



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **302982**

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 02 B 6/44

Patentstyret

(21) Søknadsnr	903982	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	12.09.90	(85) Videreføringsdag	13.09.89, JP, 237740/89
(24) Løpedag	12.09.90	(30) Prioritet	14.09.89, JP, 239333/89
(41) Alm. tilgj.	14.03.91		01.11.89, JP, 286764/89
(45) Meddelt dato	11.05.98		

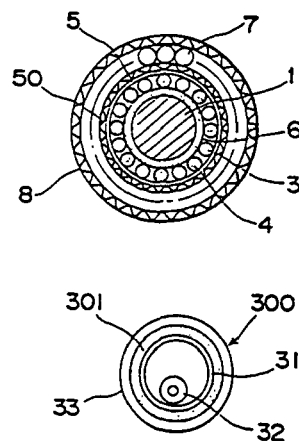
(73) Patenthaver	Sumitomo Electric Industries Ltd, 5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 541, JP
(72) Oppfinner	Ryosuke Hata, Osaka-shi, Osaka, JP Masayuki Hirose, Osaka-shi, Osaka, JP Toshiyuki Amagai, JP Masayoshi Yamaguchi, Osaka-shi, Osaka, JP Hiroyuki Kimura, Osaka-shi, Osaka, JP
(74) Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, 0306 Oslo

(54) Benevnelse **Undervannskabel som omfatter optiske fibrer**

(56) Anførte publikasjoner NO B 167777, NO B 168333, EP A 321262, GB A 2052092

(57) Sammendrag

En langstrakt undervannsenhet med inkorporert optisk fiber omfatter optiske fiberenheter (3) anordnet inne i eller på utsiden av en plastmantel (6) anordnet på omkretsen av kjernelegemet (1) for den langstrakte undervannsenhet, såsom en kraftkabelkjerne eller et vanntilførselsrør. Hver optisk fiberenhet (3) innbefatter en optisk fiber (32) som er akkommodert i en metalledning (31) som på sin omkrets har et belegningslag (33) laget av plastmateriale med et smeltepunkt som er høyere enn smeltepunktet for materialet for plastmantelen (6), og forsterkende jerntrådbunter (7) er dessuten anordnet på utsiden av plastmantelen (6) på omkretsen av kjernelegemet (1) slik at enhver knekking av de optiske fiberenheter (3) unngås.



Oppfinnelsen angår en undervannskabel som innbefatter optiske fibrer og omfatter et i lengderetningen forløpende, sentralt kjernelegeme, en plastmantel på kjernelegemets omkrets, et lag som omfatter flere fiberoptiske enheter som er viklet på 5 plastmantelens utside, idet hver av de fiberoptiske enheter omfatter en optisk fiber som er opptatt i et metallrør, og flere armeringsjærntrådbunter på omkretsen av laget av fiberoptiske enheter.

Oppfinnelsen angår også en undervannskabel med innar- 10 beidede optiske fibrer og omfattende et i lengderetningen forløpende, sentralt kjernelegeme, en plastmantel som omgir kjernelegemet, et lag som omfatter flere fiberoptiske enheter som er anordnet på plastmantelens innside, idet hver av de fiberoptiske enheter omfatter en optisk fiber som er opptatt i et 15 metallrør, og flere armeringsjærntrådbunter som er anordnet på utsiden av plastmantelen.

En undersjøisk kraftkabel som innbefatter optiske fibrer, lages vanligvis på en slik måte at en plastmantel av polyetylen, vinylklorid eller liknende, som på sin omkrets har 20 et spiralspor eller et spor i lengderetningen, tilveiebringes på omkretsen av en kabel med en enkelt kjerne eller med tre kjerner, idet en optisk fiber er lagt inn i sporet og armeringsjærntråder ytterligere er tilveiebrakt på utsiden av plastmantelen eller alternativt slik at en fiberoptisk kabel tilveiebringes i form 25 av en spiral eller SZ-streng på omkretsen av en kraftkabel, på hvilken en plastmantel og, ytterligere på utsiden av denne, armeringsjærntråder er anordnet. I tilfellet med en kabel med tre kjerner blir vanligvis en optisk fiber innført i tomrom mellom kabelkjernene for oppbygning.

30 Den optiske fiber har imidlertid generelt lav mekanisk styrke, og knekking er derfor av kritisk betydning. Dessuten forårsaker lokal bøyning eller en såkalt mikrobøy at en optisk fibers transmisjonsegenskaper blir merkbart forringet.

I enkelte tilfeller når en optisk fiber har begrenset 35 lengde på grunn av spolen til en opprullingsinnretning eller liknende, slik at den optiske fiber ikke kan kombineres med en kraftkabel i en sammenhengende lengde, må den optiske fiber skjøtes. Når forøvrig kraftkabler utsettes for skjøting på fabrikk, er det også nødvendig at optiske fibrer skjøtes

samtidig.

Det er således nødvendig å gi plass for sammenskjøtingsmarginer på en kraftkabel eller inne i og langs hele sporet på en plastmantel med optiske fibrer som er blitt forbundet med hverandre, og å tillate innføring av disse uten mikrobøyer. Denne teknikk har utgjort den største flaskehals ved produksjon av fiberoptiske enheter. Dette innebærer at optiske fibrer når de forbindes med hverandre, må befinne seg vekk fra kraftkabelhovedlegemet. Marginaldelen for dette formål er det meget vanskelig å føre på plass uten å forringe den optiske fibers ytelse. Når dessuten et flertall optiske fibrer anvendes, vil forskjellige marginlengder av disse nærmest hindre dem fra å kunne tas opp.

Fra NO 167 777 er det kjent en fiberoptisk undervannstelekomunikasjonskabel med en sentral armering som er dekket av et plastbelegningsslag og flere fiberoptiske enheter som er viklet på plastlagets utside. De fiberoptiske enheter omfatter optiske fibrer som er anbrakt i metallrør som er innstøpt i et andre lag av plastmateriale, slik at dette plastmateriale fullstendig dekker laget med de optiske fibrer og ethvert klaringsrom mellom metallrørene. Plastbelegningslagene kan bestå av en polyolefin, så som polyetylen eller polyvinylklorid, nylon og liknende materialer med lav varmeutvidelseskoeffisient.

Fra EP 0 321 262 er det kjent en fiberoptisk kabel for bruk under vann, hvor kablen består av en kjerne som er omgitt av en mantel av polyten med lav tetthet. Rundt mantelen er det snodd et første lag med stålvaiere og optiske fibrer som er opptatt i hylser av rustfritt stål. Utenpå dette lag er et andre lag med stålvaiere snodd i motsatt retning av det første lag. Kablen er dekket av et ytre beskyttende lag som består av polyten med middels tetthet.

