



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104856634 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201510152636. 2

(22) 申请日 2015. 04. 01

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 杨卓青 张啟欢 孙滨 徐秋

王阳 姚锦元 丁桂甫

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限

公司 31236

代理人 徐红银 郭国中

(51) Int. Cl.

A61B 1/05(2006. 01)

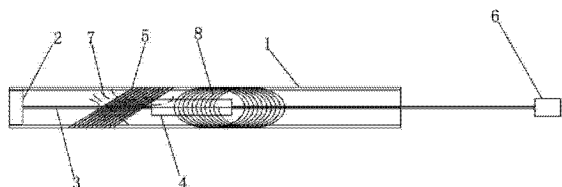
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头及其制备方法,其中:圆柱形的永磁体固定在单纤维光纤的中间;透镜固定在单纤维光纤的一端部,固定支座位于单纤维光纤的另一端部;倾斜线圈固定于聚合物软管表面,带有透镜和永磁体的单纤维光纤通过固定支座安装在聚合物软管内。倾斜线圈为利用基于紫外光源的3D立体投影曝光技术,并结合传统的微机电系统微细加工工艺,通过程序化的曝光控制制作而成。本发明可形成具有任意倾斜角度的线圈;在倾斜线圈上施加交流电压,该电压驱动永磁体和单纤维光纤产生高模态二阶共振,单纤维光纤的端部则能够产生较大的变形,从而实现高精度大范围振动扫描和成像。



1. 一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 包括: 单纤维光纤、聚合物软管、倾斜线圈、永磁体、透镜和光纤固定支座, 其中: 圆柱形的永磁体固定在单纤维光纤的中间; 透镜固定在单纤维光纤的一端部, 并随光纤的振动而上下扫描; 固定支座位于单纤维光纤的另一端部; 固定支座夹在聚合物软管的端部, 且内部固定单纤维光纤; 两个倾斜线圈的倾斜角相互垂直。

2. 根据权利要求 1 所述的一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 所述的聚合物软管是由聚酰亚胺制备, 其外直径为 0.4—2.1 毫米, 内直径为 0.45—1.8 毫米, 软管长度为 1.5—10 毫米。

3. 根据权利要求 1 所述的一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 所述的单纤维光纤为一圆柱体, 其直径为 0.06—0.42 毫米, 长度为 3.5—15.5 毫米。

4. 根据权利要求 1 所述的一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 所述的永磁体为一圆柱体, 其外部直径为 0.2—0.8 毫米, 内部直径为 0.06—0.42 毫米, 永磁体长度为 0.5—2 毫米。

5. 根据权利要求 1 所述的一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 所述的两个倾斜线圈均是铜制备的, 线圈内直径为 0.4—2.1 毫米, 厚度为 20—40 毫米, 线圈宽度为 40—90 毫米, 与聚合物软管的倾斜角度均为 30—70 度。

6. 根据权利要求 1 所述的一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 所述的透镜, 其长度为 0.1—0.4 毫米, 底面直径为 0.06—0.42 毫米。

7. 根据权利要求 1 所述的一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头, 其特征在于, 所述固定支座的外直径为 0.45—1.8 毫米, 内直径为 0.06—0.42 毫米, 长度为 0.4—2.0 毫米。

8. 根据权利要求 1-7 任一项所述的单纤维光纤扫描探头, 其特征在于, 当有交流电压按一定方向分别施加到倾斜线圈, 并且其产生的磁场力足够大、加载的电压频率与光纤-永磁体整体结构的高模态二阶共振频率一致时, 由于倾斜线圈产生的磁场方向与永磁体轴心方向形成一定的角度, 则线圈分别会驱动光纤沿 Y 轴和 X 轴方向做变形共振扫描; 且, 调节加载到这两个线圈上的电流方向和相位差, 使其同时对磁体产生驱动力, 则光纤远端和透镜将被带动在 XOY 平面内做螺旋共振扫描, 从而实现内窥镜扫描探头的高精度高频率振动扫描和成像。

