



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104215318 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 17

(21) 申请号 201410429034. 2

(22) 申请日 2014. 08. 27

(71) 申请人 北京航天控制仪器研究所

地址 100854 北京市海淀区北京 142 信箱
403 分箱

(72) 发明人 何哲玺 路书祥 涂万里 郝良彬
王学锋 于文鹏 孔令兵

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 安丽

(51) Int. Cl.

G01H 9/00 (2006. 01)

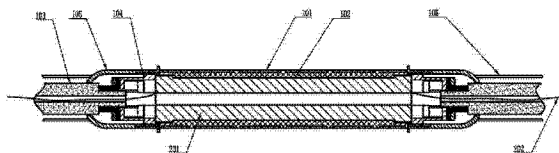
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种新型光纤水听器探头封装结构及光纤水听器阵列

(57) 摘要

一种新型光纤水听器探头封装结构及光纤水听器阵列,包括外壳,聚脲复合材料,铠装光缆,压板接头,过渡连接套,凯夫拉绳、声传感器等。外壳是声传感器的耐压封装,兼顾了探头的耐压性与透声性。聚脲复合材料是水密封装材料,具有优异的憎水性及透声性。多探头成阵时的连接封装采用铠装光缆,保护探头间的光纤,具备良好的水密与力学性能。声传感器的两端通过压板接头与铠装光缆连接,压板接头的外部套有过渡连接套进行密封,连接套上有若干固定孔,用于固定凯夫拉绳,提高组阵探测缆的抗拉强度。本发明与现有技术相比结构可靠性高,水密性好,深水耐压能力强,易实现工程化与批量化装配。



1. 一种新型光纤水听器探头封装结构,其特征包括:外壳(101)、聚脲复合材料(102)、铠装光缆(103)、压板接头(104)、过渡连接套(105)、凯夫拉绳(106)、声传感器(201)和光纤(202);

声传感器(201)为中空管状,其两端分别通过压板接头(104)与铠装光缆(103)固定连接,铠装光缆(103)端头的钢丝压紧在压板接头(104)内部,压板接头(104)的外部套有过渡连接套(105),过渡连接套(105)的两端涂抹聚脲复合材料(102),用于将声传感器(201)与铠装光缆(103)的连接处密封;光纤(202)从声传感器(201)一侧的铠装光缆(103)中穿过,缠绕在声传感器(201)的外侧的敏感结构上,之后从声传感器(201)另一侧的铠装光缆(103)中穿出;

过渡连接套(105)的一端有凸出的法兰,在该法兰上均布若干个固定孔,凯夫拉绳(106)从所述法兰上的固定孔中穿过并且通过固定孔与法兰固定;

声传感器(201)外侧套有外壳(101),外壳(101)的侧壁上设有多个透声孔,声传感器(201)与外壳(101)之间的空隙填充聚脲复合材料(102)用于将声传感器(201)密封。

2. 根据权利要求1所述的一种新型光纤水听器探头封装结构,其特征包括:所述声传感器(201)为干涉型光纤水听器。

3. 根据权利要求1所述的一种新型光纤水听器探头封装结构,其特征包括:所述透声孔的孔径为 $1.6 \sim 2\text{mm}$,透声率 $>95\%$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种新型光纤水听器探头封装结构,其特征包括:所述外壳(1)采用316L不锈钢并经钝化处理,壁厚 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种新型光纤水听器探头封装结构,其特征包括:所述声传感器(201)与外壳(101)之间的空隙填充聚脲复合材料(102),厚度 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 。

6. 一种基于权利要求1实现的光纤水听器阵列,其特征包括:多条水听器探测缆、主光缆和多个接头盒,每条水听器探测缆上均有多个探头封装结构;凯夫拉绳(106)依次穿过水听器探测缆上的每个探头封装结构中法兰上的固定孔,并且通过固定孔与法兰固定;每条水听器探测缆上,每四个探头封装结构为一组,分配一根光纤(202),该光纤(202)与本组中四个探头封装结构中的声传感器(201)的连接形式相同,均为光纤(202)缠绕在声传感器(201)的外侧的敏感结构上,该光纤(202)在通过该组四个探头封装结构之后,光纤(202)直接从排列在该组探头封装结构之后的所有探头封装结构中声传感器(201)内部穿过,最终通过接头盒连接到主光缆上。