Fra GB 2 052 092 er det videre kjent en fiberoptisk kabel for bruk under vann, hvor kablen har en sentral kjerne som består av en legering eller et metall, og som på overflaten er forsynt med skruelinjeformede spor som hvert er beregnet for opptakelse av en optisk fiber. Et lag av aluminium omgir kjernen med fibrene, og en plastmantel omgir aluminiumslaget. Stålvaiere er snodd rundt enheten for å beskytte fibrene. Et lag av metall og et ytre lag av en plastforbindelse beskytter kablen mot korrosjon og inntrengning av vann.

Formålet med oppfinnelsen er å tilveiebringe en undervannskabel som omfatter optiske fibrer og har en slik konstruksjon som innledningsvis beskrevet, hvor kabelen er slik anordnet at enhver knekking som vil påvirke den fiberoptiske enhet under bøyingsoperasjonen av kabelen, hindres. Den her nevnte knekking er kritisk for en optisk fiber fordi enhver lokal bøyning eller såkalt mikrobøy forårsaker at en optisk fiber vil bli forringet med hensyn til sine transmisjonsegenskaper.

For oppnåelse av ovennevnte formål er det tilveiebrakt en undervannskabel av den innledningsvis angitte type hvor de fiberoptiske enheter er viklet på plastmantelens utside, hvilken kabel er kjennetegnet ved at hvert metallrør har et separat plastbelegningslag på sin omkrets som forsterkning for dette.

Ifølge oppfinnelsen er det også tilveiebrakt en undervannskabel av den innledningsvis angitte type hvor de fiberoptiske enheter er anordnet på plastmantelens innside, hvilken kabel er kjennetegnet ved at hvert metallrør er omgitt av et separat plastbelegningslag som forsterkning for dette, idet materialet i plastbelegningslaget har et høyere smeltepunkt enn smeltepunktet til materialet i plastmantelen.

Oppfinnelsen skal beskrives nærmere i det følgende i forbindelse med utførelseseksempler under henvisning til tegningene, der

fig. 1 viser et tverrsnittsriss av en utførelse av en undersjøisk kraftkabel med optiske fibrer, i henhold til den foreliggende oppfinnelse,

fig. 2 viser et tverrsnittsriss av en utførelse av en fiberoptisk enhet i henhold til oppfinnelsen,

fig. 3 viser et tverrsnittsriss av en annen utførelse av den undersjøiske kraftkabel med optiske fibrer, i henhold til oppfinnelsen,

fig. 4 viser et tverrsnittsriss av en ytterligere utførelse av den undersjøiske kraftkabel med optiske fibrer, i henhold til oppfinnelsen,

fig. 5 (a) til (d) viser alle forklarende riss for forsøk med hensyn til anordningen av fiberoptiske enheter,

fig. 6 viser et tverrsnittsriss av en utførelse av en undervannskabel med optiske fibrer i henhold til oppfinnelsen,

fig. 7 viser et generelt forklarende riss av fremstil-

lingsmetoden for en undervannskabel med optiske fibrer, i henhold til oppfinnelsen, og

fig. 8 viser et tverrsnittsriss av en utførelsesform av en fiberoptisk enhet i henhold til oppfinnelsen.

5 Ved utviklingen av den foreliggende oppfinnelse ble det foretatt en rekke forsøk og avveininger for å komme frem til en konstruksjon av en undervannskabel med fiberoptiske enheter for på enklest mulig måte å kunne inkorporere disse sammen med et kjernelegeme, og likevel være frie for enhver forringelse hva
10 gjelder den optiske fibers mekaniske egenskaper og transmisjons-egenskaper.

Ved et arrangement hvor 30 stykker av metallrør med en utvendig diameter på ca. 1,0 mm og med en optisk fiber opptatt i hvert rør, ble viklet på en blymantel for en kraftkabelkjerne
15 med en utvendig diameter på ca. 70 mm i form av en spiral med stigninger på 70 multiplisert med 7 til 12, med en polyetylenmantel anordnet på denne, ble det da enhetene ble utsatt for 20 gangers resiprok bøyning med en radius på $70 \text{ mm} \times 20 = 1400 \text{ mm}$ og de optiske fibrer og metallmantler ble undersøkt, observert
20 at flere fiberoptiske enheter ble utsatt for brudd. Det viste seg derfor at metallrøret har liten knekkstyrke og derfor lav stivhet, hvilket hovedsakelig var årsaken til det ovenstående resultat.

Av denne grunn ble det ifølge oppfinnelsen i tillegg
25 tilveiebrakt et polyetylenbelegningslag på omkretsen av et metallrør som en forsterkning for dette. Da et altfor tykt polyetylenbelegningslag vil føre til en altfor stor utvendig diameter av metallrøret og på uønsket måte gjør trinngapene for de fiberoptiske enheter synlige utenfra når en polyetylenmantel
30 anordnes på arrangementet av de fiberoptiske enheter, ble polyetylenbelegningslagets tykkelse utformet for å være 0,5-1,0 mm, idet den utvendige diameter av en fiberoptisk enhet var 2-3 mm. Deretter, som vist på fig. 5 (a) til (d), ble prototyper av enhetene som innbefattet de optiske fibrer, produsert i to typer,
35 hvorav den ene hadde bare fiberoptiske enheter 3 påviklet, mens den andre hadde både fiberoptiske enheter 3 og nylonstreng-avstandsstykker 4 påviklet sammen, og dessuten en polyetylenmantel anordnet på disse.

Slike produkter ble utsatt for bøyningsforsøk og

deretter demontert for nærmere undersøkelse. Følgende resultater ble da funnet.

(1) Polyetylenbelegningslaget på de fiberoptiske enheter viste seg å være blitt delvis smeltet ut eller deformert
5 på grunn av ekstruderings Temperaturen for polyetylenmantelen (polyetylen har generelt et smeltepunkt på 120-130 °C og blir ekstrudert som et belegningslag ved ca. 200 °C), og det kunne ikke tjene som en effektiv forsterkning.

(2) Tilfellene ifølge fig. 5 (c) og (d) viste forholds-
10 vis ønskelige resultater med forholdsvis mindre virkning enn ifølge det foregående punkt (1), mens enkelte fiberoptiske enheter 3 var involvert i forekomsten av den ovennevnte knekking, hvilket viste at de fremdeles var utilstrekkelige i forsterkning og dermed også i stivhet til å kunne oppnå stabile produkter ved
15 masseproduksjon.