9. 一种权利要求 1-8 任一项所述的单纤维光纤扫描探头的制备方法, 其特征在于: 所述的倾斜线圈, 为利用基于紫外光源的 3D 立体投影曝光技术结合传统的 MEMS 微细加工工艺在聚合物软管表面制作而成。

10. 根据权利要求 9 所述的单纤维光纤扫描探头的制备方法, 其特征在于: 所述方法包括如下步骤:

首先, 在真空系统下, 在聚合物软管表面溅射一层 Cr/Cu 种子层;

接着, 采用浸入法在种子层上涂覆光刻胶, 随后将之放置于曝光平台上, UV 光通过掩模版将需要的图形以 2:1 的比例聚焦投影到聚合物软管的下边缘表面, 掩模版可以实现多个自由度的运动, 完成对软管基底的灵活图形化曝光, 显影后利用传统的 MEMS 微细加工工艺进行电化学电镀铜作为线圈结构材料;

然后, 去除光刻胶和种子层, 得到位于聚合物软管表面的倾斜线圈结构;

之后, 将单光纤穿过带有圆孔的永磁体圆柱, 将带有透镜的光纤-永磁体结构由固定

支座安装聚合物软管内,形成单光纤内窥镜扫描探头。

一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微机电系统技术领域,具体涉及一种能够用于高分辨率大范围内内镜检查的电磁驱动的单光纤内窥镜扫描探头及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着医疗信息技术的快速发展,医用内窥镜作为一种收集、分析信息和辅助治疗的关键医疗器械也越来越受到重视。然而,对于很多需要在人体内较细特殊腔道进行高分辨率检查的情况,则必须使用直径接近甚至低于 1 毫米的超细内窥镜来完成,这时,那些基于 CCD 或 CMOS 的电子式内窥镜由于其自身图像传感器的尺寸较大而无法使用。

[0003] 国际上对于单光纤医用内窥镜,尤其是作为其核心部件的扫描探头研究与开发尚处在起步阶段,主要集中在一些大学的研究机构里。2013 年加拿大英属哥伦比亚大学的 H. Mansoor 等在最新的 IEEE MEMS 国际会议上报到了利用手工缠绕线圈作为电磁驱动的单光纤内窥镜。该内窥镜的关键单元部件主要包括一根保偏光纤、X 和 Y 轴上两个手工缠绕的线圈、Y 轴上的柔性悬臂梁以及 X 轴上的两个永磁块。当在线圈上施加交流电时,产生的电磁场将和永磁体相互作用,从而驱动垂直悬臂梁带动光纤在 X 轴方向上以较低的频率运动。该内窥镜由于其驱动部件是采用手工绕制的线圈,以致于整体尺寸较大,仅关键的核心部件其直径已超过 5mm,封装后的整体内窥镜直径更是接近 1cm,远不能满足进入人体狭窄腔道内进行高分辨率扫描监测和辅助治疗的需求。此外,该内窥镜仅能依靠其在 Y 轴方向上的高频共振来完成整体的栅格扫描,因而其扫描精度较低,采集到的组织图像分辨率也较差。

[0004] 国内关于单光纤振动扫描的医用内窥镜的研究则更是甚少,仅有上海大学和浙江工商大学分别公开了利用单根光纤作为内窥镜光源传导部件的相关专利。上海大学王廷云等在专利(申请号 201310199418.5)中公开了一种利用单根光纤成像的内窥镜装置,由光纤、多维移动平台、陷波器、滤波片、激光光源、显微物镜、成像系统和信号分析处理系统构成。光纤的一端安装信号探头,另一端设有显微物镜,利用多维移动平台控制光纤的形状变化,最后通过上述部件的一系列滤波、放大和图像分析处理得到目标组织的显微图像。但是,关于单光纤的发明专利仅仅是利用光纤作为一个光源的导入介质,而光纤本身不发生共振扫描。而且,上述公开的内窥镜发明仅停留在初步的设计上,尚未见到其制作的实物和相关尺寸参数的报道。

