



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107422370 A

(43)申请公布日 2017. 12. 01

(21)申请号 201710206249.1

G01V 1/38(2006.01)

(22)申请日 2011.06.17

(30)优先权数据

61/356835 2010.06.21 US

13/161896 2011.06.16 US

(62)分案原申请数据

201180040539.4 2011.06.17

(71)申请人 舍塞尔公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 M.马普尔斯 J.S.赫普

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 周心志 安文森

(51)Int.Cl.

G01V 1/18(2006.01)

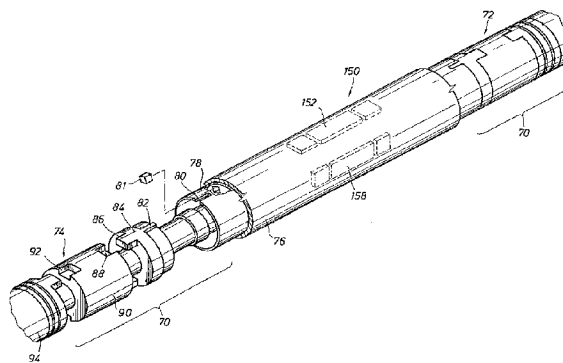
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

形成三部件式拖缆的压力/速度感测拖缆用的双轴检波器

(57)摘要

本申请涉及形成三部件式拖缆的压力/速度感测拖缆用的双轴检波器,其中一种地震拖缆包括传感器,该传感器包括:轴向定向的主体,该主体包括成对相对布置的多个轴向定向的通道;成对相对地布置在通道中的多个水听器;一对正交定向的声质点运动传感器;以及与质点运动传感器相邻或者相关联的倾斜传感器。拖缆具有多个水听器,如先前所描述的那样,多个水听器与多个加速度计对准,多个加速度计检测拖缆沿水平方向和竖直方向的移动,全部与倾斜传感器耦合,使得海洋地震系统能够检测所检测到的地震信号是来自拖缆下面的地质结构的反射还是来自空气/海水界面的向下行进的反射。



1. 一种支座,其构造成设置在海洋地震电缆内用于声学海洋数据收集,所述支座包括:主体,其保持至少两个质点运动传感器,所述至少两个质点运动传感器绕所述主体的纵向轴线相对于彼此以 90° 布置;

所述支座耦合至倾斜传感器,所述倾斜传感器相对于所述至少两个质点运动传感器处于已知的朝向,所述倾斜传感器构造成用以确定所述支座绕其轴线相对于竖向的倾斜角度。

2. 根据权利要求1所述的支座,其特征在于,所述至少两个质点运动传感器包括加速度计。

3. 根据权利要求1所述的支座,其特征在于,所述至少两个质点运动传感器包括检波器。

4. 根据权利要求1所述的支座,其特征在于还包括:
至少一个水听器。

5. 根据权利要求1所述的支座,其特征在于还包括:
覆盖所述支座的护套;以及

在所述护套内部的永磁体,适于在所述电缆上压制了最外层之后查明所述至少两个质点运动传感器的朝向。

6. 根据权利要求1所述的支座,其特征在于,所述至少两个质点运动传感器中的各个包括:

基座;

安装到所述基座上并限定内部腔室的盒,所述盒具有内部上表面;
在所述基座中的孔,限定到所述内部腔室中的流体流动路径;以及
安装在所述盒的内部上表面上的压电元件。

7. 根据权利要求1所述的支座,其特征在于,所述主体还保持所述倾斜传感器。

8. 一种海洋地震电缆,其包括:

沿着所述电缆成组布置的多个水听器;以及
根据权利要求1至7中任一项的至少一个支座。

9. 根据权利要求8所述的海洋地震电缆,其特征在于还包括:

采集站,所述采集站包括耦合至所述至少一个支座的所述倾斜传感器。

10. 根据权利要求9所述的海洋地震电缆,其特征在于,所述采集站位于水听器组与所述至少一个支座之间。

形成三部件式拖缆的压力/速度感测拖缆用的双轴检波器

[0001] 本申请是申请号为201180040539.4、申请日为2011年06月17日、发明名称为“形成三部件式拖缆的压力/速度感测拖缆用的双轴检波器”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 本申请要求保护在2010年6月21日提交的美国临时专利申请序列号61/356,835的权益。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及在船只后面在水中拖曳以进行地震勘测的地震拖缆的领域,并且更具体地涉及非流体填充的地震拖缆的领域。甚至更具体而言,本发明涉及一种地震拖缆,其包括与多个例如水听器等压力传感器在同一区段中或紧密靠近的一对正交的声学质点运动传感器,例如检波器或加速度计。

