



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20131654

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

G01V 1/20 (2006.01)

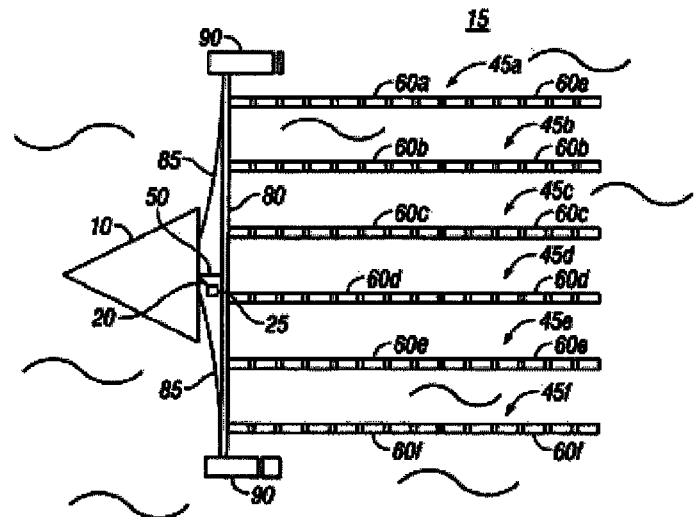
G01V 1/38 (2006.01)

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20131654	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2013.12.12	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2013.12.12	(30)	Prioritet	2012.12.28, US, 13/729,260
(41)	Alm.tilgj	2014.06.30			
(73)	Innehaver	PGS Geophysical AS, Postboks 251 Lilleaker, 0216 OSLO, Norge			
(72)	Oppfinner	Rune Sindre Voldsbekk, 2. Strøm Terrasse 44, 3046 DRAMMEN, Norge			
(74)	Fullmektig	Acapo AS, Postboks 1880 Nordnes, 5817 BERGEN, Norge			

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte og system med stive stammer**  
(57) Sammendrag

Det er beskrevet fremgangsmåter og systemer for bruk av en stiv stammeenhet som omfatter et antall sammenkoblede stive stammer i en marin undersøkelse. En utførelsesform beskriver en geofysisk sensorstreamer som omfatter en stiv stammeenhet omfattende et antall stive stammer som er koplet sammen og som hver omfatter et stammelegeme som definerer ett eller flere indre kamre, hvor en geofysisk sensor er innbefattet i én eller flere av de stive stammene.



## Bakgrunn

Foreliggende oppfinnelse vedrører generelt det området som gjelder marine undersøkelser. Mer spesielt angår oppfinnelsen, i én eller flere utførelsesformer, fremgangsmåter og systemer for å utføre marine geofysiske undersøkelser som benytter en stiv stammeenhet som omfatter et antall sammenkoblede stive stammer i en marin undersøkelse.

Teknikker for marine undersøkelser innbefatter marine geofysiske undersøkelser, slik som seismiske undersøkelser og elektromagnetiske undersøkelser, hvor geofysiske data kan samles inn fra undersiden av jordens overflate. Geofysiske undersøkelser kan benyttes ved leting etter, og produksjon av mineraler og energi for å bidra til å identifisere steder med hydrokarbonholdige formasjoner. Visse typer marine geofysiske undersøkelser, slik som seismiske eller elektromagnetiske undersøkelser, kan innbefatte sleping av en energikilde ved en valgt dybde, typisk over havbunnen, i en vannmasse. Én eller flere geofysiske sensorstreamere kan også slepes i vannet ved valgte dybder av det samme eller et annet fartøy. Streamerne er vanligvis kabler som innbefatter et antall sensorer anordnet på disse ved atskilte posisjoner langs lengden av kabelen. Sensorene kan være innrettet for å generere et signal som er relatert til en parameter som måles av sensoren. Ved valgte tider, kan energikilden aktiveres for å generere for eksempel seismisk eller elektromagnetisk («EM») energi som forplanter seg nedover inn i undergrunnsformasjonene. Energi som vekselvirker med grenseflater, vanligvis ved grenser mellom lag av bergartsformasjoner, kan returneres mot overflaten og detekteres av sensorene på streamerne. Den detekterte energien kan brukes til å utlede visse egenskaper ved bergartene i undergrunnen, slik som struktur, mineralsammensetning og fluidinnhold, for derved å fremskaffe informasjon som er nyttig ved utvinning av hydrokarboner.

Ved geofysiske undersøkelser er streameren vanligvis en kabel som blir lagret på en trommel på slepefartøyet. Streamerne er vanligvis laget av flere komponenter, slik som elektriske ledere, fiberoptikk og mekanisk forsterkningsorganer, alle buntet sammen og dekket av en beskyttende ytre hud. Streameren kan være opp til flere kilometer lang. Vanligvis har streameren liten stivhet i andre retninger enn i den langsgående retningen eller linjeretningen, slik at den lett kan bevege seg både sideveis og i vridning/rotasjon når den er utplassert i vannet. Når sensorer slik som hastighets-, posisjons- og akselerasjonssensorer er innbefattet i streameren, blir bevegelsene plukket opp direkte. I motsetning til hydrofoner som bare mottar bevegelser indirekte på grunn av forbedringer over mange år, kan disse andre sensorene ha et høyt støynivå som ikke er interessant for den marine undersøkelsen.

Støyen kan for eksempel være målinger av lokale tilstander i det omgivende vannet i stedet for refleksjoner fra jorden under.

5 Under en trykkbelastning på bare noen små deler av utsiden, vil streameren bøye seg, bare begrenset av strekkspenningen, bøyings- og vridningsstivheten til streameren og massen til kabelinnholdet, avhengig av retningsfordelingen og størrelsen av trykket. Lav bøyings- og vridningsstivhet for streameren bør resultere i liten ekstra masse, men forårsake stor lokal bevegelse. Streameren kan følgelig ha store lokale sensorregistreringer (det vil si målinger av lokale tilstander i det omgivende vannet) og også store bølgebevegelser som forplanter seg gjennom

10 kabelen. Lav stivhet kan også resultere i stort nedheng av kabelen mellom styringsanordninger med vinger som vanligvis brukes til å styre lateral eller vertikal posisjon av streameren. På grunn av det store nedhenget, kan det være store vinkler mellom kabelen og fluidstrømningen, noe som ytterligere øker turbulens- og støygnerasjon fra hydrodynamisk strømning.

15 Det er følgelig behov for forbedrede fremgangsmåter og systemer for utplassering av streamere i forbindelse med geofysiske undersøkelser som har øket stivhet både lateralt og vridningsmessig for å redusere støykilder i forbindelse med marine geofysiske målinger.

## 20 **Kort beskrivelse av tegningene**

Disse tegningene illustrerer visse aspekter ved noen av utførelsesformene av foreliggende oppfinnelse og skal ikke brukes til å begrense eller definere oppfinnelsen.

25 Figur 1 illustrerer et utførelseseksempel på et marint geofysisk målesystem som omfatter en sensorstreamer dannet av en enhet av to stive stammer forbundet ende mot ende.

Figur 2 illustrerer et annet utførelseseksempel på et system for marine geofysiske målinger som omfatter et antall lateralt atskilte sensorstreamere som hver omfatter stive stammeenheter.

30 Figur 3 illustrerer en stiv stammeenheter med en fleksibel forbindelse mellom stive stammer i en åpen posisjon, i samsvar med utførelseseksempler av foreliggende oppfinnelse.

35 Figur 4 og 5 illustrerer bruk av en stammeskjøt for å lukke den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

Figurene 6 og 7 illustrerer bruk av en låsetapp for å lukke den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

5 Figurene 8 og 9 illustrerer bruk av en utstrekkelig stav for å lukke den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

Figurene 10 og 11 illustrerer bruk av en utstrekkelig stav med et stopphengsel for å lukke den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

10 Figurene 12 og 13 illustrerer bruk av et beskyttende deksel over den fleksible forbindelsen i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

Figurene 14 og 15 illustrerer bruk av et beskyttende deksel nær den fleksible forbindelsen i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

15 Figurene 16 og 17 illustrerer kopling av to stive stammeenheter i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

Figurene 18A til 18C illustrerer stive stammer som har forskjellige tverrsnitt i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

Figure 19 illustrerer en stiv stammeenhet med vinger i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse.

20 Figur 20 illustrerer et konvensjonelt seismisk målesystem.

### **Detaljert beskrivelse**

Foreliggende oppfinnelse vedrører generelt det området som gjelder marine undersøkelser. Mer spesielt angår oppfinnelsen, i én eller flere utførelsesformer, fremgangsmåter og systemer for å utføre marine undersøkelser, som benytter en stiv stammeenhet omfattende et antall sammenkoblede stive stammer under en marin undersøkelse. Én eller flere stive stammeenheter i samsvar med utførelseseksempler på foreliggende oppfinnelse, kan brukes til å danne i det minste en del av en geofysisk sensorstreamer som er konvensjonell i form av fleksible kabler. De stive stammene kan settes sammen på et letefartøy for å danne én eller flere lange stive stammeenheter som kan utplasseres i vannet. Streamerkomponenter, slik som elektriske eller optiske ledere, geofysiske sensorer og annen elektronikk, kan være anordnet i de stive stammene. De stive stammene kan ha et rundt tverrsnitt eller ha andre former, slik som vingeformede tverrsnitt for lave slepemotstand, eller usymmetrisk tverrsnitt for optimalisering av egenskaper eller respons.

Figur 1 illustrerer et marint undersøkelsessystem 5 i overensstemmelse med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse. I den illustrerte utførelsesformen kan

systemet 5 innbefatte et letefartøy 10 som beveger seg langs overflaten av en vannmasse 15, slik som en innsjø eller et hav. Letefartøyet 10 eller et annet fartøy (ikke vist) kan slepe en kildekabel 20 som innbefatter én eller flere energikilder 25. Som vist, kan energikildene 25 slepes over vannbunnen 35, hvor energikildene 25 er 5 frakoplet fra vannbunnen 35. I noen utførelsesformer (ikke vist) kan én eller flere av energikildene 25 være montert til skroget på letefartøyet 10. Energikildene 25 kan være alle selektivt aktiverbare kilder som er egnet for undersjøiske undersøkelser, innbefattende, men ikke begrenset til, seismiske luftkanoner, vannkanoner, vibratorer, EM-sendere eller grupper av slike anordninger. Etter hvert som energi blir 10 utsendt fra energikildene 25, forplanter et signal seg nedover gjennom vannmassen 15 og bergartsformasjonene 30 under vannbunnen 35. Et modifisert signal som er reflektert av bergartsformasjonene 30 kan detekteres av sensorene 40 som er anordnet langs streameren 45 som slepes av letefartøyet 10 eller et annet fartøy. En 15 innføring 50 kan forbinde streameren 45 med letefartøyet 10. I den illustrerte utførelsesformen kan innføringen 50 omfatte en kabel. Sensorene 40 kan være anordnet på streameren 45 ved atskilte posisjoner. Typen sensorer 40 er ikke noen begrensning for omfanget av foreliggende oppfinnelse og kan være hydrofoner eller andre trykkfølsomme sensorer, geofoner, akselerometre eller andre bevegelsesfølsomme sensorer, EM-mottakere eller kombinasjoner av disse.