[0005] 因此,本领域的技术人员致力于发明一种直径尺寸接近甚至低于 1 毫米的、能够在聚合物软管表面制作大角度倾斜线圈完成单光纤内窥镜扫描探头的方法,并希望其工艺过程比较简单和便捷,让人们更加方便制造这种大范围的单光纤内窥镜扫描探头。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术的缺陷,本发明提供一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头,不仅直径尺寸大大缩小,且工艺过程简单、便捷,解决前述在聚合物软管表面缠绕倾斜线圈时

的过程困难、高成本和复杂程度。

[0007] 根据本发明的一方面,提供一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头,包括:单纤维光纤、聚合物软管、两个倾斜线圈、永磁体、透镜和光纤固定支座,其中:圆柱形的永磁体固定在单纤维光纤的中间;透镜固定在单纤维光纤的一端部,固定支座位于单纤维光纤的另一端部;倾斜线圈固定于聚合物软管表面,带有透镜和永磁体的单纤维光纤通过固定支座安装在聚合物软管内。

[0008] 所述的倾斜线圈,为利用基于紫外光源的 3D 立体投影曝光技术,并结合传统的 MEMS 微细加工工艺,通过程序化的曝光控制制作而成。

[0009] 优选地,所述的聚合物软管是由聚酰亚胺制备,其外直径为 0.4—2.1 毫米,内直径为 0.45—1.8 毫米,软管长度为 1.5—10 毫米。

[0010] 优选地,所述的单纤维光纤,为一圆柱体,其直径为 0.06—0.42 毫米,长度为 3.5—15.5 毫米,其长度远大于聚合物软管长度,为在高模态二阶共振条件下实现大范围扫描提供结构基础。

[0011] 优选地,所述的永磁体为一圆柱体,其外部直径为 0.2—0.8 毫米,内部直径为 0.06—0.42 毫米,永磁体长度为 0.5—2 毫米。

[0012] 优选地,所述的两个倾斜线圈均是铜制备的,线圈内直径为 0.4—2.1 毫米,厚度为 20—40 毫米,线圈宽度为 40—90 毫米,与聚合物软管的倾斜角度均为 30—70 度。

[0013] 优选地,所述的两个倾斜线圈的倾斜角相互垂直。为金属铜电镀在聚合物软管表面形成,两个倾斜线圈的中心对称地分布在永磁体的两边,与永磁体中心的距离为 1.5—3.3 毫米。

[0014] 优选地,所述的透镜固定于单纤维光纤的端部,并随光纤的振动而上下扫描,其长度为 0.1—0.4 毫米,底面直径为 0.06—0.42 毫米。

[0015] 优选地,所述的固定支座夹在聚合物软管的端部,且内部固定单纤维光纤。固定支座的外直径为 0.45—1.8 毫米,内直径为 0.06—0.42 毫米,长度为 0.4—2.0 毫米。

[0016] 以上尺寸的选取,能在制备过程中,工艺简单,同时满足直径小于或接近 1 毫米的限制,当单纤维光纤内窥镜扫描探头在人体检查放入人体的内部时,人体内部空间小,不至于伤害到人体。

[0017] 当有交流电压按一定方向分别施加到倾斜线圈,并且其产生的磁场力足够大、加载的电压频率与光纤-永磁体整体结构的高模态二阶共振频率一致时,由于倾斜线圈产生的磁场方向与永磁体轴心方向形成一定的角度,则线圈会分别驱动光纤沿 Y 轴和 X 轴方向做变形共振扫描;且,调节加载到这两个线圈上的电流方向和相位差,使其同时对磁体产生驱动力,则光纤远端和透镜将被带动在 XOY 平面内做螺旋共振扫描,从而实现内窥镜扫描探头的高精度高频率振动扫描和成像。

[0018] 根据本发明的另一方面,提供一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头的制备方法,该方法中:倾斜线圈为利用基于紫外光源的 3D 立体投影曝光技术结合传统的 MEMS 微细加工工艺在聚合物软管表面制作而成。

[0019] 具体的,所述方法包括如下步骤:

[0020] 首先,在真空系统下,在聚合物软管表面溅射一层 Cr/Cu 种子层;