7. 根据权利要求6所述的一种新型光纤水听器探头封装结构,其特征包括:每条水听器探测缆上探头封装结构的数量为 $4n$, n 为正整数。

一种新型光纤水听器探头封装结构及光纤水听器阵列

技术领域

[0001] 本发明属于光纤传感领域,涉及一种新型光纤水听器探头封装结构及光纤水听器阵列。

背景技术

[0002] 迄今为止,声波仍然是在水中远距离传输信息的最有效载体。光纤水听器是基于光纤、光电子技术发展起来的一种新型水声信号传感器,它在军事和民用领域都有重要应用。在军事领域它是反潜声纳的核心部件;在民用领域,它可用作地震波探测、石油地震勘探、鱼群探测等。与传统压电水听器相比,它具有声压灵敏度高、频带宽、抗电磁干扰、耐恶劣环境、结构轻巧、水下无源、易于遥测和易成大规模阵列等优点。

[0003] 光纤水听器可分为干涉型、强度性、光栅型等,其中干涉型方案已经逐步发展成熟。干涉型方案的探头主要基于迈克尔逊干涉仪原理:由激光器发出的激光经过耦合器分为两路,其中一路构成传感臂,接收声波的调制,另一路构成参考臂,提供参考相位。两束光经反射镜反射后返回耦合器发生干涉,干涉的光信号经光电探测器转化为电信号,经过信号处理就可以拾取声波的信息。

[0004] 光纤水听器探头在实际工程化中的应用效果与多方面的因素息息相关,其中封装结构是影响最终性能的重要因素之一。封装结构是否合理,将直接影响着探头的探测灵敏度,组阵的可操作性,连接可靠性以及探测阵列的使用寿命。

[0005] 目前通用的光纤水听器探头封装与成缆方式如下:声传感器通过若干凯夫拉绳连成一串,光纤自由放置在声传感器之间;探测缆外侧从头至尾套有一根完整的PU橡胶软管,作为保护封装与水密封装。声传感器之间,每隔一段距离放置一个尼龙支撑骨架,以防PU橡胶管被水压压扁。PU橡胶管与声传感器之间灌注液态的轻蜡油,确保声信号的传入。

[0006] 这种封装方式在实际工程应用中暴露出许多问题,例如:

[0007] PU橡胶管质地柔软,铺设过程易被尖锐结构件划破,或在水下被生物破坏;为了安装方便,声传感器的外径小于PU橡胶管的内径,造成声传感器在橡胶管内处于漂浮状态,无法与封装结构产生可靠的连接;轻蜡油是流体,热膨胀系数大,存放期间时常会出纤探测缆“鼓包”的现象;凯夫拉绳只能够承受拉力,声传感器之间的光纤没有可靠的保护,封装过程易损坏;PU橡胶管与轻蜡油的抗深水水压能力不强,随着布设深度的增加会造成探测灵敏度快速降低;成缆需要先将声传感器组装成阵,再套外层PU橡胶管,操作流程复杂,占用场地空间大;

[0008] 因此更可靠、更易于装配的封装结构与成缆方式是当前工程化过程中急需解决的问题。

发明内容

[0009] 本发明的技术问题:克服现有技术的不足,提供一种新型光纤水听器探头封装结构及光纤水听器阵列,减小封装结构对探头探测灵敏度的影响,同时提供更为有效的

水密性能,深水耐压性能,以及多探头组阵成缆时的连接可靠性与可操作性。

[0010] 本发明的技术解决方案是:

[0011] 一种新型光纤水听器探头封装结构,包括:外壳、聚脲复合材料、铠装光缆、压板接头、过渡连接套、凯夫拉绳、声传感器和光纤;

[0012] 声传感器为中空管状,其两端分别通过压板接头与铠装光缆固定连接,铠装光缆端头的钢丝压紧在压板接头内部,压板接头的外部套有过渡连接套,过渡连接套的两端涂抹聚脲复合材料,用于将声传感器与铠装光缆的连接处密封;光纤从声传感器一侧的铠装光缆中穿过,缠绕在声传感器的外侧的敏感结构上,之后从声传感器另一侧的铠装光缆中穿出;

[0013] 过渡连接套的一端有凸出的法兰,在该法兰上均布若干个固定孔,凯夫拉绳从所述法兰上的固定孔中穿过并且通过固定孔与法兰固定;