20 Signaler generert av sensorene 40 kan kommuniseres til utstyr på letefartøyet 10, vist generelt ved 55 og for letthets skyld referert til som «et registreringssystem». Registreringssystemet 55 innbefatter typisk anordninger (ikke vist separat) for navigering av letefartøyet 10, for aktivering av energikildene 25, for eksempel en elektronisk styringsenhet med sveipet vekselstrømfrekvens eller et annet signal, og 25 for koordinering av signaler generert av sensorene 40.

Streameren 45 kan for eksempel være dannet ved å kople et antall stive stammestreamerenheter 60 ende mot ende. Som vist, kan to stive stammestreamerenheter 60 koples ende mot ende, for eksempel ved et forbindelsespunkt 65. Det er tenkt at mer enn to stive stammestreamerenheter 60 kan brukes i utførelsesformer 30 av foreliggende oppfinnelse. Hver av de stive stammestreamerenhetene 60 kan omfatte et antall sammenkoblede stive stammer 70. Stammeforbindelser 75 kan være festet ved skjæringen mellom tilstøtende stive stammer 70, for eksempel den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer 70. Selv om det ikke er vist, behøver en stammeforbindelse 75 ikke å bli brukt, i noen utførelsesformer, for å 35 kople minst ett par tilstøtende stive stammer 70, for å etterlate en åpen skjøt. Som tidligere nevnt, kan streamerkomponentene (for eksempel lederne, sensorene 40 og annen elektronikk) være anordnet i de stive stammene 70. Geofysiske sensorer, slik

som bevegelsessensorer, kan for eksempel være anordnet inne i de stive stammene 70 hvor vannbevegelsen i forhold til streamerenhetene 60 blir avfølt ved hjelp av de stive stammene 70. Som et ytterligere eksempel kan kanaler eller andre organer (ikke vist) være anordnet i de stive stammene 70, for seismiske sensorer, slik som

5 hydrofoner, for å kunne motta trykksignalet fra vannmassen 15. I den illustrerte utførelsesformen er sensorene 40 innbefattet i de stive stammene 70. Selv om det foreliggende eksemplet bare viser en streamer 45, kan oppfinnelsen anvendes med et hvilket som helst antall lateralt atskilte streamere slept av letefartøyet 10 eller et

10 annet fartøy. For eksempel kan 8 eller flere lateralt atskilte streamere i noen eksempler slepes av letefartøyet 10, mens opp til 26 eller flere lateralt atskilte streamere kan slepes av letefartøyet 10 i andre utførelsesformer. Ved sleping av flere streamere (slik som streameren 45 på figur 1) som inneholder de stive stammestreamerenhetene 60, kan streamerne holdes ved uavhengige posisjoner både lateralt og

15 vertikalt (i forhold til slepebanen). Én av streamerne kan for eksempel holdes ved eller nær overflaten mens de andre streamerne kan være posisjonert dypere i vannmassen 15. I noen utførelsesformer kan streameren slepes ved en dybde på opp til omkring 25 meter. I alternative eksempler kan streameren 45 slepes ved en større dybde som typisk blir anvendt ved seismiske undersøkelser. Streameren 45 kan for eksempel slepes ved en dybde på opp til omkring 50 meter eller mer.

20 Streameren 45 som omfatter de stive stammestreamerenhetene 60, kan være utplassert fra letefartøyet 10 ved å bruke enhver egnet teknikk. En stiv stammestreamerenhet 60 kan for eksempel monteres på og utplasseres fra letefartøyet 10. Den stive stammestreamerenheten 60 kan dannes ved å lukke en fleksibel forbindelse mellom tilstøtende stive stammer 70 som diskutert mer detaljert nedenfor.

25 En lineær strekkmaskin 66 anordnet på letefartøyet 10 kan utplassere den stive stammestreamerenheten 60 i vannmassen 15. Ytterligere fleksible forbindelser mellom de stive stammene 70 kan lukkes etter hvert som den lineære strekkmaskinen 66 utplasserer den stive stammestreamerenheten 60 i vannmassen 15. I

30 noen utførelsesformer kan den lineære strekkmaskinen 66 omfatte én eller flere hjulpar som holder den stive stammestreamerenheten 60 i strekk etter hvert som den blir utplassert. Andre egnede lineære strekkmaskiner kan være brukt, som er i stand til å holde den stive stammestreamerenheten 60, innbefattende spennanordninger som er i inngrep med anslag på de stive stammene 70 eller spor eller skråkanter på de stive stammene 70; klamre i bånd eller i stempler eller andre

35 lineære maskiner som påfører kraft på de stive stammene 70; en hake eller en annen festeanordning på et rep koplek til et feste på de stive stammene 70, eller tapper som går inn i hull på de stive stammene 70 og som kan være fjærdrevet. Den

lineære stekkmaskinen 66 kan brukes for opphenting av de stive stammestreamerenhetene 60.

Figur 2 illustrerer et utførelseseksempel hvor letefartøyet 10 sleper et antall lateralt atskilte streamere 45a-45f. «Lateral» eller «lateralt» betyr i denne sammenheng på tvers av bevegelsesretningen til letefartøyet 10. Som vist, omfatter streamerne 45a-45f hver én eller flere stive stammestreamerenheter 60a-60f. I den viste utførelsesformen er to stive stammestreamerenheter 60a-60f forbundet ende mot ende for hver av streamerne 45a-45f. Sensorstreamerne 45a-45f kan være koplet til letefartøyet 10 ved hjelp av en innføringsline hvor én eller flere spredelinere 80 kan strekke seg mellom sensorstreamerne 45a-45f. Deflektorer 90 eller andre kabelspredaanordninger kan brukes, som tilveiebringer lateral kraft i forhold til bevegelsesretningen til letefartøyet 10, for å opprettholde en ønsket lateral avstand mellom sensorstreamerne 45a-45f. Deflektorene 90 kan være enhver type deflektor som er kjent på området og som genererer laterale krefter når de slepes gjennom vannmassen 15, slik som vingeformede legemer og deflektorer som har én eller flere foiler. I den viste utførelsesformen, er det anvendt et par deflektorer 90 med én av deflektorene 90 plassert ved hver ende av spredelinene 80. I den viste utførelsesformen har hver av deflektorene separate strekkorganer 85 (for eksempel et fiberrep, en armert kabel, osv.) som forbinder den tilsvarende av deflektorene 90 med letefartøyet 10 for overføring av slepekraft og/eller kraft og/eller signaler. Fjernstyrte fartøyer eller andre kraftdrevne fartøyer kan benyttes i forbindelse med, eller som et alternativ til, deflektorene 90 som tilveiebringer lateral kraft.

Det skal bemerkes at utførelsesformer av foreliggende teknikk kan anvendes i forbindelse med seismiske undersøkelser og andre typer marine undersøkelser hvor en sensor eller en annen innsamlingsanordning kan brukes til å hente inn data mens den blir slept gjennom vannmassen 15. En stiv stammestreamerenhet (for eksempel de stive stammestreamerenhetene 60 på figurene 1 og 2) som omfatter et antall sammenkoblede stive stammer, kan for eksempel brukes i andre typer marine undersøkelser, slik som ved sleping av sensorer, slik som akustiske sensorer, bevegelsessensorer, EM-mottakere eller andre egnede sensorer for marine undersøkelser. I alle disse anvendelsene kan de slepte legemene eller streamerne fortrinnsvis dra nytte av den stive stammestreamerenheten i stedet for konseptet med en slept samle kabel på en vinsj som hittil er blitt brukt.

Det vises nå til figur 3, hvor det er vist en stiv stammestreamerenhet 60 mer detaljert i samsvar med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse. Den stive stammestreamerenheten 60 som er vist på figur 3, kan brukes til å danne i det minste en del av en streamer 45 slept fra et letefartøy 10 som på konvensjonell måte

er i form av for eksempel fleksible kabler. Den stive stammestreamerenheten 60 kan være en anordning for et antall elementer som innbefatter mateledninger, gassledninger, optiske og/eller elektriske signaler, eksterne kraftanordninger, geofysiske sensorer, strekksensorer og geofysiske kilder. Den stive stammestreamerenheten 60 er vist i en åpen tilstand hvor den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stammer 65 er åpne. Når den er åpen, kan den stive stammestreamerenheten 60 foldes fra minst  $10^\circ$  til minst  $180^\circ$  i ett plan mellom tilstøtende stive stammer 70. I noen utførelsesformer kan den stive stammestreamerenheten 60 være lagret på letefartøyet 10 i den åpne tilstanden og settes sammen før utplassering i vannmassen 15.

10 Som vist, kan den stive stammestreamerenheten 60 omfatte et antall stive stammer 70. Den stive stammestreamerenheten 60 (når den er sammenstilt) er kjennetegnet som stiv ved at den har en bøyings-, torsjons- og/eller linjestivhet som kan opprettholdes over betydelige lengder, for eksempel opp til omkring 10 meter, omkring 50 meter, omkring 100 meter eller enda lengre. I motsetning til kabler og anordninger som har blitt benyttet som streamere tidligere, bør streameren med den 15 stive stammestreamerenheten 60 ikke oppvise kjedenedheng over i det minste partier av kabellengden, men bør heller oppvise elastisk oppførsel med deformasjon ifølge deformasjon av bjelker og ikke sinusformet, hyperbolsk eller parabolisk oppførsel som kabler og lignende. Den stive stammestreamerenheten 60 kan når den er 20 sammensatt, ikke lagres og utplasseres fra en trommel, men kan i stedet benytte et bevegelig eller fiksert festepunkt (slik som en avspenningsanordning som omfatter hjulpar) for utplassering fra letefartøyet 10 (for eksempel som vist på figur 1). Feste- punktet kan holde den stive stammestreamerenheten 60 ved hjelp av friksjon (for eksempel hjulpar) eller for eksempel en ring. I noen utførelsesformer kan den stive 25 stammestreamerenheten 60 karakteriseres som stiv over en lengde på omkring 25 meter eller mer, hvor de stive stammene 70 har en minste bredde eller høyde på omkring 1 meter eller mindre.

I noen utførelsesformer kan stammestreamerenheten 60 ha en bøyingsstivhet på 700 Newton-kvadratmeter (« $\text{Nm}^2$ ») eller mer over betydelige lengder (for 30 eksempel omkring 25 meter eller mer). Den stive stammestreamerenheten 60 kan for eksempel ha en bøyingsstivhet på  $700 \text{ Nm}^2$  over hovedsakelig hele sin lengde. Hver av de stive stammene 70 kan også ha en bøyingsstivhet på  $700 \text{ Nm}^2$ . Stivheten på  $700 \text{ Nm}^2$  svarer til en stivhet i en utraget bjelke på 1 meters lengde som er festet i én ende og med en last på 1 Newton i den andre enden, blir deformert om- 35 kring 0,5 mm under belastningen. Dette svarer til et aluminiumsrør (med en elastisitetmodul på 70 GPa) med en ytre diameter på 2 tommer og en tykkelse på 0,2 mm, et stålrør (med elastisitetmodul på 210 GPa) med en ytre diameter på 2 tommer og

en veggtykkelse på 0,03 mm eller en sirkulær stav med en elastisitetsmodul på 2 GPa. Hvert av disse elementene, det vil si aluminiumsrøret, stålrøret og den sirkulære staven, er eksempler på gjenstander med en bøyningstivhet på  $700 \text{ Nm}^2$ . En ytre diameter på 2 tommer krever typisk 5% deformasjon for å bli viklet på en 2 meters trommel, noe som er vanskelig for de fleste materialer. De fleste stive materialer kan deformeres maksimalt 0,1% eller, i de mest ekstreme tilfellene, 1% slik at de ikke kan vikles på en trommel uten å bli viklet som en vaier eller samlekabel. Materialer med lave styrker kan være i stand til å bli deformert, men vil da være myke for å muliggjøre bøyning.

