



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101715513 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 23

(21) 申请号 200880018367. 9

F03B 15/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2008. 04. 18

F16F 1/36 (2006. 01)

F16F 15/04 (2006. 01)

(30) 优先权数据

07106450. 5 2007. 04. 18 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 12. 01

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2008/054740 2008. 04. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02008/128999 EN 2008. 10. 30

(73) 专利权人 技术源于思维有限公司

地址 爱尔兰沃特福德

(72) 发明人 R·希利 P·麦克沃伊

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 王爱华

(56) 对比文件

US 6617705 B1, 2003. 09. 09, 全文.

W0 00/17519 A1, 2000. 03. 30, 全文.

CN 1878952 A, 2006. 12. 13, 全文.

GB 2113311 A, 1983. 08. 03, 全文.

US 4421461 A, 1983. 12. 20, 说明书第2栏第5行至第8栏第62行及附图1-8.

审查员 殷爱钧

(51) Int. Cl.

F03B 13/18 (2006. 01)

F03B 13/20 (2006. 01)

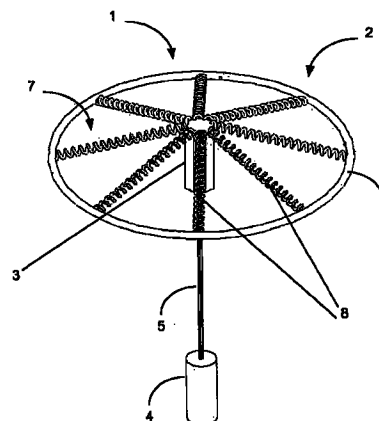
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 13 页

(54) 发明名称

用于波能量转换装置的阻尼器和阻尼结构

(57) 摘要

本发明涉及一种用来阻尼波能量转换装置(1)对波运动的反作用运动的阻尼器,该阻尼器包括具有可逆非线性应力-应变响应的阻尼能量吸收器(7),该阻尼能量吸收器被布置用来阻尼WEC的反作用运动。根据第一方面,这里提供一种用于波能量转换装置(1)的阻尼结构(2)。该结构包括固定构件(5)和具有可逆非线性应力-应变响应的阻尼构件(7)。阻尼构件(7)可连接在波能量转换装置(1)的固定构件(6)和可移动构件或浮体(3)之间。本发明还涉及波能量转换装置(1)。



1. 一种包括阻尼结构的波能量转换装置,该阻尼结构包括:

第一可移动构件和第二可移动构件;和

连接到第一可移动构件并连接到第二可移动构件的阻尼构件;

其特征在于该阻尼构件是无源的,并具有复合的可逆非线性应力-应变响应,阻尼构件包括不同长度、材料或厚度的多个部件,并且所述复合的可逆非线性应力-应变响应是所述多个部件的每一个的单个响应的组合。

2. 一种包括阻尼结构的波能量转换装置,该阻尼结构包括:

第一构件、第二构件和连接到第一构件和第二构件的

阻尼构件;

其特征在于该阻尼构件是无源的,并具有复合的可逆非线性应力-应变响应,该阻尼构件的厚度沿其长度变化,其中所述复合的可逆非线性应力-应变响应是不同厚度部分的响应的组合。

3. 一种包括阻尼结构的波能量转换装置,该阻尼结构包括:

固定构件;和

具有可逆非线性应力-应变响应的阻尼构件;和

可移动构件或浮体;

其中该阻尼构件连接到固定构件并连接到可移动构件或浮体;

其特征在于该阻尼构件是无源的,并具有复合的可逆非线性应力-应变响应,该阻尼构件包括具有多个捆扎的股的材料。

4. 如权利要求2所述的波能量转换装置,其中阻尼构件包括多个元件,并且所述复合的可逆非线性应力-应变响应是该多个元件的每一个的响应的组合。

5. 如权利要求3所述的波能量转换装置,其中所述股由多种不同材料形成,使得获得的复合材料具有希望的可逆非线性应力-应变特性。

6. 如权利要求1、2或3所述的波能量转换装置,其中阻尼构件包括橡胶或聚氨酯材料。

7. 如权利要求1、2或3所述的波能量转换装置,其中阻尼构件包括复合材料。

8. 如权利要求1、2或3所述的波能量转换装置,其中所述阻尼结构包括多个阻尼构件,其中每个阻尼构件布置成大体上沿着单个轴线阻尼所述波能量转换装置的运动,使得阻尼结构沿不同轴线提供不同的应力-应变响应。

用于波能量转换装置的阻尼器和阻尼结构

技术领域

[0001] 本发明涉及用于波能量转换的装置,并且特别地涉及用于波能量转换装置的阻尼器和阻尼结构。

背景技术

[0002] 关于传统能源的日益增加的担忧已经促使替代的可再生能源的研究。波能量是可再生能源并且具有广阔海岸线和强的盛行风的国家可从波动力产生相当大量的电。

[0003] 波能量是指海洋表面波的能量和用于发电目的的该能量的俘获。通常,波越大,它包含的能量越多,并且因此,可从它获得更多能量。具体地,可从波获得的能量的量由波高度、波速度、波长和水密度决定。

[0004] 几种类型的装置可用于俘获波能量。所有这些装置基于类似的原理进行工作。波力作用在可移动吸收构件上,该可移动吸收构件反作用在固定点上。固定点可以是基于陆地或基于海床的结构,或者另一可移动但能够耐受力的结构。波力导致吸收构件的振荡运动并且波力和对应运动的积代表转化的能量。

[0005] 存在与已知能量吸收装置相关联的几个缺点。在本来温和的波状态期间可能出现极端波(即,相对于当前波状态来说异常大的波,或快速变化的波)。这种大的波可引起过大的力施加在可移动构件和固定点之间的连杆或联接件上。这可导致联接件的断裂,特别地在诸如线性能量转换器的没有自然阻尼的装置中。因此,这些装置具有差的生存性,即使在正常波状态下。

[0006] 与已知波能量转换器相关联的另外缺点是差的能量俘获效率。典型的装置仅能够俘获相对窄的波频率和能量状态范围上的波能量。虽然更先进的装置可以调节它们的响应从而使它们能够优化从任何给定波状态的能量俘获,但这种慢的调节通常仅输送好的响应到该波状态的平均能量谱。很少装置可在单个海状态中足够快速地响应于各个频率。

[0007] 本发明的一个目的是提供一种用于波能量转换(WEC)装置的阻尼结构,该阻尼结构自动抵消或阻尼任何极端波力。本发明的另一目的是提供一种具有改进的能量俘获效率的用于WEC装置的阻尼结构。本发明的另外目的是提供一种用于WEC装置的阻尼结构,允许在宽的波频率范围上的另外的能量俘获。本发明的另外目的是提供一种用于WEC的阻尼结构,该阻尼结构允许WEC维持与波的最佳对准。

发明内容

[0008] 本发明涉及一种用来阻尼波能量转换装置对波运动的反作用运动的阻尼器,该阻尼器包括具有可逆非线性应力-应变响应的阻尼能量吸收器,该阻尼能量吸收器被布置用来阻尼WEC的反作用运动。

[0009] 根据第一方面,本发明涉及一种用于波能量转换装置的阻尼结构,该阻尼结构包括第一构件和具有可逆非线性应力-应变响应的阻尼构件,其中该阻尼构件可连接到波能量转换装置的第一构件并可连接到第二构件或浮体。

[0010] 在一个实施例中,本发明涉及一种用于波能量转换装置的阻尼结构,该阻尼结构包括固定构件和具有可逆非线性应力-应变响应的阻尼构件,其中该阻尼构件可连接到波能量转换装置的固定构件并可连接到可移动构件或浮体。

[0011] 如这里使用的术语“固定构件”不要求该构件一定栓系或固定到海床或其它静止点,而是要求它相对于 WEC 装置的可移动构件固定。例如,该构件可具有足够的固有惯性以防止它由于波运动而显著运动。相比之下, WEC 的可移动构件或浮体响应于海的波运动以振荡的方式运动。固定构件应当对波运动具有足够耐受力使得波运动引起 WEC 的固定构件和可移动构件之间的相对运动。固定构件可包括能够提供足够惯性的任何结构。这种惯性可以例如由互连的 WEC 装置的筏状结构提供。替代地,该惯性可以由在波发电场中充当用于多个 WEC 装置的固定构件的单个刚性浮动上部结构提供,该上部结构的长度大大大于波的波长以获得足够的惯性。

[0012] 在一些实施例中,第一构件和第二构件展示对波运动的不同频率响应,当波入射在它们上时引起其间的相对运动。在这些实施例中,第一和第二构件可以都是 WEC 装置的可移动构件。

[0013] 优选地,阻尼能量吸收器或阻尼构件是无源的。如这里使用的术语“无源的”表示阻尼构件的应力-应变响应是包括在其中的材料或它们的设计、形状或构造的函数,而不是需要诸如气压或液压的一些另外输入的机械构造。

[0014] 在本发明的实施例中,阻尼能量吸收器或阻尼构件具有复合的(即,组合的或累加的或混合的)可逆非线性应力-应变响应。复合响应可以由阻尼构件内的多个元件提供,使得阻尼构件在其正常操作范围内具有复杂的非线性应力-应变响应。因此,阻尼构件可包括多种材料,每种材料具有特定的应力-应变响应(并且理想地各具有不同的响应)。因此,获得的阻尼构件的应力-应变响应是单种材料的响应的复合或组合的元件的累加应力-应变响应。这允许实现比单个元件或材料可提供的应力-应变分布曲线更复杂的应力-应变分布曲线。在一个实施例中,阻尼构件可沿其长度在厚度上变化。因此,阻尼构件的应力应变响应也将沿阻尼构件的长度改变。因此,获得的阻尼构件的应力-应变响应是不同厚度部分的响应的复合。类似地,阻尼构件可包括不同长度、材料或厚度的多个部件。在所有这种情况中,阻尼构件的总应力-应变响应是组成部分的单个响应的复合。