[0021] 接着,采用浸入法在种子层上涂覆光刻胶,随后将之放置于曝光平台上,UV 光通过

掩膜版将需要的图形以 2:1 的比例聚焦投影到聚合物软管的下边缘表面,掩膜版可以实现多个自由度的运动,完成对软管基底的灵活图形化曝光,显影后利用传统的 MEMS 微细加工工艺进行电化学电镀铜作为线圈结构材料;

[0022] 然后,去除光刻胶和种子层,得到位于聚合物软管表面的倾斜线圈结构;

[0023] 之后,将单光纤穿过带有圆孔的永磁体圆柱,将带有透镜的光纤-磁体结构由固定支座安装聚合物软管内,形成单光纤内窥镜扫描探头。

[0024] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0025] 本发明合理地利用倾斜线圈驱动光纤在高模态二阶振动模态下实现大扫描角,以及联合使用相互垂直的两个倾斜线圈,合理地驱动内窥镜光纤在特定的频率下进行螺旋共振扫描;同时,采用 MEMS 微加工工艺和 3D 立体投影曝光技术可以在圆形软管表面上实现该线圈的高精度集成制造,从而最终获得具有超细直径的单光纤医用内窥镜。

[0026] 该发明不但使用倾斜线圈和固定在光纤上的磁体相互作用产生一定角度的电磁力来驱动光纤在某一特定方向上发生偏转振动,而且合理地利用了光纤在高模态二阶共振频率下端部能够较大变形的特性,从而有效地扩大了单光纤内窥镜的扫描角。

附图说明

[0027] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0028] 图 1 是本发明一实施例单光纤内窥镜扫描探头的平面结构示意图;

[0029] 图 2 是本发明一实施例单光纤内窥镜扫描探头的立体结构示意图;

[0030] 图 3 是本发明一实施例中带有透镜和永磁体的单纤维光纤结构示意图;

[0031] 图 4 是本发明一实施例中永磁体结构示意图;

[0032] 图 5 是本发明一实施例中单纤维光纤结构示意图;

[0033] 图 6 是本发明一实施例中透镜的结构示意图;

[0034] 图 7 是本发明一实施例中固定有单纤维光纤的支柱的结构示意图;

[0035] 图 8 是本发明一实施例中聚合物软管结构示意图;

[0036] 图 9 是本发明一实施例倾斜线圈结构示意图;

[0037] 图 10 是本发明一实施例中倾斜线圈的结构示意图;

[0038] 图 11 是本发明一实施例中单纤维光纤的高模态二阶共振变形结构示意图。

[0039] 图中:1 为聚合物软管,2 为固定支座,3 为单纤维光纤,4 为永磁体,5 为 X 方向的倾斜线圈,6 为透镜,7 为倾斜线圈产生的磁场线,8 为 Y 方向的倾斜线圈。

具体实施方式

[0040] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0041] 如图 1-2 所示,为本发明一实施例的大扫描角单光纤内窥镜扫描探头,包括:聚合物软管 1、光纤固定支座 2、单纤维光纤 3、永磁体 4、倾斜线圈 5、透镜 6、倾斜线圈 8。圆柱形的永磁体 4 固定在单纤维光纤 3 的中间;透镜 6 固定在单纤维光纤 3 的一端部,固定支座 2

位于单纤维光纤 3 的另一端部 ;所述的倾斜线圈 5 和线圈 8,为利用最新开发的基于紫外光源的 3D 立体投影曝光技术,并结合传统的 MEMS 微细加工工艺,通过程序化的曝光控制在聚合物软管表面制作而成,且两个倾斜线圈相互垂直。当有交流电压按一定方向分别施加到线圈时,在线圈的周围将会产生变化的磁场,磁场的分布可以用磁场线 7 表示。

[0042] 作为一个优选实施例,聚合物软管 1 为一圆柱体,其外直径为 0.4—2.1 毫米,内直径 0.45—1.8 毫米,软管长度为 1.5—10 毫米,聚合物软管是由聚酰亚胺制备而成;倾斜线圈 5 和线圈 8 为铜材料通过 MEMS 工艺电镀在聚合物软管表面,非常牢固不会滑动,其与聚合物软管的倾斜角度为 30—70 度,倾斜线圈 5 和 8 的宽度均为 50—100 微米、深度为 50—100 微米,沿 X 轴方向的倾斜式驱动线圈 5 之间和沿 Y 轴方向的倾斜式驱动线圈 8 之间的间距为 122—202 微米。

