er i kontakt med kabelen 131 og er forbundet med en dybdeskriver 144, som registrerer den borehullsdybde ved hvilken en gitt trykkmåling blir tatt. Et lager 146 mottar trykkmålingene fra overflate-enheten 142 og de tilsvarende dybdemålinger fra dybdeskriveren 144, og lagrer dem for fremtidig bruk. Disse målingene kan behandles i en enhet 150, f.eks. for å filtrere ut støy eller andre uønskede signalkomponenter. Trykk/dybde-målingene kan fremvises ved en enhet 152 enten før eller etter behandling ved 150.

De sensorer ifølge oppfinnelsen som har en buet vegg tilstøtende en SAW-anordning (som på fig. 6-8) kan fabrikeres ved å bruke hovedsakelig de samme teknikker som er brukt i tilfellet med de sensorer som er beskrevet i den nevnte tidligere inngitte patentsøknad. Forskjellene av betydning er de som vedrører utformingen av de nødvendige buede sidevegger. Et eksempel på en måte å gjøre dette på er som nevnt å bruke et freseverktøy som ikke er konus-formet, som i den tidligere inngitte søknad, men som er sfærisk eller har en annet buet skjæreflate, i avhengighet av den ønskede krumning av sideveggen tilstøtende den spesielle SAW-anordning. Sideveggen tilstøtende langsiden av en flate kan f.eks. være paraboliske, eller kan ha andre krumninger i tverrsnitt normalt på aksene, så lenge det ønskede resultat blir oppnådd med forbedret trykkfølsomhet uten uakseptabel forringelse på grunn av økte spenninger. Man vil forstå at selv om SAW-anordningene i de illustrerte utførelsesformer er vist på de plane bunnene til kanalene, og uttrykket "flate" er blitt brukt, ligger det innenfor oppfinnelsens ramme å danne minst én av SAW-anordningene på en buet indre overflate. For eksempel kan minst én av kanalene være kontinuerlig buet i et tverrsnitt normalt på aksene, og SAW-anordningen kan være dannet på denne kanalens buede bunnparti istedenfor på en plan overflate, som på de ovenfor diskuterte tegninger. Uttrykket "flate" blir i denne søknad brukt i betydningen den flate på hvilken SAW-anordningen er dannet, hvilken overflate kan være plan eller buet eller delvis plan og delvis buet. I tillegg vil man forstå at selv om SAW-anordningene på tegningene som er diskutert ovenfor, strekker seg langs aksialretningen, kan det i noen tilfeller være fordelaktig å la SAW-anordningen strekke seg langs en

retning som er i en vinkel med sensorlegemets sylinderakse, og at dette er innenfor rammen av oppfinnelsen. Det bør være klart at retningsavhengige uttrykk slik som topp, bunn og venstre og høyre refererer til en spesiell orientering av sensoren, og er ikke ment som en begrensning av sensorens orientering under bruk. Mange andre variasjoner enn de som er uttrykkelig diskutert ovenfor, ligger innenfor oppfinnelsens ramme, følgelig er oppfinnelsen ikke begrenset til de spesielle eksempler som er diskutert ovenfor, men innbefatter alt som ligger innenfor rammen av de vedføyde krav.

En av de ønskelige karakteristikkene ved sensorer av den type som er diskutert ovenfor, er som nevnt en kort termisk responstid. Man vil forstå at i de sensorene som er vist på tegningene i denne søknaden, er det brukt to SAW-anordninger pr. sensor, og at differansen mellom disse frekvenser, ved stabil tilstand ved et gitt ytre trykk, blir brukt som et mål på det eksterne trykk som påføres sensoren. Sammenlignet med en sensor som benytter bare én SAW-anordning antas det at dette reduserer trykkfølsomheten med en faktor på omkring to, men det reduserer også temperaturfølsomheten med en faktor på omkring ti, noe som gjør sensoren ifølge oppfinnelsen betydelig mindre utsatt for feil som skyldes temperaturvariasjoner. Likevel blir det anslått at de sensorer som er vist på fig. 1-14, har termiske responskarakteristikkene som nødvendiggjør en periode for termisk stabilisering mellom trykkmålinger, for å tillate sensoren å nå en stabil tilstand, spesielt i de ugunstige omgivelser som gjelder brønnlogging.