(3) En sammenlikning mellom den spredte vikling som vist på fig. 5 (a) og (b) og den tette vikling som vist på fig. 5 (c) og (d) viste at den tette vikling oppviste en mer ensartet bevegelse av de fiberoptiske enheter 3 overfor bøyning med
20 ytterligere reduksjon av forekomsten av lokal knekking.

(4) Nylonstrengavstandsstykkene 4 oppviste ingen uregelmessigheter.

I lys av disse resultater ble det i henhold til oppfinnelsen trukket den konklusjon at det som belegningslag på
25 et metallrør for optiske fibrer er mest ønskelig å anvende et plastmateriale med et høyere smeltepunkt og en høyere stivhet enn for polyetylen anvendt som plastmantel for kraftkabelkjernen. I henhold til fig. 5 (a) til (d) ble deretter de samme forsøk utført hvor et nylonbelegningslag erstattet polyetylenbelegnings-
30 laget på et metallrør for de fiberoptiske enheter 3.

Det viste seg at enhver anordning som vist på fig. 5 (a) til (d), ga et tilfredsstillende resultat. En ytterligere undersøkelse hva gjaldt forskjellen mellom (a) og (d) viste at anordningene (c) og (d) også her er overlegne i forhold til
35 andre, og at når kablene dessuten ble utsatt for prøvning med tverrrspenning og knusing, var anordningene (c) og (d) fremdeles overlegne. Da forsøk ble utført med andre materialer, som f.eks. polybuten, polypropylen og FRP, var resultatene de samme som med nylon. Spesielt viste FRP seg å være overlegent da det hadde høy

mekanisk styrke og gode stivhetsegenskaper.

Senere ble de samme bøyningsforsøk som beskrevet ovenfor, utført med armeringsjærntråder på polyetylenmantelen, og de samme konklusjoner kunne trekkes som de ovenstående.

5 Basert på de tidligere oppnådde resultater ble ytterligere forsøk utført med de fiberoptiske enheter viklet på kraftkabelens polyetylenmantel. Ved dette forsøk var tykkelsen av den fiberoptiske enhets belegningslag 0,5-1,0 mm og den fiberoptiske enhets utvendige diameter var 2-4 mm. I dette
10 tilfelle ble det i tillegg til prototyper med den spredte vikling vist på fig. 5 (a) og (b) fremstilt prototyper med den tette viklingsstruktur vist på fig. 5 (c) og (d), hvor nylonstreng-avstandsstykker var tilføyd til de fiberoptiske enheter. Det viste seg at den tette vikling med armeringsjærntråder anordnet
15 på denne ville bli utsatt for mindre forspenningsbelastning av den utvendige kraft fra armeringsjærntrådene og dessuten for mindre lokal bøyning eller bevegelse i de fiberoptiske enheter, hvorved på fordelaktig måte forekomsten av eventuelle lokale uregelmessigheter ble undertrykket.

20 I tilfellet med fig. 5 (c), når diameteren av en optisk fiber ligger i området 2-4 mm, var nylonstrengavstandsstykkets utvendige diameter 3-6 mm, dvs. øket med 1-2 mm. I et annet tilfelle i henhold til fig. 5 (d) var diametrene av både fiberoptiske enheter og nylonstrengavstandsstykker av samme type,
25 dvs. 2-4 mm. I begge tilfeller ble viklingsstigningene gjort 7-12 ganger større enn de minste diametre for de konsentrerte deler av de fiberoptiske enheter, og på disse ble det anordnet et viklingslag av polypropylengarn som et sete, en eneste armeringsjærntråd med en utvendig diameter på 8 mm og et omfletningslag
30 av polypropylengarn, på liknende måte som ved vanlig teknikk for undersjøiske kabler.

Slike kabler ble utsatt for frem- og tilbakegående bøyning 20 ganger med en radius på 20 ganger den utvendige diameter av armeringstråden, og beskadigelsesgraden i de
35 fiberoptiske enheter ble iaktatt. Hver anordning viste seg da å være mer eller mindre sunn, men nærmere bestemt oppviste strukturen med tett vikling mer stabile og bedre resultater enn forventet.

Deretter ble tverrbelastning og knusing utført for å

undersøke de fiberoptiske enheters flytegrense. Resultatet var at selv om begge anordninger ga tilstrekkelig ytelse, oppviste anordningen i henhold til fig. 5 (c) en høyere flytegrense for de fiberoptiske enheter fordi dens trykk ble delt med nylon-
5 strengavstandsstykker i sterkere grad enn ved anordningen i henhold til fig. 5 (d). Anordningen i henhold til fig. 5 (c) er derfor å foretrekke i de tilfeller hvor sidetrykket er større. I andre tilfeller hvor sidetrykkytelsen ikke kommer inn i bildet, er det imidlertid å foretrekke å ha den samme diameter for både
10 fiberoptiske enheter og nylonstrengavstandsstykker som vist på fig. 5 (d), da dette letter fremstillingen av og reduserer antallet av viklingsenheter så langt som mulig, med derav følgende øket produktivitet. I et slikt tilfelle hvor sidetrykkytelsen kan være lav, vil dessuten såvel anordningen i henhold
15 til fig. 5 (a) som i henhold til fig. 5 (b) være tilstrekkelig og bidra til besparelser. Disse variasjoner kan velges i avhengighet av driftsbetingelsene.

Dessuten viste belegningsmaterialet som ble påført på omfletningslaget av polypropylengarn som et ytterste lag, seg
20 ikke å ha noen virkning på nylonet, polybutenet og polypropylenet som plastbelegningslag for fiberoptiske enheter.

De kabler som har slike anordninger, vil dessuten være utsatt for inntrengning av sjøvann eller liknende via armerings-
tråder og frem til fiberoptiske enheter. Hva gjelder motstanden
25 mot sjøvann, selv om polyetylen er blitt mer utstrakt anvendt og har vist seg ikke å medføre problemer, har nylon, polybuten og polypropylen også blitt fastslått å gi gode resultater ved langvarige neddykkingsforlengelses- og bruddspennings-
senkningsforsøk. Det er imidlertid enkelte tilfeller hvor
30 polyetylen er å foretrekke fremfor nylon i et miljø i nærheten av sjøvannets overflate, hvor virkningen av ultrafiolette stråler, fukting på grunn av sjøvann og gjentatt tørking forekommer. I et slikt tilfelle er det ønskelig å påføre et ytterligere belegningslag av polyetylen med en tykkelse på 0,5-
35 2,0 mm utenpå nylonbelegningslaget i tillegg til belegningslagene for nylonstrengavstandsstykkene og de fiberoptiske enheter.