背景技术

[0004] 由Vaage等人在美国专利7,684,281中描述了相关领域中的背景技术。在地震勘测中,通过从声源向地表施加声能并检测从地下地层中的不同层之间的界面所反射的地震能量,来获得地球物理数据。当在界面的任一侧的层之间存在声阻抗差异时,反射震波场。通常,在海洋地震勘测中,在通常约6米至约9米之间的水深处,在勘测船只后面拖曳地震拖缆,但可以更浅或更深地拖曳。在拖缆电缆中包括水听器,用于检测地震信号。水听器为潜水式压力传感器,其将压力波转换为电信号或光信号,通常记录电信号或光信号以进行信号处理,并且评估这些信号以估计地球的地下特征。

[0005] 在典型的地球物理勘测构造中,在船只后面拖曳多个拖缆电缆。还通常在船只后面拖曳一个或多个震源。震源常常为气枪阵列,但也可以是水枪阵列或者地震领域的技术人员已知的其它类型震源,震源将地震能量或震波传递到地表中,由地表中的界面将震波反射回来并且由拖缆中的传感器来记录震波。通常采用有翼水力致动器来在拖曳时将电缆维持在期望的横向位置。替代地,在水体中将拖缆电缆维持基本上静止的位置,漂浮在选定深度或者位于水体底部,在该情况下,可以在船只后面拖曳震源以在不同的位置生成声能,或者震源也可以维持在静止位置。

[0006] 当反射波到达拖缆电缆时,由拖缆电缆中的水听器检测该波作为主要信号。反射波还继续传播到水面处的水/空气界面,波从水/空气界面向下反射,并且再次由拖缆电缆中的水听器检测。水面为良好的反射体,并且水面处的反射系数的大小几乎统一,且对于压力信号而言符号是负的。在水面处反射的波因此将相对于向上传播的波相移 180° 。由接收器所记录的向下传播的波通常被称作表面反射或“虚假”信号。由于表面反射,使得水面充当滤波器,其在所记录的信号中形成频谱陷波,从而难以记录选定带宽之外的数据。由于表面反射的影响,使得所记录的信号中的一些频率被放大(相长干涉)而一些频率被衰减(相消干涉)。

[0007] 最大衰减将在针对正在检测的水听器与水面之间的传播距离为半波长的整数倍的频率出现。最大放大将在针对正在检测的水听器与水面之间的传播距离为四分之一波长

的整数倍的频率出现。声波的波长等于速度除以频率,并且水中的声波速度为约1500米/秒。因而,能够容易地确定所得到的第一(最低频率)频谱陷波在频谱中的位置。例如,对于7米深的地震拖缆和竖直入射的波而言,最大衰减将在约107 Hz的频率出现,并且最大放大将在约54 Hz的频率出现。

[0008] 一般惯例不在超过约9米的深度拖曳拖缆电缆,因为在水听器所检测的信号频谱中最低频率的频谱陷波的位置显著地减小了所记录数据的实用性。一般惯例也不在小于6米的深度拖曳拖缆电缆,因为在地震拖缆数据中引起的表面相关的噪声显著地增加。

[0009] 执行将传感器配置在水底的海上地震作业也是常见的。这样的作业通常被称作“海底地震”作业。在海底地震作业中,在海床配置压力传感器(水听器)和质点运动传感器(检波器、加速度计)以记录地震数据。

[0010] 例如检波器等质点运动传感器具有方向敏感性,而例如水听器等压力传感器并不具有方向敏感性。因此,如果检波器沿特定方向定向,则由靠在一起定位的检波器和水听器检测到的上行波场信号将同相,而下行波场信号将被记录为180°异相。提出了各种技术来使用这种相位差以减小由表面反射所造成的频谱陷波(spectral notch),并且如果在海底进行记录则衰减水生多次波。应当指出的是使检波器和水听器协同定位的替代方案是使传感器具有充分的空间密度,以使由水听器记录相应的波场,并且波场能够在传感器的空间分布附近的适宜位置重建(内插)。

[0011] 授予Ruehle的美国专利No. 4,486,865教导了一种通过组合压力检测器和速度检测器的输出来抑制虚反射的系统。检测器为成对的,每对有一个压力检测器和一个速度检测器。滤波器被说成是用于改变检测器中至少一个的频率内容,从而使得在将输出组合时虚反射抵消。

[0012] 授予Moldovenu的美国专利No. 5,621,700也教导了在衰减反常回波和水层混响的方法中在海底电缆中使用至少一个包括压力传感器和速度传感器的传感器对。

[0013] 授予Sanders等人的美国专利No. 4,935,903教导了一种海洋地震反射勘探系统,其利用压力传感器-质点速度传感器对(例如水听器-检波器对)或替代地竖直间隔开的压力传感器来检测在水中行进的震波。取代进行滤波以消除虚反射数据,该系统要求通过添加虚假数据来增强主反射数据以在叠前处理中使用。