[0015] 阻尼构件可连接到 WEC 装置的固定构件并连接到可移动构件。该连接可以是直接的或间接的。

[0016] 具有非线性应力-应变响应的材料或构件是如下的材料或构件:由该材料或构件施加的反力与施加到其上的力和这种力的施加速率非线性相关。在本发明中,可移动构件响应于波运动的运动在阻尼构件上施加力。由阻尼构件施加在可移动构件上的反力与施加的力和该力的施加速率非线性相关。本发明的阻尼构件展示可逆非线性应力-应变响应。例如,阻尼构件能够响应于施加的力进行可逆的形状变化。所希望的是,它在其操作范围内展示多个非线性应力-应变响应。

[0017] 优选地,阻尼构件施加小的(或零)反力直到施加的力或施加的力的速率超过临界值,在大于该临界值的情况下,施加的反力随着施加的力的增加而急剧增加。图 1 中示出这种响应的例子。选择该临界值使得当施加的力达到否则可能损坏 WEC 的水平时反力急剧增加。图 22 示出具有多个元件的阻尼构件的许多复合或累加非线性应力-应变响应。如图

中所示,可以实现比借助单种材料或元件可实现的应力-应变分布曲线更复杂的应力-应变分布曲线。如示出的,复合应力-应变分布曲线可具有许多非线性点,使得阻尼构件在多个施加的力的临界值或临界水平处提供急剧增加的反力,在这些点之间具有大体上线性的响应。

[0018] 根据本发明的一个方面,可以针对每个单个 WEC 装置和可能使用该装置的预测状况,定制阻尼构件的应力-应变响应,而不是使用单个通用设计。通过精心选择阻尼构件的设计和成分而定制该响应,例如,通过选择包括在阻尼构件中的材料的组合或阻尼构件的形状和构造,从而实现希望的响应特性。

[0019] 如这里使用的术语“定制”表示使用的一种或多种材料处于允许应力应变响应满足特性的希望性能分布曲线的形式或构造。这样,该一种或多种材料必须被设计和修改以满足希望的或要求的曲线。对于每一个装置,需要这种定制来优化其对于它将经受的预期波状态的性能。

[0020] 根据本发明的一个方面,阻尼构件的设计和/或成分可允许针对施加到该装置的力的大小和/或施加的力的变化速率来定制 WEC 装置的响应。阻尼构件可包括多个部件,每个部件对施加的力和/或施加的力的速率的不同范围起反作用。

[0021] 根据本发明的一个方面,可以提供多个阻尼构件,其中每个阻尼构件布置成大体上仅沿着一根轴线阻尼装置的运动。每个阻尼构件可具有单个应力-应变响应。如上所述,每个阻尼构件可具有复合的应力-应变分布曲线(包括两种或更多种不同的应力-应变响应)。每个阻尼构件的对准和/或设计可允许阻尼器或阻尼结构沿不同轴线提供不同的应力-应变响应。因此,阻尼结构沿每个方向的应力-应变响应可以被定制到期望状态。因此,阻尼结构可定制成对举升(heave)(竖直)、俯仰(pitch)(旋转)和冲击(surge)(横向)力的至少一种(并且理想是所有的力)具有不同响应。可提供可压缩和可拉伸的阻尼构件,或根据需要可提供可压缩和可拉伸阻尼构件的组合。

[0022] 在一个实施例中,被布置用来阻尼冲击(横向)力的阻尼构件用于限制该装置的最大横向响应。阻尼构件被适当布置或对准使得其阻尼效果尽可能仅施加到冲击力。被布置用来阻尼举升(竖直)力的另外阻尼构件(在 WEC 装置的部件之间)可用于限制该装置的最大竖直延伸。类似地,这种阻尼构件被布置或对准使得其阻尼效果仅被施加到举升力。对作用在该装置上的不同的力的独立控制允许阻尼结构的总响应被更加精确地定制到用于保护该装置的状态。

[0023] 本发明提供胜过已知 WEC 装置的多个优点。阻尼结构的性质提供防止 WEC 装置由于极端波而破裂的增强的结构稳定性和弹性。

[0024] 该结构也提供更高效的能量俘获。海波不会是单一频率的,并且除了主频率分量外,总是包括较高频率分量。主频率分量随着海状态改变并且一些装置可调节它们的响应以调到这个频率,但很少 WEC 装置能够足够快地作出反应以在单个海状态中从较高频率波分量俘获能量。本发明的阻尼构件能够对波的较高频率分量作出反应,因此允许 WEC 装置从波的较高频率分量俘获能量。因此,本发明的阻尼构件可充当能量存储装置,它暂时存储从波俘获的能量,使得能量可被送回到与 WEC 装置相关联的动力获取系统中。另外的能量俘获增强来自于由于增强的结构稳定性和弹性而可被使用的另外的海状态。

[0025] 本发明也提供胜过当前 WEC 装置的另外优点。阻尼构件(或多个阻尼构件)理想

地施加具有横向和竖直分量的反力,因此自动用来使可移动构件变直,因此当在使用中时维持与波的最佳对准,即,大体上垂直于波的行进方向。这减小了来自 WEC 装置的可移动构件和固定构件之间的角度差的应力引起的对 WEC 装置的联接系统的损坏的危险。

[0026] 在优选实施例中,固定构件是适于绕波能量转换装置的可移动构件大体上同心地布置的大体上刚性的环。该环可以为任何合适形状,包括圆形、正方形、矩形或任何其它多边形形状。

[0027] 固定构件可包括多个链接的段。替代地,固定构件可包括至少一个其它 WEC 装置。多个 WEC 装置可互连以形成筏状结构。该装置可由固定构件链接,该固定构件可以是大体上刚性的。替代地,该装置可以由阻尼构件链接。

[0028] 选择固定构件的尺寸和轮廓以最大化环提供的俯冲。当 WEC 装置的可移动构件处于波的最高点时,希望固定构件和可移动构件之间形成的角度小于约 45 度。这最大化施加到可移动构件的力的竖直分量,同时提供足够的水平反力以抵消横向冲击力。

[0029] 对于单个未连接的 WEC 装置,固定构件优选地为具有相对大的直径的环以保证 WEC 装置的可移动构件和环之间存在显著的相对运动。例如,对于在波的高度变化在 5 和 8 米之间的波状态中的装置,合适的环直径是 10 和 20 米之间。通常,环的尺寸将基于波的高度。可以选择环的尺寸以保证限制举升的反力的大的竖直分量(较小的环)和纠正冲击的足够的横向力(较大的环)之间的平衡。

[0030] 对于多个互连的 WEC 装置,有必要平衡实现要求角度的小的环直径的需要与避免环和浮体之间的相互作用并纠正举升的较大环直径的需要。

[0031] 优选地,选择固定构件的尺寸和形状使得它恰好浮在海表面下。在一个实施例中,固定构件是环,该环布置成浮在 WEC 装置的可移动构件安置在水中的点的下方近似 3 米处。

[0032] 阻尼构件可包括能够响应于施加的力而可逆变形的柔性材料。该材料可以是非线性弹性材料。阻尼构件可包括展示可逆非线性应力-应变响应的可弹性变形的材料。根据本发明的各种实施例,阻尼构件可包括非虎克(non-Hookean)弹簧、橡胶材料、粘弹性材料或生物聚合物。这种材料的例子包括聚氨酯、Avery FT1125 和波形蛋白。阻尼构件可包括膨胀性(dilatant)材料。

[0033] 阻尼构件可包括具有可选地交织的多根捆扎的股的材料。该股可以类似于肌纤维。该股可由多种不同材料形成,使得获得的复合材料具有希望的可逆非线性应力-应变特性。

[0034] 阻尼构件可包括材料的片材或膜。片材或膜可以是穿孔的。片材或膜可包括多个层。该层可形成床垫式结构。阀或电子装置可布置在该片材中以允许能量俘获或感测波状态。

[0035] 阻尼构件可包括复合材料。复合材料可包括多层,例如环氧树脂复合粘弹性结构。

[0036] 阻尼构件可包括用于提供可逆非线性应力-应变响应的主动响应系统。该系统可包括用来感测波状态并且将波状态信息提供到主动响应系统的传感器,由此,响应于感测到的状态而修改主动响应系统的性能。在一个实施例中,主动响应系统包括微处理器控制的张紧系统。传感器可布置在固定构件上并且响应于感测到的状态修改张紧系统的性能。该系统可包括布置在滚子上的例如钢缆线的缆线。滚子可用于改变缆线上的张力以给予感测到的状态以可逆非线性应力-应变响应。这种布置的优点是,当需要维护系统时,可增加

缆线上的张力使得 WEC 装置的元件的最小运动被允许。

[0037] 阻尼构件可包括上述材料以及展示需要的非线性应力 - 应变特性的其它材料的组合。

[0038] 根据第二方面,本发明涉及波能量转换装置,该波能量转换装置包括可移动构件、第一固定构件和布置在其间以将响应于波运动的可移动构件和固定构件之间的相对运动转化为能量的联接件;并且还包括第二固定构件和布置在可移动构件和第二固定构件之间的、具有可逆非线性应力 - 应变响应的阻尼构件。

[0039] 根据本发明的第三方面,这里提供了一种波能量转换装置,该波能量转换装置包括可移动构件、固定构件和布置在其间以将响应于波运动的可移动构件和固定构件之间的相对运动转化为能量的联接件;其中所述联接件包括具有可逆非线性应力应变响应的阻尼构件。

[0040] 在一个实施例中,根据本发明的第三方面的波能量转换装置的固定构件包括绕可移动构件大体上同心地布置的环。以可移动构件和环(它对波运动有抵抗力)之间的相对运动的形式能量可由阻尼构件存储并且被转化到电能。

[0041] 在另一实施例中,阻尼构件设置有多组电子齿。该齿布置成两组,使得可移动构件和固定构件之间的相对运动引起一组齿相对于另一组齿运动,使得电能通过感应而产生。

附图说明

[0042] 现在将参考附图描述根据本发明的用于波能量转换装置的阻尼结构的多个实施例,其中:

[0043] 图 1 是示出具有可逆非线性应力应变响应的材料的反力对施加的力的曲线图;

[0044] 图 2 是包括根据本发明的实施例的阻尼结构的波能量转换装置的透视图;

[0045] 图 3 是图 1 的波能量转换装置的顶视平面图;

[0046] 图 4 是图 1 的波能量转换装置的侧视图;

[0047] 图 5 是包括根据本发明的阻尼结构的波能量转换装置的示意图;