Ved begge de anordninger eller arrangementer som er beskrevet ovenfor, kan fremgangsmåten for å vikle fiberoptiske enheter og nylonstrenger være SZ-snoing, som i det vesentlige er

ekvivalent med spiralvikling, mens spiralviklingsmetoden er å foretrekke fremfor SZ-snoingsmetoden på grunn av lettere produksjon.

Fig. 1 viser et tverrsnittsriss gjennom en foretrukken utførelse av en undersjøisk kraftkabel i henhold til oppfinnelsen som omfatter optiske fibrer.

På fig. 1 betegner 1 et kraftkabelkjernelegeme, 2 betegner en metallmantel, som f.eks. en blymantel, for kraftkabelen, 3 betegner en fiberoptisk enhet som er viklet på omkretsen av metallmantelen 2 med enten spredt eller tett vikling sammen med et plastavstandsstykke 4, som f.eks. et nylonstrengavstandsstykke, hvor plastavstandsstykket 4 kan sløyfes ved at bare den fiberoptiske enhet 3 vikles, og henvisningstallene 5, 6, 7 og 8 betegner henholdsvis et pressviklingsbånd, en plastmantel av polyetylen og liknende, en armeringstråd og et omfletningslag av polypropylengarn eller liknende.

Som vist på fig. 2 er den fiberoptiske enhet 3 slik bygget opp at enheten har en optisk fiber 32 opptatt i et metallrør 31 av rustfritt stål eller liknende som på sin omkrets har et belegningslag av et materiale med et høyere smeltepunkt enn smeltepunktet for den ovennevnte polyetylenmantel 6, for eksempel nylon, polybuten eller polypropylen.

Fig. 3 viser et tverrsnittsriss gjennom en annen utførelse av den undersjøiske kraftkabel ifølge oppfinnelsen som inneholder optiske fibrer. I denne utførelse er det på kraftkabelkjernens metallmantel 2 anordnet en plastmantel 6 av polyetylen eller liknende, og de fiberoptiske enheter 3, vist på fig. 2, er enten spredt eller tett viklet på denne, alene eller sammen med plastavstandsstykkene 4. Dessuten er det på disse anordnet et pressviklingsbånd 5, armeringsjærntrådbunter 7, et omfletningslag 8 og liknende.

Fig. 4 viser et tverrsnittsriss gjennom en ytterligere utførelse av den undersjøiske kraftkabel ifølge oppfinnelsen som omfatter optiske fibrer. Denne utførelse er bygget opp på samme måte som utførelsen ifølge fig. 3, bortsett fra at det på viklingslaget av fiberoptiske enheter 3 og plastavstandsstykker 4 er anordnet et metallbåndlag 9, som f.eks. et kobberbånd, jernbånd eller et rustfritt bånd.

For undersjøiske kraftkabler vil en eller annen type av

spenningsstøt forekomme i disse. For eksempel er (1) et bryter-spenningsstøt involvert når en bryter på land betjenes, og (2) en tordenimpuls er involvert når det forekommer et lynnedslag i luftkraftlinjer som er tilkoplede ved begge ender av den undersjøiske kraftkabel (disse spenningsstøt og impulser er heretter generelt omtalt som spenningsstøt).

Når et spenningsstøt kommer inn i ledere og metallmantelen i den undersjøiske kraftkabel, kan det dannes et stort potensial i metallmaterialet som er viklet i lengderetningen på kabelkjernens utside. For undersjøiske kraftkabler er disse metallmaterialer normalt jordet ved begge sine ender til et nullpotensial, men jo lengre kabelen er, desto proporsjonalt større er potensialet, og jo lengre kabelen befinner seg vekk fra jordingspunktet, desto større potensial vil det sannsynligvis bli utviklet. Ved anvendelse av armeringsjertråder er disse frie for et slikt stort potensial på grunn av at de er ensartet jordet til sjøvann. For de fiberoptiske enheter ifølge oppfinnelsen, som er korrosjonsbeskyttet med et plastmateriale for å unngå sjøvannskorrosjon, vil jo lengre kabelen befinner seg vekk fra de jordede punkter ved begge ender av denne, et desto større potensial kunne bli utviklet, slik som angitt ovenfor, slik at kablene kan bli utsatt for elektrisk nedbrytning på grunn av et stort potensial som overskrider plastbelegningslagets dielektriske fasthet, hvilket eventuelt fører til korrosjon i metallrøret på grunn av internt angrep av sjøvann, eller til en eventuell beskadigelse av den optiske fiber på grunn av energien i den elektriske nedbrytning.

For å mestre disse problemer kan følgende forholdsregler tas:

(1) Når fiberoptiske enheter 3 er anordnet inne i kabelens plastmantel 6, som vist på fig. 1, gjøres både plastbelegningslaget 33 for belegning av den fiberoptiske enhets 3 utside og plastmantelen 6 for kabelen dårlig elektrisk ledende for at et spenningsstøtindusert potensial skal kunne spre seg over hele lengden av kabelen i rekkefølgen den fiberoptiske enhets 3 metallrør 31 - den fiberoptiske enhets 3 plastbelegningslag 33 - plastmantelen 6 for kabelen - sjøvannet, og således hindre overspenningen fra å øke, og

(2) når fiberoptiske enheter 3 er anordnet under

armeringstrådene 7 på kabelens plastmantel 6, som vist på fig. 3, utgjøres plastbelegningslaget 33 for den fiberoptiske enhet 3 av et materiale med lav elektrisk ledningsevne uavhengig av hvorvidt kabelens plastmantel 6 har lav elektrisk ledningsevne eller ikke, slik at den samme virkning som under ovenstående punkt (1) vil kunne oppnås.

For å sikre den ovenfor beskrevne virkning, er det meget ønskelig, som vist på fig. 4, å tilveiebringe et metallbåndlag 9 på utsiden av og i direkte kontakt med anordningslaget for fiberoptiske enheter 3 med det påførte dårlig elektrisk ledende plastbelegningslag 33, hvorved det blir mulig å minske jordingsmotstanden mellom plastbelegningslaget 33 for den fiberoptiske enhet 3 og sjøvann.

Som tidligere beskrevet kan den fiberoptiske enhet, i en undervannskabel med fiberoptiske enheter ifølge oppfinnelsen, hindres fra en eventuell knekking som ville forekomme på grunn av bøyning av kabelen, hvorved en langvarig stabil ytelse av den undersjøiske kabel vil kunne bibeholdes.