10           Utførelsesformer av foreliggende teknikk er for bruk med materialer som har en stivhet som gjør det vanskelig å ta den stive stammestreamerenheten 60 på eller av en trommel. Stivheten vil skape en bøyearm for strekkspenningen som den blir tatt inn eller ut med. Denne avstanden multiplisert med strekkspenningen, skaper en last som den stive stammestreamerenheten 60 må bære i tverrsnittet til det første

15           kontaktpunktet med trommelen og er en kritisk belastning. Kontaktpunktet kan være ved eller foran det tangensiale punktet mellom trommelen og den stive stammestreamerenheten 60, hvor det tangensiale punktet svarer til null stivhet i den stive stammestreamerenheten 60 og en bøyingsarm lik null. Instrumenter som tidligere er brukt ved marine undersøkelser, har vanligvis flere bidragsyttere til bøyings-

20           armen. Sensorstreamere kan for eksempel ha forsterkere, koplingsanordninger, sensorhus og lignende som kan bidra til å øke bøyearmen. Bøyningsbegrensere kan også være plassert i endene for å beskytte ledningene på innsiden og som kan bidra til øket bøyearm. Innføringer kan også ha flere forskjellige bidragsyttere til økt bøyearm, innbefattende forsterkede samlekabler, faststoffer slik som gelfylte, myke

25           forsterkere eller lignende, og virkelige faststoffer slik som nylon, polyuretan eller blandinger. For tidligere anordninger som er brukt ved marine undersøkelser, har bøyearmen vært mindre enn 0,3 meter under en belastning på 3 kiloNewton («kN»). Noen typer vil ha nesten den samme bøyearmen for forskjellige belastninger (typisk hengslede skjøter og stive legemer), andre vil bli deformert under økende belastning

30           og dermed redusere bøyearmen (mens belastningen går opp), men alle materialer har begrenset stivhet og har en viss deformasjon selv om deformasjonen kan være meget vanskelig å detektere. Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse kan brukes med en stiv stammestreamerenhet 60 som er stivere enn  $700 \text{ Nm}^2$ . Dette er stivere enn andre kabel- eller streamerbaserte instrumenter som hittil er blitt brukt,

35           og dermed kan bøyearmen bli større enn 0,3 meter. Den stive stammestreamerenheten 60 er da i fare for å bli skadet eller permanent deformert hvis den utsettes for 3 kN eller mer, dermed er vinsjing ikke noen god håndteringsmetode.

De stive stammene 70 kan hver omfatte et stammelegeme 95. En rekke forskjellige materialer og kompositter kan være egnet for bruk i stammelegemet 95. I noen utførelsesformer kan stammelegemet 95 være laget av et materiale som omfatter aluminium, rustfritt stål eller titan. I noen utførelsesformer kan stammelegemet 95 være laget av et materiale som omfatter en kompositt, slik som glass- eller karbonarmert plast, slik som glass- eller karbonfibre i kombinasjon med epoksy eller andre harpikser (for eksempel polyester, vinylester, nylon, osv.). I noen utførelsesformer kan glassfibrene innbefatte e-glassfibre. I noen utførelsesformer kan stammelegemet 95 være laget av et materiale som omfatter en plast, slik som polyetylen, polybutylen tereftalat, polysulfon eller andre egnede termoplastiske polymerer. Kombinasjoner av egnede materialer kan også brukes. En vanlig fagkyndig på området bør på bakgrunn av denne fremstillingen være i stand til å velge et passende materiale for et stammelegeme 95 basert på et antall faktorer, innbefattende valg av en passende stivhet i forhold til vekt samtidig som prisen på og bindingsevnen til tilgjengelige harpikser blir opprettholdt.

I noen utførelsesformer kan stammelegemet 95 være i form av et rør eller en annen ledning som har et rørformet parti som definerer et indre kammer (for eksempel det indre kammeret 125 som er vist på figur 5). I noen utførelsesformer kan et fyllmateriale med oppdrift brukes til å fylle det indre kammeret. Ett eksempel på et passende oppdriftsmateriale omfatter luft eller en annen passende gass. Andre oppdriftsmaterialer kan imidlertid også brukes som kan tilveiebringe en viss grad av positiv oppdrift for ballast så vel som for elektrisk isolasjon, innbefattende skum, gelerte hydrokarbonbaserte oljer, hydrokarbonbasert olje, viskoelastiske polymerer eller andre passende elektrisk isolerende, akustisk transparente materialer for eksempel. I noen utførelsesformer kan overflatebehandlinger være påført den ytre overflaten 100 av stammelegemet 95, for eksempel for å redusere slepemotstand og begroing. Én eller flere antibegroingsmidler kan for eksempel være påført den ytre overflaten 100. Som et ytterligere eksempel kan én eller flere slepemotstandsreducerende behandlinger være påført den ytre overflaten 100. Selv om figur 3 illustrerer den stive stammestreamerenheten 60 som har tre stive stammer 70, skal det bemerkes at utførelsesformer av de stive stammestreamerenhetene 60 kan innbefatte flere eller færre enn tre stive stammer 70, som ønsket for en spesiell anvendelse.

De stive stammene 70 kan hver ha en lengde i for eksempel et område fra omkring 1,5 meter til omkring 50 meter, eller alternativt fra omkring 3 meter til omkring 12,5 meter. I spesielle utførelsesformer kan de stive stammene 70 hver ha en lengde på omkring 3,125 meter, omkring 6,125 meter eller omkring 12,5 meter. De stive stammene 70 kan hver ha en ytre diameter (for eksempel  $D_1$  på figur 18a) i et

område på fra omkring 0,02 meter til omkring 0,2 meter, eller i alternative utførelsesformer, fra omkring 0,04 meter til omkring 0,08 meter for utførelsesformer med et for eksempel sirkulærformet tverrsnitt. De stive stammene 70 kan ha en bredde ( $W_1$  på figur 18C) i et område på fra omkring 0,1 meter til omkring 0,5 meter og en høyde ( $H_1$  på figur 18C) opp til omkring 0,4 meter for utførelsesformer med for eksempel et vingeformet tverrsnitt. I noen utførelsesformer kan de stive stammene 70 ha et aspektforhold (forhold mellom bredde og høyde) på fra omkring 1 til omkring 20, omkring 2 til omkring 20, eller fra omkring 1 til omkring 8. Når de er sammenstilt, kan den stive stammestreamerenheten 60 ha en lengde i for eksempel et område fra omkring 50 meter til omkring 1000 meter. Hvis mer enn én stiv stammestreamerenhet 60 blir sammenføyd ende mot ende, kan den kombinerte enheten ha en lengde i et område fra omkring 200 meter til omkring 2000 meter eller lenger, for eksempel. I noen utførelsesformer kan den kombinerte enheten for eksempel ha en lengde på opp til omkring 8000 meter, som for eksempel kan brukes med sleping ved dybde på fra noen få til flere hundre meter.

I noen utførelsesformer kan den stive stammestreamerenheten 60 videre omfatte koplelementer ved hver ende av den stive stammestreamerenheten 60. I den viste utførelsesformen, omfatter den stive stammestreamerenheten 60 et endekoplelement 105 av hanntypen ved én ende og et endekoplelement 110 av hunntypen ved den motsatte enden. Endekoplelementene bør være utformet for tilkopleing til tilsvarende koplelementer (ikke vist) plassert ved de langsgående endene av tilstøtende stive innføringsenheter. Hvert av endekoplelementene kan danne mekanisk og elektrisk forbindelse med tilsvarende endekoplelementer på de andre stive stammeenheter (ikke vist).

I noen utførelsesformer kan én eller flere fleksible kabler 115, som kan være en elektrisk eller optisk leder for eksempel, strekke seg mellom de stive stammene 70. De fleksible kablene 115 kan danne en fleksibel forbindelse mellom de tilstøtende stive stammene 70. I noen utførelsesformer kan den fleksible kabelen 115 lede en gass, slik som luft, for å opprettholde luftvolumer, for å utgjøre ballast og for gjenvinning, så vel som forsyning til luftkanoner som kan være på den stive stammeenheden 60 for eksempel. Som vist, kan den fleksible kabelen 115 strekke seg fra hver ende av den stive stammestreamerenheten 60 mellom koplelementene (for eksempel fra koplelementet 105 av hanntypen til koplelementet 110 av hunntypen). Den fleksible kabelen 115 kan strekke seg gjennom det indre kammeret i de stive stammene 70. I noen utførelsesformer kan den fleksible kabelen 115 omfatte flere kabler som strekker seg gjennom passasjen.

Selv om det ikke er vist på figur 3, kan sensorer, aktuatorer, transdusere og annet utstyr (for eksempel tanker, batterier osv.) også være inkorporert i de stive stammene 70. Eksempler på sensorer som kan være inkorporert, innbefatter lyd/trykk-sensorer, bevegelsessensorer (fart, hastighet og/eller akselerasjon), EM-sensorer, magnetismesensorer (for eksempel kompass), trykk/dybde-sensorer, strekksensorer, overflate- eller bunnekkotransdusere/kartleggere. Eksempler på transdusere innbefatter lyd/trykk for akustisk posisjonsbestemmelse, laterale (for eksempel for å opprettholde nettverk av posisjoner for flere instrumenter), linjesensorer (for eksempel bøyning/vannegenskaper), bunn (høyde) eller overflate (dybde), og elektromagnetiske. I noen utførelsesformer kan én eller flere aktuatorer være innbefattet i de stive stammene 70. Eksempler på aktuatorer kan innbefatte styreflater, ballasttanker, åpninger, deksler/lokk og tilkoblingspunkter blant andre. Styreflater (slik som vinger) for styring eller rotasjonsmessig posisjon kan for eksempel brukes. Styreflatene kan virke til å tilveiebringe dybdestyring og/eller lateral styring av de stive stammene 70. Styreflatene kan dessuten gjøre det mulig for de stive stammene 70 å utføre en ønsket bevegelse mens de er i vannet, slik som en bølgebevegelse, føring til overflaten, dykking, redning eller opphenting. Ballasttanker kan også være innbefattet som kan gjøre det mulig for de stive stammene å opprettholde dybde, dykke opp til overflaten eller kompensere for vanninntrenging, slik som ved gassing av et overflømt kammer i den stive stammen 70. Åpninger kan også være anordnet for tilgang til sensorflater, ballast og/eller tyngde-/masse-punktmanipulering. Forbindelsespunkter som kan åpnes og/eller lukkes kan også være anbragt i de stive stammene 70, slik som for mate- eller overføringslinjer. Dekslers/lokk som kan åpnes og/eller lukkes kan også være anordnet, for å muliggjøre for eksempel rengjøring eller strømlinjet håndtering.