[0048] 图 6a 是在极端波的波峰处施加到 WEC 装置的浮体的力的示意图;

[0049] 图 6b 是在正常波的波峰处施加到 WEC 装置的浮体的力的示意图;

[0050] 图 6c 是在极端波的波谷中施加到 WEC 装置的浮体的力的示意图;

[0051] 图 7 是根据本发明的阻尼结构的替代实施例的示意图;

[0052] 图 8 是互连的 WEC 装置的阵列的示意图;

[0053] 图 9 是包括根据本发明的实施例的替代阻尼结构的 WEC 装置的透视图;

[0054] 图 10 是包括根据本发明的另一实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图;

[0055] 图 11 是包括根据本发明的又一实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图;

[0056] 图 12 是包括根据本发明的另一实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图;

[0057] 图 13 是包括根据本发明的又一实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图;

[0058] 图 14 是包括根据本发明的另一实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图;

[0059] 图 15 是包括根据本发明的实施例的阻尼结构的双表面穿透 WEC 装置的透视图;

[0060] 图 16 是图 15 的 WEC 装置的剖开透视图;

[0061] 图 17 是包括根据本发明的实施例的阻尼结构的 WEC 装置的剖开透视图;

- [0062] 图 18 是包括根据本发明的另一实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图；
- [0063] 图 19 是包括根据本发明的实施例的阻尼结构的 WEC 装置的剖开透视图；
- [0064] 图 20 是包括根据本发明的实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图；
- [0065] 图 21 是包括根据本发明的实施例的阻尼结构的 WEC 装置的透视图；并且
- [0066] 图 22 是示出具有复合可逆非线性应力应变响应的阻尼构件的应力对应变的曲线图。

具体实施方式

[0067] 参考附图的图 2 到 4, 图中示出包括根据本发明的阻尼结构 2 的点吸收器类型的 WEC 装置 1。这种类型的 WEC 装置吸收波况期间海表面的竖直运动, 即装置位置处水柱变化的高度引起的能量。本发明的结构同样可应用于其它类型的 WEC 装置。

[0068] 装置 1 包括可移动吸收构件或浮体 3 和第一固定构件 4。第一固定构件 4 可锚固或栓系到海床或者仅仅是足够重以提供固有惯性, 该固有惯性防止第一固定构件响应于波运动而显著运动, 例如浮动压载物。在使用中, 第一固定构件 4 浸没在海表面下。选择可移动构件 3 的浮力使得它浮在海表面上或附近。连杆或联接件 5 布置在可移动构件 3 和固定构件 4 之间。连杆 5 包括动力获取装置 (power take off device) 以将可移动构件 3 和固定构件 4 之间的相对运动转化为电能。动力获取装置可以为例如线性发电机。

[0069] 阻尼结构 2 包括第二固定构件 6 和阻尼构件 7。第二固定构件 6 是围绕装置 1 的浮体 3 大体上同心地布置的大体上刚性的外环。阻尼构件 7 包括布置在浮体 3 和环 6 之间、具有可逆非线性或非虎克应力对应变特性的多个弹簧 8。

[0070] 在使用中, 该装置布置成使得固定构件或压载物 4 浸没在海表面下。可移动构件 3 布置成使得它浮在海表面上或附近。随着海波 10 接近装置 1, 可移动构件的浮力使它与海表面一起向上运动。第一固定构件 4 对波运动有抵抗力因此维持大体上静止。因此, 可移动构件 3 相对于第一固定构件 4 运动。动力获取装置将这种相对运动转化为电能。

[0071] 随着波 10 经过装置 1, 可移动构件 3 相对于第一固定构件 4 向下运动。动力获取装置也将这种相对运动转化为电能。

[0072] 在每种情况下, 可移动构件 3 的运动在阻尼结构 2 上施加力。环 6 对波运动有抵抗力并且因此维持大体上静止。当波 10 经过装置 1 时, 浮体 3 的向上运动在阻尼构件 7 的弹簧 8 上施加向上举升力 F_U , 如图 5 中示出的。波向前的运动也在 WEC 装置上施加横向冲击力 F_R 。响应于极端波, 阻尼构件 7 的弹簧 8 在浮体 3 上施加阻尼反力 F_C 。阻尼反力包括竖直分力 $F_{C,y}$ 和水平分力 $F_{C,x}$ 。反力的竖直分力抵消向上举升力 F_U , 而反力的水平分力抵消波施加的横向冲击力。

[0073] 阻尼反力相对于施加的力和施加的力的改变速率非线性地增加。对于正常的波, 阻尼反力很小, 如图 6b 所示, 并且浮体 3 响应于波的运动不会显著地受到影响。然而, 当施加的力 (或者施加的力的改变速率) 超过临界值时, 例如, 在极端波的情况下, 阻尼反力大得多, 如图 6a 和 6c 中所示, 由此防止浮体 3 的极端运动。选择弹簧 8 的非线性应力应变响应, 使得该响应对于其尺寸和速度否则将可能引起装置 1 破坏的波达到临界值。因此适当阻尼反力的应用防止浮体 3 和第一固定构件 4 之间的连杆 5 破坏。

[0074] 由于阻尼构件 7 能够对入射波的高频分量起反应, 因此阻尼结构 2 还提供更高效

的能量俘获,由此允许 WEC 装置从波的高频分量俘获能量。阻尼构件 7 充当能量存储装置,它暂时存储从波俘获的能量并且将其送回到 WEC 装置 1 的动力获取系统中。

[0075] 此外,由于阻尼构件 7 施加具有横向和竖直分量的反力,它因此自动起作用使得可移动构件 3 变直。这防止 WEC 装置 1 以倾斜位置或取向停留在海中,因此维持与波的最佳对准。这减小了来自 WEC 装置的可移动构件 3 和固定构件 4 之间的角度差的应力引起的对 WEC 装置 1 的联接系统 5 的损坏的危险。

[0076] 现在参考图 7,图中示出本发明的阻尼结构的替代实施例。阻尼构件 7 包括可用于提供可逆非线性应力-应变响应的主动响应系统。主动响应系统包括微处理器控制的张紧系统。该系统可包括布置在滚子或线轴 11 上的例如钢缆线的缆线 12。传感器可布置在线轴 11 上以检测其旋转速率和位置。滚子 11 用于改变缆线 12 上的张力以给予感测到的状态以可逆非线性应力-应变响应。在替代实施例中,缆线 12 可包括刚性、柔性或非线性材料。

[0077] 如图 8 中所示,包括根据本发明的阻尼结构的多个 WEC 装置可以互连以形成筏状结构。WEC 装置可以通过固定构件互连,该固定的构件可以是刚性的。替代地,WEC 装置可以通过阻尼构件互连。

[0078] 参考附图的图 9,图中示出包括根据本发明的阻尼结构 92 的点吸收器类型的 WEC 装置 91。装置 91 包括可移动吸收构件或浮体 93 和第一固定构件 94,如上面参考图 2 到 4 描述的。也如上面描述的,连杆或联接件 95 布置在可移动构件 93 和固定构件 94 之间。阻尼结构 92 包括第二固定构件 96 和阻尼构件 97。如上所述,第二固定构件 96 是围绕装置 91 的浮体 93 大体上同心地布置的大体上刚性的外环。阻尼构件 97 包括布置在浮体 93 和环 96 之间的、具有可逆非线性或非虎克应力对应变特性的、以弹簧 98 的形式的多个阻尼器。

[0079] 图 9 的阻尼结构 92 为装置 91 提供对举升(竖直)力的增强的保护。当装置静止时,第二固定构件 96 位于浮体 93 下方,使得阻尼构件布置成与浮体 93 成锐角。因此,阻尼构件可以沿竖直方向施加比沿横向大得多的反力,因此为装置提供对过大举升力的增强的保护。以类似的方式,可布置或对准各个阻尼器以解决特定的期望装置相对运动。

[0080] 图 10 示出包括根据本发明的阻尼结构 102 的点吸收器类型的 WEC 装置 101。装置 101 包括可移动吸收构件或浮体 103,第一固定构件 104 和它们之间的连杆或联接件 105,如图 9 中所示。阻尼结构 102 包括第二固定构件 106 和阻尼构件 107。第二固定构件 106 是围绕装置 101 的浮体 103 大体上同心地布置的大体上刚性的外环,并且阻尼构件 107 如示出的那样包括多个阻尼器 108,如图 9 中那样。

[0081] 图 10 的阻尼结构 102 为装置 101 提供对俯仰力的增强的保护。阻尼器 108 成对地布置,使得每对中的一个弹簧连接到浮体 103 的顶部并且另一弹簧连接到浮体 103 的底部。俯仰力引起装置绕重心(或吃水线)旋转。来自波的俯仰力引起浮体 103 在这个点的上方旋转。为抵消这些力,阻尼器 108 用于在离旋转中心一定距离处施加反力。反力的施加点和旋转中心之间的距离越大,抵消俯仰所需的阻尼力越小。

[0082] 图 11 示出类似于图 9 示出的 WEC 装置的 WEC 装置 111。图 11 的阻尼结构 112 为装置 111 提供对冲击(横向)力的增强的保护。如前述实施例中那样,阻尼器 118 在一个端部 119 连接到第二固定构件 116。然而,在另一端部 1110,每个弹簧 118 与浮体 113 接触但不固定地连接到其上。滚子 1111 布置在弹簧的端部 1110,使得浮体 113 被允许沿竖直方

向（即，垂直于弹簧）自由运动，但如果浮体横向运动（由于冲击）则阻尼器施加阻尼力。这种布置允许阻尼结构仅沿单个方向工作，允许浮体沿其它方向自由运动。然后，另外的阻尼器可用于控制沿其它方向的运动。

[0083] 在替代实施例中，可用另一元件替换滚子，该另一元件允许弹簧沿单个方向自由滑动。

[0084] 图 12 示出组合图 9 和 11 的特征的 WEC 装置 121。阻尼结构 122 保护装置 121 免受过大的举升和冲击力。这种布置允许阻尼结构施加的反力沿不同方向被独立地调节。这允许沿特定方向的不希望的或过大的力被抵消而不影响垂直力并且对非垂直力的影响较小。在这个实施例中，装置 121 包括以环 126a 和 126b 的形式的两个另外固定构件。

