

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑭ Date de dépôt : 08.07.93.

⑮ Priorité : 09.11.92 US 973421.

⑰ Date de la mise à disposition du public de la demande : 13.05.94 Bulletin 94/19.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑴ Demandeur(s) : Société dite : LITTON SYSTEMS, INC. — US.

⑵ Inventeur(s) : Maas Steven J. et Meyer A. Douglas.

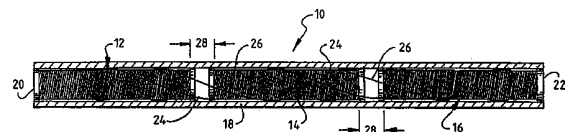
⑶ Titulaire(s) :

⑷ Mandataire : Rinuy Santarelli.

⑸ Hydrophone en fibres optiques à plusieurs segments.

⑹ L'invention concerne un hydrophone (10) qui comprend plusieurs éléments hydrophoniques (12, 14, 16) séparés par des espaces finis (28) et reliés entre eux pour fournir un signal de sortie unique. Chaque élément hydrophonique est formé d'un mandrin unique dans lequel un corps cylindrique est réparti en des sections de détection et de référence. Les sections de détection comprennent des agencements coaxiaux de cylindres intérieurs et extérieurs flexibles séparés par un espace d'air annulaire tandis que les sections de référence adjacentes comprennent des cylindres à parois massives. Les distances de séparation finies entre les éléments hydrophoniques réduisent le bruit d'écoulement provoqué par l'accroissement de la surface sensible tandis que la sensibilité de détection est conservée.

Domaine d'application: détection sous-marine, etc.



La présente invention concerne les hydrophones en fibres optiques. Elle a trait plus particulièrement à un hydrophone constitué de plusieurs segments.

Les systèmes à base de SONAR pour détecter les
5 risques et les dangers subaquatiques utilisent des transduc-
teurs commandés par pression du type hydrophonique pour
émettre des signaux indiquant la présence et l'emplacement
d'objets sous l'eau. Dans un système en action, ces objets
sont "illuminés" par la réflexion de fronts d'ondes acous-
10 tiques émises initialement dans l'eau à partir d'un navire ou
d'une autre source. Lorsque les signaux acoustiques sont
réfléchis, ils fournissent sur le décalage de phase des
informations qui, lorsqu'elles sont traitées, permettent de
déterminer la position où l'on se trouve sous l'eau. Le
15 système passif consiste à détecter le bruit qui rayonne à
partir d'une cible.

Pour mettre en oeuvre un système SONAR, on
utilise un agencement submersible prédéterminé d'hydrophones
acoustiques pour recueillir des données sur la répartition
20 spatiale de l' "écho" que l'on peut analyser pour obtenir des
indications telles que l'emplacement et la vitesse de
fermeture.

Le réseau est logé dans un élément analogue à
un tuyau fixé à l'extrémité d'un câble de remorquage compre-
25 nant un agencement de fibres optiques et/ou de conducteurs
électriques abrités sous une enveloppe de protection. Un
exemple de câble de ce genre est présenté dans le brevet des
Etats-Unis d'Amérique n° 4 952 012.

Le traitement de données provenant d'un réseau
30 est bien connu et décrit, par exemple, par A. Dandridge et
collaborateurs, aux pages 947 à 952 de l'article "Multi-
plexing of Interferometric Sensors Using Phase Carrier
Techniques", "Journal of Lightwave Technology", Vol. LT-5,
n° 7 (Juillet 1987).

35 Bien que le réseau remorqué soit un élément
bien accepté et reconnu d'un système SONAR, sa réalisation et

son emploi en pratique sont entravés par un certain nombre de grosses difficultés mécaniques. Certains de ces problèmes sont liés au déploiement du réseau tandis que d'autres concernent le maintien d'un contact optique et/ou électrique

5 fiable entre lui et le navire équipé du SONAR. L'état de la technique révèle des hydrophones en fibres optiques de tailles et de formes diverses. Par exemple, les hydrophones pour les réseaux remorqués qu'a fabriqués le présent cession-

10 naire ont un diamètre de 25,4 mm pour une longueur de 152,4 mm et un diamètre de 12,7 mm pour une longueur de 76,2 mm. Ces deux dispositifs comportent un corps rigide et sont représentatifs de la majorité des modèles de capteurs à fibres optiques dont les inventeurs ont connaissance.

