

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 3/00 (2006.01)

G01K 11/32 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200520012966.3

[45] 授权公告日 2006 年 8 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 2809618Y

[22] 申请日 2005.7.4

[21] 申请号 200520012966.3

[73] 专利权人 秦一涛

地址 315403 浙江省余姚市经济开发区茂盛路 3 号宁波振东光电有限公司

[72] 设计人 秦一涛

[74] 专利代理机构 宁波天一专利代理有限公司

代理人 白洪长

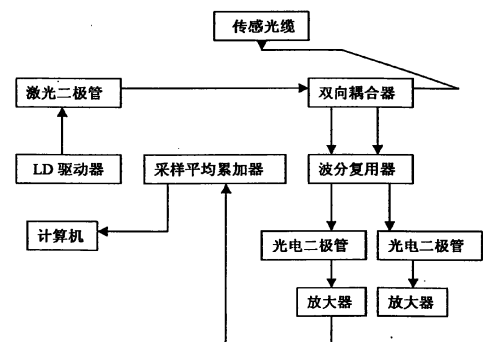
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

管道渗漏定位分布式光纤温度传感监测装置

[57] 摘要

本实用新型涉及管道工程安全防范设备领域，是一种管道渗漏定位分布式光纤温度传感器监测装置。该装置的要点是将双向耦合器、波分复用器、光电二极管、放大器、采样平均累加器、计算机、驱动器、激光二极管主组件和传感光缆所连接而构成。传感光缆设有两种结构，其一是传感光缆芯部是光纤，光纤的外层是金属中心保护套管、防水绝缘层、芳纶纤维、外保护层；其二是加热传感光缆，在其一的结构中增设绝缘加热导体。它至少一根传感光缆设置在平行安装的管道附近，检测光缆温度分布曲线，判断管道渗漏位置。该装置解决了只能实施离散点监测和目测渗漏的技术问题，确保管道内油或气安全输送。



1、一种管道渗漏定位分布式光纤温度传感器监测装置，所述的分布式光纤温度传感器监测装置简称为 DTS，它是由双向耦合器（BDC）、波分复用器（OWDD）、光电二极管（SPD）和（AMP）、放大器、采样平均累加器（SP）、计算机（COMPUTER）、驱动器（DRIVER）、激光二极管组件（LD）和光缆所组成，其特征是双向耦合器（BDC）的一端连接光缆；双向耦合器（BDC）另一端与波分复用器（OWDD）、光电二极管、放大器与采样平均累加器（SP）连接；驱动器（DRIVER）与激光二极管组件（LD）连接，激光二极管组件再与双向耦合器（BDC）耦合连接。

2、根据权利要求 1 所述的管道渗漏定位分布式光纤温度传感器监测装置，其特征是管道渗漏定位 DTS 的传感光缆设有两种结构，其一是一般传感光缆：芯部是光纤（3），光纤的外层是金属中心保护套管（4），金属中心保护套管的外层是防水绝缘层（5），防水绝缘层的外层是芳纶纤维（2），芳纶纤维的外层是外保护层（1）。

3、根据权利要求 1 所述的管道渗漏定位分布式光纤温度传感器监测装置，其特征是管道渗漏定位 DTS 的传感光缆第二结构是加热传感光缆：是在其一的结构中，即在芳纶纤维（2）的载体中或金属中心保护套管（4）内至少增设一条绝缘加热导电体（6）。

管道渗漏定位分布式光纤温度传感监测装置

技术领域

本实用新型涉及管道工程渗漏安全防范设备领域，是一种管道渗漏定位分布式光纤温度传感监测装置。

背景技术

管道是能源工业地下运输的重要组成部分，它广泛用于液体和气体的运输。根据实际应用的不同，其技术标准、安全技术的要求和测得的数据也有很大的不同。渗漏检测系统对于防止造成经济损失和环境污染是非常有必需的，当管线中的油气发生泄漏或在管线附近有机械施工和人为破坏等事件发生时，产生的应力或冲击力将改变光纤的特征与损耗，通过对光纤背向散射光功率和光纤输出光功率的测量，对损耗大小和频率的分析，发现并确定油气管线泄漏和外部可能对管线造成破坏的事件，提高油气管线的监测水平。而近年的管道泄漏灾害，直接威胁着人民的生命和安全，且缺乏有效、科学的监测方法和手段。