[0085] 在替代实施例中，固定构件 126a 和 126b 可组合到单个元件中。替代地，它们可分成多个固定构件。图 12 中示出的布置可以适用于任何对准。

[0086] 图 13 示出 WEC 装置 131，其中阻尼结构 132 保护该装置免受过大的冲击和俯仰力。在这种布置中，阻尼器 138 如图 10 中那样成对地布置。然而，每个阻尼器 108 在其一个端部设置有滚子 1311，以允许浮体沿竖直方向自由运动。因此，阻尼器 138 用于控制俯仰和冲击力。在示出的实施例中，俯仰和冲击均由单组阻尼器控制。然而，通过提供中间阻尼结构以分离冲击保护阻尼器和俯仰保护阻尼器，可以分离地控制这两个力。外部阻尼结构将具有一组阻尼器以保护中间结构免受冲击（例如，如图 11 中所示），而中间阻尼结构将包括阻尼器以保护浮体（并且因此保护 WEC 装置）免受俯仰（例如，如图 10 中示出的）。

[0087] 图 14 示出包括阻尼结构 142 的 WEC 装置 141，该阻尼结构保护该装置免受过大的举升力以及组合的俯仰和冲击力。如图 13 中那样，俯仰和冲击力被一起控制。设置成对的竖直间隔的阻尼器 148a。阻尼器 148a 在一个端部 149 连接到固定构件 146。在另一端部 1411，布置滚子 1410 以允许阻尼器 148a 沿着浮体 143 在竖直方向上自由运动。举升力由连接到浮体 143 且连接到固定构件 146 的阻尼器 148b 控制。

[0088] 图 15 和 16 示出包括根据本发明的阻尼结构的双表面穿透 WEC 装置。该布置类似于图 14 中示出的布置。装置 151 包括中心浮体 153 和外部构件或“圆环”154。浮体 153 和圆环 154 展示出对波运动的不同频率响应，使得它们不同地响应于入射在装置上的波。这引起部件之间的相对运动，从该相对运动可俘获能量。在这个实施例中，阻尼构件 158 布置在浮体 153 和圆环 154 之间以阻尼其间的相对运动。在这个实施例中，阻尼器控制该装置上的举升、冲击和俯仰力，如上面参考图 14 所述的。阻尼器保护该装置免受引起浮体 153 和圆环 154 碰撞在一起的俯仰和冲击力，并且也控制部件之间允许的最大举升延伸。

[0089] 图 17 示出包括阻尼结构的 WEC 装置 171，该阻尼结构保护该装置免受过大的冲击力。该阻尼结构包括多个阻尼器 178，使得施加到任何一个阻尼器的最大力减小。阻尼器 178 在它们的内端部 1710 布置有滚子或低摩擦装置 1711（并且不是固定地连接到浮体）以允许阻尼器在压缩模式下工作。

[0090] 图 18 示出包括阻尼结构 182 的 WEC 装置 181。该 WEC 装置类似于图 15 和 16 中示出的 WEC 装置。该结构包括已经装配到中心浮体 183 和圆环 184 之间的狭窄空间中的多个较长的阻尼器。在需要长的阻尼器以便实现希望的响应，但装置的元件之间的狭窄空间限制可布置阻尼器的方式的情况下，这种布置特别有用。这种布置通常需要阻尼器成对地布置以避免在浮体 183 和圆环 184 之间施加旋转力。

[0091] 图 19 示出包括浮体 193 和海床连接轴 194 的 WEC 装置 191。轴 194 可刚性地连接到海床,或通过柔性接头或缆线连接。浮体 193 可以是表面穿透(即,部分浸没)或表面下的并且当波入射在该装置上(或者在该装置上方)时相对于轴运动。阻尼结构 192 包括连接在浮体和轴之间以控制其间的相对运动的多个阻尼器 198。如附图中示出的,两对阻尼器布置成纠正装置的俯仰和冲击。这些阻尼器在一个端部连接到浮体 193 的内部并且在另一个端部设置有滚子,使得它们可以相对于轴 194 沿竖直方向自由运动。设置另外两对阻尼器来纠正举升。这些阻尼器的第一对连接在浮体 193 的下端部和轴 194 的下端部之间。当浮体 193 由于波运动而向上运动时,这些阻尼器在浮体上施加向下阻尼力。这对阻尼器可以替代地连接在轴的上端部和浮体的顶部之间。这些阻尼器的第二对连接在轴的上端部和浮体的下端部之间。当浮体由于波运动而向下运动时,这些阻尼器在浮体上施加向上阻尼力。

[0092] 图 20 示出包括上构件 203 和下构件 204 的 WEC 装置 201。上和下构件 203 和 204 通过柔性管 205 连接。当波入射在装置 201 上时,上和下构件相对彼此运动。这挤压并松弛管,将水泵送通过该管。泵送的水用于从该装置俘获能量。阻尼结构 202 包括连接在上和下构件 203 和 204 之间的多个阻尼器 208。阻尼器 208 限制最大延伸(和/或该装置的延伸的变化速率),并且因此保护该装置的柔性管免受过大的力。

[0093] 图 21 示出包括两个浮动构件 213 和 214 的表面浮动 WEC 装置 211,这两个浮动构件设计成浮在水表面上。允许浮体在所有方向上相对彼此枢转。入射在该装置上的波引起每个浮体俯仰、举升和冲击,引起它们之间的相对运动。阻尼器 218 在枢转点布置在浮体之间以控制要被控制的浮体之间的最大延伸和延伸速率。阻尼器可以是可拉伸或可压缩的,或者两者的混合。

[0094] 词“包含”和词“具有/包括”当参考本发明在这里使用时用于指定所述特征、整体、步骤或部件的存在,但不排除存在或添加一个或更多个其它特征、整体、步骤、部件或其群组。

[0095] 应当理解,为了清楚起见而在分离的实施例中描述的本发明的某些特征也可以组合地设置在单个实施例中。相反,为了简洁起见而在单个实施例中描述的本发明的各种特征也可分离地或者以任何合适的子组合被设置。