I en undersjøisk kraftkabel kan både plastmantelen for kabelen og plastbelegningslaget for den fiberoptiske enhet eller bare plastbelegningslaget for den fiberoptiske enhet utgjøres av et lag med lav elektrisk ledningsevne, slik at ethvert unormalt induisert potensial på grunn av en aggressiv støtspenning vil bli hindret fra å opptre i den fiberoptiske enhets metallrør, hvilket gjør det mulig å utnytte den optiske fiber effektivt slik den er uten at den blir påvirket av et slikt potensial.

Heri ligger en annen fordel ved oppfinnelsen ved at anvendelse av en fiberoptisk enhet som nevnt ovenfor vil gjøre det enkelt å skjøte optiske fibrer. Dette skal forklares nærmere nedenfor.

På fig. 6 betegner henvisningstallet 1 et kjernelegeme for en undervannskabel, som f.eks. en kraftkabel med en eneste kjerne, og på denne er det anordnet en plastmantel 6 av polyetylen, vinylklorid eller liknende. På omkretsen av plastmantelen 6 er fiberoptiske enheter 3 viklet i form av en spiral, SZ-streng eller liknende, hvor plaststrengavstandsstykker 4 av nylonstrenge om nødvendig er anordnet mellom de fiberoptiske enheter 3 for å gi en tett vikling. På de fiberoptiske enheters 3 viklingslag er et pressviklingsbånd 5 og et underlag 50 av polypropylengarn

anordnet, og på dette er det dessuten anordnet armeringsjærntrådbunter 7 ved anvendelse av et stort antall jærntråder, og et korrosjonsbeskyttende lag 8 av polypropylengarn. I tillegg har de fiberoptiske enheter 3 det forannevnte arrangement.

5 Selv om plaststrengavstandsstykkene 4 kan være av rund eller kvadratisk type, foretrekkes det at de har en utvendig diameter som er litt større enn for den fiberoptiske enhet 3, slik at den fiberoptiske enhet 3 hindres fra å bli utsatt for direkte ytre kraft, og de bør være laget av et materiale med
10 liknende kvalitet som eller med en høyere hardhet enn plastbelegningslaget for den fiberoptiske enhet 3, og for eksempel vil nylon være best å anvende.

Et slikt arrangement av undervannskabelen i hvilket fiberoptiske enheter 3 befinner seg på plastmantelen 6 som er
15 anordnet på omkretsen av kabelens hovedlegeme, gjør det mulig å skjøte de optiske fibrer uavhengig av enhver fabrikkskjøting av kabelhovedlegemer, og det gjør det dessuten mulig utelukkende å skjøte optiske fibrer uavhengig av en meget stor skjøtelengde, margin eller fornyet skjøting etter svikt. Skjøtemetoden behøver
20 ikke å bli forklart nærmere.

Undervannskabelen som inneholder fiberoptiske enheter med en slik konstruksjon som beskrevet foran, vil nå bli beskrevet med hensyn til sin fremstilling.

Ved fremstilling av en slik undervannskabel blir de
25 fiberoptiske enheter 3 inkorporert på kabelens hovedlegeme 1 ved hjelp av en armeringstrådmaskin, hvor viklingen av fiberoptiske enheter 3 og armeringsjærntrådbunter 7 utføres etter hverandre.

Fig. 7 er et generelt forklarende riss som viser et eksempel på en fremstillingsmetode for en undervannskabel med
30 inkorporerte optiske fibrer.

På fig. 7 har et hovedlegeme 21 for en undervannskabel med inkorporerte optiske fibrer og som er forsynt med en fabrikkskjøtedel 21a, en plastmantel på sin omkrets. Et roterende bur 22 er forsynt med en spole 22a på hvilken det er viklet en
35 fiberoptisk enhet 3 og et plaststrengavstandsstykke 4, og buret roteres konsentrisk rundt hovedlegemet 21, hvorved den fiberoptiske enhet 3 og plaststrengavstandsstykket 4 blir viklet på dette med en stigning på for eksempel 6 til 15 ganger legemets diameter under anvendelse av en tverrplate og dyse 23. En annen

måte å utføre dette trinn på er at den fiberoptiske enhet 3 og plaststrengavstandsstykket 4 SZ-tvinnes for å inkorporeres ved SZ-rotasjon av tverrplaten og dysen 23 idet tilførselsspolen 22a holdes fast. Som en ytterligere metode, med et nødvendig antall
5 konsentriske viklingsspoler fremstilt på stedet og med de fiberoptiske enheter 3 og plaststrengavstandsstykkene 4 viklet på disse, kan spolene roteres for å vikle opp eller SZ-tvinne de fiberoptiske enheter 3 og plaststrengavstandsstykkene 4 som skal inkorporeres, idet de benyttede spoler kan være større enn det
10 roterende bur som er vist på fig. 7, slik at lengden av en serie av den fiberoptiske enhet 3 og avstandsstykket 4 gjøres lengre.

Når de fiberoptiske enheter 3 og avstandsstykkene 4 på denne måte er blitt inkorporert på undervannskabelens hovedlegeme 21, blir deretter pressviklingsbåndet 5 og underlaget 6 påført
15 under anvendelse av en båndviklingsinnretning 24 og en polypropylengarnviklingsinnretning 25, og dessuten blir armeringsjertråder 7 påført under anvendelse av et jertrådbur 26 og en dyse 27.

Når den fiberoptiske enhet 3 og plaststrengavstandsstykket 4 påføres på undervannskabelen slik som vist
20 ovenfor, kan kabelens hovedlegeme 1 skjøtes uavhengig med et annet på vanlig måte. Dessuten kan den fiberoptiske enhet 3 og avstandsstykket 4 også skjøtes med andre etter ønske uavhengig av hovedlegemskjernen 1, slik at den nødvendige skjøteoverskuddslengde av disse kan behandles på passende måte ved å frigjøre
25 eller på ny å vikle den relevante spole som har disse påviklet, hvorved behovet for å gi plass for de marginale optiske fiberenheter, slik det er vanlig, elimineres, med en meget vesentlig effekt. Dette er selvfølgelig også effektivt selv dersom en større diameter er involvert ved fabrikkskjøting av deler av
30 undervannskabelen, ved at den fiberoptiske enhet og avstandsstykket settes i stand til å vikles naturlig på denne.