[0014] 授予Barr的美国专利No. 4,979,150提供了一种用于海洋地震勘探的方法,其被说成通过对水中基本上彼此相邻定位的压力换能器和质点速度换能器的输出应用比例因子而使由于水柱混响所造成的相干噪声衰减。Barr说明了换能器可位于海底或海底上方的水中的位置,但认为海底是优选的。

[0015] 授予Tenghamn的美国专利No. 7,239,577描述了一种用于在拖缆电缆中使用的质点运动传感器和将质点运动传感器和协同定位的压力梯度传感器的输出信号均衡并组合的方法。

[0016] 如所引用的专利所示,可以将压力信号和质点运动信号组合来得到上行波场和下行波场在本领域中是公知的。对于海底记录而言,可以随后将上行波场和下行波场组合,以去除地震信号中的表面反射的影响并且衰减水生多次波。但对于拖曳的拖缆应用而言,因为质点运动信号中的高噪声级别,所以认为质点运动信号具有有限的效用。但是,如果可提供质点运动信号用于拖曳的拖缆采集,那么能够从数据去除表面反射的影响。

[0017] 美国专利No. 7,123,543描述了通过组合在水柱中测量的上行波场和下行波场来衰减多次波的步骤,其中,通过将如水听器压力传感器与如检波器等运动传感器组合来计算波场。但该程序假定压力数据和运动数据具有相同带宽。

[0018] 然而,由于拖缆中的振动所引起的由质点运动传感器感测到的噪声,使得在运动传感器数据中难以获得与在压力传感器数据中相同的带宽。但是该噪声主要限于较低的频率。减小噪声的一种方式使若干传感器串联或并联。但这种方法并不总是将噪声降低到足以产生对于进一步的地震处理满意的信噪比。

[0019] 原则上声压与质点速度的组合能用于区分声波波前的方向。这种技术在“速率式”传声器的领域中具有悠久历史。

[0020] 在海洋地球物理学的领域,常常利用检波器(通常为电动速度传感器)来完成声质点速度感测。至少在一些频率范围和一些入射角上,将中性浮力电缆的运动看作是声质点速度的很好的模拟。为了使成本和复杂性最小,一些供应商使用单轴的装有平衡架的传感器,假设仅竖直定向的波前是主要关心的。

[0021] 在过去,事实上是主要关注竖直定向的波前,但在现代地球物理学中,越来越关心从大范围角度范围到达的波前,因此装有平衡架的单轴传感器并非最佳的。

[0022] 高品质的平衡架价格不菲,并且即使是最好的也会引起滑环噪声的可能性,且一般惯例为添加流体阻尼,使得在存在滚动的情况下,检波器传感器朝向可能落后于实际的电缆朝向。这样的落后会在测量的声质点速度方面引起误差。

[0023] 在例如Sercel's Sentinel® 拖缆的‘实心’电缆拖缆的情况下,平衡架造成一个非常困难的问题,因为装有平衡架的传感器的重心需要准确地位于电缆重心上,但该空间却被应力构件和电气布线占据。SENTINEL® 为Sercel, Inc.的注册商标。有效轴线穿过电缆轴线的一对正交的质点运动传感器避免了几何形状问题以及落后和滑环噪声的可能性,同时还允许能够区分非竖直波前的到达。

[0024] 对于正交的质点运动传感器而言,必须设置单独的倾斜(旋转)感测装置(例如具有足够DC精度的加速度计),以基于重力确定方向。一对正交的高品质DC响应加速度计可用于速度感测和方向感测,但本文所述的实施例使用更廉价的部件。

[0025] 每个传感器造成数据采集带宽方面的成本。显然,单个装有平衡架的速度传感器为最低成本的方法,但通过局部信号处理,如果牺牲偏离竖直区分的功能,则能够将双轴质点运动传感器加上倾斜感测简化为等效带宽负荷。

[0026] 总之,双正交传感器方法解决了设计难题,也在速度部件方面向地球物理学家提供了有价值得多的信息。

[0027] 因此,存在对于获得在低频具有令人满意的信噪比的有用的质点运动信号的方法的需求。特别针对位于拖曳的海洋地震拖缆中的质点运动传感器和压力传感器,存在对于生成具有与所记录的压力信号基本上相同带宽的质点运动信号的方法的需求。不利的是,至此所描述的提出的解决方案太复杂并且太昂贵,而不能广泛地应用于该领域中,并且这些解决方案的复杂性在作业中导致了不可接受的较高的故障率。特别存在对于用来将海洋地震电缆中的压力信号和质点运动信号组合以消除反常回波或使反常回波最小的简单的廉价结构的需求。本文所公开的本发明以满足本领域中的该需求为目标。