发明内容

本实用新型的目的是向本领域提供一种管道渗漏定位分布式光纤温度传感监测装置，使其可以解决传感器的油气管线泄漏智能在线监测方法尚未完善的技术问题。即在油气管线附近与油气管线并行铺设一条或几条光缆，利用光纤作为传感器，对油气管线进行实时监测；在光纤的一端（油气管线的输入端或输出端），设置一套 DTS 主机，并和计算机连接，利用计算机对数据进行分析 and 融合，获得管线周围的温度变化的特征信息。当管线中的油气发生泄漏时，泄漏点的温度与该处未泄漏时的温度不一样，沿管道铺设的光缆温度信息就发生了变化，通过 DTS 主机对光缆中光纤的背向散射光大小的测量和定位，可以得到整条光缆（被光缆监测管道）的温度分布曲线，通过对整条光缆温度分布曲线分析或者泄漏前后光缆温度分布曲线的对比，可以发现并确定油气管线泄漏所处的位置，从而提高油气管线的监测水平。这种实时监测技术是将光纤传感器应用于油气管线的领域，为及时排除故障提供了科学依据。本实用新型的监测装置是采用如下设计方案实现的：

一种管道渗漏定位分布式光纤温度传感装置,所述的分布式光纤温度传感器监测装置简称为 DTS, 根据温度探测的渗漏定位 DTS 装置, 它是由双向耦合器 (BDC)、波分复用器 (OWDD)、光电二极管 (SPD) 和 (AMP)、放大器、采样平均累加器 (SP)、计算机 (COMPUTER)、驱动器 (DRIVER)、激光二极管组件 (LD) 和传感光缆所组成, 其特征是双向耦合器 (BDC) 的一端连接传感光缆; 双向耦合器 (BDC) 另一端与波分复用器 (OWDD)、光电二极管、放大器与采样平均累加器 (SP) 连接; 驱动器 (DRIVER) 与激光二极管组件 (LD) 连接, 激光二极管组件再与双向耦合器 (BDC) 耦合连接。

所述的传感光缆设有两种结构, 其一是一般传感光缆 (图 1), 芯部是光纤 3, 光纤的外层是金属中心保护套管 4, 金属中心保护套管的外层是防水绝缘层 5, 防水绝缘层的外层是芳纶纤维 2, 芳纶纤维的外层是外保护层 1; 其二是加热传感光缆 (图 2), 在图 1 的结构中, 即在芳纶纤维 2 的载体或者中心套管中增设至少一条的绝缘加热导体 6。

传感光缆沿着管线铺设, 这样就为长久监控整条管线和管线周边的温度提供了科学依据。监控长度将长达 25 公里以上。一旦发生绝缘层损坏或管线泄漏, 温度将明显变化, 这种变化带动了铺设在管道周围光缆的温度变化, 用 DTS 测量, 准确定位管道渗漏位置 (图 7), 定位误差在 3m 以内, 图中的 a、b、c、d 分别为四条测得的温度与距离的曲线。由于根据焦耳-汤姆生 (绝热膨胀) 效应, 在气体管道中高压气体在泄漏时, 体积扩大, 温度降低, 产生局部冷却, 这样, 沿着管路一个被 DTS 系统探测到的局部冷却点表明存在泄漏。DTS 系统探测液体管道渗漏方法: 由于管道中流动的液体 (例如石油) 温度相对于周围温度较高, 渗漏到温度较低的光缆上, 沿着管路一个被 DTS 系统探测到的局部热点表明存在泄漏; 如果管道中液体温度与铺设光缆的温度一样或者接近, 可以利用加热光缆, 把光缆温度升高, 渗漏处的温度比较低, 这样, 沿着管路一个被 DTS 系统探测到的局部冷却点表明存在泄漏。DTS 系统测量技术不仅能识别泄漏存在, 而且能准确定位。利用 DTS 分析工具, 可以从明显的温度变化中识别局部泄漏, 提供完整的温度分布曲线图, 而且通过设定来提供沿探测光缆用户定义区域的实时数据分析。这些区域根据最高温度, 最低温度, 平均温度及温升/降速率, 分别设置不同的报警级别。DTS 系统的嵌入式软件使其能够独立运行, 通过预先编程到 DTS 中, 或在现场连接到一台 PC 机上, 通过工程师来设置, 或通过调制解调器连接来远程设置作为选择。