Det er videre effektivt at de fiberoptiske enheter 3 og avstandsstykkene 4 har tett vikling og at avstandsstykkets utvendige diameter (eller avstandsstykkets høyde dersom dette er
35 av kvadratisk type) er noe større enn for den fiberoptiske enhet 3 (for eksempel en diameter på 3,0 mm for den fiberoptiske enhet og 3,5 mm for avstandsstykket). Derved hindres den fiberoptiske enhet 3 fra å bli beskadiget av ekstern viklingskraft fra armeringstrådene eller av sidetrykk når den passerer gjennom en

skive eller liknende.

Slik som foran beskrevet, kan en undervannskabel ifølge oppfinnelsen med inkorporerte optiske fibrer fremstilles uavhengig av skjøting av de optiske fibrer og hovedlegemet i
5 kabelen.

I denne anordning kan dessuten de fiberoptiske enheter inkorporeres i undervannskabelen sammen med armeringstrådene etter hverandre, slik at enhver tilføyelse av inkorporeringsprosesser utelukkes.

10 Nedenfor skal det beskrives en fiberoptisk enhet, slik som den som er angitt ovenfor, som har et materiale med høyt smeltepunkt, for eksempel nylon, belagt på utsiden av et metallrør i hvilket fiberoptiske enheter er opptatt, hvor den fiberoptiske enhet er blitt utformet slik at den hindrer en
15 eventuell reduksjon i den optiske fibers transmisjonstap som ellers ville ha forekommet ved belegning med det ovennevnte materiale med høyt smeltepunkt.

Med en fiberoptisk enhet som nevnt ovenfor, da metallrøret 31 som opptar den optiske fiber 32 har en diameter på ca.
20 1 mm og derfor en ekstremt lav varmekapasitet, vil den optiske fiber 32 når metallrøret belegges ved ekstrudering med nylon eller et liknende materiale, bli utsatt for en temperaturøkning opp til plastekstruderingstemperaturen umiddelbart etter dens ekstrudering. Ved anvendelse av for eksempel nylon er det
25 nødvendig å ekstrudere belegningsmaterialet ved en temperatur på 230-300 °C, hvilket er langt høyere enn for polyetylen. Ut fra forsøksresultater viste det seg at det forekommer enkelte tilfeller hvor disse ekstruderingsbelagte materialer kan varmepåvirke selve den opptatte optiske fiber 32 og forårsake at
30 noen optiske fibrer vil få øket transmisjonstap. I henhold til en utførelse som er beskrevet nedenfor, er det tilveiebrakt en fiberoptisk enhet for hvilken de ovennevnte problemer er løst under bibeholdelse av egenskapene til materialet med høyt smeltepunkt, som f.eks. nylon, og denne utførelse utmerker seg
35 ved at det på utsiden av metallrøret som har optiske fibrer opptatt i dette, er tilveiebrakt et belegningslag av et plastmateriale som har et høyere smeltepunkt enn polyetylen, med et varmeisolerende lag innskutt mellom disse.

Fig. 8 viser et tverrsnittsriss av en utførelse av en

fiberoptisk enhet 300 ifølge oppfinnelsen.

På fig. 8 har et metallrør 31 av rustfritt stål eller liknende en optisk fiber 32 opptatt i dette, og på metallrørets 31 omkrets er det anordnet et varmeisolerende lag 301, med et
5 belegningslag 33 fremstilt av et plastmateriale, som f.eks. polypropylen, polybuten eller nylon, som har et høyere smeltepunkt enn polyetylen, idet en gelé kan være innført i metallrøret 31 etter behov.

For varmeisolasjonslaget 301 anvendes et plastmateriale
10 som har et smeltepunkt som er lavere enn smeltepunktet for polyetylen, skumpolyetylen, polyvinylklorid eller et liknende materiale.

Dersom skumpolyetylen anvendes som det varmeisolerende lag, må det ved ekstrudering av belegningslaget 33 på utsiden av
15 dette utføres en tilstrekkelig evakuering umiddelbart før innføringen i ekstruderens krysshode, hvorved ikke bare virkningen av det varmeisolerende lag økes, men også blærer hindres fra å bli dannet i belegningslaget på grunn av luftblåseekspansjon i det varmeisolerende lag 301 under ekstruderingen av belegnings-
20 laget 33.

Når belegningslaget 33 ekstruderes på det varmeisolerende lag 301, må kjernen belagt opp til det varmeisolerende lag 301 avkjøles tilstrekkelig umiddelbart før innføringen i krysshodet. På den annen side må avkjølingen umiddelbart etter
25 ekstruderingen av belegningslaget utføres under anvendelse av kjølevann, eller slik at et kjølemiddel som er blitt avkjølt i en kjøler anvendes for en øyeblikkelig avkjøling umiddelbart etter ekstruderingen, slik at belegningslagets 33 ekstruderings-temperatur ikke skal påvirke den optiske fiber.

30 I tillegg må det varmeisolerende lags 301 tykkelse ikke være over 1 mm, og tykkelsen av belegningslaget 33 påført på dette må være ca. 1,5-3 mm.

Slik som beskrevet ovenfor, er den fiberoptiske enhet ifølge oppfinnelsen forsynt med et belegningslag av et plastmate-
35 riale som har et høyere smeltepunkt enn polyetylen, på utsiden av metallrøret med optiske fibrer opptatt i dette, via et varmeisolerende lag som er innskutt mellom disse, slik at de optiske fibrer som er opptatt i metallrøret ikke vil bli påvirket av belegningslagets ekstruderings-temperatur.

Da den fiberoptiske enhet på sin utside er forsynt med et belegningslag av plastmateriale som har et smeltepunkt som er høyere enn smeltepunktet for polyetylen, blir en slik fiberoptisk enhet ikke påvirket av ekstruderings Temperaturen for polyetylen
5 selv om den kombineres med en kraftkabel eller liknende i form av vikling eller SZ-streng med en polyetylenmantel anordnet på denne.

Den fiberoptiske enhet er derfor ytterst effektiv når den anvendes for kraftkabler med inkorporerte optiske fibrer
10 eller liknende.

Selv i en undersjøisk kabel som er forsynt med fiberoptiske enheter som har et belegningsmateriale, så som nylon, eller som videre har et varmeisolerende materiale, er det imidlertid mulighet for, på samme måte som i en konvensjonell undersjøisk
15 kabel, at dens omfletningslag 8 blir utsatt for neddykking i sjøvann, slik at den fiberoptiske enhets metallrør 31 kan komme i kontakt med sjøvann mikroskopisk. I et slikt tilfelle, dersom kontakten finner sted jevnt over hele metallrøret og det involverte vanninnhold dessuten foreligger i partikkeltilstand,
20 oppstår det ikke noe problem. Dersom imidlertid metallrøret omfatter enkelte områder i hvilke kontakten dannes lokalt, og andre i hvilke det ikke dannes noen kontakt, eller dersom metallrøret er i kontakt med sjøvann i varierte volumer av dette, med det resultat at for eksempel sjøvann forekommer lokalt som
25 små vanddråper, oppstår et problem ved at såkalt sprekk-korrosjon opptrer lokalt.