Figur 3 viser som tidligere nevnt, den stive stammestreamerenheten 60 i en åpen tilstand, for eksempel hvor streamerenheten 60 kan være lagret på fartøyet 10. Tilstanden er kalt «åpen» fordi den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer 70 er åpen. For å forsterke stivheten til den stive stammestreamerenheten 60, kan den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene 70 lukkes. I noen utførelsesformer kan lukking av den fleksible forbindelsen resultere i en bøyingsstivhet ved forbindelsen som kan nærme seg (for eksempel innenfor omkring 10%) bøyingsstivheten til de stive stammene 70 selv. Hvis lukkingen resulterer i en bøyestivhet ved sammenkoplingen av de stive stammene 70 som er i nærheten av bøyingsstivheten til de stive stammene 70 selv, så vil resultatet bli et legeme med nesten jevn bøyingsstivhet. Hvis lukkingen likevel resulterer i at én eller flere av forbindelsene mellom de stive stammene har en mykere bøyingsstivhet, kan denne

eller disse forbindelsene likeledes dominere deformasjonen, men kan likevel ha en betydelig høyere bøyingsstyrke enn uten lukkingen. Det skal bemerkes at uttrykket «lukke», «lukking» eller «lukket» når det refereres til den fleksible forbindelsen, ikke refererer til forsegling av den fleksible forbindelsen for å hindre innsiving av fluider, slik som sjøvann, men i stedet refererer til avstivning av den fleksible forbindelsen for å øke bøyingsstivheten til den stive stammestreamerenheten 60 ved sammenkoplingen mellom de stive stammene 70. Et antall forskjellige teknikker kan brukes til å lukke den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene, innbefattende, men ikke begrenset til, en stammeskjøt fastspent mellom tilstøtende stive stammer, en låsemuffe med innrettet tapp, sokkelforbindelser, flate og sammenpassende plan ortogonalt til hovedaksen. I noen utførelsesformer kan stammeskjøten være festet mellom par av de stive stammene som ligger an mot hverandre for å lukke de fleksible forbindelsene og gjøre den stive stammestreamerenheten 60 stivere. I alternative utførelsesformer kan låsetapper være festet mellom par av de stive stammene som ligger an mot hverandre for å lukke de fleksible forbindelsene og gjøre den stive stammestreamerenheten 60 stivere. I alternative utførelser kan stav- og sokkelforbindelser være laget mellom par av de stive stammene som befinner seg ved siden av hverandre for å lukke de fleksible forbindelsene og gjøre den stive stammestreamerenheten 60 stivere. I ytterligere alternative utførelsesformer kan et beskyttende deksel være plassert over de fleksible forbindelsene mellom par av de stive stammene som er ved siden av hverandre for å lukke de fleksible forbindelsene og gjøre den stive stammestreamerenheten 60 stivere.

Figurene 4 og 5 illustrerer en seksjon av en stiv stammestreamerenhet 60 som benytter en stammeskjøt 120 fastspent mellom de tilstøtende stive stammene 70 for å lukke den fleksible forbindelsen ved å danne en stiv forbindelse mellom de tilstøtende stive stammene 70 i samsvar med utførelseseksempler av foreliggende oppfinnelse. Som vist, er de stive stammene 70 i nærheten av hverandre og kan hver ha et indre kammer 125 med fleksible kabler 115 som strekker seg mellom de stive stammene 70. De fleksible kablene 115 kan løpe mellom de stive stammene 70 ved hjelp av det indre kammeret 125 som danner en fleksibel forbindelse mellom de stive stammene 70. I samsvar med foreliggende utførelsesformer kan hylser 130 brukes til å holde stammeskjøten 120 i en fastspent stilling for å lukke den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene 70. Endepartiene 135 av hver av de stive stammene 70 kan omfatte én av hylsene 130. Hylsene 130 kan være glidbart bevegelige på endepartiene 135. Hylsene 130 kan hver være fjærbelastet ved hjelp av en tilsvarende fjær 140. Den ytre overflaten 145 av hver av de stive stammene 70 kan omfatte et anslag 150 for å motta den tilsvarende fjæren 140. Endepartiene 135

av hver av de stive stammene 70 kan videre omfatte et hakk 155 som definerer et anslag 160, som tydeligst vist på figur 4.

Stammeskjøten 120 kan omfatte to klammerdeler 165. Klammerdelene 165 bør samvirke med hverandre, slik at når stammeskjøten 120 er sammensatt, definerer klammerdelene 165 en stiv stammepassasje som mottar i det minste en del av endepartiene 135 av de stive stammene 70. I noen utførelsesformer kan hver av klammerpartiene 165 ha et C-formet tverrsnitt. Det skal bemerkes at tverrsnittet til klammerpartiene 165 kan variere, for eksempel basert på den spesielle utformingen av de stive stammene 70. Klammerpartiene 165 kan hver ha en indre overflate 170, som tydeligst sett på figur 4. De indre overflatene 170 kan hver ha spor 175 ved hver ende som er i inngrep med de tilsvarende anslagene 160 på endepartiene 140 når stammeskjøten 130 er sammenstilt, som man best kan se på figur 5. Sporene eller fordypningene 175 kan hver strekke seg omkring den indre overflaten 170 ved hver ende av det tilsvarende klammerpartiet 165. Et fastspenningsanslag 180 kan være definert av hver av fordypningene 175. Fastspenningsanslagene 180 kan være i inngrep med de tilsvarende hakkene 155 i endepartiene 140 når stammeskjøten 130 er sammensatt, som tydeligst vist på figur 5. Hver ende av klammerpartiene 165 kan videre omfatte en ytre skulder 185 for å motta den tilsvarende hylsen 135, som tydeligst vist på figur 5. Hver av hylsene 135 glir inn i de tilsvarende ytre skuldrene eller anslagene 185 for å feste klammerpartiene 165 i fastspent posisjon for å kople sammen de stive stammene 105, som vist på figur 5.

Figurene 6 og 7 illustrerer en alternativ utførelsesform for lukking av den fleksible forbindelsen mellom tilstøtende stive stammer 70. I den viste utførelsesformen er en seksjon av en stiv stammestreamerenhet 60 vist, som omfatter to tilstøtende stive stammer 70. Som vist på figur 6, kan de tilstøtende stive stammene 70 holdes sammen ved hjelp av to hengsler 190 i den åpne posisjonen. Hengslene 190 kan generelt danne en fleksibel forbindelse mellom de tilstøtende stive stammene 70. Hengslene 190 kan generelt muliggjøre folding opp til 180 grader i ett plan slik at streamerenheten 60 kan lagres på letefartøyet 10 når den ikke er i bruk. Andre konstruksjoner for hengslene 190 kan brukes i samsvar med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse. Selv om det ikke er vist, kan elektriske eller optiske ledere også strekke seg mellom de tilstøtende stive stammene 70. Figur 7 illustrerer den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene 70 i en lukket stilling. I den viste utførelsesformen kan en låsetapp 195 være brukt for å sikre den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene 70, for å avstive forbindelsen mellom disse. Hver av de stive stammene 70 kan som vist ha en arm 200 som strekker seg i langsgående retning derfra. Åpninger 205 ved enden av hver arm 200, kan være innrettet

med låsetappen 195 som er anordnet gjennom de innrettede åpningene 205 for å lukke den fleksible forbindelsen. Selv om figurene 6 og 7 illustrerer bruk av hengsler 190 for å danne den fleksible forbindelsen, kan andre egnede teknikker slik som den fleksible kabelen 115 (for eksempel på figur 3) brukes til å danne den fleksible forbindelsen med låsetappen 195, brukt til å lukke den fleksible forbindelsen.

Figurene 8 og 9 illustrerer en annen alternativ utførelsesform for lukking av den fleksible forbindelsen mellom de tilstøtende stive stammene 70. I den viste utførelsesformen er seksjon av den stive stammestreamerenheten 60 vist, som omfatter to tilstøtende stive stammer 70. Som vist på figur 8, kan de tilstøtende stive stammene 70 holdes sammen ved hjelp av en fleksibel kabel 115 i den åpne stillingen. Den fleksible kabelen 115 kan generelt danne en fleksibel forbindelse mellom de tilstøtende stive stammene 70, for eksempel for å muliggjøre sammenfolding av streamerenheten 60 for lagring når den ikke er i bruk. Figur 9 illustrerer den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene 70 i lukket stilling. I den viste utførelsesformen innbefatter én av de stive stammene 70 en sokkel 210, mens den andre av de stive stammene 70 innbefatter et uttrekkbart organ, slik som en uttrekkbar stav 215. Den uttrekkbare staven 215 kan være innrettet for å strekke seg inn i sokkelen 210 for å lukke den fleksible forbindelsen og avstive forbindelsen mellom de tilstøtende stive stammene 70. Bøyningsstivheten til den uttrekkbare staven 215 kan brukes til å avstive forbindelsen og hindre bøyning. Selv om figurene 8 og 9 illustrerer bruk av den fleksible kabelen 115 for å danne den fleksible forbindelsen, kan andre egnede teknikker, slik som hengslene 190 (for eksempel på figur 6), brukes til å danne den fleksible forbindelsen med den uttrekkbare staven 215 og sokkelen 210 som brukes til å lukke den fleksible forbindelsen.

Figurene 10 og 11 illustrerer en annen alternativ utførelsesform for lukking av den fleksible forbindelsen mellom de tilstøtende stive stammene 70. I den viste utførelsesformen er en seksjon av en stiv stammestreamerenhet 60 vist, som omfatter to tilstøtende stive stammer 70. Som vist på figur 10, kan de tilstøtende stive stammene 70 holdes sammen ved hjelp av hengsler 190 i den åpne tilstanden. Hengslene 190 kan generelt danne en fleksibel forbindelse mellom de tilstøtende stive stammene 70, for eksempel for å muliggjøre sammenfolding av streamerenheten 60 for lagring når den ikke er i bruk. Figur 11 illustrerer den fleksible forbindelsen mellom de stive stammene 70 i en lukket stilling. I den viste utførelsesformen innbefatter én av de stive stammene 70 en sokkel 210 som for eksempel kan være gjenget. Den motstående av de stive stammene 70 kan innbefatte et uttrekkbart organ, slik som en gjenget stav 220. Den gjengede staven 220 kan roteres inn i gjengeinngrep med sokkelen 210 for å lukke den fleksible forbindelsen og dermed

avstive forbindelsen for å hindre bøyning. Figurene 10 og 11 viser også en stopper 216 for ytterligere å muliggjøre en stiv forbindelse, for eksempel når den gjengede staven 215 kan være bare under strekk. Selv om figurene 10 og 11 illustrerer bruk av hengslene 190 for å danne den fleksible forbindelsen, kan andre egnede teknikker, slik som den fleksible kabelen 115 (som for eksempel vist på figur 3 eller figur 8), brukes til å danne den fleksible forbindelsen med den gjengede staven 220 og sokkelen 210 brukt til å lukke den fleksible forbindelsen.

Figurene 12 og 13 illustrerer et utførelseseksempel som innbefatter et beskyttende deksel 225. Som vist, kan det beskyttende dekslet 225 være påført mellom de tilstøtende stive stammene 70 for å beskytte den fleksible forbindelsen, slik som elektriske ledere, optiske ledere og andre kabler, deler og forsyningsledninger som kan befinne seg der. Det beskyttende dekslet 225 kan strekke seg over den fleksible forbindelsen i den lukkede stillingen, tydeligst vist på figur 13. I noen utførelsesformer kan det beskyttende dekslet 225 være anbragt på én av de stive stammene 70 (figur 12) og gli over den fleksible forbindelsen for beskyttelse av denne (figur 13). Det beskyttende dekslet 225 kan låses med inngrep med gjenger (ikke vist) direkte på de stive stammene 70, passe på én eller flere sylindriske overflater (ikke vist) på hver side av de stive stammene 70, eller laget på andre måter som vil være opplagte for vanlig fagkyndige på området som har kunnet sette seg inn i denne beskrivelsen. Det beskyttende dekslet 225 kan være plassert over den fleksible forbindelsen manuelt eller med en maskin. I andre utførelsesformer kan det beskyttende dekslet holdes sammen med låsetapper, muttere eller andre egnede forbindelsesmekanismer. Selv om figurene 12 og 13 illustrerer bruk av hengslene 190 for å danne den fleksible forbindelsen og låsetappen 195 for å lukke den fleksible forbindelsen, kan andre egnede teknikker slik som de som er beskrevet her, brukes i overensstemmelse med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse.