当管线直埋在地下时，为了得到较好的结果，而不产生误报，光缆应安装在管线附近：

对气体管线来说，光缆的最好位置是管线的上面 10cm 处（光缆铺设示意图 A 见图 3），由于气体一般比空气轻，渗漏气体向上扩散（如图 8、图 9 所示），光缆一般铺设在管道上方；在特殊情况下，光缆亦可穿进高压气体管线中。对液体管线来说，光缆的最好位置是管线的下面 10cm 左右处（光缆铺设示意图 B 见图 4），由于液体一般比空气重，渗漏液体向下流动，光缆一般铺设在管道下面。如果光缆中还包括通讯光纤，多模光纤应放在分开的管中，并赋予各自的颜色，为了得到较好的结果，而不产生误报，光缆应安装在管线附近，对气体管线来说，光缆的最好位置是管线（12 点钟位置）的上面 10cm 处和日温浮动的渗透深度以下，在特殊情况下，光缆亦可穿进高压气体管线中。同时，为了不产生监测盲点，光缆不希望紧贴管道铺设，否则管道侧面的渗漏有可能监测不到或者影响监测的灵敏度。光缆的最大输送长度通常可长达 25KM。光缆连接应用高质量的连接器连接，连接点放在管线的控制范围内。对那些连接器不能放在可以使用的探孔中，连接处和电缆末段应放在一个特制的连接盒中，以免受到机械损伤和湿气。沿着管线的每段光缆的位置和长度，所有连接点以及光缆与地面的距离都应准确地记录在案。管道也需要有同样的说明，指出正确的位置。

当液体管线在坑道线里，光缆可安装在坑道底部的混凝土板的上面（光缆铺设示意图 C 见图 5）。

通过 DTS 主机对光缆中光纤的背向散射光大小的测量和定位，可以得到整条光缆（被光缆监测管道）的温度分布曲线，通过对整条光缆温度分布曲线分析或者泄漏前后光缆温度分布曲线的对比，可以发现并确定液体/油（图 10）、气（图 8）管线泄漏所处的位置，从而提高油（液体）气管线的监测水平。

图 7 中：a 曲线为用 DTS 系统监测到的某一段距离的地面温度，光缆铺设在其地下；b 曲线为用 DTS 系统监测到的铺设在地下同一段距离光缆未渗漏的正常温度，由于天气较冷，地下的温度比地面高；c 和 d 等曲线为用 DTS 系统监测到的同一段光缆不同渗漏时间的渗漏温度曲线，随着渗漏时间的增加，渗漏温度和变化范围也增加。这是渗漏体温度比光缆铺设环境温度高的监测曲线，如果渗漏体温度比光缆铺设环境温度低，那么 c 和 d 等曲线波峰形状是向下的。

当管道渗漏的液体与铺设光缆的环境温度相同或者接近时，采用加热装置对加热光缆加热，该方法不受温度差的条件限制，对光纤金属套或特别设置的导体

通电加热，使光纤周围温度升高，而渗漏液体的温度较低，从而产生与其他部位温度偏差，达到判断渗漏位置的效果。加热导线见（图2）中的6。

本监测装置解决了管道泄漏前兆预测的技术问题，设计方案具有突出的进步。

附图说明

图1是一般传感光缆结构示意图。

图2是加热传感光缆结构示意图。

图3是光缆铺设示意图A。

图4是光缆铺设示意图B。

图5是光缆铺设示意图C。

图6是传感光缆组合设备方框图。

图7是监测到光纤温度变化曲线：

其中a：地面温度；b：未渗漏的正常温度；c、d：渗漏时的温度。

图8、图9是管道中气体渗漏原理。

图10、图11是管道中液体渗漏原理。

以上附图的序号及名称：1、外保护层，2、芳纶纤维，3、光纤，4、金属中心保护套管，5、防水绝缘层，6、加热导体，7、光缆，8、管道，9、孔。

具体实施方式

实施方式以本监测装置的基本原理为例。分布光纤温度传感器（DTS）系统是由主机、传感光缆及其他配置组合而成。主要依据光纤的光时域反射（OTDR）和光纤的背向喇曼散射温度效应，一条数公里乃至数十公里长的光纤（光纤或光缆既是传输媒体，又是传感媒体）铺设待测空间，可连续测量、准确定位整条光纤所处空间的温度，并可通过光纤上的温度的变化（图7），检测出光纤所处环境中气体（图8、图9）和液体（图10、图11）的泄露，因此拓展了其应用的领域。