[0014] 声传感器外侧套有外壳,外壳的侧壁上有多个透声孔,声传感器与外壳之间的空隙填充聚脲复合材料用于将声传感器密封。

[0015] 所述声传感器为干涉型光纤水听器。

[0016] 所述透声孔的孔径为 1.6 ~ 2mm,透声率 >95%。

[0017] 所述外壳采用 316L 不锈钢并经钝化处理,壁厚 0.5 ~ 1mm。

[0018] 所述声传感器与外壳之间的空隙填充聚脲复合材料厚度 0.5 ~ 1mm。

[0019] 所述基于封装结构实现的光纤水听器阵列,其特征在于包括:多条水听器探测缆、主光缆和多个接头盒,每条水听器探测缆上均有多个探头封装结构;凯夫拉绳依次穿过水听器探测缆上的每个探头封装结构中法兰上的固定孔,并且通过固定孔与法兰固定;每条水听器探测缆上,每四个探头封装结构为一组,分配一根光纤,该光纤与本组中四个探头封装结构中的声传感器的连接形式相同,均为光纤缠绕在声传感器的外侧的敏感结构上,该光纤在通过该组四个探头封装结构之后,光纤直接从排列在该组探头封装结构之后的所有探头封装结构中声传感器内部穿过,最终通过接头盒连接到主光缆上。

[0020] 所述每条水听器探测缆上探头封装结构的数量为 4n, n 为正整数。

[0021] 本发明解决了现有 PU 橡胶管封装方案在工程应用中存在的问题,其优点在于:

[0022] 不锈钢外壳、铠装光缆、过渡连接套组合成为探测缆的外部封装,可以避免布设过程的划伤,防止海洋生物破坏;声传感器与封装结构全部采用紧固件连接的方式,连接强度稳定可靠;封装结构所使用的材料全部为固体,稳定性好,便于储存;声传感器之间的光纤穿过铠装管缆中心,可以得到可靠的保护;外壳采用了不锈钢材料,能够承受大部分的水压,防止水压对声传感器的灵敏度产生影响;成缆过程可以实现逐级安装探头封装结构,装配方式灵活可控,占用场地空间小。

附图说明

[0023] 图 1 为本发明水听器单探头封装结构剖视图;

[0024] 图 2 为本发明水听器单探头封装结构爆炸图;

[0025] 图 3 为本发明水听器多探头组阵成缆示意图;

[0026] 图 4 为本发明水听器阵列示意图。

具体实施方式

[0027] 如图 1、图 2 所示,本发明提供了新型光纤水听器探头封装结构,包括:外壳 101、聚脲复合材料 102、铠装光缆 103、压板接头 104、过渡连接套 105、凯夫拉绳 106、声传感器 201 和光纤 202;

[0028] 声传感器 201 为中空管状,为干涉型光纤水听器。其两端分别通过压板接头 104 与铠装光缆 103 固定连接,铠装光缆 103 端头的钢丝压紧在压板接头 104 内部,连接方式具有一定的机械强度。压板接头 104 的外部套有过渡连接套 105,设计为流线型造型,减小水中拖曳时的阻力。过渡连接套 105 的两端涂抹聚脲复合材料 102,用于将声传感器 201 与铠装光缆 103 的连接处密封。光纤 202 从声传感器 201 一侧的铠装光缆 103 中穿过,缠绕在声传感器 201 的外侧的敏感结构上探测水声信号,之后从声传感器 201 另一侧的铠装光缆 103 中穿出。铠装光缆 103 对探头间的光纤 202 起到了保护的作用。

[0029] 过渡连接套 105 的一端有凸出的法兰,在该法兰上均布若干个固定孔,凯夫拉绳 106 从所述法兰上的固定孔中穿过并且通过固定孔与法兰固定,提高了探测缆的抗拉能力。

[0030] 声传感器 201 外侧套有外壳 101,材料使用 316L 不锈钢,为声传感器 201 提供保护,承受深水水压;外壳 101 的侧壁上有多个透声孔,所述透声孔的孔径为 1.6 ~ 2mm,使其与水的特性声阻抗匹配,透声率 >95%。声传感器 201 与外壳 101 之间的空隙填充聚脲复合材料 102 用于将声传感器 201 密封,其声阻抗特性与水良好匹配,水密性好,吸水率和透水性极低,且使用寿命长。