[0043] 如图 3 所示,为本发明一实施例带有透镜和永磁体的单纤维光纤结构示意图,透镜 6 固定在单纤维光纤 3 的一端部,永磁体 4 固定在单光纤 3 的中间位置,在单光纤的另一端部设置有用固定单光纤 3 的固定支座 9。

[0044] 如图 4 所示,为本发明一实施例永磁体结构示意图,永磁体 4 的材料为各类可使用的永磁材料,永磁体 2 为一圆柱体,其外部直径为 0.2—0.8 毫米,内部直径为 0.06—0.42 毫米,永磁体长度为 0.5—2 毫米。

[0045] 如图 5 所示,为本发明一实施例单纤维光纤结构示意图,单纤维光纤 3 为一圆柱体,其直径为 0.06—0.42 毫米,长度为 3.5—15.5 毫米,单纤维光纤 3 的材料的主要成分为二氧化硅,里面掺杂极微量的其他材料,如五氧化二磷、二氧化锗。

[0046] 如图 6 所示,为本发明一实施例透镜的结构示意图,透镜 6 为一圆柱体,其长度为 0.1—0.4 毫米,底面直径为 0.06—0.42 毫米。

[0047] 如图 7 所示,为本发明一实施例固定单纤维光纤的支座的结构示意图,固定支座 2 的外直径为 0.45—1.8 毫米,内直径为 0.06—0.42 毫米,长度为 0.4—2.0 毫米,固定支座 2 的材料为聚酰亚胺或其他非导电材料。

[0048] 如图 8 所示,为本发明一实施例聚合物软管结构示意图,聚合物软管 1 的外直径为 0.4—2.1 毫米,内直径 0.45—1.8 毫米,软管长度为 1.5—10 毫米。

[0049] 如图 9 所示,为本发明一实施例倾斜线圈结构示意图。如图 10 所示,为本实施例电镀有倾斜线圈的聚合物软管结构示意图,倾斜线圈的宽度为 50—100 微米、深度为 50—100 微米,倾斜角度为 30—70 度,沿 X 轴方向的倾斜式驱动线圈 5 之间和沿 Y 轴方向的倾斜式驱动线圈 8 之间的间距为 122—202 微米。

[0050] 如图 11 所示,当倾斜线圈施加一定大小的交流电压,交流电压的频率与永磁体和单纤维光纤整体结构的固有高模态二阶频率相等时,则倾斜线圈分别会驱动光纤沿 Y 轴和 X 轴方向做变形共振,而且单纤维光纤的端部能够产生较大的变形,从而实现大扫描角扫描。

[0051] 由于单纤维光纤内窥镜扫描探头在人体检查时要放入人体的内部,人体内部空间小,上述采用的各个尺寸尽量要小,以不伤害到人体。

[0052] 当有交流电压按一定方向分别施加到倾斜线圈,并且其产生的磁场力足够大、加载的电压频率与光纤—永磁体整体结构的高模态二阶共振频率一致时,由于倾斜线圈产生的磁场方向与永磁体轴心方向形成一定的角度,则线圈分别会驱动光纤沿 Y 轴和 X 轴方向

做变形共振扫描；且，调节加载到这两个线圈上的电流方向和相位差，使其同时对磁体产生驱动力，则光纤远端和透镜将被带动在 XOY 平面内做螺旋共振扫描，从而实现内窥镜扫描探头的高精度高频率振动扫描和成像。

[0053] 上述实施例中的单纤维光纤内窥镜探头制备：

[0054] 首先，在真空系统下，在聚合物软管表面溅射一层 Cr/Cu 种子层，接着，采用浸入法在种子层上涂覆光刻胶，随后将之放置于曝光平台上，UV 光通过掩膜版将需要的图形以 2:1 的比例聚焦投影到软管的下边缘表面，掩膜版可以实现多个自由度的运动，完成对软管基底在 X、Y 和 θ 自由度上的灵活图形化曝光，显影后利用传统的 MEMS 微细加工工艺进行电化学电镀铜作为线圈结构材料，接着去除光刻胶和种子层，得到位于软管表面的倾斜线圈结构。之后，将单光纤穿过带有圆孔的永磁体圆柱，将带有透镜的光纤-磁体结构由固定支座安装聚合物软管内，形成单光纤内窥镜扫描探头。