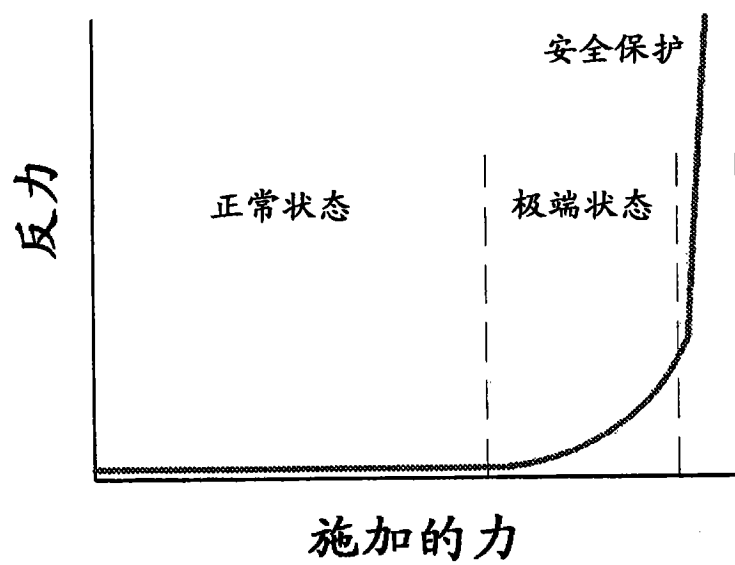


图 1

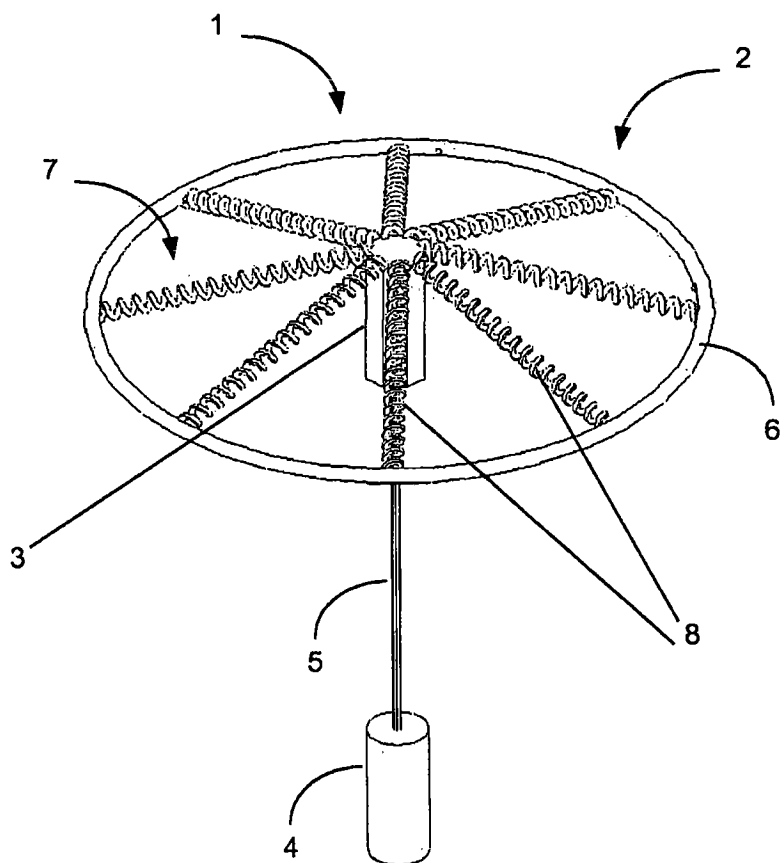


图 2

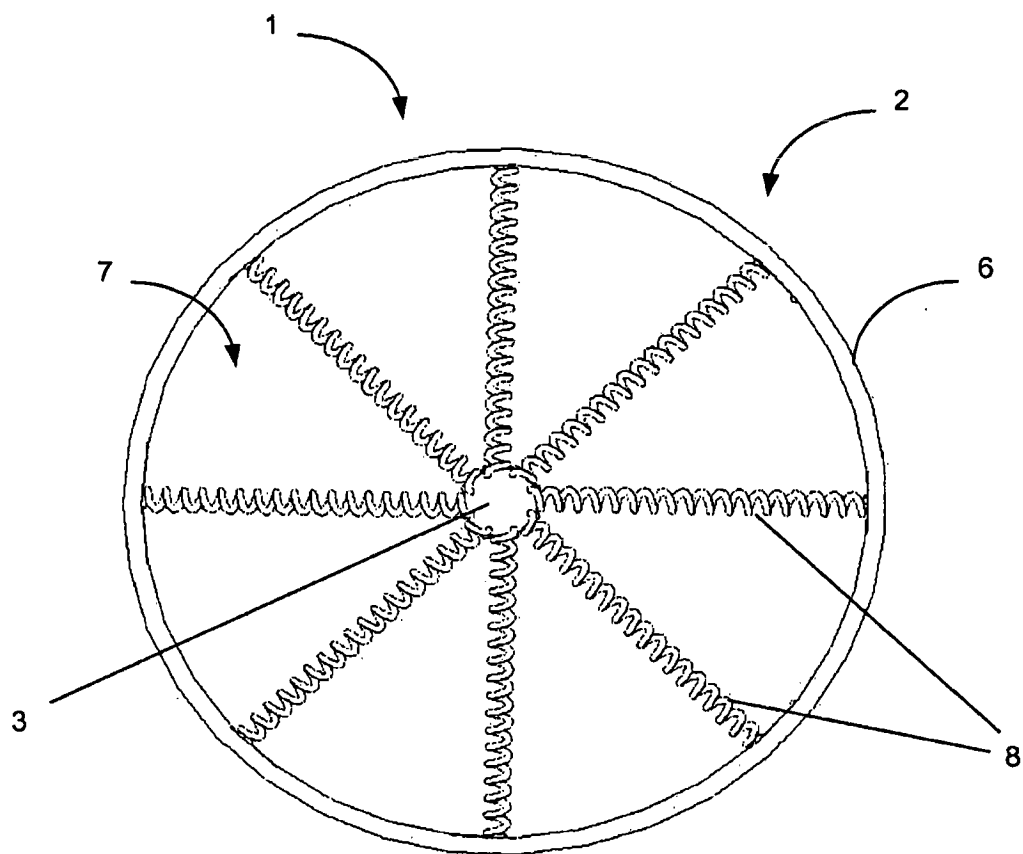


图 3

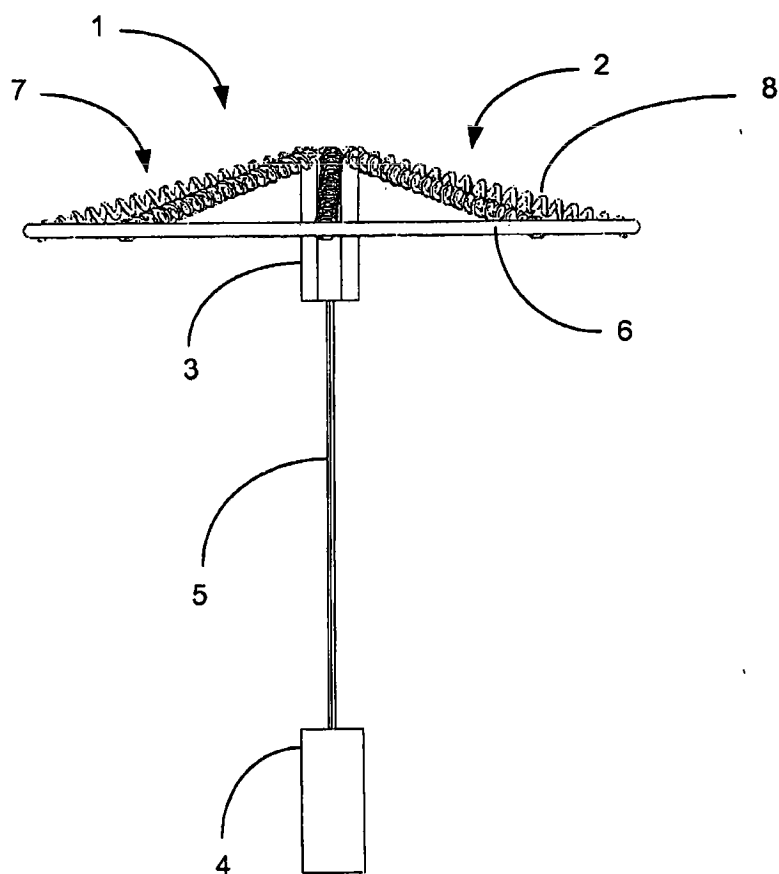


图 4

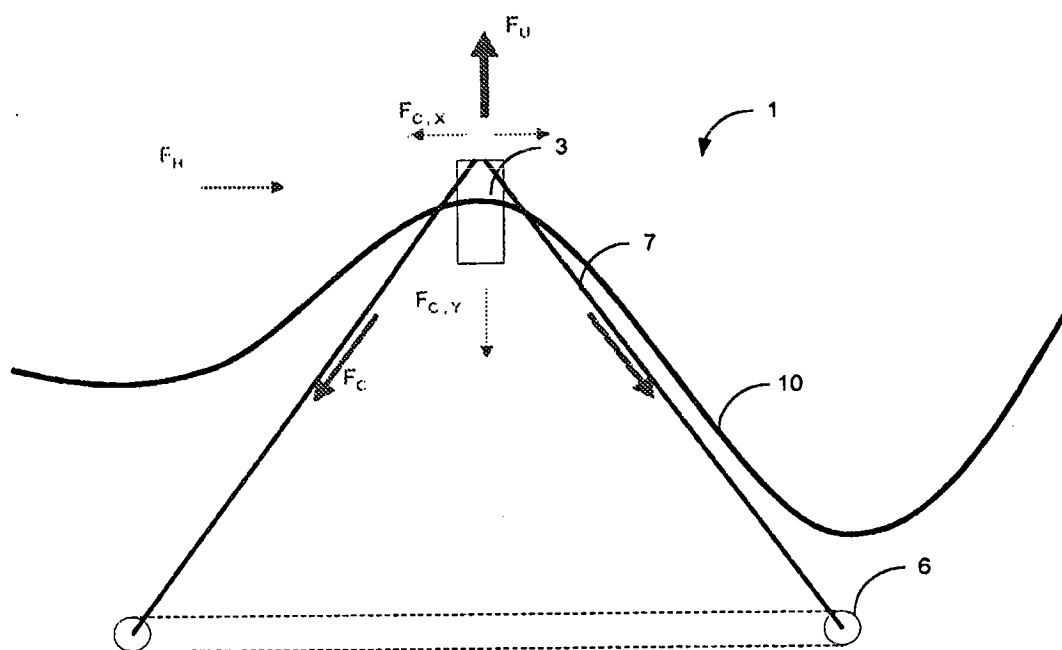


图 5

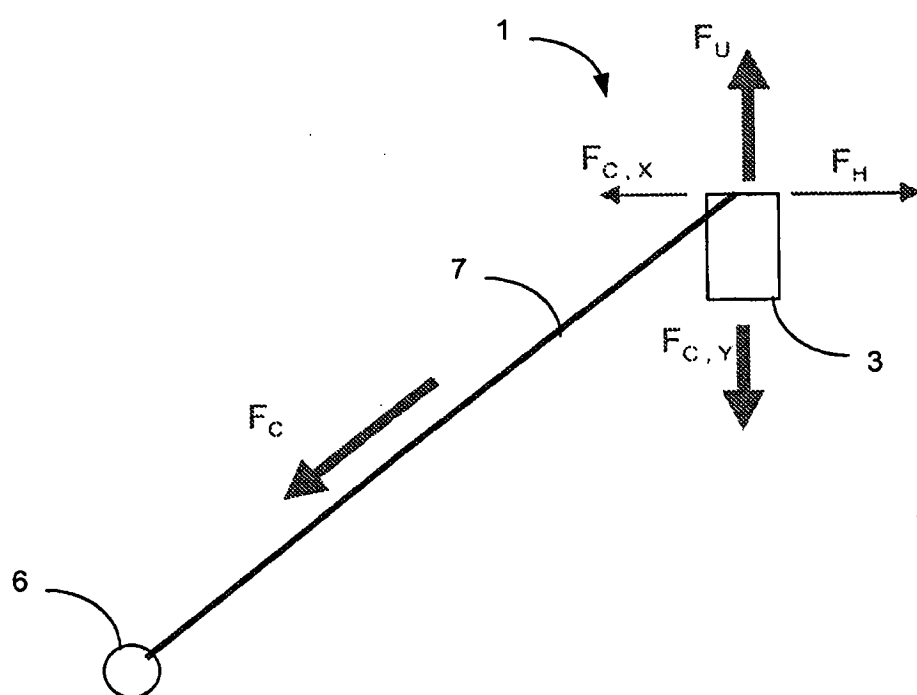


图 6a