光纤不带电，抗射频和电磁干扰，防燃，防爆，抗腐蚀，耐高温和强电磁场，耐电离辐射，能在有害环境中安全运行。系统具有自标定、自校准和自检功能，其运行和控制是通过计算机实现的。将报警区域、光纤配置图等事先输入计算机，自动或手动实时显示、并结合到自动控制和远程控制系统中进行运行。

本实用新型主要依据光纤的光时域反射（OTDR）和光纤的背向喇曼散射温度效应。激光脉冲射入光纤内部，光子与光纤材料分子在内部相互作用，一部分光

被反射回来，反射光携带着被散射光子运动的热信息。因此，被反射回来光的光谱携带了光纤的温度信息，测量沿光纤每一点的温度。

光谱的分析包括激光在光纤中的传播速率，通常（像雷达原理）和光的速度一样，用很短的时间间隔（比如 1 米）去扫描整个光纤的长度，根据这样沿光纤的温度分布就可以决定了。需要提出的是所测得的每一点温度是一段光纤上的平均温度。由于光的速度很快，因此一条数千米长的光纤即在不到一秒的时间内扫描完毕。

分布光纤温度传感技术设备包括两部分：传感光缆和主机。光缆里面通常有若干根光纤组成，光纤是温度敏感材料，因此沿着光纤（光缆）将连续测量任意一点的温度。这就是一种研究温度变化的设备。

有关配套附件作如下描述：

1) 加热传感光缆：

选用一条或数条光纤（作为传输和传感之用），外包金属中心保护套管（保护光纤不受损坏，同时也可以作为辅助加热导体），金属中心保护套管外（内）至少有一条低阻抗的金属导体（作为加热导体的电流进出回路，相互绝缘），再外包 PE 或其他材料作为外保护层，外径控制在 20mm 之内。

2) 加热装置：

提供给光缆金属导体功率，使光缆加热到一定程度和可调，功率过大将把光缆烧坏，功率过小，则达不到加热要求。

3) 软件：

测量渗漏专用软件。

4) 其他配套设备：

如报警器、打印机、机柜等。

本监测装置是基于光时域反射（OTDR）和背向喇曼散射效应应用于渗漏监测。半导体激光器发出的激光脉冲在沿光纤传输的过程中，时刻产生各种散射，其中的自发喇曼散射的强度依赖于该处光纤的温度。利用背向喇曼散射的两个分量便可以解调出该处光纤的温度；另一个特点就是利用光雷达的原理，通过计算光返回的时间，就能够知道产生散射的具体位置。可以同时获得光纤的温度和位置信息，也就是说采用这种沿光纤长度分布的温度曲线，通过对整条光缆温度分布曲线分析或者泄漏前后光缆温度分布曲线的对比，发现并确定液体/油、气管线泄漏所处的位置，从而提高液体/油、气管线的监测水平。