Den anslåtte termiske responstid for en sensor som har den form som er illustrert på fig. 5, er gitt i diagrammet på fig. 16, hvor horisontalaksen er tid i sekunder og vertikalaksen er temperatur i $^{\circ}\text{C}$ på en logaritmisk skala. Kurve 120 på fig. 16 viser differansen mellom temperaturen ved den tynne flaten 24 (fig. 5) og ved den ytre overflaten av sensoren umiddelbart under flaten 24 som reaksjon på en 100°C trinnsforandring i overflatetemperaturen ved tiden null. Likeledes viser kurve 124 på fig. 16 differansen mellom temperaturen ved den tykke flaten 22 og ved den ytre overflaten av sensoren umiddelbart over flaten 22 som reaksjon på den samme trinnsforandring i overflatetemperaturen. Man ser at i dette eksempel

er den anslåtte tid for at differansetemperaturen ved den tynne flaten skal nå $0,1^{\circ}\text{C}$, omkring 8 sekunder, og den anslåtte tid for at differansetemperaturen for den tykke flaten skal nå $0,1^{\circ}\text{C}$, er omkring 15 sekunder.

Fig. 17 er et diagram av samme type som på fig. 16, men er for den utførelsesformen som er illustrert på fig. 8 med avrundet indre vegg. Som vist på fig. 17 er tiden for at temperaturdifferansen ved den tynne flaten skal falle til $0,1^{\circ}\text{C}$, redusert til omkring 5 sekunder, men tiden for at temperaturdifferansen ved den tykke flaten skal falle ned til den samme verdi er fremdeles omkring 15 sekunder. Sensorens termiske respons er dermed stort sett uforandret.

Det er blitt oppdaget at den termiske responstiden til en føler kan forbedres betydelig uten uakseptable ugunstige virkninger på andre parametere ved å lage veggen til legemet tynnere ved én av SAW-anordningene, som ved å avflate sensorens ytre, for bedre å tilpasse de termiske responsene for de to SAW-anordningene. Det er uventet blitt oppdaget at dette ikke forårsaker uakseptable reduksjoner i trykkfølsomhet eller uakseptabel økning av spenninger.

Fig. 15 illustrerer ett eksempel på en utførelsesform av oppfinnelsen som medfører betydelige og uventede forbedringer i den termiske responstid uten på uakseptabel måte å forringe andre parametere. Den sensoren som er vist på fig. 15, er ellers identisk med den som er illustrert på fig. 8 (og dens andre dimensjoner er identiske med de som er vist på fig. 3-5), men har en ytre "flate" ved 126. Uttrykket "flate" er her brukt til å betegne en avflatning av eller en reduksjon i krumningen av sensorens ytre som resulterer i reduksjon av sensorlegemets tykkelse ved en indre flate, og uttrykket "tykkelse" betyr i denne forbindelse avstanden mellom midtpunktet til en indre flate og det nærmeste punkt på den ytre overflate av sensoren. Den ytre "flate" kan derfor, men behøver ikke å være, plan, og det er innenfor oppfinnelsens ramme å ha en ytre "flate" som har form av en buet overflate. En ytre flate som ved 126 på fig. 15, kan f.eks. dannes ved å skave av eller slipe ned den ytre overflate av sensorlegemet slik at det dannes et flatt plan parallelt med den tykke flaten 22. På grunn av denne ytre flate 126 er den radiale tykkelse av

sensorlegemet ved de tykke og de tynne flater 22 og 24 tilnærmet den samme. Tykkelsen av sensorlegemet ved den tykke flate 22 er i dette eksemplet 3,00 mm, og tykkelsen av sensorlegemet ved den tynne flate 24 er i dette eksemplet 3,17 mm.

På fig. 18 viser kurve 120 den anslåtte termiske responstid for den tynne flate 24 i konstruksjonen på fig. 15. Denne kurve 120 er omtrent den samme som den på fig. 17, som er for konstruksjonen på fig. 8. Kurven 124 på fig. 18 viser imidlertid en betydelig kortere anslått termisk responstid for den tykke flaten 22 i konstruksjonen på fig. 15. Nå tar det omkring 10 sekunder for temperaturdifferansen å falle ned til $0,1^{\circ}\text{C}$ istedenfor de 15 sekunder det tok for de andre konstruksjonene (som vist på fig. 16 og 17). Dette svarer til en anslått forkorting av den termiske responstid med omkring en tredjedel.