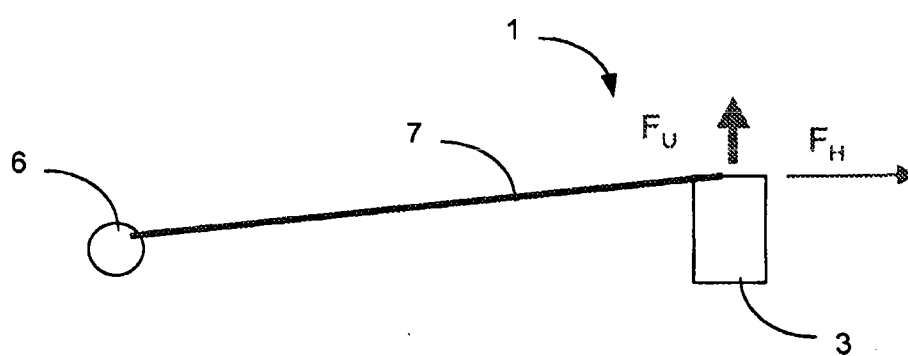


图 6b

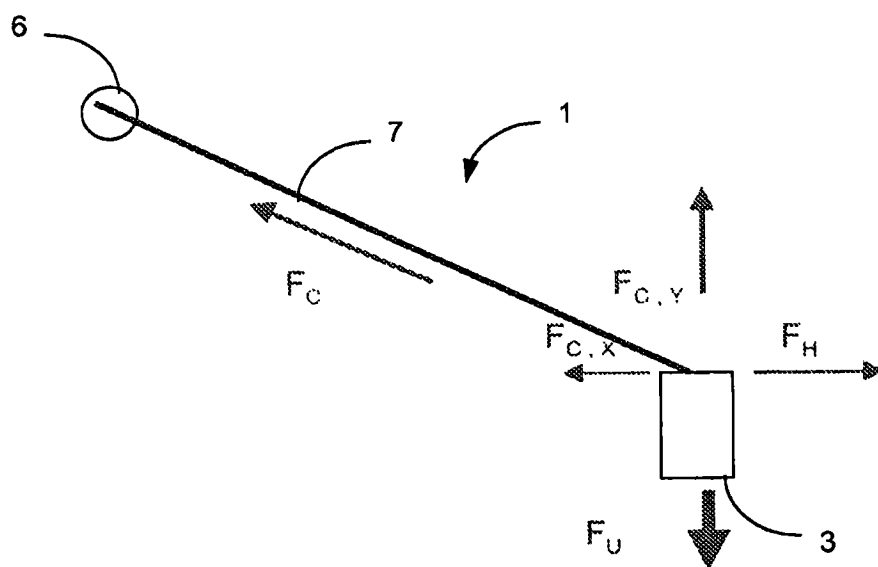


图 6c

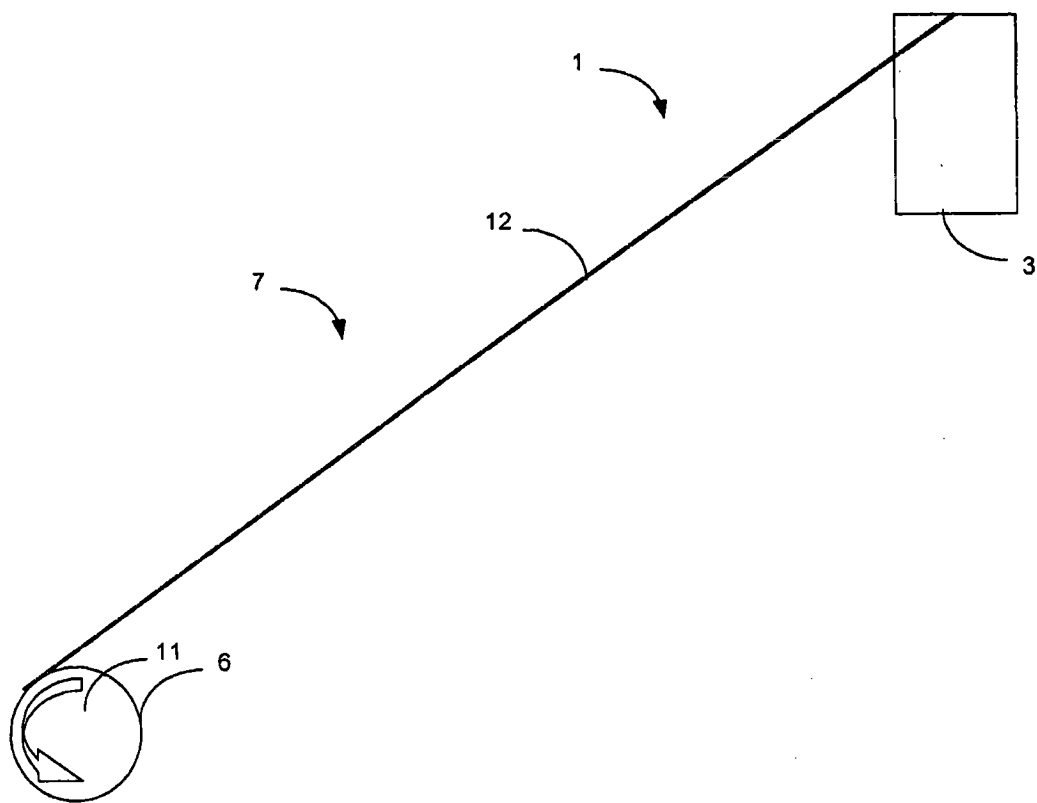


图 7

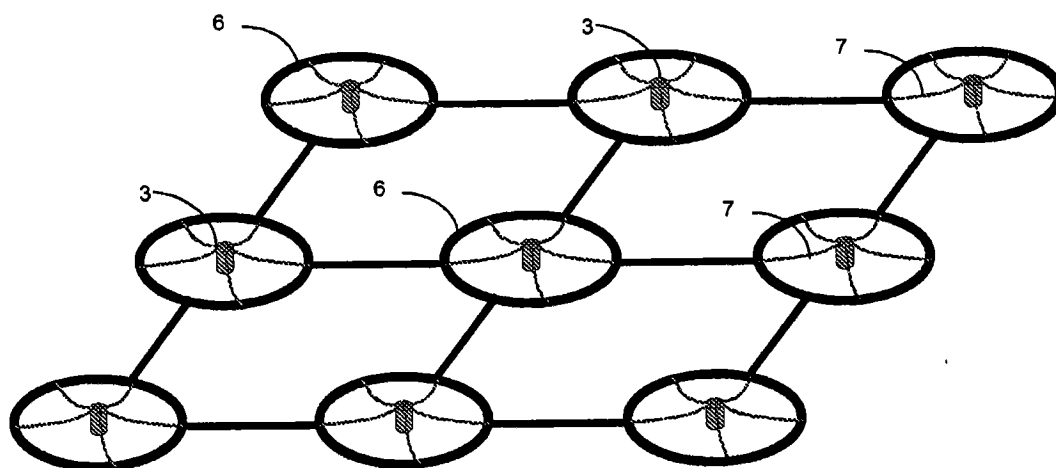


图 8

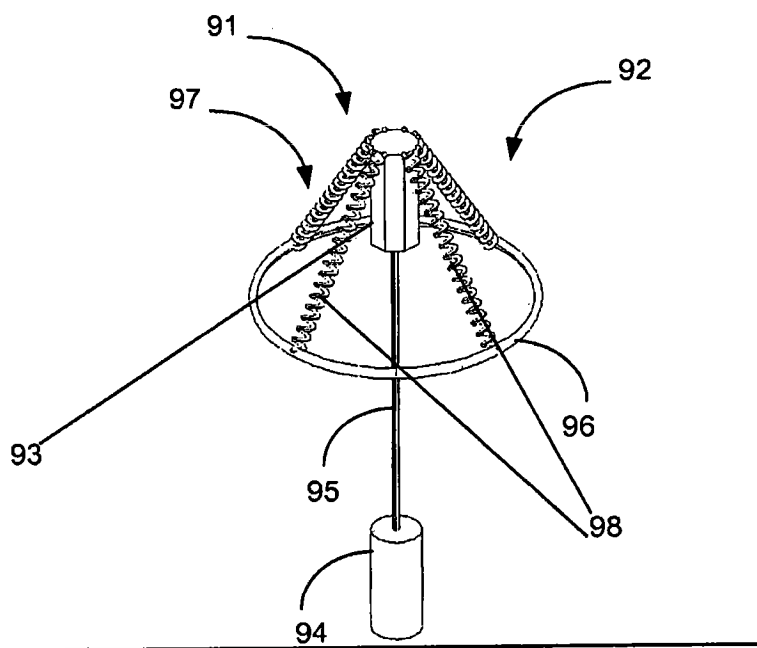


图 9

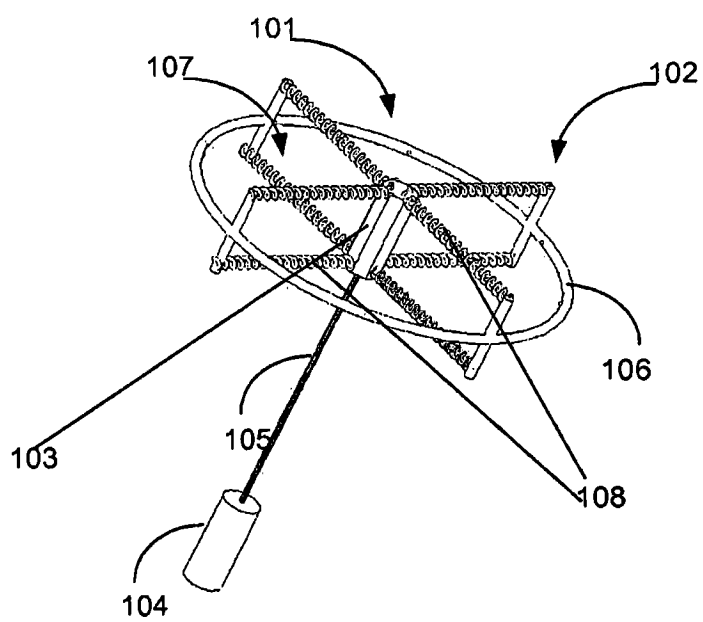


图 10