Som vist på figurene 14 og 15, kan det beskyttende dekslet 225 også brukes i noen utførelsesformer til å lukke den fleksible forbindelsen, for derved å avstive forbindelsen og hindre bøyning. En fleksibel kabel 115 kan brukes til å holde de tilstøtende stive stammene 70 sammen i den åpne stillingen, best synlig på figur 14. For å lukke den fleksible forbindelsen, kan det beskyttende dekslet 225 være påsatt mellom de tilstøtende stive stammene 70. Selv om figurene 14 og 15 illustrerer bruk av den fleksible kabelen 115 for å danne den fleksible forbindelsen, kan andre egnede teknikker, slik som hengslene 190 (se for eksempel figurene 6, 10 eller 12), brukes til å danne den fleksible forbindelsen med det beskyttende dekslet 225 brukt til å lukke den fleksible forbindelsen.

Som nevnt, kan utførelsesformer omfatte to eller flere enn to stive stammestreamerenheter 60 koplet ende mot ende for å danne en streamer 45. Selv om et antall forskjellige teknikker kan brukes for å kople streamerenhetene 60 til hverandre, kan endekoplingselementer være plassert ved hver ende av streamerenhetene for sammenkopling. Figurene 16 og 17 illustrerer endekoplingselementer som kan brukes i forbindelse med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse for sammenkopling av stive stammestreamerenheter 60. Som vist, kan et koplings-  
5 element 105 av hanntypen brukes, som innbefatter et basisparti 230 og en forlengelse 235 fra basispartiet 230. Koplingselementet 105 av hanntype kan videre innbefatte ledere 240, slik som elektriske og optiske ledere, i en indre del 245 av  
10 koplingselementet 105. Forlengelsen 235 kan innbefatte elektriske kontakter 250. Et koplingselement 110 av hunntypen kan også brukes, som innbefatter en sokkel 255. Et indre parti 260 av koplingselementet 110 kan også innbefatte ledere 265, slik som elektriske og optiske ledere. Sokkelen 255 kan for eksempel også innbefatte  
15 elektriske kontakter 270. Som man best kan se på figur 17, kan forlengelsen 235 på koplingselementet 105 av hanntype bringes i inngrep med sokkelen 255 i koplingselementet 110 av hunntype. Elektriske og/eller optiske forbindelser kan dannes mellom koplingselementene 105, 110, for eksempel ved å bruke de elektriske kontaktene 250, 270 i henholdsvis forlengelsen 235 og sokkelen 255.

Det skal bemerkes at formen på tverrsnittet til de stive stammene 70 ikke  
20 behøver å være sirkulært, men kan variere etter ønske for en spesiell anvendelse. De stive stammene 70 kan for eksempel ha et ovalt, sirkulært, triangulært, kvadratisk, femkantet, et annet mangekantet, vingeformet eller ikke-symmetrisk tverrsnitt. Figurene 18A til 18C illustrerer stive stammer 70 med forskjellig formede tverrsnitt.  
25 Figur 18A illustrerer en stiv stamme 70A med et sirkulært formet tverrsnitt. Figur 18B illustrerer en stiv stamme 70B med et rektangulært formet tverrsnitt. Figur 18C illustrerer en stiv stamme 70C som har et flatt eller vingeformet tverrsnitt. Det vingeformede tverrsnittet kan for eksempel være ønskelig for å redusere slepemotstandskoeffisienten for den stive stammestreamerenheten 60. I noen utførelsesformer (ikke  
30 vist) kan det vingeformede tverrsnittet ha en asymmetrisk vingeprofil, som for eksempel kan være gunstig for å tilveiebringe ensidig løft. Det vingeformede tverrsnittet kan ha et forhold mellom bredde  $W_1$  og høyde  $H_1$  som er større enn omkring, og alternativt større enn omkring 1,5. I noen utførelsesformer kan det vingeformede tverrsnittet ha et forhold mellom bredde  $W_1$  og høyde  $H_1$  i et område på fra omkring  
35 1 til omkring 10. Figurene 18A til 18C illustrerer videre de stive stammene 70 som har et indre kammer 125, som kan innbefatte forskjellige kabler, slik som elektriske eller optiske kabler for eksempel.

Figur 19 illustrerer en seksjon av en stiv stammestreamerenhet 60 hvor den stive stammen 70 omfatter vinger 275a, 275b som strekker seg fra stammelegemet 95 i overensstemmelse med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse. Som vist, kan den stive stammestreamerenheten 60 for eksempel slepes i eller nær horisontalplanet. Strømningsretningen er illustrert på figur 19 ved hjelp av en pil 280. For å tilveiebringe lateral kraft og plassere den respektive sensorstreameren 45 (for eksempel streamerne 45a-45f på figur 2) i en valgt lateral posisjon, kan den stive stammen 70 omfatte vinger 275a, 275b montert til stammelegemet 95. Som vist, kan én av vingene 275a, 275b strekke seg oppover fra stammelegemet 95 mens den andre av vingene 275a, 275b for eksempel kan strekke seg nedover fra stammelegemet 95. I noen utførelsesformer kan vingene 275a, 275b foldes ut eller trekkes inn. Ved å kunne folde ut vingene 275a, 275b til en åpen posisjon, kan den stive stammestreamerenheten 60 aktiveres for løft etter utplassering. Vingene 275a, 275b kan med andre ord foldes ut etter utplassering i vannmassen 15 for bevegelse til den valgte laterale posisjon. I noen utførelsesformer kan stammelegemet 95 ha et stivt stammehulrom 285 for å motta vingene 275a, 275b. I en lukket tilstand kan vingene 275a, 275b være sammenfoldet og lagret i det stive stammehulrommet 285. For å utplassere vingene 275a, 275b kan noen av en lang rekke forskjellige egnede teknikker brukes. I noen utførelsesformer kan en vingedekkende stammehylse 290 dekke vingene 270a, 270b for å holde dem i det stive stammehulrommet 285. I alternative utførelsesformer kan vingene 275a, 275b åpnes ved å bruke hengsler eller forbindelser (ikke vist) som kan være automatiske eller drevet manuelt i kombinasjon med fjærer (ikke vist) for forspenning av vingene 275a, 275b.

Den vingedekkende stammehylsen 290 kan være anordnet over i det minste et parti av stammelegemet 95 og være glidbart bevegelig på stammelegemet 95. Den vingedekkende stammehylsen 290 kan for eksempel være utformet for å bevege seg på stammelegemet 95 og avdekke vingene 275a, 275b. En gjenget skrue eller en annen egnet mekanisme (ikke vist) kan brukes til å drive den vingedekkende stammehylsen 290. I noen utførelsesformer kan vingene 275a, 275b for eksempel være forspent ved hjelp av en fjær (ikke vist), slik at avdekking av vingene 275a, 275b skal få vingene 275a, 275b til å åpne seg. For å lukke vingene 275a, 275b kan den vingedekkende stammehylsen 290 føres tilbake over vingene 275a, 275b for å få vingene til å folde seg tilbake inn i stammehulrommet 285. Den stive stammen 70 kan videre omfatte en vingehulromhylse 295 i stammen anordnet over i det minste en del av stammelegemet 95 og glidbart bevegelig på stammelegemet 95. Vingekavitethylsen 285 kan beveges for å dekke vingehulrommet 285, for eksempel for å hindre slepemotstand forårsaket av å ha en åpning i den stive

stammen 70. Den vingedekkende stammehylsen 290 og vingekavitetshylsen 295 kan ha samme form som stammelegemet 95, for eksempel for å redusere slepemotstand på den stive stammestreamerenheten 60.

I alternative utførelsesformer (ikke vist) kan vingene 275a, 275b være montert på stammelegemet 95 ved utplassering fra letefartøyet 10 og fjernes fra stammelegemet 95 ved opphenting fra vannmassen 15. Vingene 275a, 275b kan for eksempel monteres på stammelegemet 95 ved hjelp av en sneppertforbindelse (ikke vist) eller en annen egnet forbindelsesmekanisme.

Selv om figur 19 illustrerer bare en enkelt stiv stamme 70, skal det bemerkes at to eller flere stive stammer 70 som hver har vinger 275a, 275b, kan anvendes i en stiv stammestreamerenhet 60 i samsvar med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse. For å variere det laterale løftet som genereres av vingene 275a, 275b, kan vingene 275a, 275b på et delsett av de stive stammene 70 åpnes. I noen utførelsesformer kan den stive stammestreamerenheten 60 komme i inngrep med et uønsket objekt, slik som fiskeutstyr, søppel eller rep som er i vannmassen 15. For å frigjøre objektet, kan vingene 275a, 275b på suksessive stive stammer 70 lukkes inntil objektet er blitt frigjort. Avhengig av nærheten til sensorstreameren 45 og den ønskede laterale posisjon, kan forskjellige vinkler  $\beta$  velges for vingene 275a, 275b på hver av de stive stammene 70.

Utførelsesformer kan følgelig innbefatte bruk av en stiv stammestreamerenhet som omfatter et antall sammenkoblede stive stammer under en marin undersøkelse. Én av de mange potensielle fordelene er at den stive stammeenheten kan lages stivere og lettere enn de tidligere brukte kablene. Utførelsesformer av den lettere, stive stammeenheten kan muliggjøre bruk av tyngre og mer effektive forsterkningsorganer som kan brukes i kombinasjon med luft i stedet for olje eller geler som oppdriftsmateriale. Nok en annen av de mange potensielle fordelene er at stivheten til den stive stammeenheten bør tilveiebringe mindre forlengelse, krymping og form- eller posisjonsendringer. På grunn av den økte stivheten, kan videre bedre signalmottakelse oppnås fra streameren på grunn av bedre signalmottakelse ved hjelp av støyfiltrering, mindre forringelse, krymping og mer stabil form og posisjon av sensorene. Redusert slepemotstand (for eksempel fra slepemotstandsreducerende overflatebehandling, glattere utside) og det å ha antibegroingsbehandlede overflater (for eksempel fra påføring av antibegroingsmiddel), kan videre også tilveiebringe bedre signalmottakelse. Nok en annen av de mange potensielle fordelene er at den stive stammeenheten bør være mindre utsatt for rotasjon og sammenfiltring.

I motsetning til systemer som bruker stive stammeenheter i streamere som omfatter et antall sammenkoblede stive stammer under en marin undersøkelse, illu-

strerer figur 20 et konvensjonelt seismisk undersøkelsessystem 300. Som vist, kan det seismiske undersøkelsessystemet 300 innbefatte et letefartøy 305 som sleper et antall sensorstreamere 310 gjennom en vannmasse 315. Innføringslinjer 320 kan brukes til å kople sensorstreamerne 310 til letefartøyet 305. Hver av sensor-

5 streamerne 310 kan innbefatte sensorer 325. Sensorstreamerne 305 kan også innbefatte lateral kraft- og dybde-styringsanordning 330 (for eksempel «vinger») og tilhørende akustiske avstandsavførende anordninger 335, som kan være anordnet ved valgte posisjoner langs sensorstreamerne 305 og samlokalisert med LDF-

10 anordningene 330 eller ved separate posisjoner. Spredeanordninger 340, slik som styreflater eller paravaner, kan brukes til å opprettholde lateral avstand mellom sensorstreamerne 305. I motsetning til det systemet som er illustrert på figur 20, kan utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse som bruker stive stammeenheter under en undersøkelse, inneholde nesten ingen bøyer, styreflater, paravaner, kjettinger eller ekstra rep eller LFD-anordninger, slik som vinger. En geofysisk undersøkelse

15 kan for eksempel utføres som bare har de ønskede lys og antenner over vannet.