Den uventede betydelige forbedring i den termiske responstid som skyldes at sensorveggen gjøres tynnere ved den tykke flaten, er gunstig i hver av de forskjellige sensorformene som er diskutert tidligere. Noen av disse er illustrert på figurene 19-22. På fig. 19 er formen maken til den på fig. 5, men en ytre flate 126 er dannet ved den tykke flate 22 for å redusere den radiale tykkelse av sensorveggen ved den tykke flate eller toppflaten 22 til 3 mm. På fig. 20 er formen maken til den på fig. 5, men den radiale tykkelse av sensorlegemet ved den tynne flate 24 er 1 mm mindre, den er 2,17 mm istedenfor 3,17 mm. På fig. 21 er formen maken til den på fig. 8, men igjen er sensorlegemets radiale tykkelse ved den tynne flate 24 1 mm mindre. Fig. 22 viser en konstruksjon maken til den på fig. 21, men med en ytre flate 126 som reduserer sensorveggens tykkelse ved den tykke flate 22 til 3,00 mm fra de 5,79 mm som er vist på fig. 21.

Formene på fig. 15, 19, 20 og 22 har forbedrede (reduerte) termiske responstider sammenlignet med de tilsvarende former som har et fullstendig sirkulært tverrsnitt normalt på akse. Som tidligere bemerket er én av de viktige, uventede fordelene ved oppfinnelsen vedrørende den reduserte termiske responstid, at det ikke er noen uakseptabel økning i spenninger eller minskning av trykkfølsomheten. Dette bekreftes av de anslåtte resultater som er gitt i tabell 4 nedenfor.

Tabell 4

Sensorform	Normalisert aksialspenning	Normalisert periferispenning	Trykkfølsomhet i Hz/psi	Sensors veggtykkelse ved flate, i mm
A				
Alle sidevegger rette				
Toppflate	-1,65	-2,26	37,62	5,79
Bunnflate	-2,12	-2,88	50,34	3,17
B				
Alle sidevegger avrundet				
Toppflate	-1,59	-1,87	39,15	5,79
Bunnflate	-2,06	-1,99	54,83	3,17
C				
Alle sidevegger rette, ytre flate				
Toppflate	-1,35	-1,58	33,18	3,00
Bunnflate	-2,21	-2,77	52,63	3,17
D				
Alle sidevegger avrundet, ytre flate				
Toppflate	-1,11	-0,62	33,55	3,00
Bunnflate	-2,09	-1,91	56,61	3,17
E				
Alle sidevegger rette				
Toppflate	-1,73	-2,51	38,18	5,79
Bunnflate	-2,64	-3,54	60,91	2,17
F				
Alle sidevegger avrundet				
Toppflate	-1,67	-2,11	39,74	5,79
Bunnflate	-2,53	-2,02	71,27	2,17
G				
Alle sidevegger avrundet, ytre flate				
Toppflate	-1,15	-0,87	32,90	3,00
Bunnflate	-2,68	-1,96	77,18	2,17

Del A i tabell 4 gir resultater for en form som på fig. 5, del B i tabell 4 gir resultater for en form som på fig. 8, del C i tabell 4 gir resultater for en form som på fig. 19, del D gir resultater for en form som på fig. 15, del E gir resultater for en form som på fig. 20, del F gir resultater for en form som på fig. 21 og del G i tabell 4 gir resultater for en form som på fig. 22. Kolonnen merket normalisert aksialspenning i tabell 4 gir de anslåtte spenninger ved sentrene til de respektive flater. Den kolonne som er merket normalisert periferispenning i tabell 4, gir de anslåtte periferispenninger ved flatenes sentre. Kolonnen som er merket trykkfølsomhet gir forandringen i frekvens av de respektive SAW-anordninger pr. enhet forandring i eksternt påført trykk, i Hz/psi. Kolonnen som er merket sensor-veggtykkelse ved flate, gir tykkelsen i mm målt fra midtpunktet av den respektive flate til det nærmeste punkt på den ytre overflate av sensorlegemet.

Som man ser ved en sammenligning av delene A og C i tabell 4, vil ikke dannelse av en ytre flate 126 som på fig. 19, i betydelig grad øke aksial- eller periferi-spenningene sammenlignet med en form maken til den på fig. 5, og det medfører i virkeligheten en økning i trykkfølsomheten mens det på samme tid i betydelig grad reduserer den termiske responstid. Lignende konklusjoner kan trekkes ved å sammenligne delene B og D i tabell 4 samt ved å sammenligne delene F og G. Selv om det ikke fremgår i tabell 4 kan det ventes en forbedring svarende til den man får ved å gå fra del F til del G, hvis en ytre flate blir dannet på den form det refereres til i del E i tabell 4.