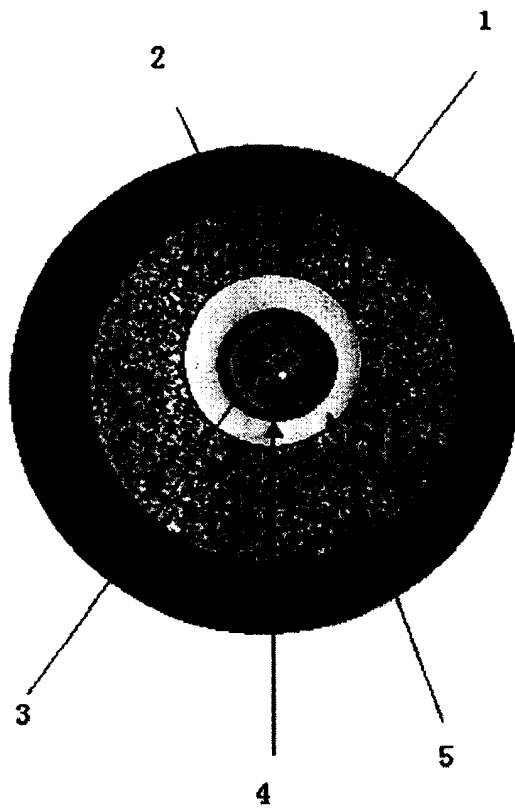


图 1

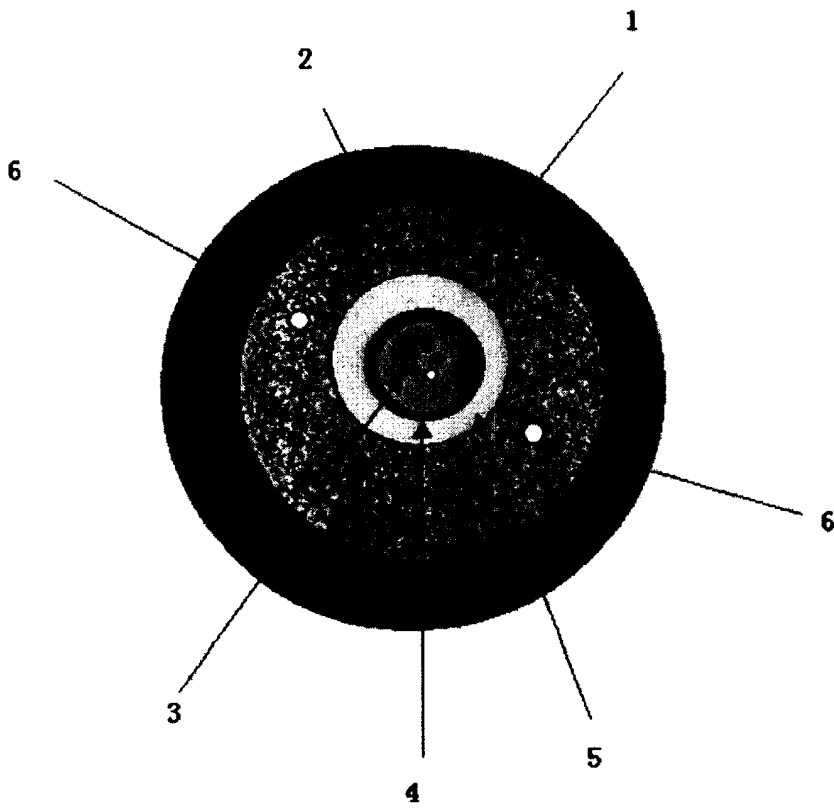


图 2

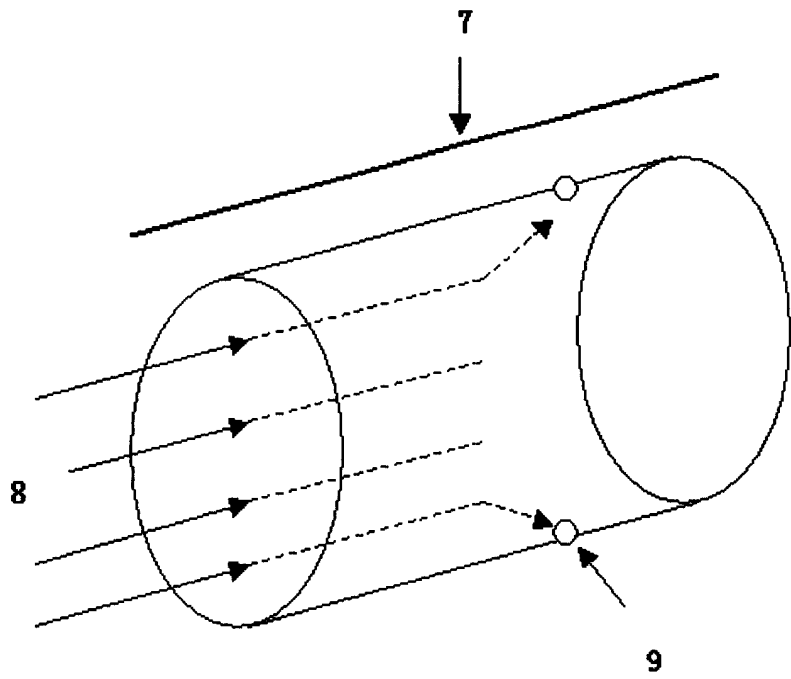


图3

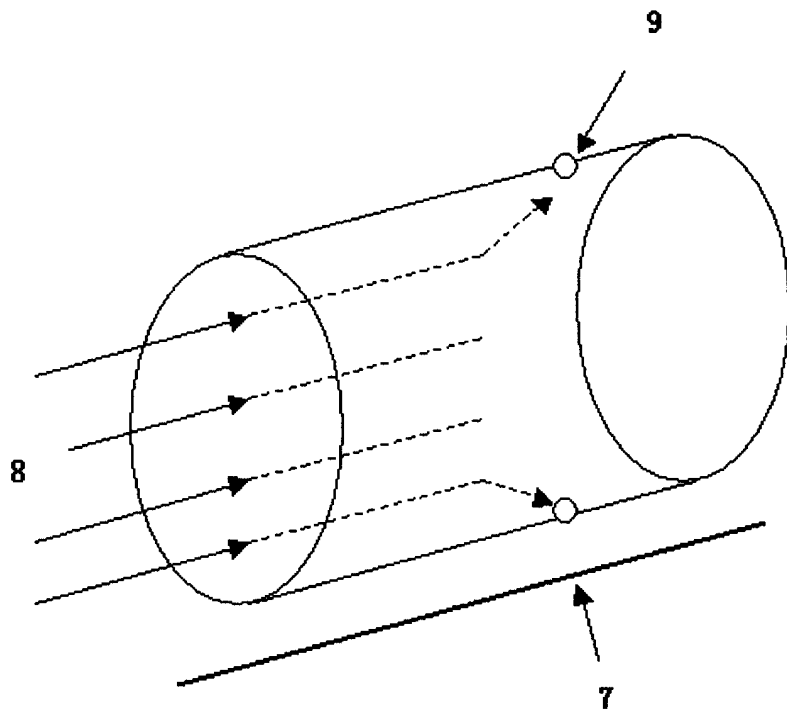