Pour sa mise en oeuvre, un réseau d'hydrophone

15 est généralement emmagasiné et déroulé sur un treuil à bord d'un navire transporteur. Pour leur déploiement, le réseau et le câble peuvent aussi traverser différents cabestans, palans et autres dispositifs analogues à des poulies pour guider le câble au-dessus du pont du navire. Les hydrophones des

20 longueurs décrites ci-dessus conviennent parfaitement pour l'emploi dans une installation où les treuils et les poulies ont des rayons supérieurs à 490 mm, mais les éléments rigides de détection ne conviennent pas pour servir dans une installation où les treuils et les poulies ont des rayons très

25 petits ($\leq 50,80$ mm). Quand on enroule un réseau de capteurs de 76,20 mm ou de 152,40 mm sur un treuil de 50,80 mm de rayon, il est évident qu'il se produira, tant dans les hydrophones que dans le flexible d'enveloppe, des tensions pouvant amoindrir leur efficacité et risquant de les mettre

30 tous deux en panne. Par exemple, l'hydrophone rigide risque d'être plié lors de son emmagasinage ou l'enveloppe en tuyau du réseau risque d'être perforée.

La présente invention remédie aux défauts ci-dessus et à d'autres défauts de l'état de la technique en

35 fournissant, sous une première forme de réalisation, un hydrophone constitué de plusieurs éléments hydrophoniques.

Elle prévoit des moyens pour connecter de façon souple les éléments hydrophoniques adjacents. Chacun de ces éléments inclut un mandrin comprenant un corps cylindrique réparti axialement en une section de détection et une section de
5 référence. Les éléments hydrophoniques sont alignés coaxialement avec une distance de séparation finie entre éléments adjacents et reliés optiquement entre eux, de sorte que les signaux réagissant à la pression acoustique que produit chacun d'eux sont combinés pour former une seule sortie
10 d'hydrophone.

Dans une autre forme de réalisation, l'invention prévoit un hydrophone constitué d'un seul corps cylindrique essentiellement continu qui est réparti en une section de détection et une section de référence.

15 L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels :

la figure 1 est une vue en coupe latérale d'un système d'hydrophone à segments selon l'invention ;

20 la figure 2(a) est une vue en coupe longitudinale partielle et la figure 2(b) est une vue en bout d'un élément à mandrin unique destiné à une utilisation dans un hydrophone à plusieurs éléments selon l'invention ;

la figure 3 est une vue en coupe longitudinale simplifiée d'un élément à mandrin de l'invention pour en
25 illustrer le mode de fonctionnement ; et

la figure 4(a) est une vue en coupe longitudinale partielle et la figure 4(b) une vue en bout d'un hydrophone selon une variante de réalisation de celui-ci.

30 La figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un hydrophone à segments 10 selon l'invention. L'hydrophone à segments comprend trois éléments segmentaires hydrophoniques sensiblement identiques 12, 14 et 16 qui sont alignés dans un tuyau 18 analogue à une gaine en "TYGON" ou un
35 matériau semblable. En variante, on peut prévoir un accouplement flexible au lieu du tuyau formant gaine 18. Ce

raccordement ou accouplement flexible entre les éléments de l'hydrophone peut comprendre par exemple des douilles souples, des joints à rotule ou des joints universels. Chacun de ces moyens confèrera une souplesse suffisante à l'hydro-
5 phone.

Chacun des segments de l'hydrophone est du type nouveau à "mandrin unique" commenté plus en détail ci-dessous. Au moyen de plusieurs segments hydrophoniques, on enroule successivement une fibre 24 de détection d'ondes
10 acoustiques et une fibre de référence 26 autour de la périphérie extérieure de chacun des segments hydrophoniques 12, 14 et 16. On remplit l'intérieur de la gaine 18 d'un liquide de remplissage approprié tel que "ISOPAR-L" ou "SHELL-SOL 71".