[0031] 根据本发明提供的封装结构,可以组成光纤水听器阵列,如图 4 所示,包括:多条水听器探测缆、主光缆和多个接头盒,如图 3 所示,图中 A 代表探头封装结构,B 代表接头盒,C 代表主光纤。每条水听器探测缆上均有多个探头封装结构;凯夫拉绳 106 依次穿过水听器探测缆上的每个探头封装结构中法兰上的固定孔,并且通过固定孔与法兰固定。由于声传感器 201 中的光学耦合器的工艺限制,做多只能做到四个探头共用一根光纤,因此每条水听器探测缆上,每四个探头封装结构为一组,分配一根光纤 202,该光纤 202 与本组中四个探头封装结构中的声传感器 201 的连接形式相同,均为光纤 202 缠绕在声传感器 201 的外侧的敏感结构上。该光纤 202 通过该组四个探头封装结构之后,无法再敏感其他探头,直接从排列在该组探头封装结构之后的所有探头封装结构中声传感器 201 内部穿过,最终通过接头盒连接到主光缆上。每条水听器探测缆上探头封装结构的数量为 4n, n 为正整数。

[0032] 水听器探头封装结构的首要功能是为内部的声传感器提供保护,防止放过程或海洋生物的破坏,以及耐受深水水压。为防止薄壁的外壳在工作深度水压作用下屈曲失稳压扁,外壳的壁厚 δ 、半径 R、长度 L 与水压 P 之间必须满足以下条件:

$$[0033] \quad P \geq \frac{E\delta}{R(n^2 - 1) \left[1 + \left(\frac{nL}{\pi R} \right)^2 \right]^2} + \frac{E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{\delta}{R} \right)^2 \left[(n^2 - 1) + \frac{2n^2 - 1 - \mu}{1 + \left(\frac{nL}{\pi R} \right)^2} \right]$$

$$[0034] \quad n = \left[\frac{0.75\pi^2(1-\mu^2)^{1/2}}{\left(\frac{L}{2R}\right)^2\left(\frac{\delta}{2R}\right)} \right]^{1/4}$$

[0035] 其中 E 为材料的杨氏模量, μ 为泊松比。

[0036] 封装结构在起保护作用的同时也要保证透声性能, 确保探头的探测灵敏度。已知, 声波穿过不同介质在界面上声强的反射系数可以表示为:

$$[0037] \quad R_I = -\left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2$$

[0038] 其中 z_1 、 z_2 分别为两种介质的特性声阻抗, 而传播介质的特性声阻抗可由以下表达式表示:

$$[0039] \quad z_{\text{mat}} = \rho c$$

[0040] 其中 ρ 为介质密度, c 为介质中的声速。

[0041] 从公式可见, 两种介质特性声阻抗越匹配, 声反射越小, 这也是目前常用橡胶管作为水听器的外部封装的原因。由于本发明使用了不锈钢材质的外壳, 其特性声阻抗与水不匹配, 因此为了增强水声的透射能力, 需要在保护外壳上开若干透声小孔, 开孔尺寸需要进行优化设计, 以匹配钢壳的声阻抗。拥有 N 个小孔的钢板声阻抗可通过以下公式计算:

$$[0042] \quad z_{\text{hole}} = \frac{32\eta\delta}{Nd^2} \sqrt{1 + \frac{X^2}{32}} + \frac{j\omega\rho\delta}{N} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{9 + \frac{X^2}{2}}}\right)$$

$$[0043] \quad X = (d/2)\sqrt{\rho\omega/\eta}$$

[0044] 其中 ρ 为介质的密度, η 为介质的粘滞系数, d 为微孔的直径。

[0045] 下面结合具体的实施例, 详细介绍本发明所述的水听器探头封装结构及光纤水听器阵列。

[0046] 一种水听器探头封装结构, 声传感器使用了干涉型光纤水听器。其两端分别通过 316L 不锈钢的压板接头与铠装光缆固定连接。铠装光缆使用轻型钢带铠装光缆, 最内层为镀铬扎纹钢带缆芯, 机械性能优异。探头之间的光纤穿过铠装光缆中心并充入光纤保护油膏, 为光纤提供可靠的保护。铠装光缆内部封装两根平行加强钢丝, 使光缆的抗扭转性能更强, 可承受 1500N 的拉力, 端头的钢丝压紧在压板接头内部, 固定方式稳定可靠。