图4

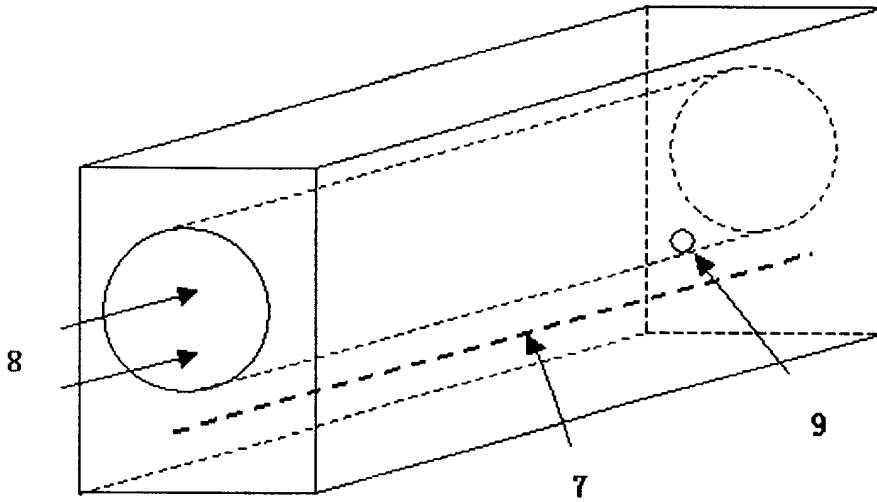


图5

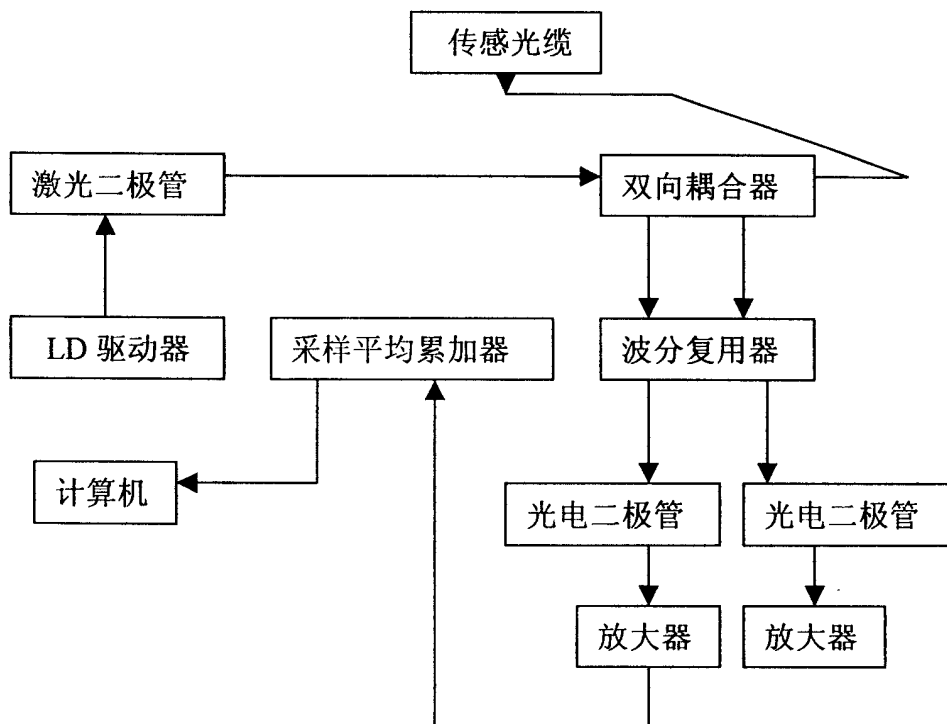


图6

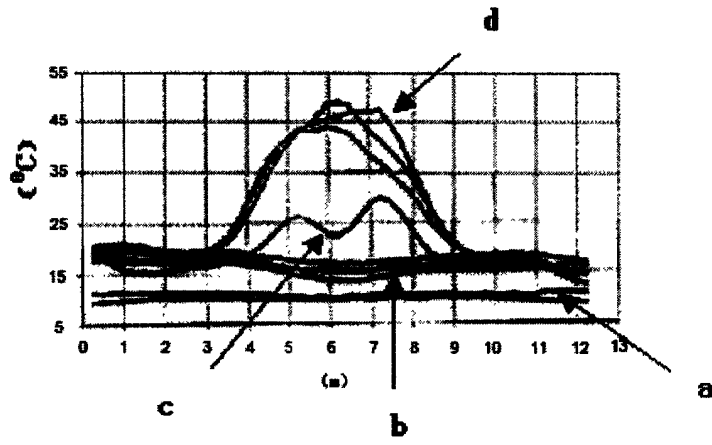


图7