Grâce à l'emploi d'une construction segmen-
15 taire, l'hydrophone 10 surmonte les difficultés commentées plus haut tenant aux dimensions relatives des mandrins rigides d'hydrophones et des rayons de courbure que l'on trouve dans un navire de déploiement. Par exemple, chacun des
20 segments constitutifs hydrophoniques 12, 14 et 16 peut avoir 25,4 mm de long par opposition aux 76,2 mm ou 152,4 mm de longueur d'un mandrin de taille normalisée existant. En outre, une distance finie 28 sépare deux mandrins adjacents. Cela augmente la longueur hors-tout effective de l'hydrophone
25 10 qui dépasse la somme des longueurs des mandrins des trois segments 12, 14 et 16. Cela accroît l'efficacité acoustique du capteur en agrandissant la surface de détection. Cet accroissement, qui permet d'intégrer le bruit d'écoulement du dispositif sur une plus grande surface, réduit la contribu-
30 tion effective du bruit d'écoulement que perçoit l'hydrophone. Par exemple, alors qu'un capteur de 76,2 mm a la même sensibilité que trois capteurs segmentaires de 76,2 mm, le bruit d'écoulement qu'éprouverait un capteur segmentaire (de 101,6 mm de longueur totale) serait de 1,25 dB plus faible
35 que celui mesuré par un mandrin de 76,2 mm. Bien que l'invention divulguée ici ait trait à un hydrophone 10 comprenant

trois segments hydrophoniques de 25,4 mm de long, les enseignements de la présente invention peuvent s'étendre directement à des modèles d'hydrophones segmentaires employant différents nombres et différentes tailles de segments hydrophoniques.

Comme il est évoqué plus haut, l'hydrophone segmentaire 10 comprend plusieurs segments hydrophoniques 12, 14 et 16, dont chacun représente un modèle de mandrin unique. Les détails, les variations et les avantages de ce nouveau modèle d'hydrophone seront commentés par renvoi aux figures qui suivent. Néanmoins, avant ces commentaires, il ne faut pas oublier que, comme le montre la figure 1, les sections de référence de chaque segment hydrophonique sont enroulées en série avec une seule fibre optique 26 continue tandis que les sections de détection sont enroulées en série avec une seule fibre optique continue 24. Pour cette raison, les signaux appliqués à l'interféromètre de mesure de pression seront des signaux de détection et de référence qui représentent les sommes des signaux recueillis par les trois segments hydrophoniques 12, 14 et 16. En conséquence, l'interféromètre de l'hydrophone travaille sur des valeurs moyennées pour évaluer les informations acoustiques.

La figure 2(a) est une vue en coupe partielle d'un nouvel hydrophone à fibre optique du type employé comme segment constitutif de l'hydrophone 10 de l'invention. Comme on l'a déjà commenté, en "divisant" l'hydrophone en segments identiques puis en les câblant ensemble de façon que les signaux optiques produits dedans soient additifs, l'hydrophone obtenu, ou un réseau de celui-ci, peut être aisément déployé à partir de diverses plates-formes où la gaine contenant le ou les hydrophone(s) doit passer sur de petits rayons, tant ceux des treuils que ceux d'autres poulies. Comme déjà exposé, non content de faciliter l'emploi des hydrophones dans ce genre d'installations, le système d'ensemble constitué de plusieurs segments hydrophoniques atteint réellement un niveau d'efficacité dépassant celui que

permet un hydrophone composé d'un seul mandrin dont la longueur est égale à la somme des longueurs des mandrins segmentaires hydrophoniques. Ce fait est dû à l'agrandissement de la surface qu'apporte l'inclusion d'espacements entre
5 les segments.

L'hydrophone de la figure 2(a) n'exige qu'un nombre minimal de pièces et d'étapes de fabrication. En outre, comme on le verra, grâce à l'emploi d'un seul corps servant à la fois de mandrin de détection et de référence, ce
10 dispositif présente une surface en section assez petite qui ne limitera pas inutilement le libre écoulement du liquide de remplissage lors de son utilisation en réseau remorqué. En conséquence, le bruit propre du réseau est réduit au minimum et les problèmes de poussée ascensionnelle auxquels se
15 heurtent les réseaux remorqués se trouvent réduits.

En référence de nouveau à la figure 2(a), l'hydrophone ou le segment hydrophonique 30 se caractérise par un corps cylindrique unique, essentiellement continu 32 qui sert à la fois de mandrin de détection et de référence.
20 C'est-à-dire que tant la fibre optique 34 qui porte le signal de détection de la pression acoustique que la fibre 36 qui porte le signal de référence pour l'injecter à un interféromètre adjoint de détection de pression sont enroulées autour de la surface circonférentielle continue d'un seul corps
25 cylindrique 32, divisé en des sections distinctes de détection et de référence. En référence de nouveau à la figure 1, la fibre optique continue 34, lorsqu'elle est employée comme élément de l'hydrophone segmentaire, est enroulée en série autour des sections de détection des segments de l'hydrophone
30 tandis que la fibre 36 est enroulée en série autour des sections de référence.