P A T E N T K R A V

1. Trykkføler som omfatter et legeme med et indre hulrom og i det minste to anordninger for akustiske overflatebølger dannet på veggen i hulrommet,

k a r a k t e r i s e r t v e d at legemet har en ytre, plan flate radially tilstøtende én av anordningene for akustiske overflatebølger.

2. Trykkføler ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at anordningene for akustiske overflatebølger er dannet ved respektive plane flater ved hulrommets vegg.

3. Trykkføler ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at hulromsveggen er hovedsakelig polygonal i et tverrsnitt normalt til aksens gjennom anordningene for akustiske overflatebølger.

4. Trykkføler ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at hulromsveggen tilstøtende i det minste én av anordningene for akustiske overflatebølger er buet i et tverrsnitt normalt til aksens.

5. Trykkføler ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at anordningene for akustiske overflatebølger er ved forskjellige radiale avstander fra følerlegemets akse.

6. Trykkføler ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at tykkelsene av følerlegemet ved de respektive anordninger for akustiske overflatebølger er tilpasset for å redusere differansen mellom de respektive termiske responstider for anordningene.

7. Trykkføler ifølge krav 3,

k a r a k t e r i s e r t v e d at hulromsveggen er oktagonal.

8. Trykkføler ifølge krav 3,
k a r a k t e r i s e r t v e d at sidene i polygonet
varierer i lengde.
9. Trykkføler ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at veggen i legemet ved én
plan flate er tykkere i tverrsnitt enn den andre.
10. Trykkføler ifølge krav 9,
k a r a k t e r i s e r t v e d at der er en buet sidevegg
tilstøtende den plane flate ved veggen i legemet som har det
tynneste tverrsnitt.
11. Trykkføler ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en anordning
for utledning fra de akustiske overflatebølge-anordningene av
et utgangssignal som vedrører differansefrekvensen mellom dem.
12. Trykkføler ifølge krav 11,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en anordning
for å bringe trykk til å bli utøvd på det ytre av følerlegemet,
og en anordning for å omforme utgangssignalet til et mål på
nevnte trykk.
13. Trykkføler ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at legemet er laget av
kvartskrystall.
14. Trykkføler ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at legemet er et sylindrisk
legeme laget av to halvdeler som er sammenføydd langs et
aksialplan, idet hver halvdel er utformet med en kanal som
strekker seg aksialt i halvdelen slik at den vender mot den
andre med en plan flate som strekker seg aksialt og er dannet
ved bunnen av kanalen, idet det på hver av de plane flatene er
avsatt en akustisk overflatebølge-anordning.

15. Trykkføler ifølge krav 14,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de plane flatene er
parallele med det aksialplan som adskiller de to halvdelene.
16. Trykkføler ifølge krav 14,
k a r a k t e r i s e r t v e d at kanalene har forskjellig
dybde.
17. Trykkføler ifølge krav 14,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de plane flatene har
forskjellig bredde.
18. Trykkføler ifølge krav 14,
k a r a k t e r i s e r t v e d at bare én valgt av de
plane flatene har tilstøtende sidevegger som heller bort fra
dem med vinkler som er betydelig større enn normalen.
19. Trykkføler ifølge krav 14,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de respektive kanalside-
vegger tilstøtende hver av de plane flatene heller bort fra de
respektive plane flater med vinkler som er betydelig større enn
normalen.
20. Trykkføler ifølge krav 19,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de sidevegger som heller
bort med vinkler betydelig større enn normalen, er buet.

165268

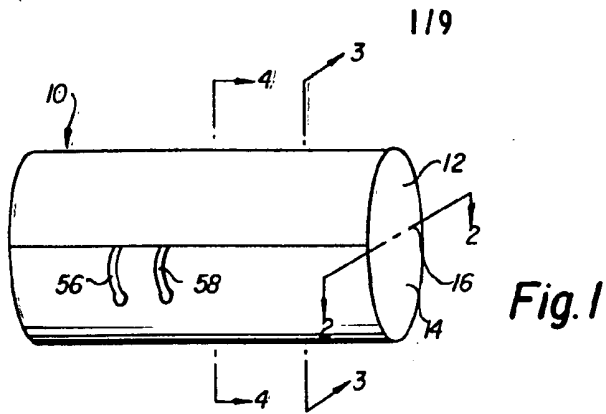


Fig. 3

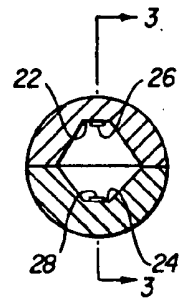
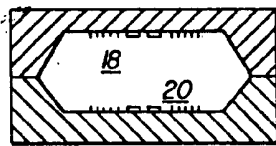