For å løse disse problemer, kan antikorrosjonsmaling påføres på sprekker som kan forekomme mellom plastbelegningslaget 33 og metallrøret 31 i den fiberoptiske enhet. For dette formål
30 kan det på dette påføres en rusthindrende maling som er sammensatt av et tjørerelatert eller et petroleumsrelatert materiale, eller blandinger av slike materialer, slik den normalt påføres på undersiden av et antikorrosjonslag av kraftkabelen. I det tilfelle hvor antikorrosjonslaget er av et elektrisk ledende
35 materiale, er den benyttede maling fortrinnsvis også av et ledende materiale.

P a t e n t k r a v

5

1. Undervannskabel som innbefatter optiske fibrer og omfatter et i lengderetningen forløpende, sentralt kjernelegeme (1), en plastmantel (6) på kjernelegemets (1) omkrets, et lag som omfatter flere fiberoptiske enheter (3) som er viklet på
10 plastmantelens (6) utside, idet hver av de fiberoptiske enheter (3) omfatter en optisk fiber (32) som er opptatt i et metallrør (31), og flere armeringsjærntrådbunter (7) på omkretsen av laget av fiberoptiske enheter (3), **KARAKTERISERT VED** at hvert metallrør (31) har et separat plastbelegningslag (33) på sin omkrets som
15 forsterkning for dette.

2. Kabel ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at kjernelegemet (1) er en kraftkabelkjerne, og at plastbelegningslaget (33) på den fiberoptiske enhets (3) omkrets har lav elektrisk ledningsevne.

20 3. Kabel ifølge krav 1 eller 2, **KARAKTERISERT VED** at materialet i metallrøret (31) som opptar den optiske fiber (32), er rustfritt stål, og at en antikorrosiv forbindelse er påført direkte på dette.

4. Kabel ifølge krav 3, **KARAKTERISERT VED** at den
25 antikorrosive forbindelse er elektrisk ledende.

5. Undervannskabel med innarbeidede optiske fibrer og omfattende et i lengderetningen forløpende, sentralt kjernelegeme (1), en plastmantel (6) som omgir kjernelegemet (1), et lag som omfatter flere fiberoptiske enheter (3) som er anordnet på plast-
30 mantelens (6) innside, idet hver av de fiberoptiske enheter (3) omfatter en optisk fiber (32) som er opptatt i et metallrør (31), og flere armeringsjærntrådbunter (7) som er anordnet på utsiden av plastmantelen (6), **KARAKTERISERT VED** at hvert metallrør (31) er omgitt av et separat plastbelegningslag (33) som forsterkning
35 for dette, idet materialet i plastbelegningslaget (33) har et høyere smeltepunkt enn smeltepunktet til materialet i plastmantelen (6).

6. Kabel ifølge krav 5, **KARAKTERISERT VED** at et varmeisolerende lag (301) er innskutt mellom utsiden av hvert

metallrør (31) som opptar den optiske fiber (32), og belegningslaget (33) av plastmateriale som har et høyere smeltepunkt enn smeltepunktet til materialet i plastmantelen (6).

7. Kabel ifølge krav 5, **KARAKTERISERT VED** at kjernelegemet (1) er en kraftkabelkjerne, og at både plastmantelen (6) og plastbelegningslaget (33) har lav elektrisk ledningsevne.

8. Kabel ifølge krav 6, **KARAKTERISERT VED** at kjernelegemet (1) er en kraftkabelkjerne, og at både plastmantelen (6) og plastbelegningslaget (33) på den fiberoptiske enhets (3) omkrets såvel som det varmeisolerende lag (301) har lav elektrisk ledningsevne.

9. Kabel ifølge ett av kravene 5-8, **KARAKTERISERT VED** at materialet i metallrøret (31) som opptar den optiske fiber (32), er rustfritt stål, og at en antikorrosiv forbindelse er påført direkte på dette.

10. Kabel ifølge krav 9, **KARAKTERISERT VED** at den antikorrosive forbindelse er elektrisk ledende.

20

25

30

35

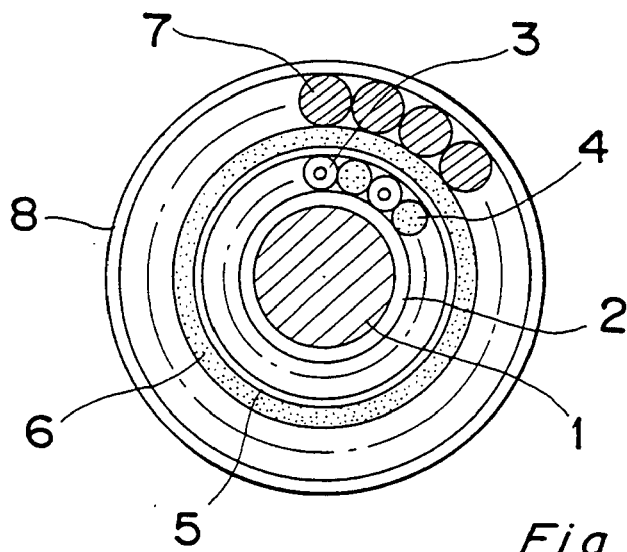
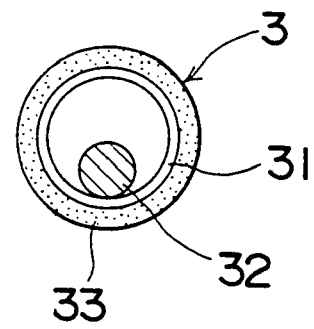
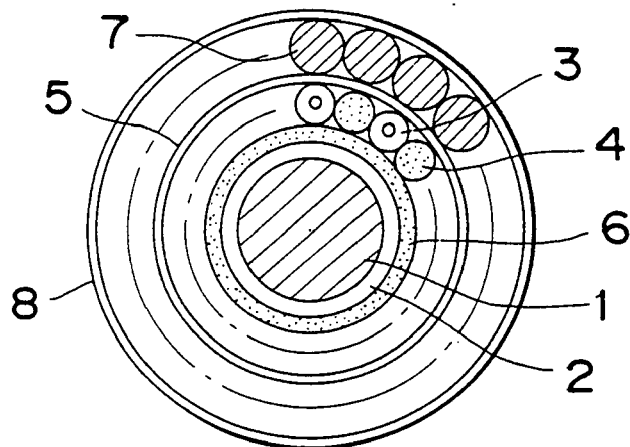
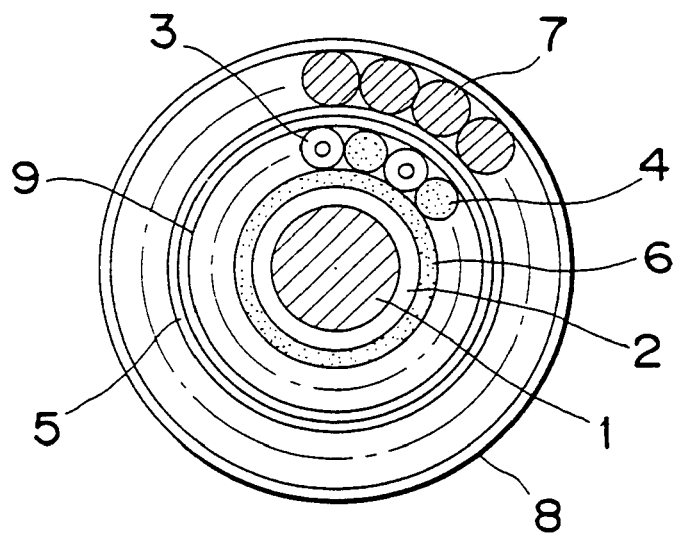
Fig. 1*Fig. 2**Fig. 3**Fig. 4*