La section de détection 38 et la section de référence 40 qui constituent le corps cylindrique 32 présentent des longueurs axiales égales. Les extrémités du corps 32
35 se terminent dans les capuchons terminaux 42 et 44. La configuration d'un capuchon terminal est représentée à la

figure 2(b) qui est une vue en bout du corps 32. Comme on peut le voir, le capuchon terminal comprend des ouvertures qui permettent le passage et la libre circulation du liquide de remplissage à travers tout l'hydrophone 30. On peut placer
5 un tube de jonction à coupleur (facultatif) 46 à diamètre extérieur de moins de 5,08 mm à l'intérieur du corps 32 pour loger, par exemple, un coupleur en fibre optique de 3 dB et les miroirs adjoints qui comprennent l'interféromètre pour former le signal de sortie. Normalement, un interféromètre
10 Michelson est formé à l'aide d'un seul coupleur mais on peut utiliser aussi un interféromètre Mach-Zehnder nécessitant deux coupleurs. Si l'on utilise un interféromètre Michelson, les extrémités de la fibre sont terminées par des miroirs et les extrémités des miroirs, ainsi que le coupleur optique,
15 sont fixées par un adhésif adéquat, tel qu'une résine époxy, et mis dans le tube 46. Si l'on emploie l'hydrophone 30 en tant qu'élément d'un ensemble hydrophonique flexible à plusieurs segments, il faut un seul interféromètre placé dans un segment prédéterminé parmi ceux de l'hydrophone. L'agence-
20 ment du câblage des fibres optiques adjointes déterminera le mandrin optimal où l'on mettra ou insérera les éléments optiques de l'interféromètre. On peut disposer autour du dispositif de détection une cage de protection facultative assujettie en place par les capuchons terminaux 42 et 44. Ce
25 genre de cage, généralement constituée d'un cylindre creux à plusieurs ouvertures, protège l'hydrophone 30 lorsqu'il est exposé à un milieu fluide sans fausser substantiellement la sensibilité de l'instrument. Le segment hydrophonique est composé d'un mandrin à paroi mince 48 et d'un corps 50. Le
30 corps 50 sert de socle pour le capteur.

La section de référence 40 comprend un cylindre creux à paroi massive. Cette section émet le signal à injecter au bras de référence de l'interféromètre tandis que la section de détection souple 38 comprend un cylindre à
35 paroi mince 48, que l'on a glissé en place par dessus le corps 50 et qui en est séparé par un espace d'air annulaire

52. L'épaisseur de la paroi du cylindre 48 est, de façon caractéristique, inférieure à 1,27 mm. Le mandrin de détection à paroi mince 48 et la section 50 du corps sont fixés à un joint 54 par un adhésif approprié pour former le corps cylindrique 32 du mandrin unique qui caractérise le nouvel hydrophone 30.

La figure 3 est une vue en coupe transversale du segment hydrophonique 30 des figures précédentes destinée à illustrer son mode de fonctionnement. La section de détection 38 peut se concevoir comme la partie du mandrin unique "adossée à une cavité" tandis que la section de référence 40 peut se concevoir comme non adossée à une cavité. Cela traduit le fait que le cylindre extérieur à paroi mince 48 coiffe un espace d'air annulaire 52. Les enroulements de la fibre optique de détection 34 entourent la surface extérieure de la section de détection 38 et ne sont sensibles qu'aux déflexions de la surface extérieure de la section de détection 38 car l'espace d'air annulaire 52 agit en isolant la paroi intérieure du corps 50 de celle-ci. Cela diffère entièrement de la situation qui régnait au segment de référence 40 du mandrin. Comme la section 40 comprend un corps cylindrique à paroi massive, la pression acoustique (sous forme de la pression d'ondes transmise par le liquide de remplissage que contient la gaine 18 et représentée par les fronts d'ondes en direction opposée 56 et 58) ne peut pas produire de nette déformation du pourtour de la section de référence 40. Les fronts d'ondes à action opposée 56 et 58 sont engendrés par l'incidence de la pression acoustique sur la gaine 18. Cela résulte de l'incompressibilité du liquide de remplissage et des conditions d'équilibre du système.