发明内容

[0028] 本发明通过在海洋地震电缆中设置多个水听器和多对正交定向的检波器来解决海洋地震拖缆领域中的这些缺点和其它缺点。电缆还包括与质点运动传感器相邻或紧密靠近的倾斜传感器,以指示质点运动传感器的竖直朝向。质点运动传感器和倾斜传感器的组合形成作为入射方向的函数的信号,因此表明信号是否已反射离开上面的空气/水界面,并且因此能够从整体地震信号过滤掉该信号。

[0029] 通过阅读下文的详细描述以及附图,本发明的这些和其它特征、目的和优点对于本领域技术人员而言将是显而易见的。

附图说明

[0030] 为了能够详细地理解实现本发明的上面所记载的特征、优点和目的的方式,上文简要概述的本发明的更具体的描述可以通过参考本发明的实施例来进行,本发明的实施例在附图中示出。

[0031] 图1为其中可应用本发明的海洋地震系统的整体示意图。

[0032] 图2为水听器支座的立体图,其适于支撑一对正交定向的质点运动传感器(具体地为加速度计)。

[0033] 图3为加速度计的剖面图,可从加速度计取得质点速度并且加速度计可应用于本发明中。

[0034] 图4为质点运动传感器支座的立体图,其适于支撑一对正交定向的质点运动传感器且可包括或不包括多个水听器。

[0035] 图5为图4的支座的剖面图。

[0036] 图6为图4的支座的俯视图。

[0037] 图7为图4的支座的侧视剖面图。

[0038] 图8为根据本发明的教导构成的水听器支座的立体图。

[0039] 图9为图8的水听器支座的纵向剖面图。

[0040] 图10为沿着图9的剖开线10-10剖开的图8的水听器支座的径向剖面图。

[0041] 图11为拖缆的侧视图,包括多个水听器、加速度计、倾斜传感器和用于将模拟地震信号转换为数字格式以传回到船只的电子装置。

具体实施方式

[0042] 图1描绘了包括拖曳拖缆12的船只10的基本海洋系统的示意图。拖缆具有多件辅助设备,例如与其相关联的深度控制设备,辅助设备并未示出以简化图1。

[0043] 拖缆12还包括沿着拖缆间隔开的多个水听器支座14。当在本文中使用时,术语“水听器”是指对地震信号(声压)敏感的有源元件,并且保持有源元件的支承体(或结构)被称作“水听器支座”。有源元件通常包括压电元件,但也可包括光学元件、微机电机械传感器元件等。在本发明中,水听器支座不仅适于保持水听器,而且还适于保持一对正交定向的检波器和倾斜传感器。

[0044] 水听器支座14和浮力材料被密封在优选地由聚氨酯制成的外护套16内,以呈现光

滑轮廓,从而使流动噪声最小。在地震作业期间,从电缆卷盘18展开拖缆12,并且一旦作业完成,就将拖缆12卷回到电缆卷盘18上。

[0045] 作为一个示例,拖缆12可包括多个部分,每个部分长150米。每个部分包括12个水听器组,其中每组8个水听器。在每个水听器组之间设有质点运动传感器(加速度计)组,其中每组4个加速度计,包括针对每个水听器组的两个通道。这种布置在下文中关于图11更详细地示出和描述。

[0046] 图2示出了优选的水听器支座14。支座14保持成对相对地布置在相对的井(well)30中的多个水听器20。支座14还保持顶部检波器22和侧部检波器24,这两个检波器绕电缆纵向轴线相对于彼此以 90° 布置。支座还保持倾斜传感器26以确定支座绕其轴线相对于竖直的倾斜角度。在优选实施例中,可包括4个这样的彼此相对的检波器24。另外在优选实施例中,倾斜传感器可配置在单独的信号处理模块中,如下文所述的那样。

[0047] 图3示出了可在本发明的应用中使用的加速度计22或24的示例。加速度计22包括安装在盒34内的压电元件32,盒34限定内部腔室35。盒被固定到基座36,基座36包括贯穿其中的孔38。孔38允许流体如箭头40所示那样向内流动,流体优选地为油。在没有孔38的情况下,加速度计22将替代地表现为水听器,响应于使盒34挠曲并且因此使元件32挠曲的压力而生成电信号。在具有孔38的情况下,压力在整个元件32上是相等的,并且因此元件32响应于设备22的加速度而生成电信号。加速度计22或24通过优选地由橡胶制成的柔性索环39,以与美国专利No. 7,382,689中所示和所描述的方式相同的方式,安装在水听器支座14内,美国专利No. 7,382,689转让给与本发明相同的受让人并且通过引用并入本文。索环39帮助将加速度计22或24与沿着拖缆产生的振动隔离。

[0048] 图4至图7示出了本发明的质点运动传感器支座50。支座50包括顶部检波器52和侧部检波器54以及在该实施例中未示出的倾斜传感器。该支座还可包括成对相对布置的多个水听器,但为了简单起见,在图4至图7中未示出这些水听器。