[0047] 压板接头的外部套有同样为 316L 不锈钢的过渡连接套, 设计为流线型造型, 减小水中的阻力。过渡连接套的一端有凸出的法兰, 在该法兰上均布四个固定孔, 凯夫拉绳从所述法兰上的固定孔中穿过并且通过固定孔与法兰固定。所述凯夫拉绳的线径为 0.5mm, 单股可承受 >50kg 的拉力, 为探测缆提供 200kg 以上的抗拉强度。

[0048] 声传感器外侧套有外壳, 采用 316L 不锈钢材料并经防盐雾钝化处理, 壁厚 1mm, 最大可承受的 3000M 的深水水压 (30MPa)。外壳上轴对称加工 5 组透声孔, 透声孔孔径 1.6mm, 经计算仿真透声率 >95%。

[0049] 装配完成后在声传感器与外壳之间的空隙以及过渡连接套的两端填充聚脲复合材料进行密封。声传感器与外壳之间的聚脲层厚度 0.5mm。使用双组分的聚脲复合材料, 材料密度 1.09g/cm³, 声速 1470m/s, 声阻抗与水良好匹配。固化时间 30min, 抗拉强度 >10MPa,

断裂伸长率 >450%。与金属附着力性能良好,附着力 >13.7MPa。

[0050] 根据以上封装结构,组成光纤水听器阵列。为了探测 100Hz 左右的水声信号,每条水听器探测缆上有 128 个探头封装结构,间隔 8m 设置探头封装结构,每根探测缆全长 1km;凯夫拉绳依次穿过水听器探测缆上的每个探头封装结构中法兰上的固定孔,并且通过固定孔与法兰固定。由于声传感器内的耦合器的工艺限制,每条水听器探测缆上,每四个探头封装结构为一组,分配一根光纤。该光纤在敏感该组四个探头之后,无法再敏感其他探头,直接从排列在该组探头封装结构之后的所有探头封装结构中声传感器内部穿过,最终通过接头盒连接到主光缆上。