Par opposition, la pression d'ondes 58 agissant vers l'intérieur n'est pas contrebalancée par la pression d'ondes agissant vers l'extérieur 56 à la section de détection 38. Cela provient du fait que le cylindre intérieur du corps 50 est isolé de l'organe cylindrique extérieur 48 par l'espace d'air annulaire intercalaire 52. Bien que la

pression 56 agissant vers l'extérieur puisse provoquer un peu de dilatation de la circonférence de l'organe cylindrique intérieur correspondant 50 en même temps que la pression agissant vers l'intérieur comprime l'organe extérieur 48, ces
5 deux actions ne se contrebalancent pas comme cela se produit à la section de référence 40. Ainsi, chacune des sections 38 et 40 est proprement réactive (et non réactive) à l'incidence de la pression d'ondes pour fournir les entrées nécessaires à un dispositif de mesure optique tel qu'un interféromètre.

10 La construction en mandrin cylindrique unique n'apporte pas seulement les avantages d'une structure simplifiée et d'une forme mince mais fournit aussi des atouts quant à l'efficacité. La taille extérieure plus faible du dispositif réduit le bruit d'ensemble produit par un réseau
15 et permet de fabriquer des réseaux remorqués plus fins. Grâce au fait qu'il suffit d'un seul organe cylindrique, le liquide peut s'écouler librement à travers l'ouverture centrale de l'hydrophone, ce qui réduit les obstructions de la gaine et le bruit d'écoulement. En outre, comme les fibres de détec-
20 tion et de référence sont enroulées toutes deux sur un mandrin cylindrique commun, toutes deux réagissent de la même façon à l'ambiance thermique en limitant les effets de polarisation thermique.

Le capteur peut se fabriquer en métaux ferreux
25 ou non ferreux, en matières plastiques ou en céramique sans pertes pour sa performance d'ensemble. Le choix du matériau dépend beaucoup de son application précise. Néanmoins, pour la plupart des capteurs, les alliages d'aluminium sont avantageux grâce à leur rapport résistance-poids élevé, à
30 leur usinabilité et à d'autres propriétés physiques.

La sensibilité acoustique de l'hydrophone est déterminée par l'épaisseur de la paroi de la section de détection. Les dimensions de la cavité que forme l'espace d'air annulaire déterminent la bande passante de fonctionne-
35 ment du dispositif. Ainsi, les dimensions du capteur doivent être déterminées par la fréquence la plus élevée que l'on

souhaite détecter.

Une variante de réalisation du nouvel hydrophone est représentée aux figures 4(a) et 4(b). Comme on peut le voir sur ces figures, l'hydrophone des figures 4(a) et
5 4(b) diffère de celui du mode de réalisation antérieur en ce que le mandrin est rempli d'une combinaison d'enrobage 60 appropriée. Comme la figure 4(b) permet de le voir sous forme de vue en bout de l'hydrophone, les capuchons terminaux de ce mode de réalisation sont annulaires et ne nécessitent pas
10 d'écoulement intérieur de liquide de remplissage.

On voit donc que la présente invention fournit un hydrophone qui comprend plusieurs segments hydrophoniques du type à mandrin unique.

En tirant parti des enseignements de la
15 présente invention, on peut réaliser un hydrophone qui convient au déploiement à partir de nombreux types de plates-formes de navires qui ne s'y prêtaient pas auparavant en raison des faibles rayons caractéristiques des aires de mise à l'eau dont disposent ces navires. En conséquence, les
20 enseignements de la présente invention ont élargi la gamme des utilisations des hydrophones aux SONARS, sous-marins de poche et appareils remorqués semblables.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'hydrophone décrit et représenté
25 sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Hydrophone, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs éléments hydrophoniques (12, 14, 16), des moyens pour connecter de façon souple des éléments hydrophoniques adjacents, chacun desdits éléments hydrophoniques comportant un mandrin comprenant un corps cylindrique (32) qui est réparti axialement en une section de détection (38) et une section de référence (40), lesdits éléments hydrophoniques étant alignés coaxialement avec une distance de séparation finie entre éléments adjacents et reliés optiquement entre eux de façon que les signaux acoustiques de réaction à la pression que chacun engendre soient combinés pour constituer une seule sortie de signaux hydrophoniques.