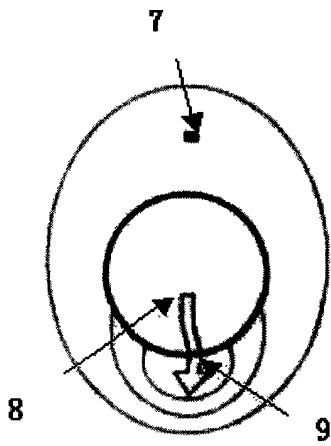


图8

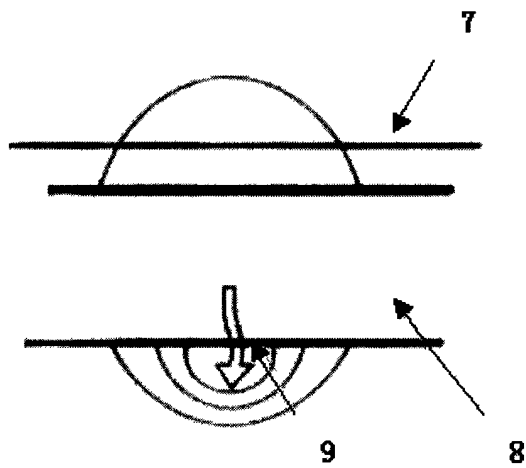


图9

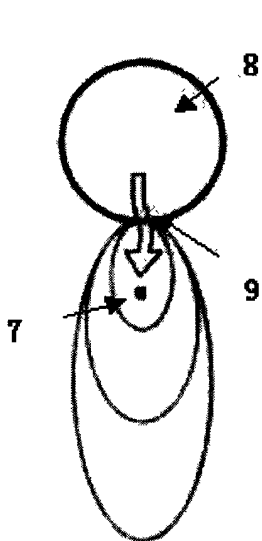


图10

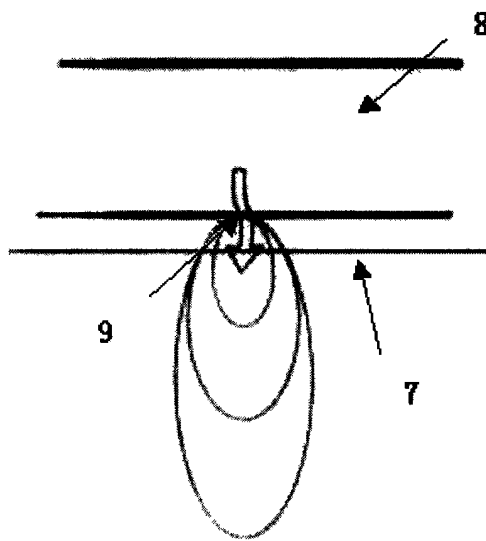


图11