[0049] 各元件操作性地安装在主干电缆(bulk cable)58上,主干电缆58包括强度构件、电导体、信号导体和填充材料。检波器52安装在模制支座体60内,模制支座体60继而安装于电缆58上。设置空隙55用于进行布线连接。由与模制隔离器56相邻的元件57来提供联机减振。

[0050] 最后,图8至图11示出了本发明的目前优选实施例的加速度计部分50。本发明包括具有多个水听器的拖缆,如先前所描述的那样,多个水听器与多个加速度计对准,多个加速度计检测拖缆沿着水平方向和竖直方向的移动,全部与倾斜传感器耦合,使得海洋地震系统能够检测所检测到的地震信号是来自拖缆下面的地质结构的反射还是来自空气/海水界面的向下行进的反射。

[0051] 加速度计部分150包括顶部质点运动传感器152和底部质点运动传感器154,顶部质点运动传感器152和底部质点运动传感器154由一对引线156耦合在一起,从而限定第一信号通道。加速度计部分150还包括右侧质点运动传感器158和左侧质点运动传感器160,右侧质点运动传感器158和左侧质点运动传感器160由一对引线162耦合在一起,从而限定第二信号通道。质点运动传感器152、154、158和160中的每一个优选地如图3所示那样构成。因此,并非单个检波器检测竖直运动和单个检波器检测水平运动,而是如图2至图7所示,本优选实施例包括附加地耦合在一起的质点运动传感器对来提高信噪比。

[0052] 如先前所描述的那样,加速度计部分150和相邻的加速度计部分150的朝向对于本发明的正确作业是关键,其中加速度计部分150包括公知的加速度计组。因此,加速度计部分150包括键组件70。出于描述的目的,电缆包括前端72和后端74。前端72处的键组件70被示出为组装的,而后端74处的键组件70以分解图示出。

[0053] 拖缆由护套76以本领域中公知的方式覆盖。同样,质点运动传感器152、154、158和160封闭在套筒78内。在套筒中形成有凹口80以与在端帽84中形成的第一键82配合。磁体81与第一键82相邻地定位。磁体用于在电缆上压制了最外表层之后查明加速度计的朝向。当校准倾斜仪重力测量与加速度计朝向之间的偏移时,需要知道加速度计的朝向。端帽84还包括第二键86以与在耦合构件90中形成的第一凹口88配合。耦合构件还包括第二凹口92,第二凹口92被布置成与相邻部分94配合。该相邻部分94可以是另一个加速度计部分50、水听器组或采集站,如在下文中关于图11所描述的那样。

[0054] 加速度计部分50在图9中以侧视剖面图示出。利用支架组件96通过例如螺钉98或其它适当装置将顶部质点运动传感器52安装到部分50上。套筒78从支架组件96延伸,并且整个部分50被护套76覆盖(参看图8)。

[0055] 最后,图11示出了根据本发明的如本文所述这样组装的海洋地震拖缆100。出于描述的目的,拖缆100的左端为拖缆的前端。拖缆由与多个加速度计部分50相关联的多个水听器14构成。在水听器组与加速度计部分组之间设有采集站102。采集站102从水听器14接收模拟地震信号并将这些模拟信号转换为数字形式。采集站102还通过引线56和62从加速度计部分50接收模拟信号,并将这些模拟信号转换为数字形式。最后,采集站102优选地包括如之前关于图2所述的倾斜传感器。

[0056] 在前文的说明书中已经描述了本发明的原理、优选实施例和作业模式。本发明不应被解释为限于所公开的具体形式,因为这些形式被认为是例示性的而不是限制性的。此外,在不偏离本发明的精神的情况下,可由本领域技术人员作出变型和变化。