Foreliggende oppfinnelse er derfor velegnet for å oppnå de formål og fordeler som er nevnt, så vel som de som er iboende i oppfinnelsen. De spesielle utførelsesformene som er beskrevet ovenfor, er bare illustrerende ettersom foreliggende oppfinnelse kan modifiseres og praktiseres på forskjellige, men ekvivalente måter som vil være opplagte for fagkyndige på området som har hatt fordelene av å kunne sette seg inn i den her angitte lære. Selv om individuelle utførelsesformer er diskutert, dekker oppfinnelsen alle kombinasjoner av alle disse utførelsesformene. Ingen begrensninger er videre tilsiktet i forbindelse med detaljer ved konstruksjon eller utforming som er vist her, annet enn det som er beskrevet i de etterfølgende patent-

20 krav. Det er derfor klart at de spesielt illustrerende utførelsesformene som er angitt ovenfor, kan endres eller modifiseres, og alle slike variasjoner er ansett å være innenfor rammen av foreliggende oppfinnelse. Alle tall og områder som er beskrevet ovenfor, kan til en viss grad variere. Der hvor et numerisk område med en nedre grense og en øvre grense er angitt, er et hvilket som helst tall og ethvert innbefattet

25 område som faller innenfor området, spesielt beskrevet. De ubestemte artiklene «en» eller «et» slik de er brukt i patentkravene, er her bestemt å bety ett eller flere enn ett av de elementene som de introduserer. Uttrykkene i patentkravene har også sin rene, vanlige betydning med mindre noe annet eksplisitt og tydelig er angitt av patentsøkeren. Hvis det er noen konflikt med bruken av et ord eller uttrykk i denne

30 beskrivelsen og ett eller flere patenter eller andre dokumenter som kan være inkorporert ved referanse, skal de definisjonene som er i overensstemmelse med denne beskrivelsen tilpasses for det formål å forstå denne oppfinnelsen.

35

Patentkrav

1. Sensorstreamer, omfattende  
5 en stiv stammeenhet som omfatter et antall stive stammer som er forbundet med hverandre og som hver omfatter et stammelegeme som avgrenser ett eller flere indre kamre, hvor en geofysisk sensor er innbefattet i én eller flere av de stive stammene.
2. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor de stive stammene hver har en lengde i et  
10 område fra omkring 1,5 meter til omkring 50 meter, og hvor den stive stammeenheten har en lengde i et område fra omkring 50 meter til omkring 1000 meter.
3. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor den stive stammeinnføringsenheten er  
15 kjennetegnet ved å ha en bøyingsstivhet på  $700 \text{ Nm}^2$  over en lengde på minst omkring 25 meter.
- 4 Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor luft eller en annen gass fyller de indre  
kamrene i stammelegemet.
- 20 5. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor den stive stammeinnføringsenheten er stiv over en lengde på minst omkring 25 meter, hvor den stive stammeinnføringsenheten har en minste bredde eller høyde på omkring 1 meter eller mindre.
- 25 6. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor stammeskjøtene er festet mellom spesielle stive stammer som er ved siden av hverandre for å gjøre den stive stammeenheten stivere.
- 30 7. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor låsetapper er festet mellom spesielle stive stammer som befinner seg ved siden av hverandre, for å gjøre den stive stammeenheten stivere.
- 35 8. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor stav-og-sokkel-forbindelser er dannet mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, for å gjøre den stive stammeenheten stivere, hvor en stav fra én av de stive stammene strekker seg inn i en sokkel i en tilstøtende av de stive stammene.

9. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor beskyttende deksler er anordnet over forbindelser mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre.
- 5 10. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor hengsler forbinder de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre i en åpen tilstand for å danne fleksible forbindelser, hvor den stive stammeenheten har en lukket tilstand hvor den fleksible forbindelsen mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, er gjort stivere.
- 10 11. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor én eller flere fleksible kabler forbinder de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre i en åpen tilstand for å danne fleksible forbindelser, idet den stive stammeenheten har en lukket tilstand hvor den fleksible forbindelsen mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, er gjort stivere.
- 15 12. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor minst én av de stive stammene omfatter en vinge montert til stammelegemet.
- 20 13. Sensorstreamer ifølge krav 1, hvor den geofysiske sensoren omfatter minst én av en seismisk sensor eller en elektromagnetisk feltsensor.
14. Geofysisk undersøkelsessystem, omfattende:  
et letefartøy; og  
en sensorstreamer som omfatter en første stiv stammeenhet og en andre stiv stammeenhet forbundet ende mot ende til den første stive stammeenheten, hvor den første stive stammeenheten og den andre stive stammeenheten hver omfatter et antall stive stammer som er koplet sammen og som hver omfatter et stammelegeme som definerer ett eller flere indre kamre.
- 25 15. System ifølge krav 14, hvor de stive stammene hver har en lengde i et område fra omkring 1,5 meter til omkring 50 meter, og hvor den stive stammeenheten har en lengde i et område fra omkring 50 meter til omkring 1000 meter.
- 30 16. System ifølge krav 14, hvor stammeskjøter er festet mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, for å gjøre den første stive stammeenheten og den andre stive stammeenheten stivere.
- 35

17. System ifølge krav 14, hvor låsetapper er festet mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, for å gjøre den første stive stammeenheten og den andre stive stammeenheten stivere.
- 5 18. System ifølge krav 14, hvor en stav-og-sokkel-forbindelse er dannet mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, for å gjøre den første stive stammeenheten og den andre stive stammeenheten stivere.
- 10 19. System ifølge krav 14, hvor beskyttende deksler er anordnet over fleksible forbindelser mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre.
20. Fremgangsmåte for geofysiske undersøkelser, omfattende:  
å tilveiebringe en stiv stammeenhet for streamere, som omfatter et antall stive stammer som er forbundet med hverandre og som hver omfatter et stammelegeme  
15 som definerer ett eller flere indre kamre, hvor de stive stammene er forbundet med hverandre ved hjelp av fleksible forbindelser;  
å lukke de fleksible forbindelsene mellom de stive stammene for å gjøre den stive stammeenheten stivere; og  
å utplassere den stive stammeenheten i en vannmasse fra et letefartøy.
- 20 21. Fremgangsmåte ifølge krav 20, videre omfattende å kople en annen stiv stammeenhet ende mot ende til den stive stammeenheten.
- 25 22. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor lukking av den fleksible forbindelsen omfatter å feste stammeskjøter mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, til hverandre.
- 30 23. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor lukking av de fleksible forbindelsene omfatter å feste låsetapper mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre.
- 35 24. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor lukking av de fleksible forbindelsene omfatter å danne en stav-og-sokkel-forbindelse mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre, idet dannelsen omfatter å strekke ut en stav fra én av de stive stammene inn i en sokkel i en tilstøtende av de stive stammene.

25. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor lukking av de fleksible forbindelsene omfatter å plassere beskyttende deksler over de fleksible forbindelsene mellom de spesielle stive stammene som er ved siden av hverandre.
- 5 26. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor minst én av de fleksible forbindelsene mellom de stive stammene ikke blir lukket.
27. Fremgangsmåte ifølge krav 20, videre omfattende å detektere et geofysisk signal med en sensor på den stive stammeenheten.
- 10 28. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor lukkingen av de fleksible forbindelsene inntreffer samtidig med utplassering av den stive stammeenheten.
29. Fremgangsmåte ifølge krav 20, hvor utplassering av et antall stive stamme-  
15 enheter i vannmassen, hvor minst én av de stive stammeenhetene blir plassert dypere i vannmassen, mens en annen av de stive stammeenhetene blir plassert nær en overflate av vannmassen.
- 20 30. Fremgangsmåte ifølge krav 20, videre omfattende å slepe minst én energikilde gjennom vannmassen, hvor energikilden blir slept over og frakoplet fra en vannbunn.