[0051] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

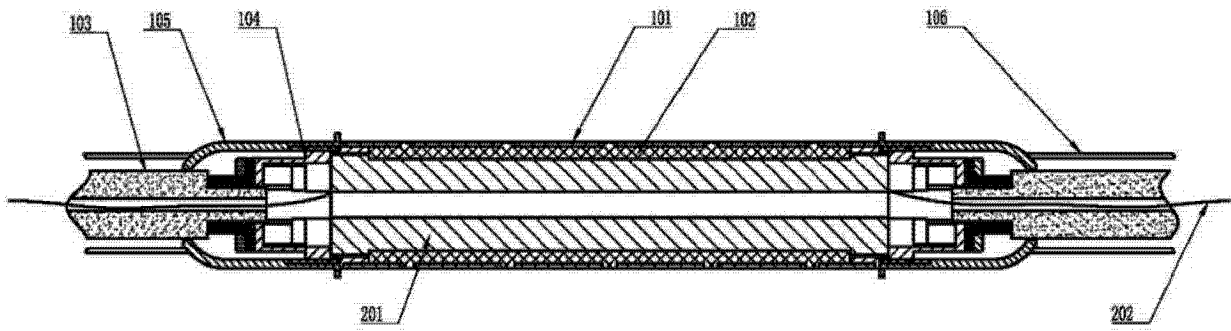


图 1