Fig. 4

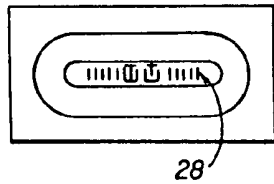


Fig. 2

165268

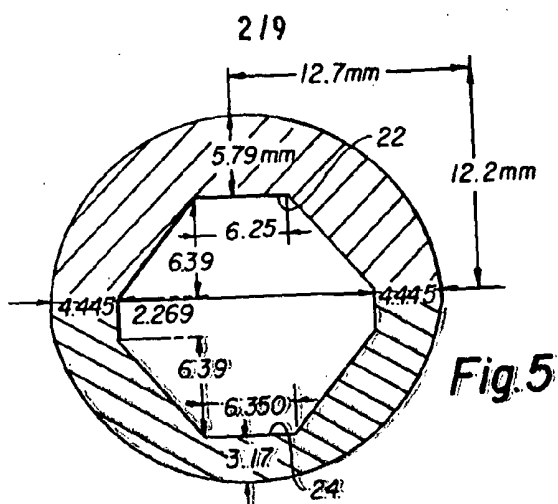
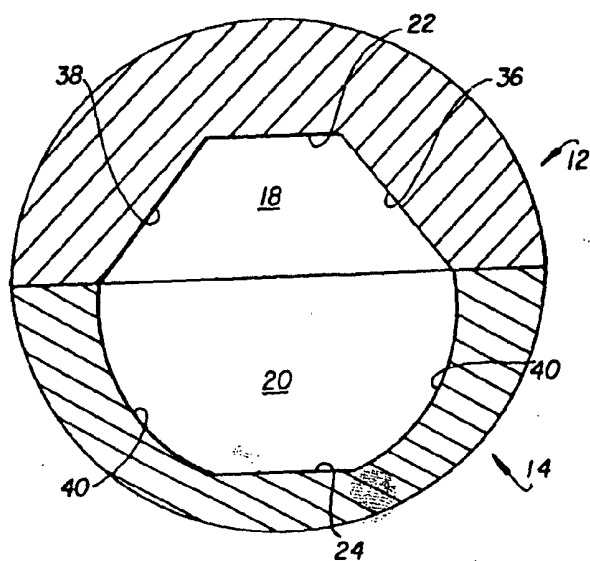
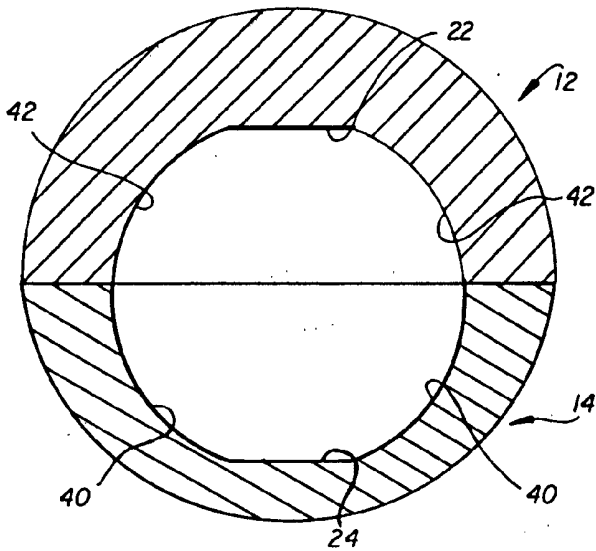
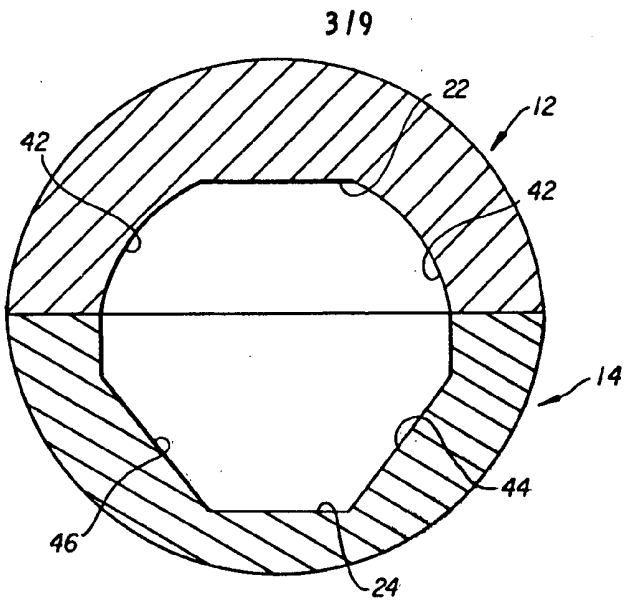