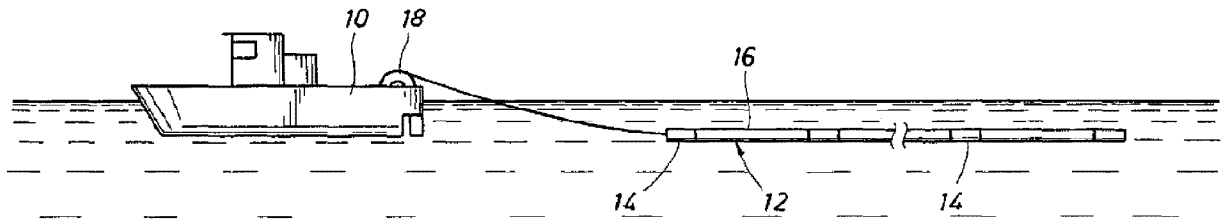


图 1

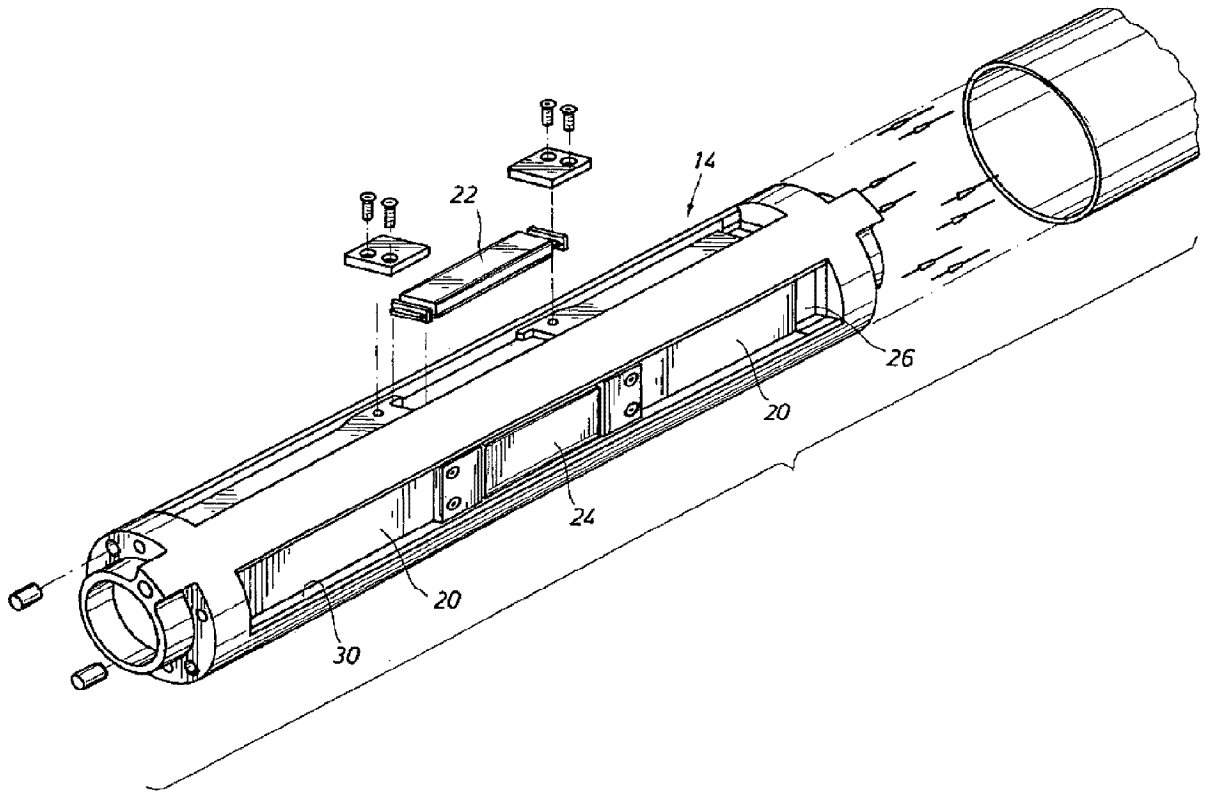


图 2

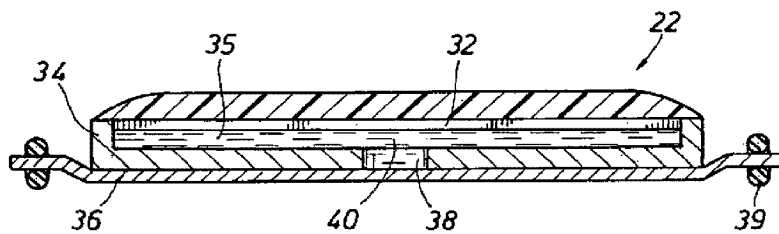


图 3

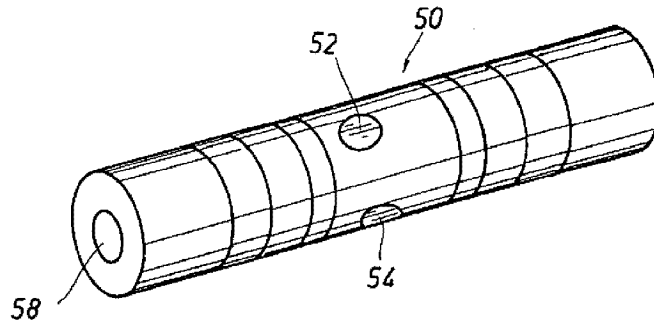