[0055] 本发明以微机电系统加工技术为基础，通过在聚合物软管表面电镀金属铜，即可形成具有任意倾斜角度的线圈；在倾斜线圈上施加交流电压，该电压驱动永磁体和单纤维光纤产生高模态二阶共振，单纤维光纤的端部则能够产生较大的变形，从而实现高精度大范围振动扫描和成像。

[0056] 本发明工艺过程简单、便捷，并能够直接把倾斜式线圈制作在聚合物软管表面上，由此形成的铜线圈倾斜缠绕在聚合物软管的表面上非常牢固，不容易滑动脱落。

[0057] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是，本发明并不局限于上述特定实施方式，本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改，这并不影响本发明的实质内容。

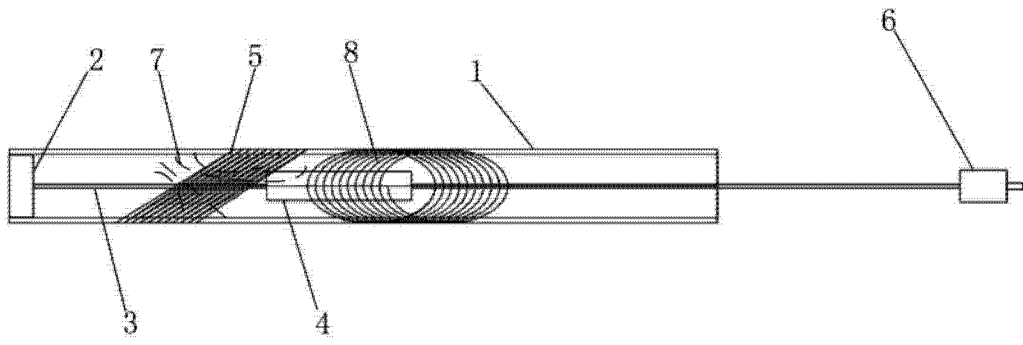


图 1

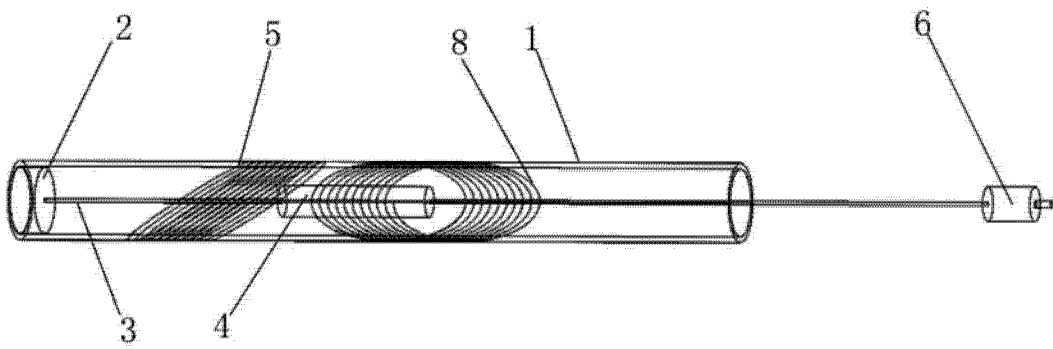


图 2

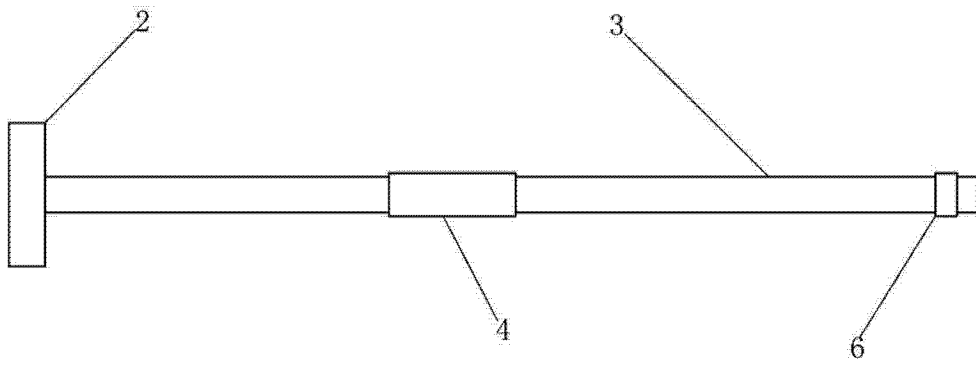


图 3

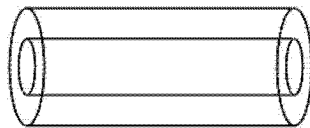


图 4



图 5



图 6



图 7



图 8

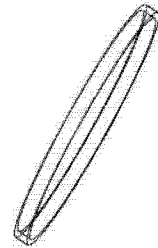


图 9

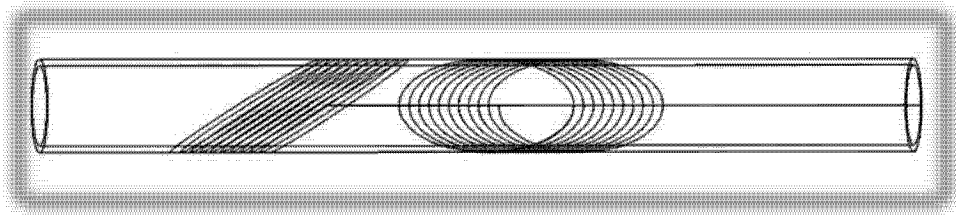


图 10

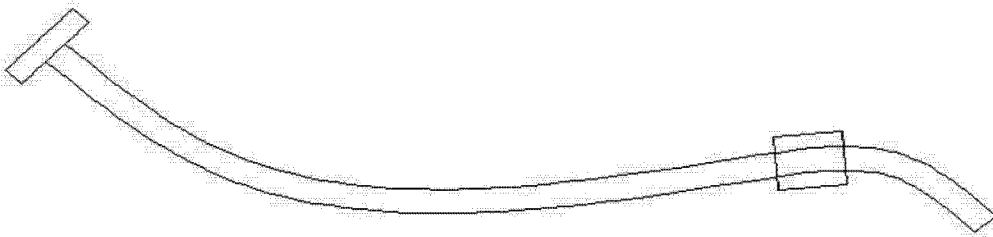