Fig. 5

Fig. 6



165268



165268

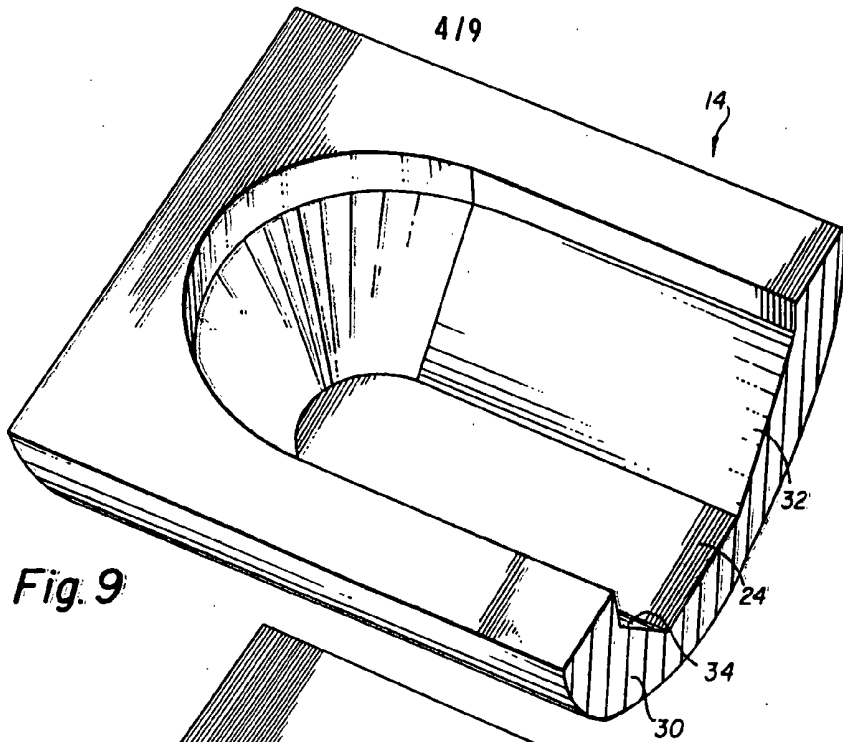


Fig. 9

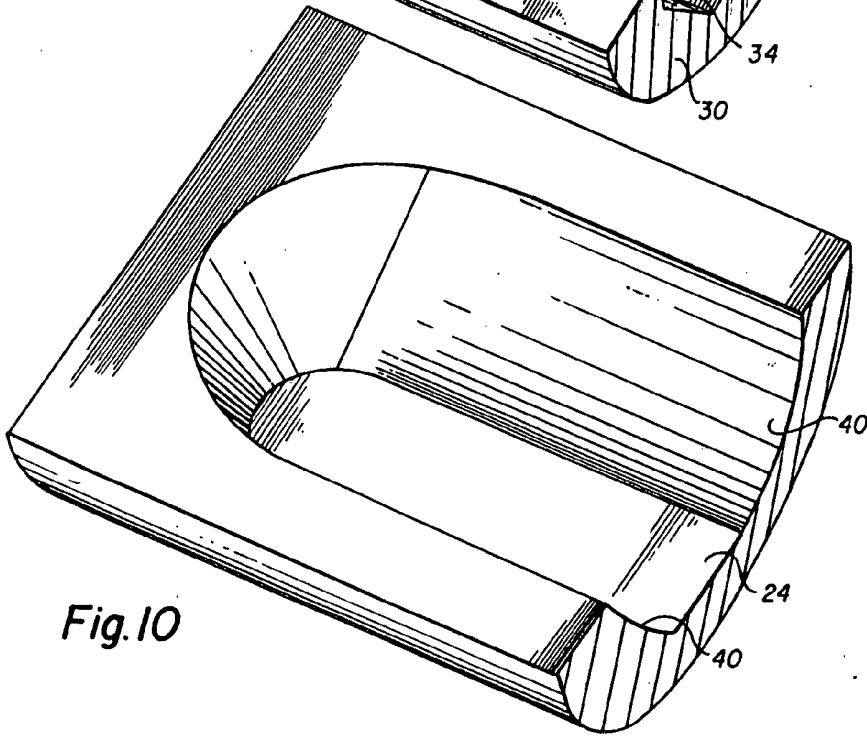


Fig. 10

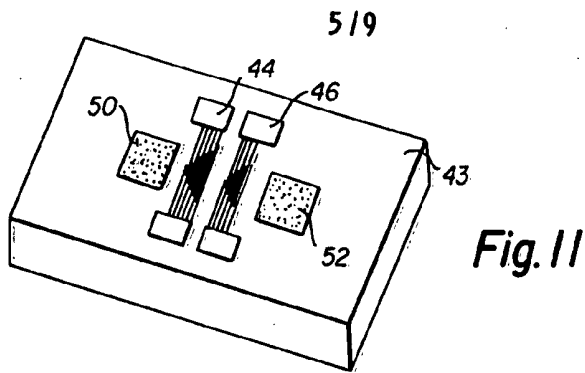


Fig. 11

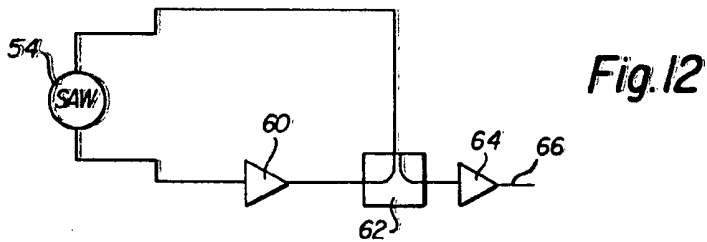