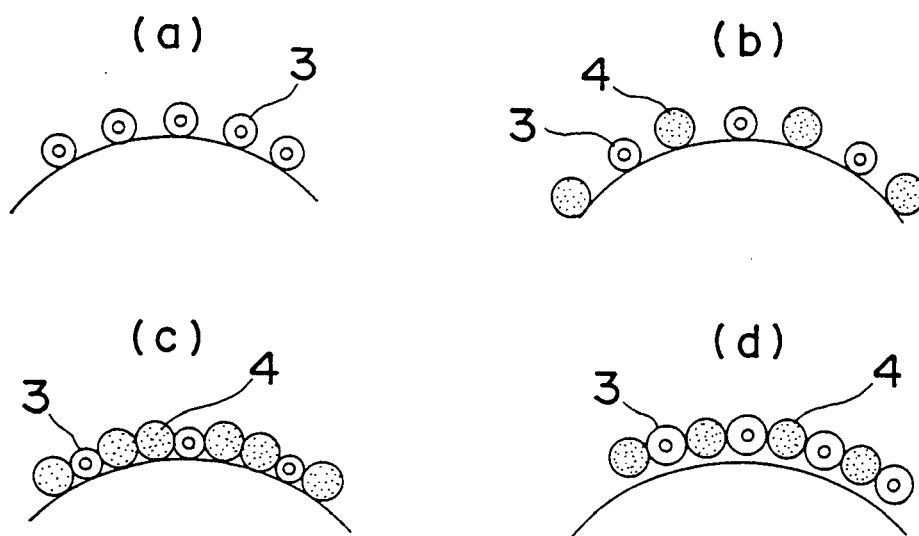
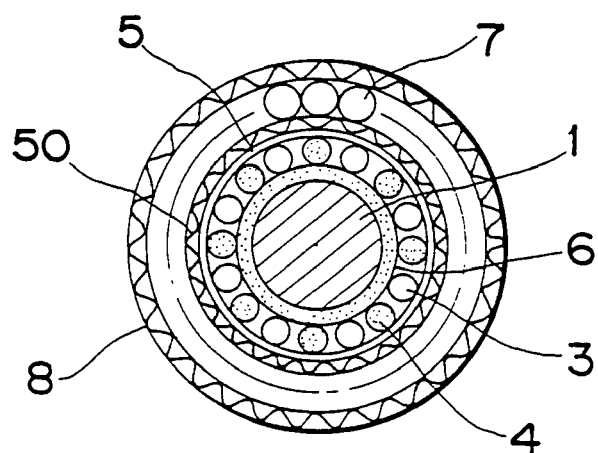
Fig. 5*Fig. 6*

Fig. 7

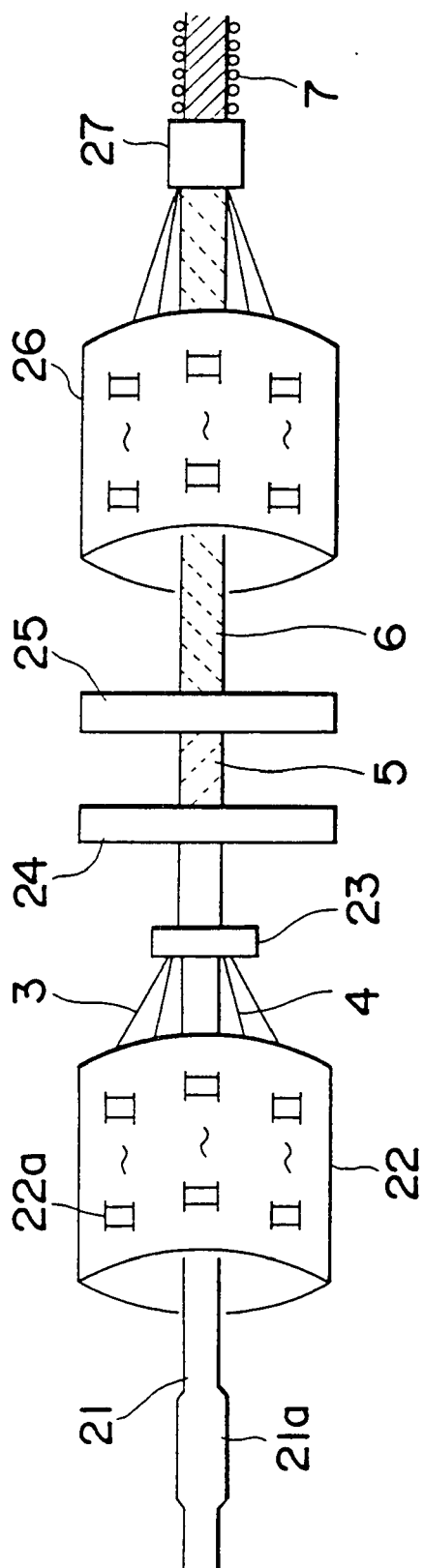


Fig. 8