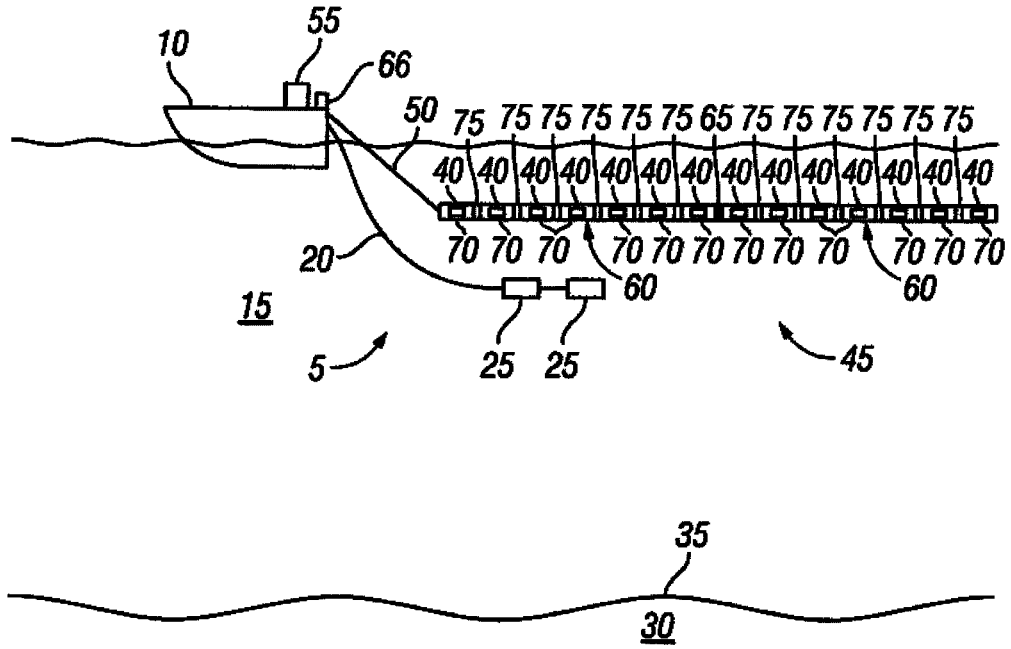


FIG. 1

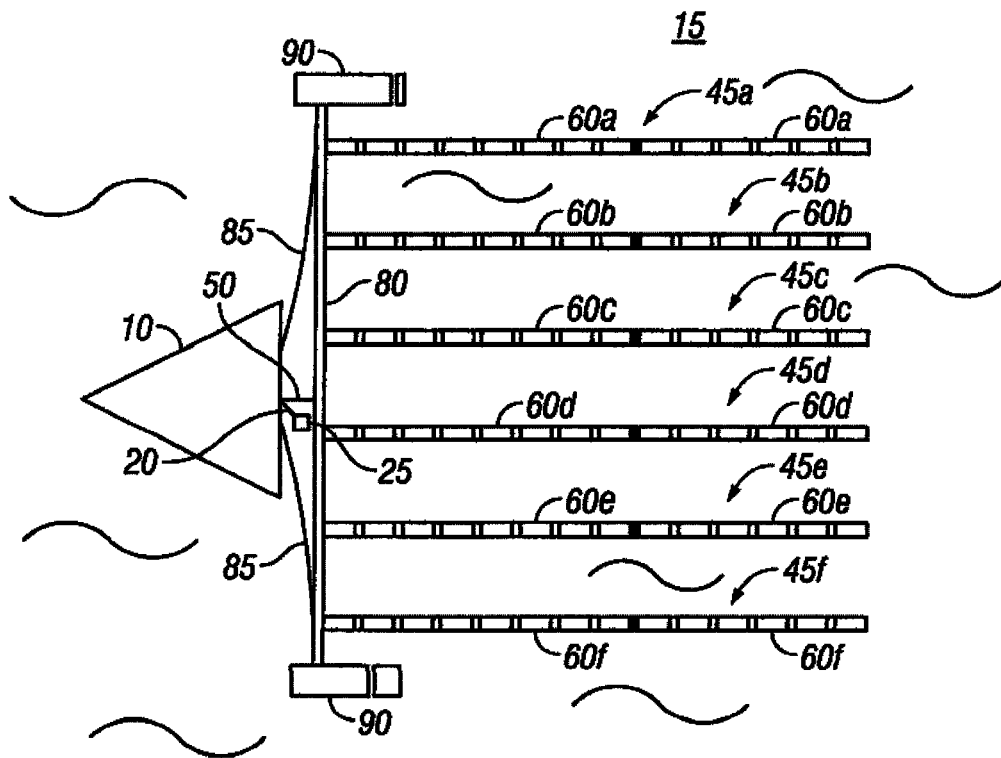


FIG. 2

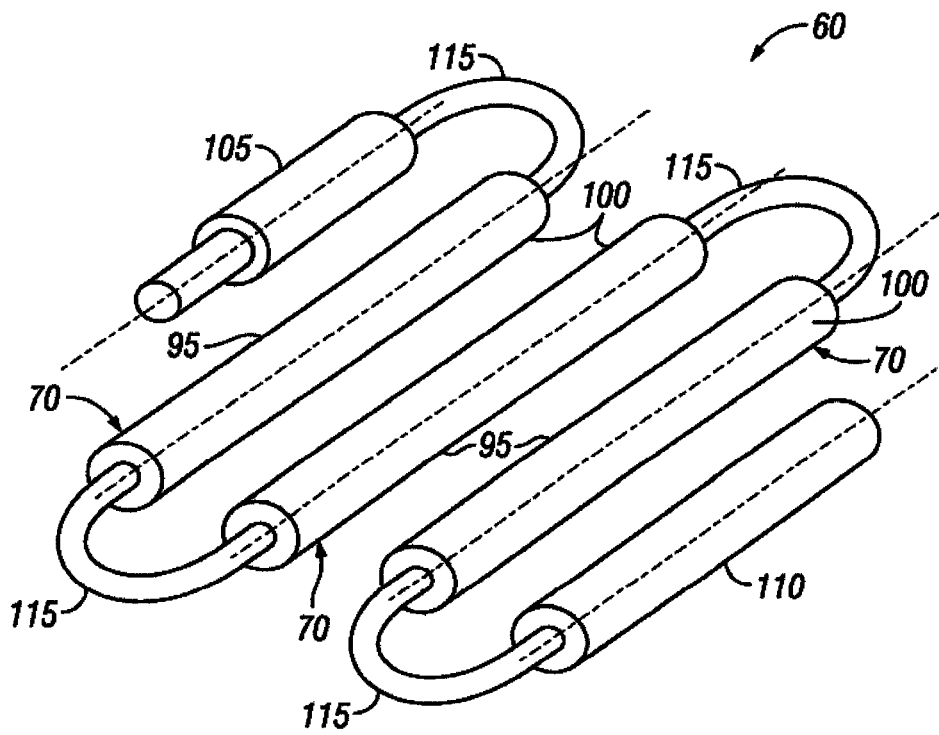


FIG. 3

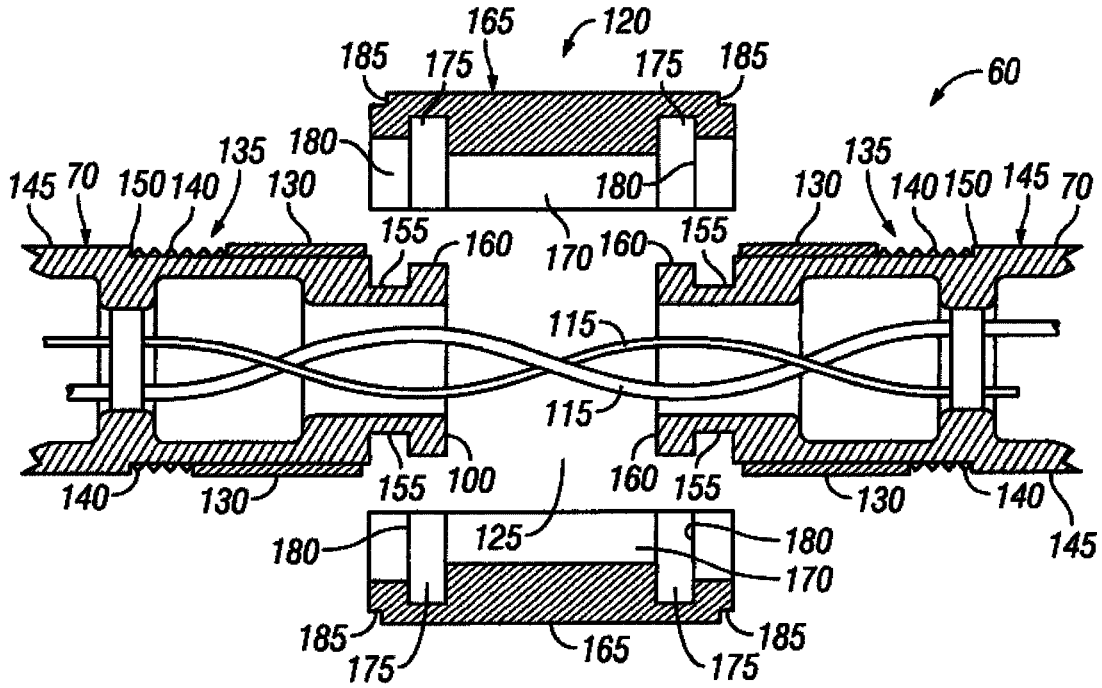


FIG. 4

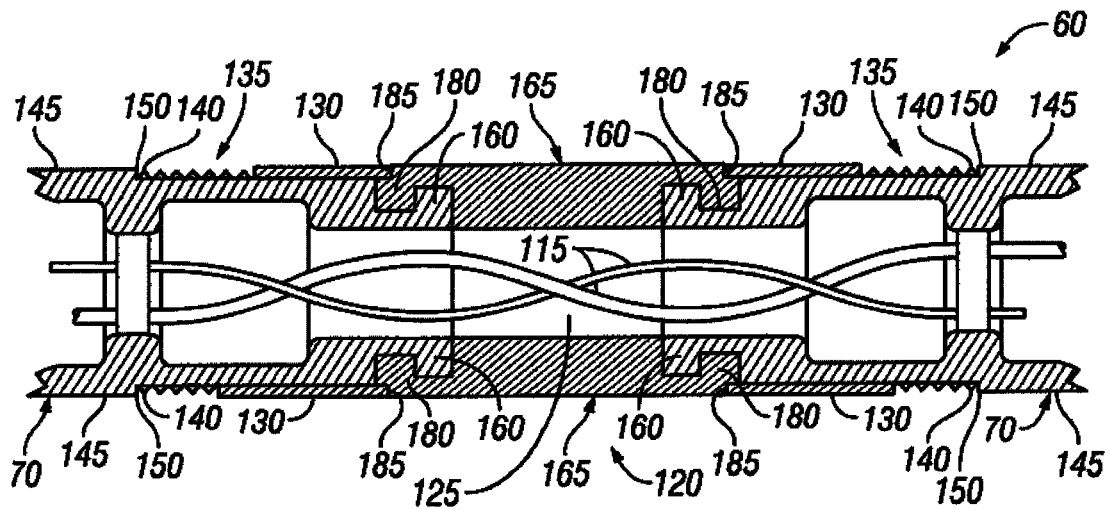


FIG. 5

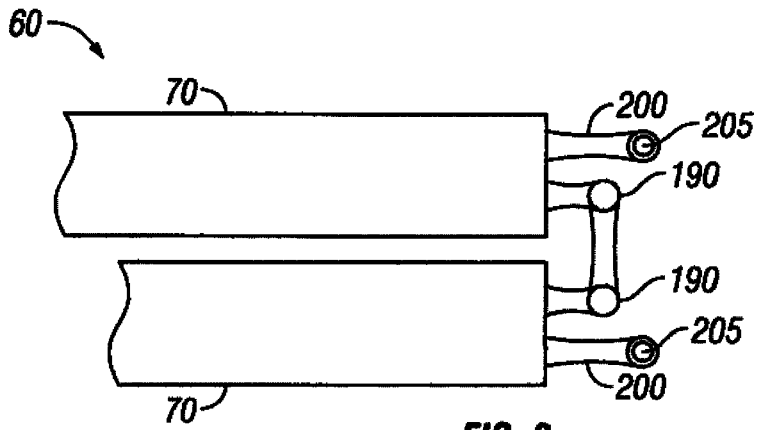


FIG. 6

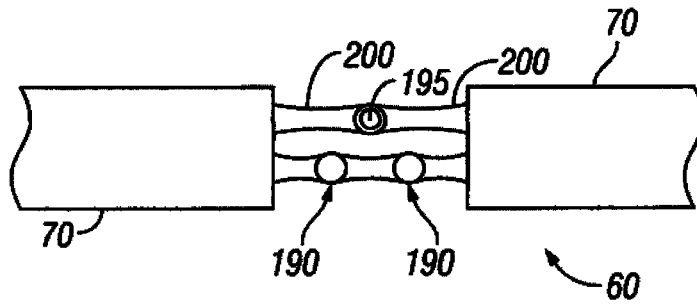


FIG. 7

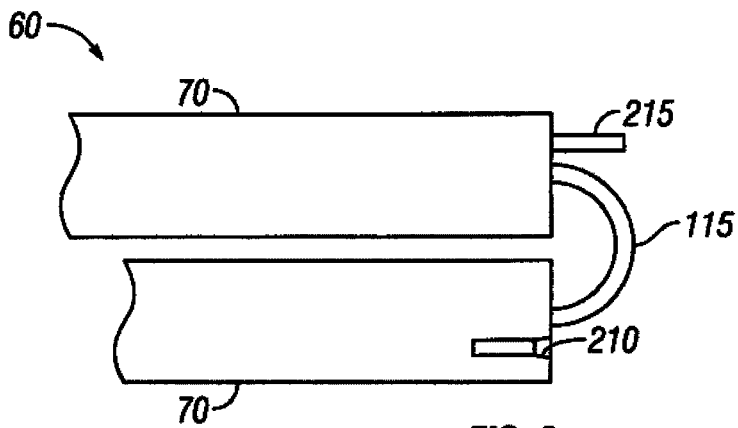


FIG. 8

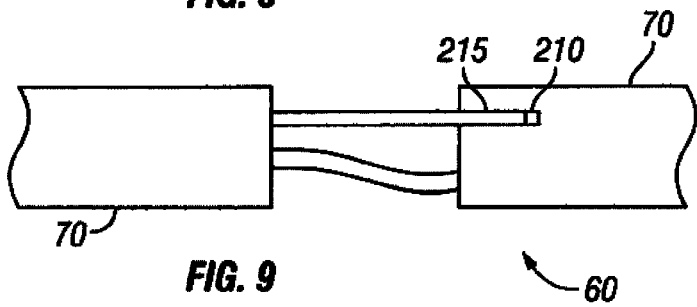


FIG. 9

5/8

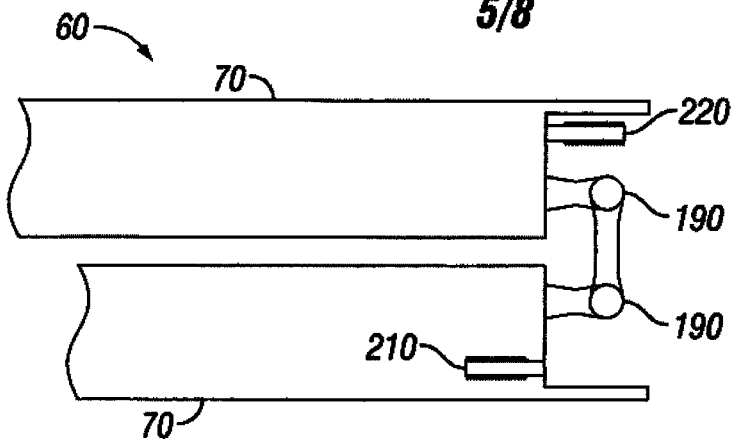


FIG. 10