Fig. 12

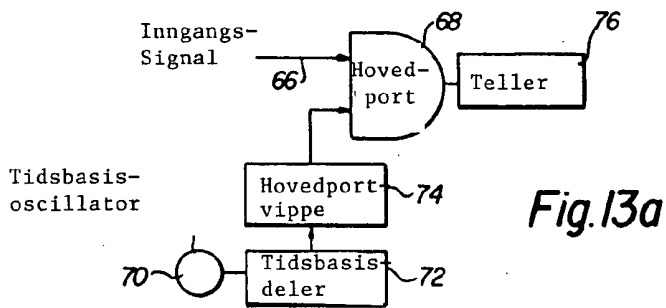


Fig. 13a

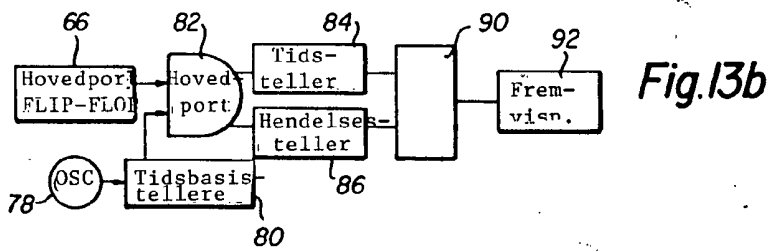


Fig. 13b

165268

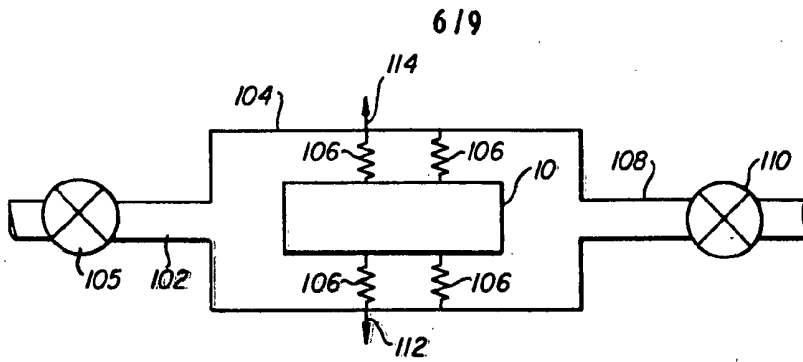


Fig. 14

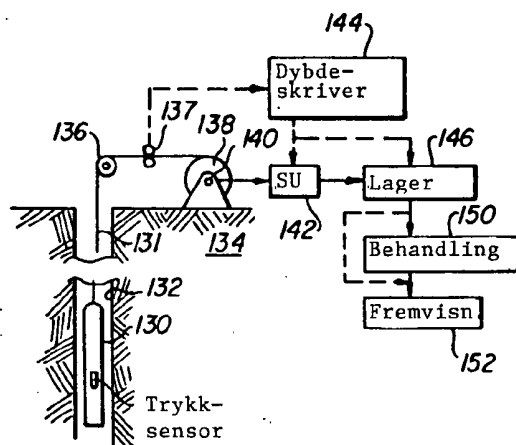