2. Hydrophone selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une première fibre optique (34) enroulée autour desdites sections de détection desdits éléments hydrophoniques et les reliant entre elles, une seconde fibre optique (36) enroulée autour desdites sections de référence desdits éléments hydrophoniques et les reliant entre elles, et un interféromètre pour recevoir les signaux transmis par lesdites première et seconde fibres optiques.

3. Hydrophone selon la revendication 2, caractérisé en outre en ce que chacune desdites sections de détection comprend un organe cylindrique intérieur et un organe cylindrique extérieur séparés par un espace d'air annulaire (52), et ladite section de référence comprend un organe cylindrique à paroi massive.

4. Hydrophone selon la revendication 3, caractérisé en outre en ce que lesdites sections de détection et lesdites sections de référence sont de longueurs axiales égales, des bobinages égaux desdites première et seconde fibres optiques sont enroulés autour desdites sections de détection et de référence.

5. Hydrophone selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend une paire de capuchons

terminaux (42, 44), et lesdits capuchons constituent les terminaisons des extrémités opposées de chacun desdits éléments hydrophoniques.

5 6. Hydrophone selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdits moyens de connexion souple comprennent un tube flexible (18) pour renfermer lesdits éléments hydrophoniques.

10 7. Hydrophone selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits éléments hydrophoniques se caractérisent en outre par le fait que lesdits mandrins sont sensiblement creux, lesdits capuchons terminaux contiennent des ouvertures, et ledit tube flexible est essentiellement rempli d'un liquide de remplissage choisi à l'avance.

15 8. Hydrophone selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un tube de jonction à coupleur (46), en ce que ledit tube de jonction à coupleur est logé au moins dans l'un desdits éléments hydrophoniques, et en ce que ledit tube de jonction à coupleur contient un interféromètre.

20 9. Hydrophone selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit interféromètre est du type Mach-Zehnder.

25 10. Hydrophone selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit interféromètre est du type Michelson.

11. Hydrophone selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins l'un des éléments hydrophoniques est essentiellement rempli d'un composé d'enrobage.

30 12. Hydrophone, caractérisé en ce qu'il comprend un corps cylindrique unique, sensiblement continu (32), qui est réparti axialement en une section de détection (38) et une section de référence (40).

35 13. Hydrophone selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une première fibre optique (34) enroulée autour de ladite section de détection, une seconde fibre optique (36) enroulée autour de ladite

section de référence, et un interféromètre destiné à recevoir les signaux émis par lesdites première et seconde fibres optiques.

14. Hydrophone selon la revendication 13, caractérisé en outre par le fait que ladite section de détection comprend un organe cylindrique intérieur et un organe cylindrique extérieur (48) séparés par un espace d'air annulaire (52), et ladite section de référence comprend un organe cylindrique à paroi massive.

15. Hydrophone selon la revendication 14, caractérisé en outre par le fait que ladite section de détection et ladite section de référence sont de longueurs axiales égales, des bobinages égaux desdites première et seconde fibres optiques sont enroulés autour desdites sections de détection et de référence.

16. Hydrophone selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une paire de capuchons terminaux (42, 44), et en ce que lesdits capuchons constituent la terminaison des extrémités opposées dudit hydrophone.

17. Hydrophone selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit mandrin est sensiblement creux, et lesdits capuchons terminaux contiennent des ouvertures.

18. Hydrophone selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un tube de jonction à coupleur (46), en ce que ledit tube de jonction à coupleur est logé dans ledit hydrophone, et ledit tube de jonction à coupleur contient un interféromètre.

19. Hydrophone selon la revendication 18, caractérisé en ce que ledit interféromètre est du type Mach-Zehnder.

20. Hydrophone selon la revendication 18, caractérisé en ce que ledit interféromètre est du type Michelson.

21. Hydrophone selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit mandrin est essentiellement rempli d'un composé d'enrobage.