图 11

专利名称(译)	一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头及其制备方法		
公开(公告)号	CN104856634A	公开(公告)日	2015-08-26
申请号	CN201510152636.2	申请日	2015-04-01
[标]申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
[标]发明人	杨卓青 张啟欢 孙滨 徐秋 王阳 姚锦元 丁桂甫		
发明人	杨卓青 张啟欢 孙滨 徐秋 王阳 姚锦元 丁桂甫		
IPC分类号	A61B1/05		
CPC分类号	A61B1/0011 A61B1/00131 A61B1/00165 A61B1/00174 A61B1/05 A61B1/07		
代理人(译)	徐红银		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种大扫描角单光纤内窥镜扫描探头及其制备方法，其中：圆柱形的永磁体固定在单纤维光纤的中间；透镜固定在单纤维光纤的一端部，固定支座位于单纤维光纤的另一端部；倾斜线圈固定于聚合物软管表面，带有透镜和永磁体的单纤维光纤通过固定支座安装在聚合物软管内。倾斜线圈为利用基于紫外光源的3D立体投影曝光技术，并结合传统的微机电系统微细加工工艺，通过程序化的曝光控制制作而成。本发明可形成具有任意倾斜角度的线圈；在倾斜线圈上施加交流电压，该电压驱动永磁体和单纤维光纤产生高模态二阶共振，单纤维光纤的端部则能够产生较大的变形，从而实现高精度大范围振动扫描和成像。