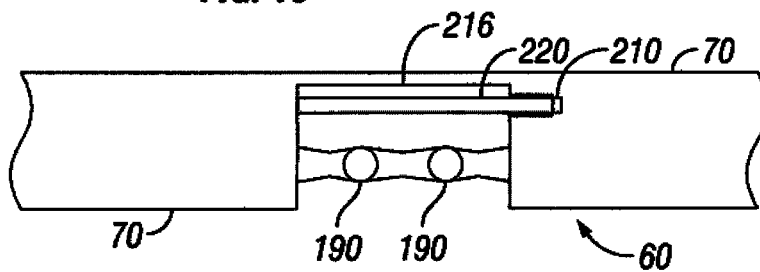


FIG. 11

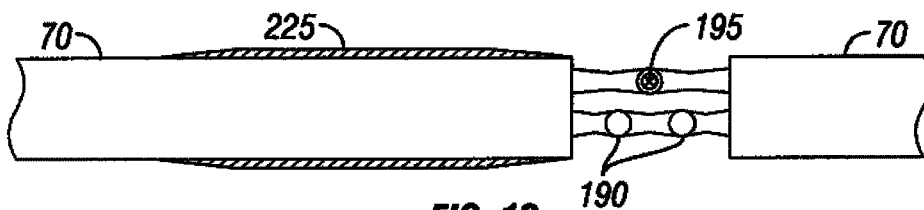


FIG. 12

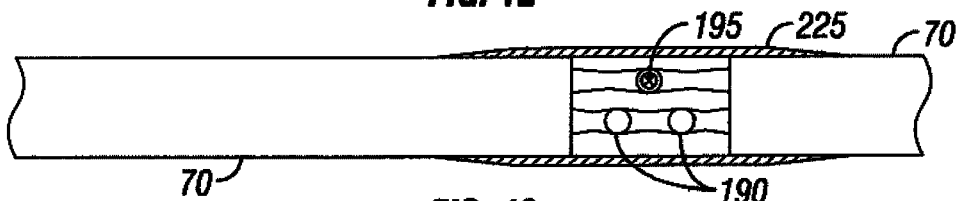


FIG. 13

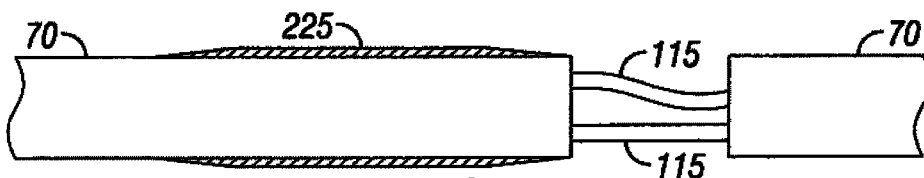


FIG. 14

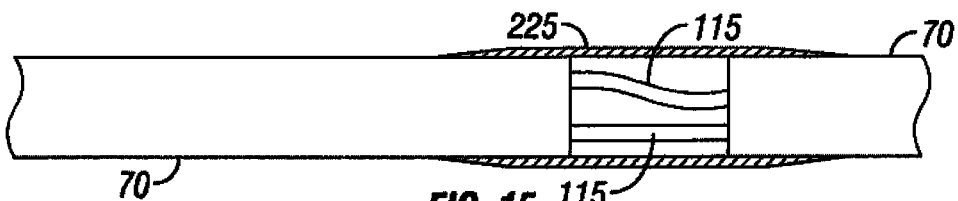


FIG. 15

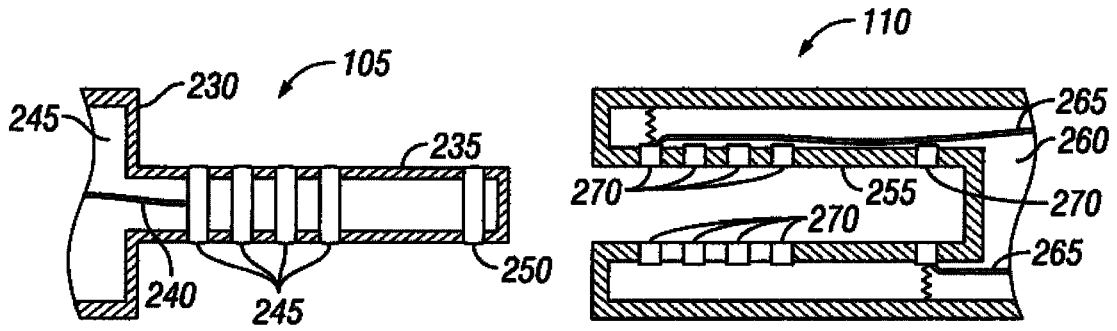


FIG. 16

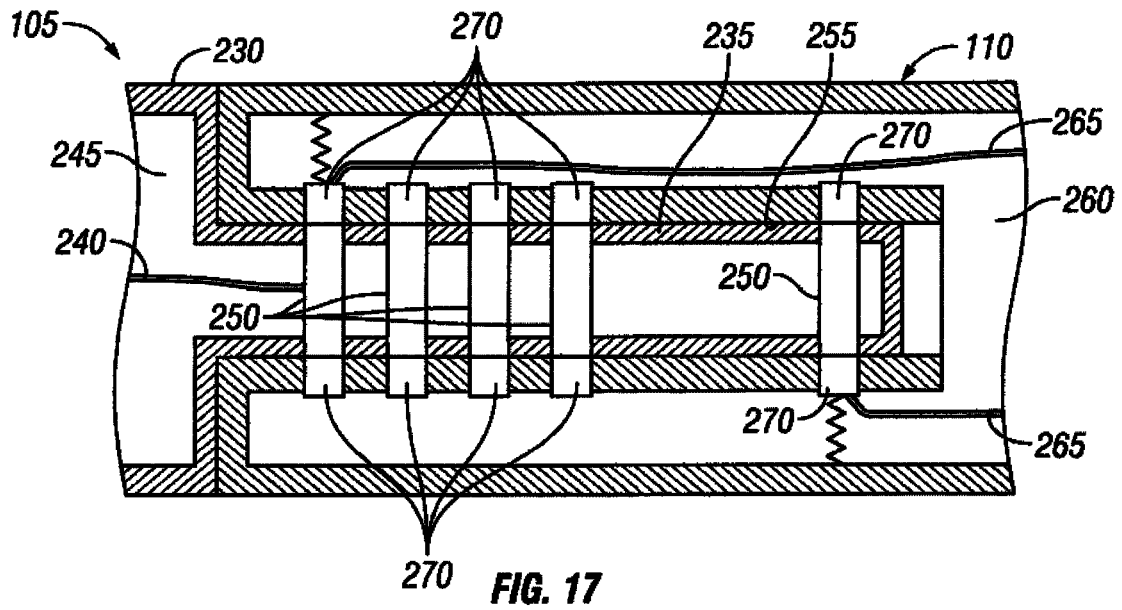


FIG. 17

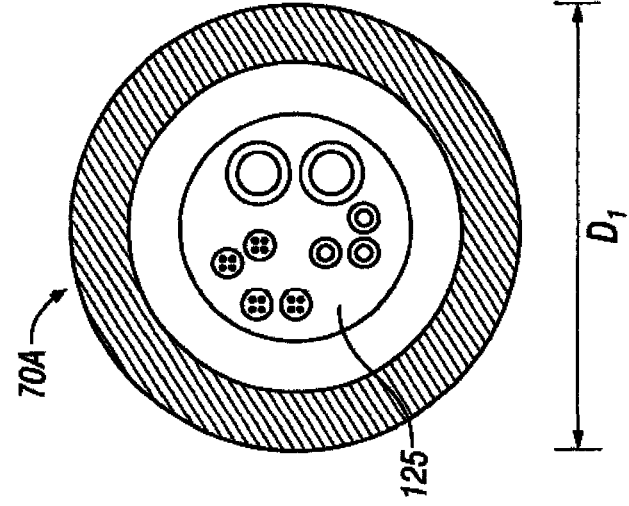


FIG. 18A

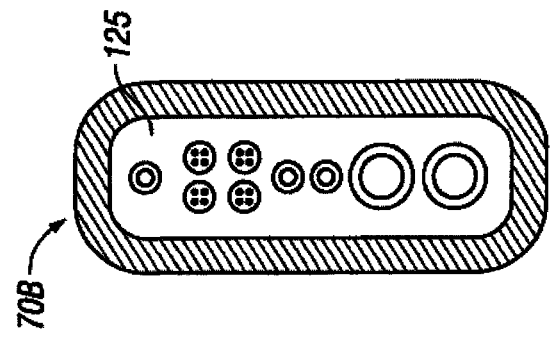


FIG. 18B

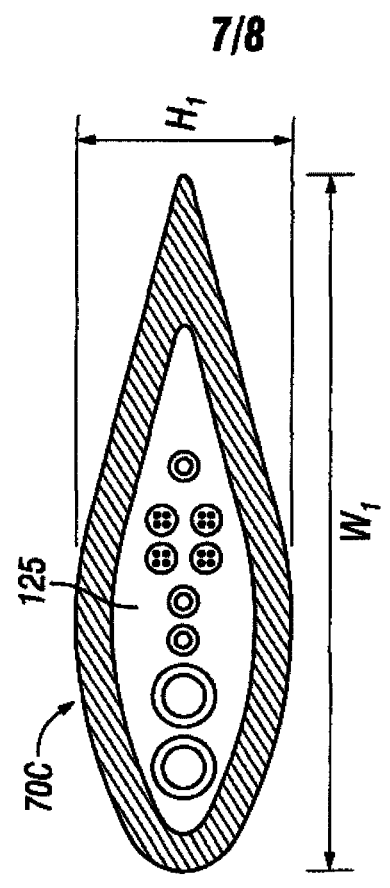


FIG. 18C