Fig.3

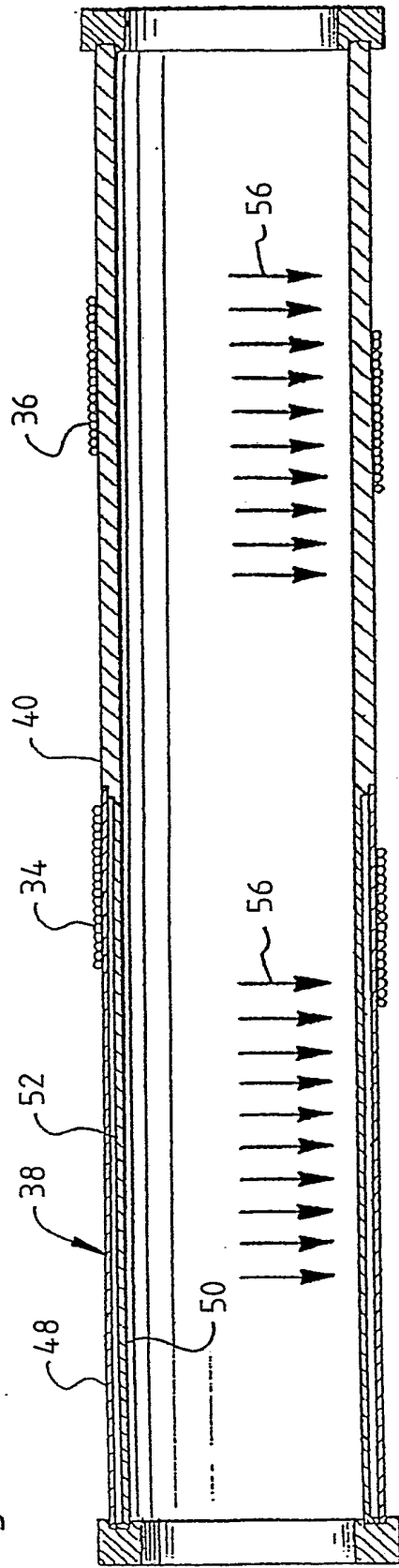
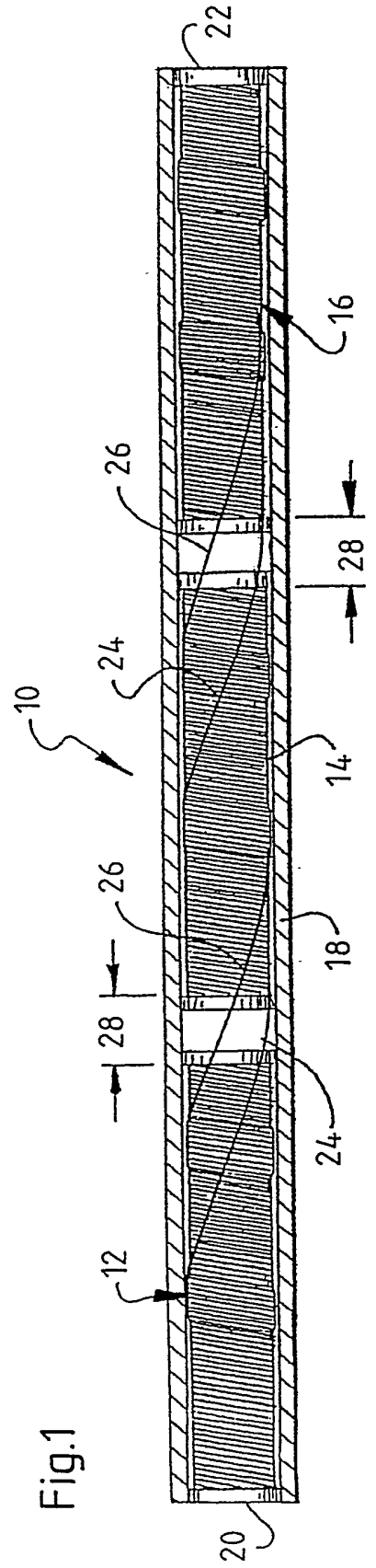