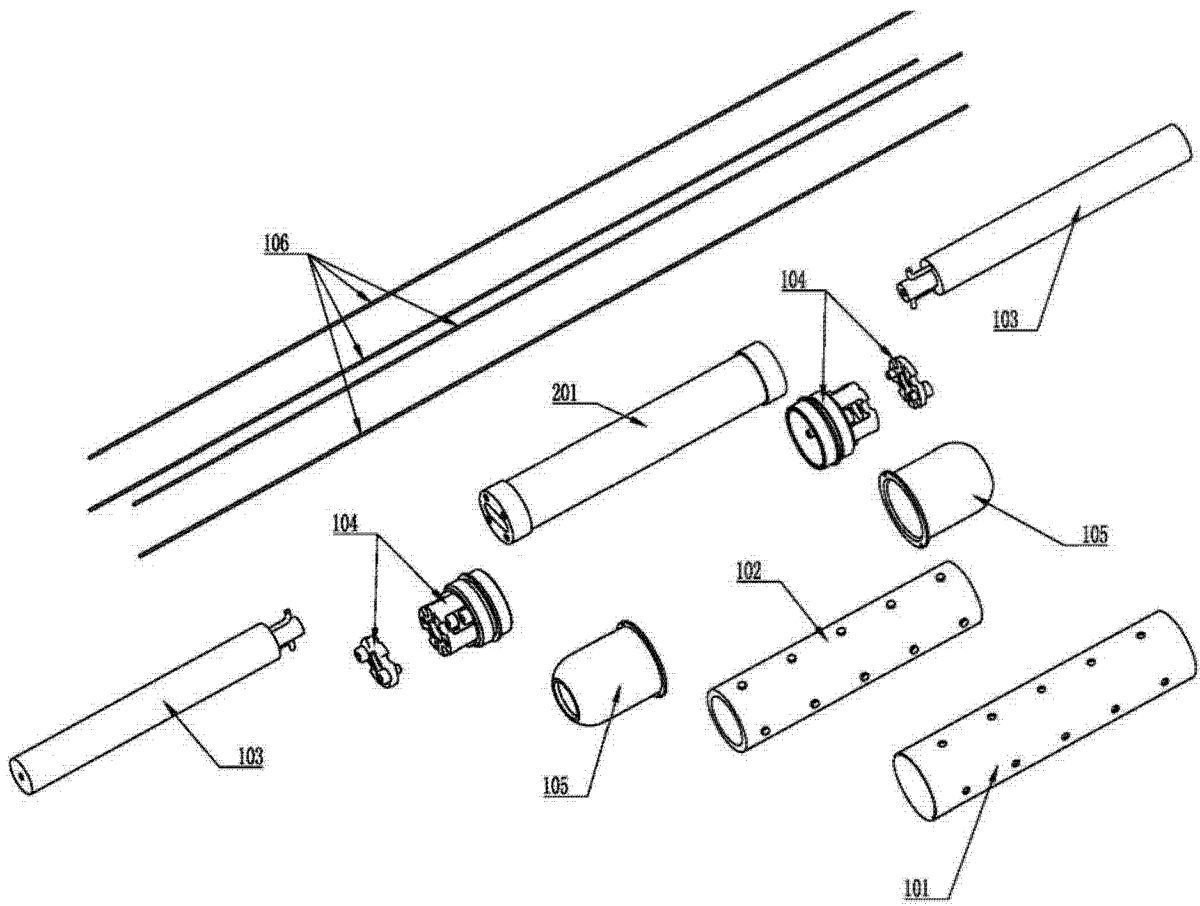


图 2

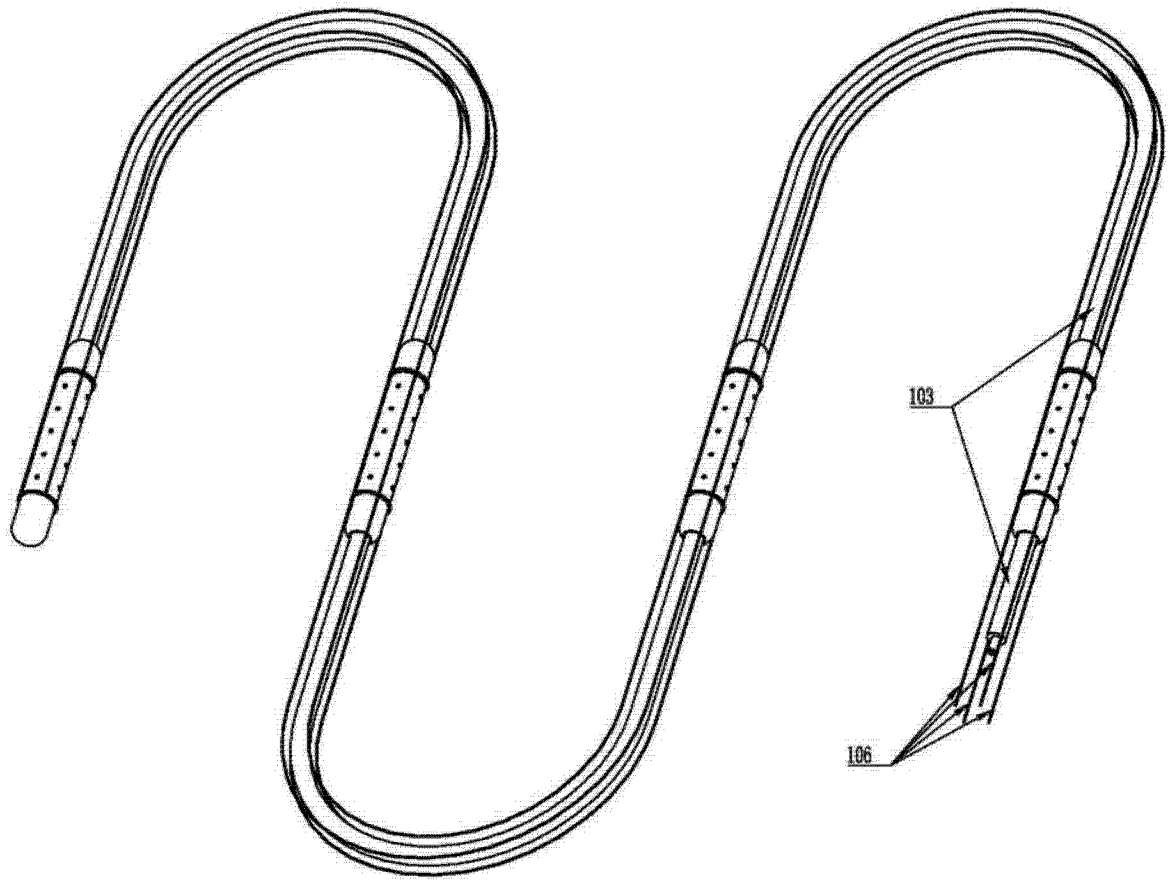


图 3

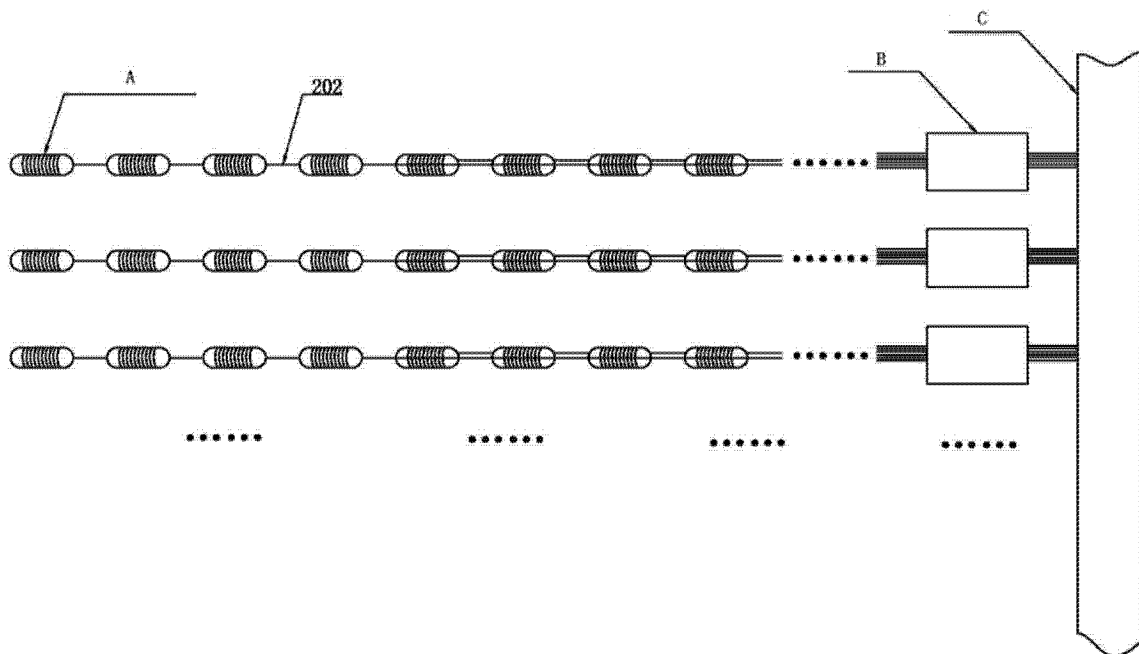


图 4