Fig. 14A

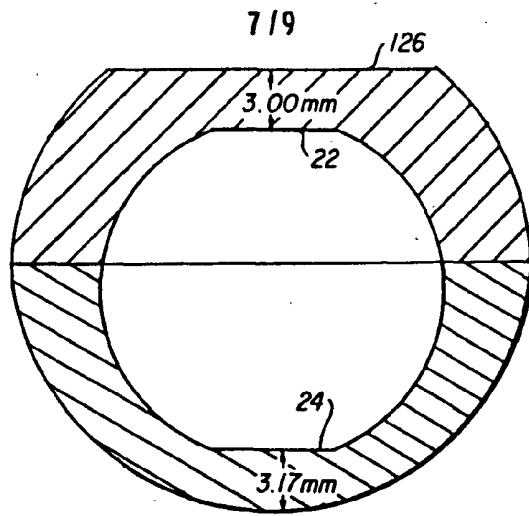


Fig. 15

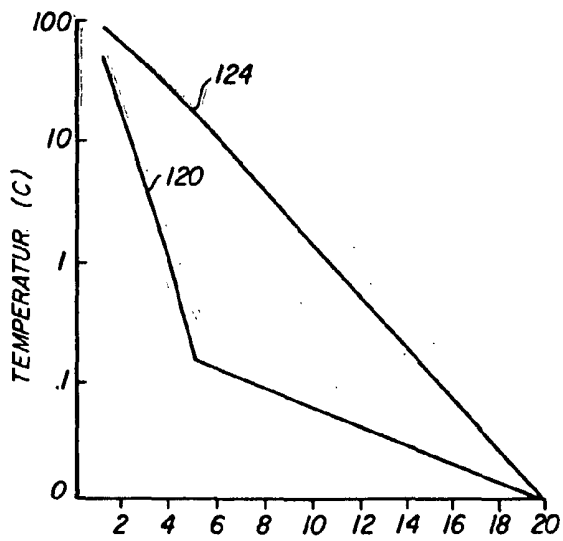


Fig. 16

165268

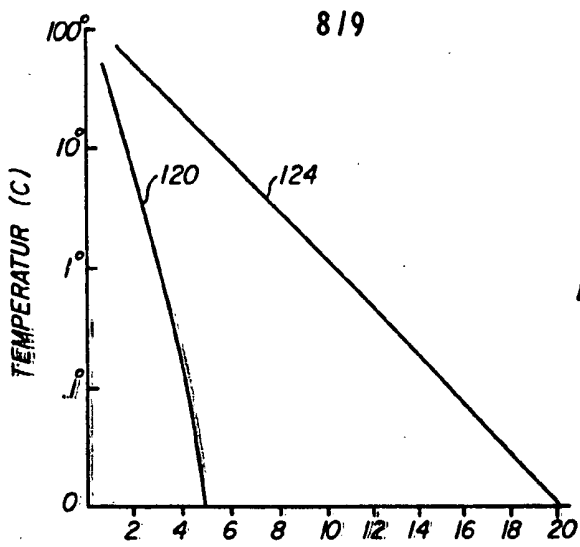


Fig. 17

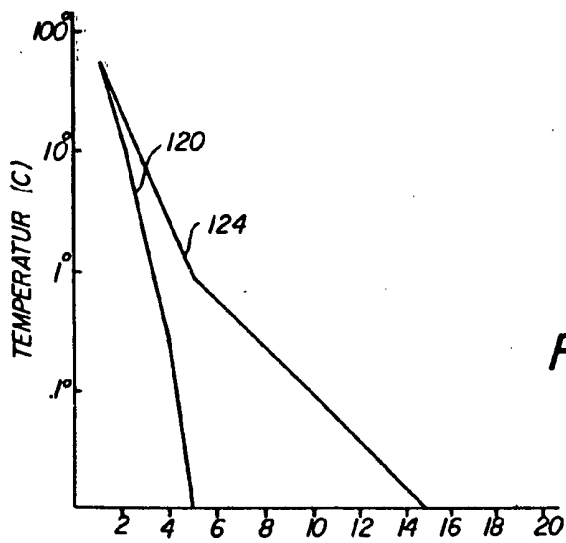


Fig. 18