图 4

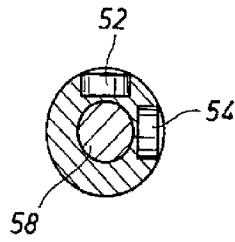


图 5

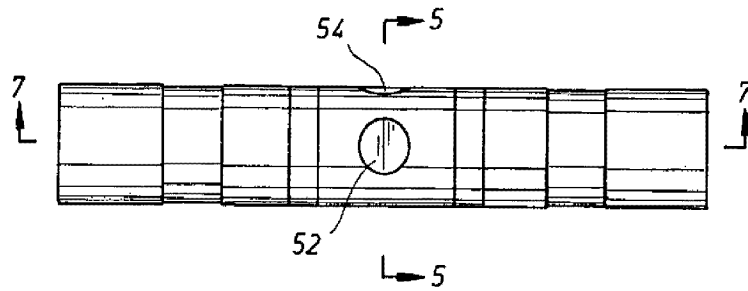


图 6

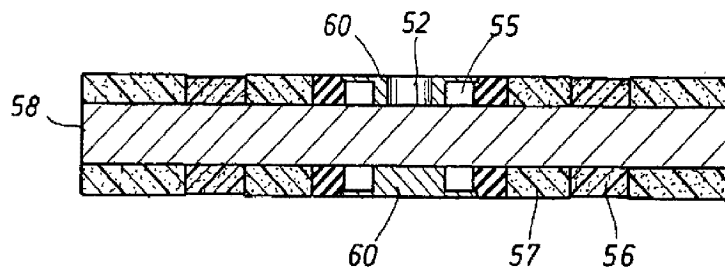


图 7