Fig.1



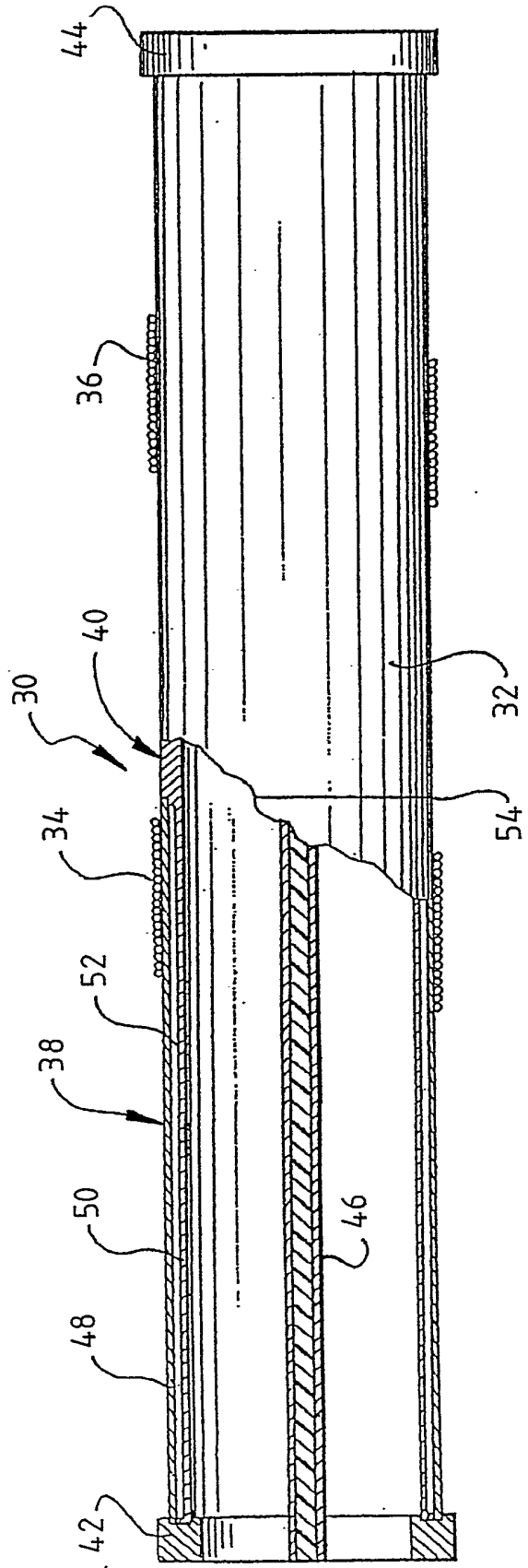


Fig. 2(a)

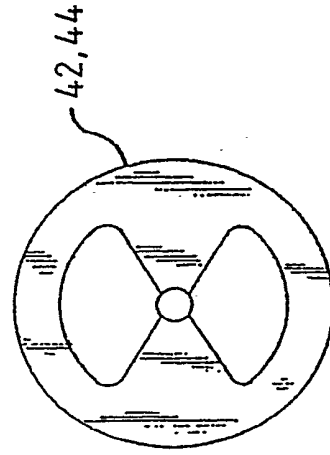


Fig. 2(b)

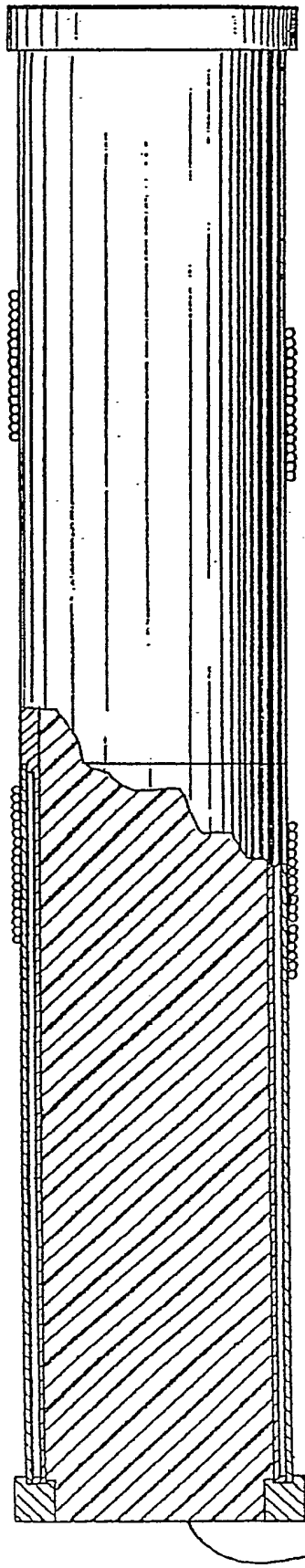


Fig. 4(a)

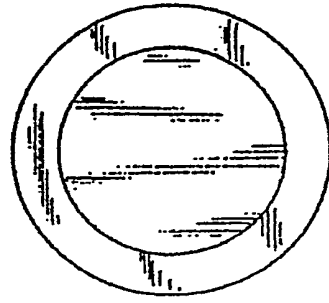


Fig. 4(b)