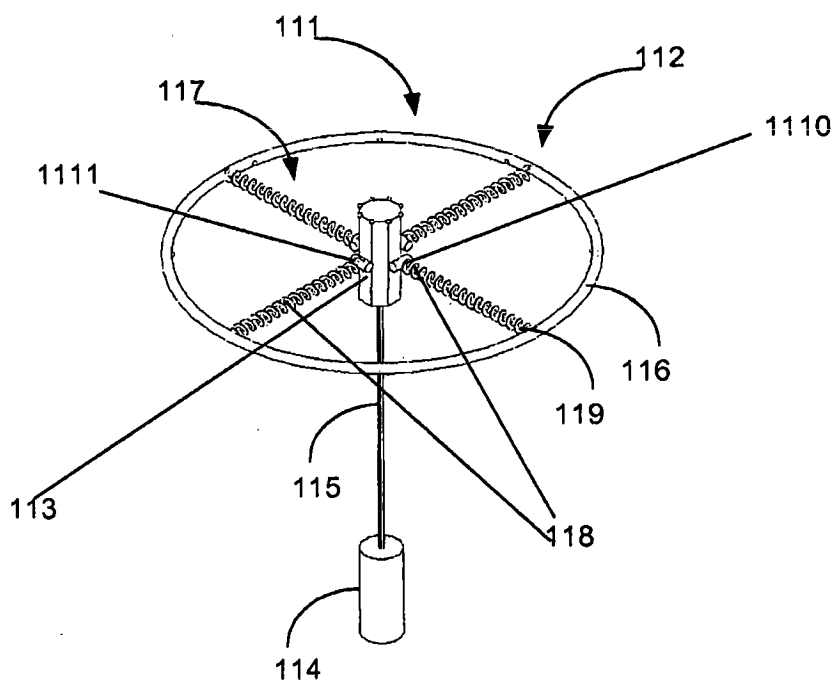


图 11

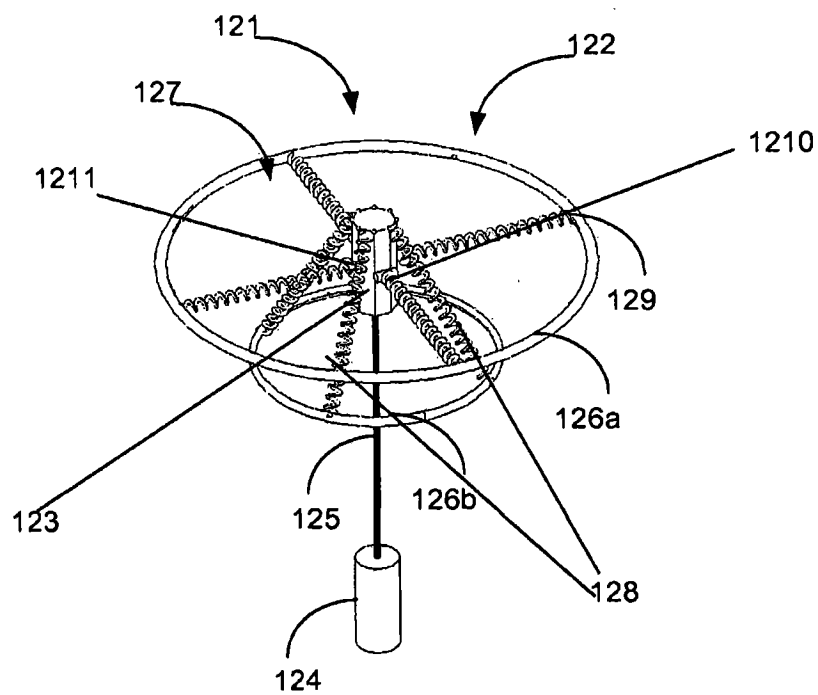


图 12

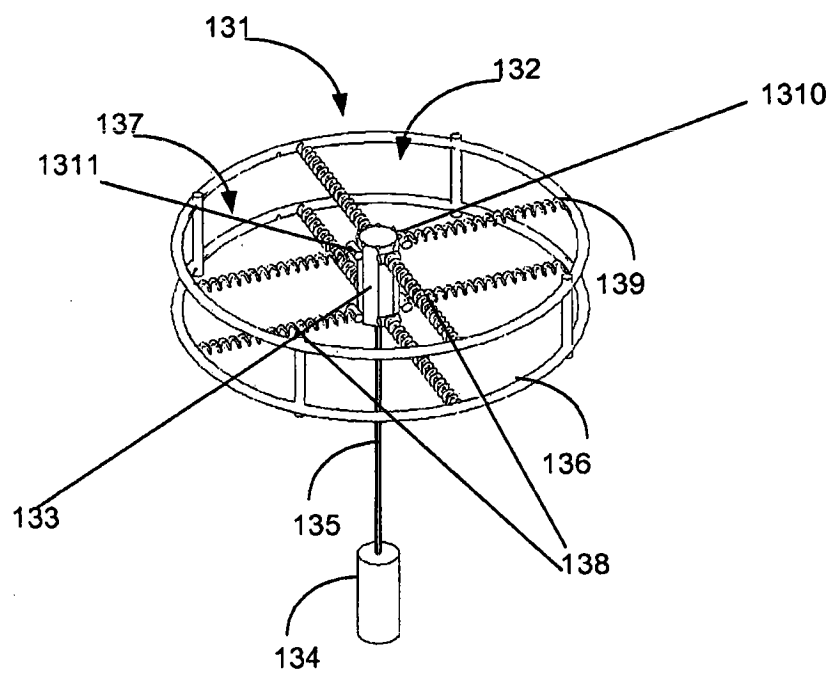


图 13

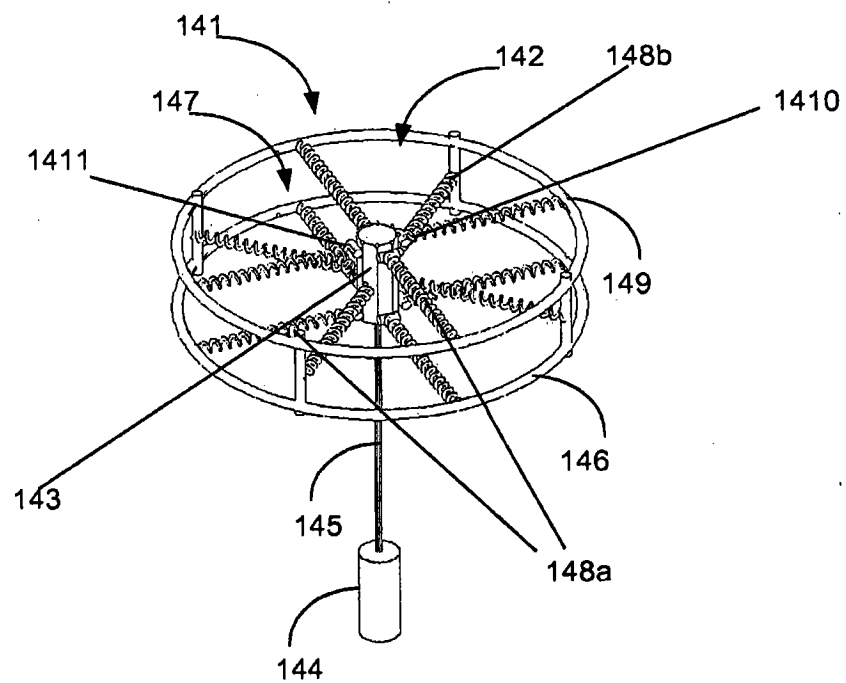


图 14

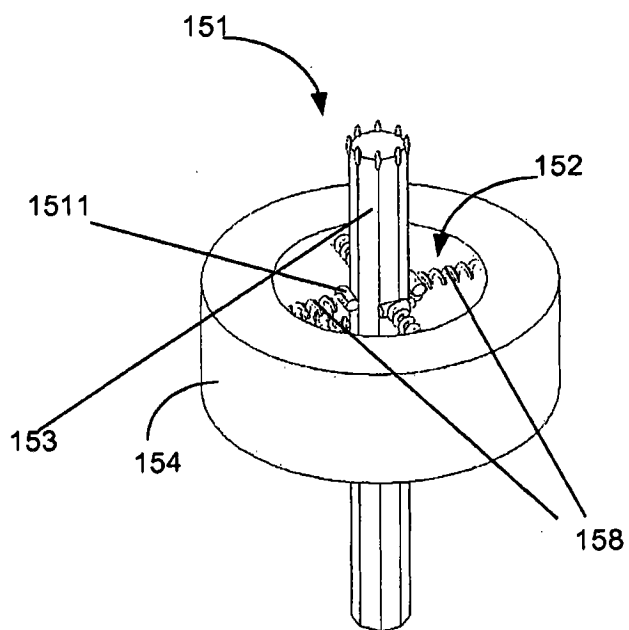


图 15

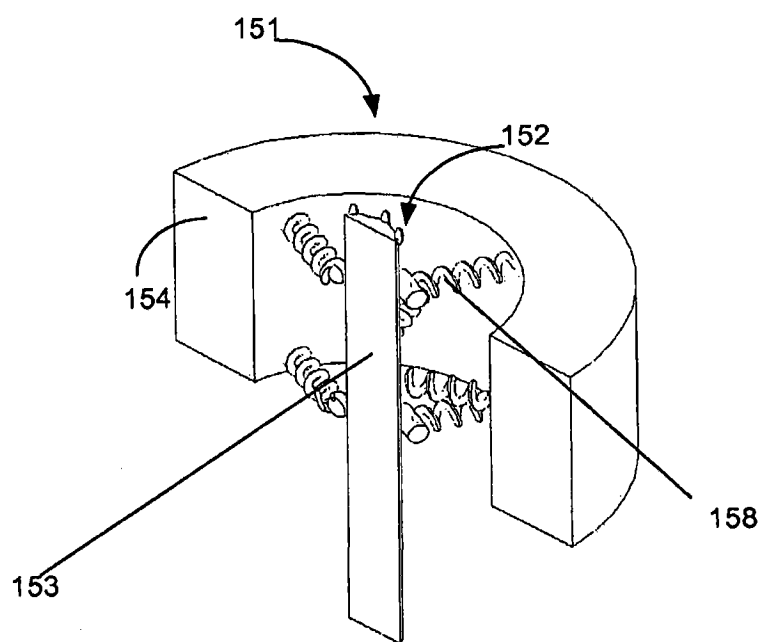


图 16