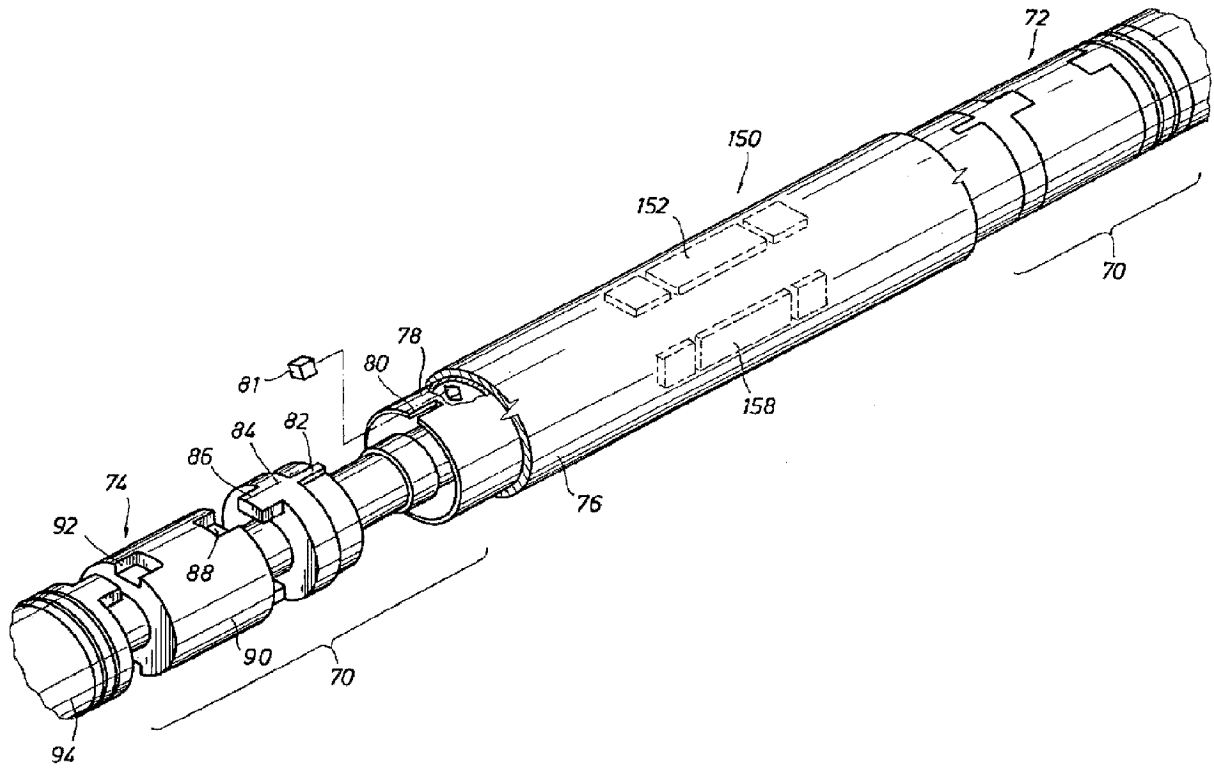


图 8

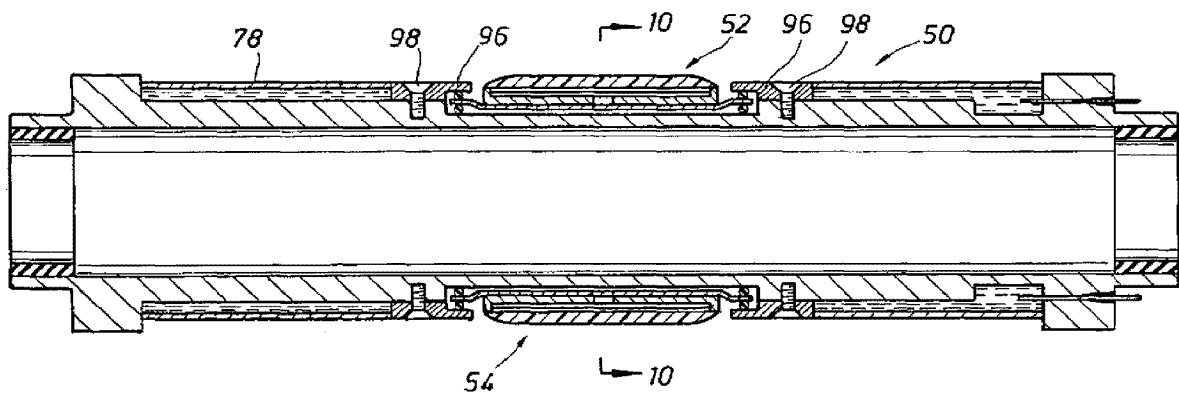


图 9

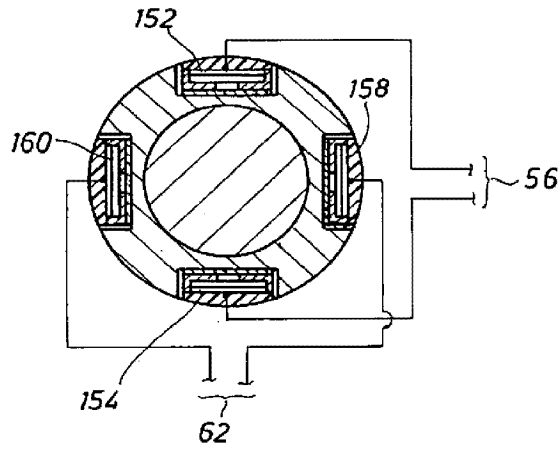


图 10

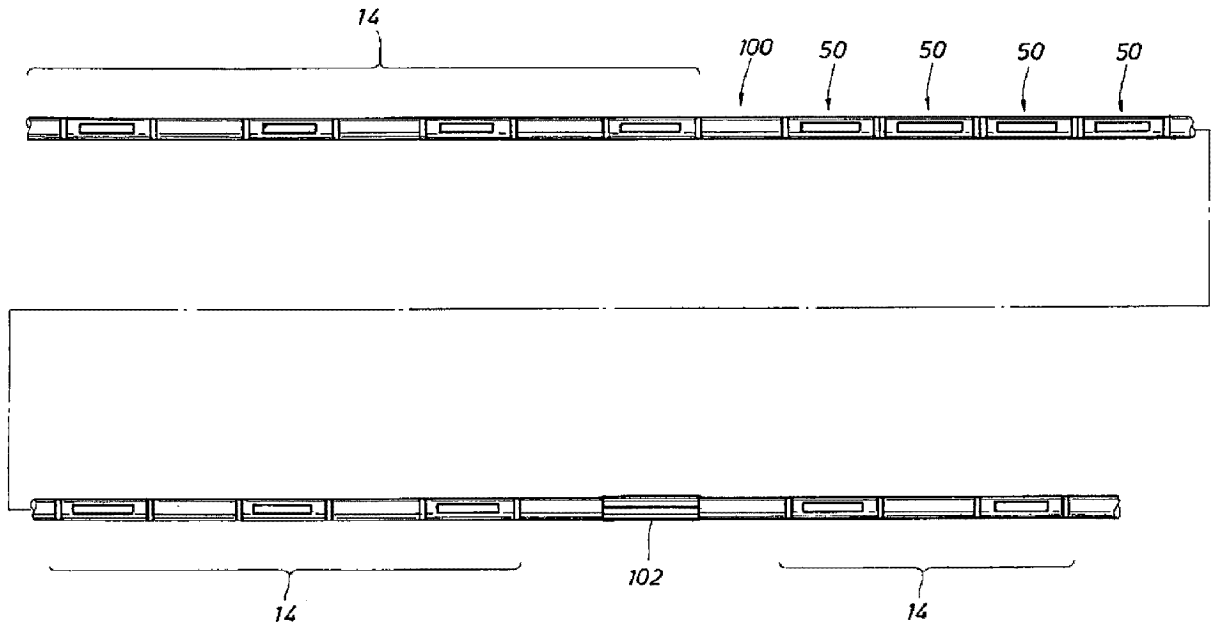


图 11