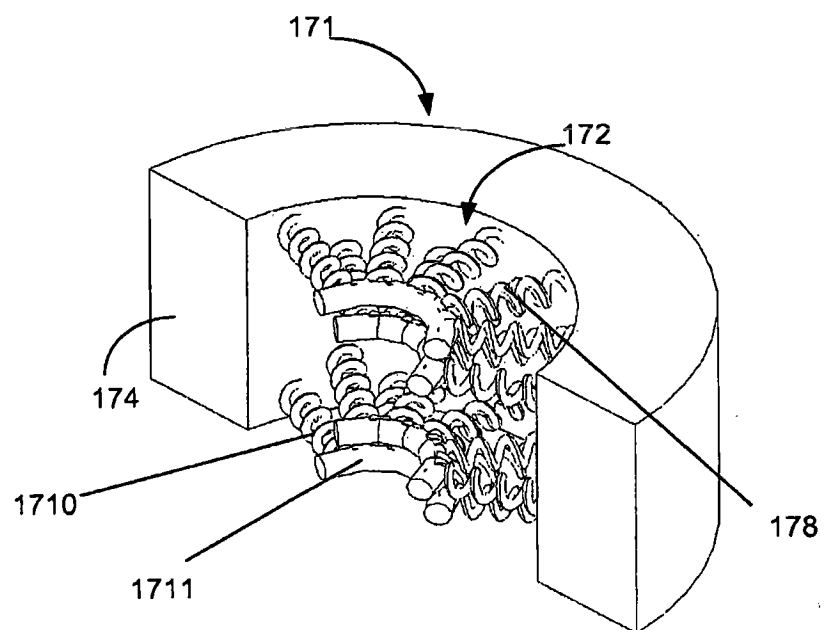


图 17

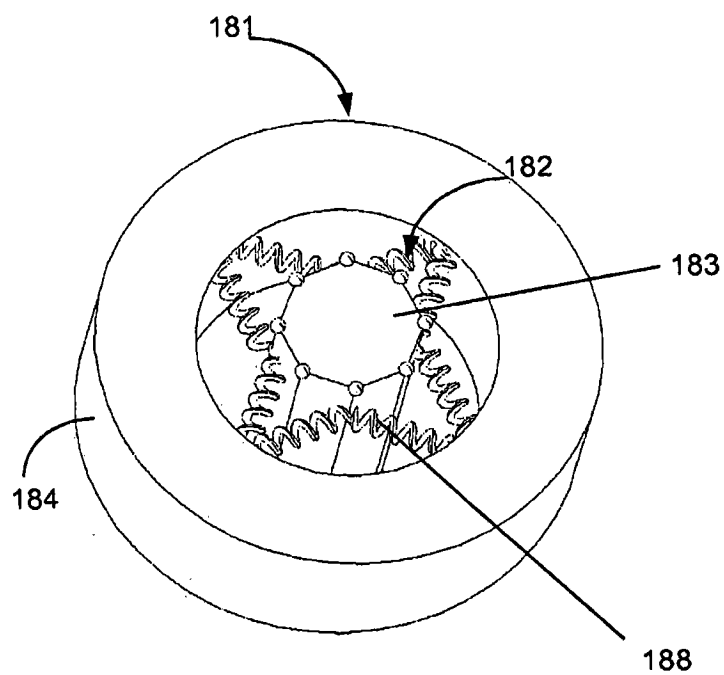


图 18

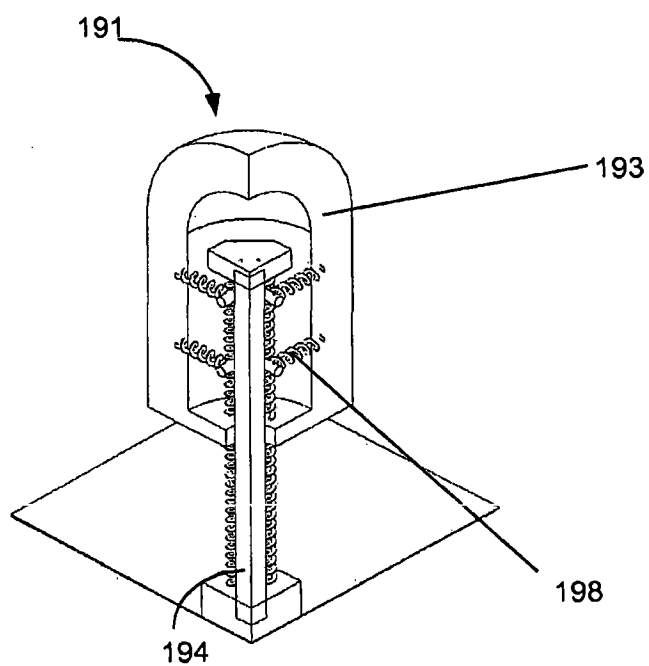


图 19

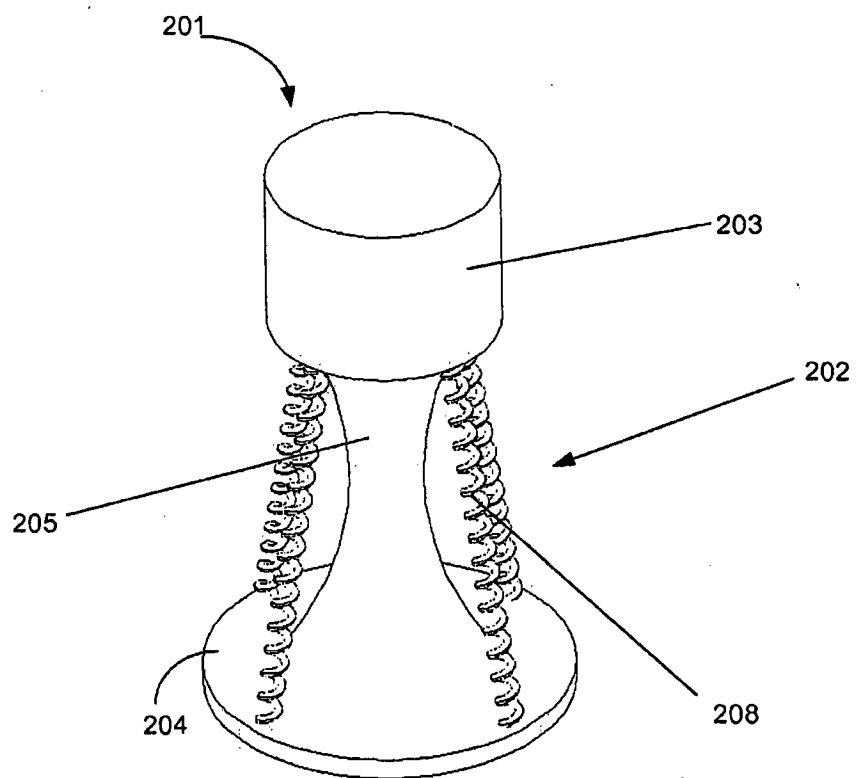


图 20

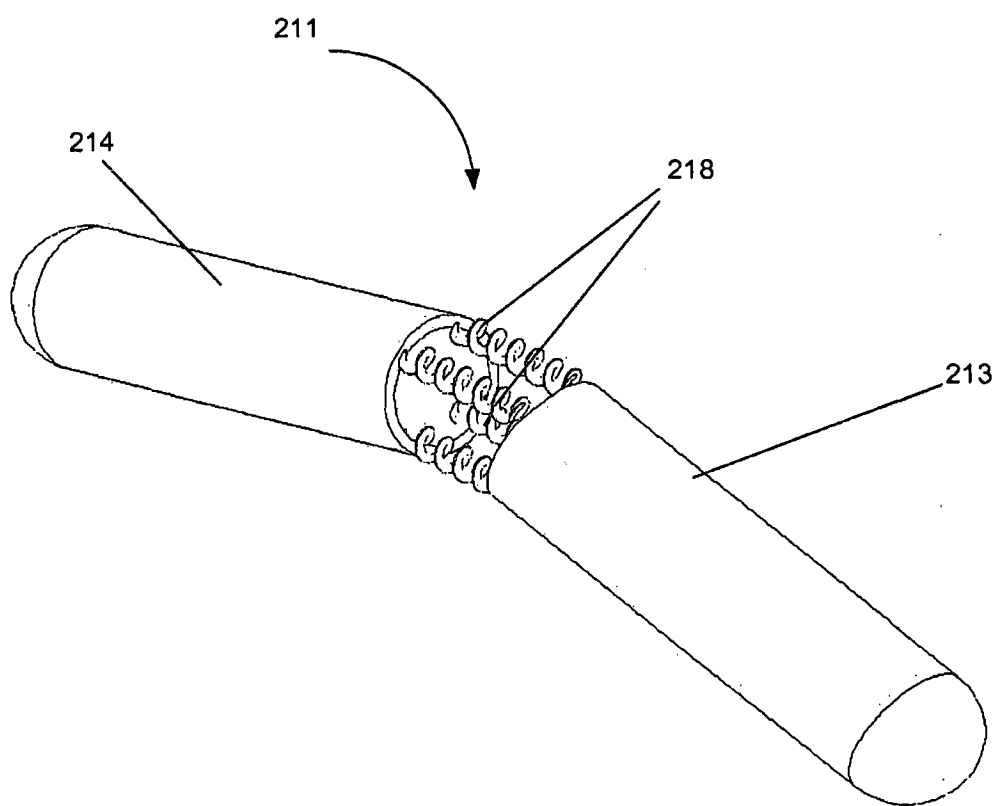


图 21

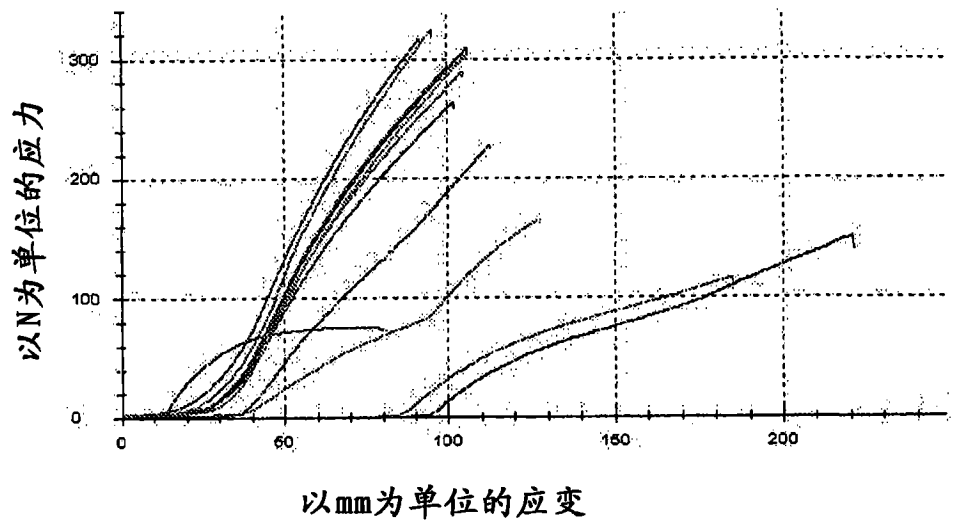


图 22