

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102257263 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 23

(21) 申请号 200980151574. 6

地址 美国俄亥俄州

(22) 申请日 2009. 10. 20

(72) 发明人 威廉·T·比乐 J·G·伍德

(30) 优先权数据

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

61/106, 647 2008. 10. 20 US

61/116, 477 2008. 11. 20 US

12/581, 346 2009. 10. 19 US

代理人 马洪

(85) PCT申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2011. 06. 16

F02G 1/044 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/061231 2009. 10. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02010/048113 EN 2010. 04. 29

(71) 申请人 圣波尔股份有限公司

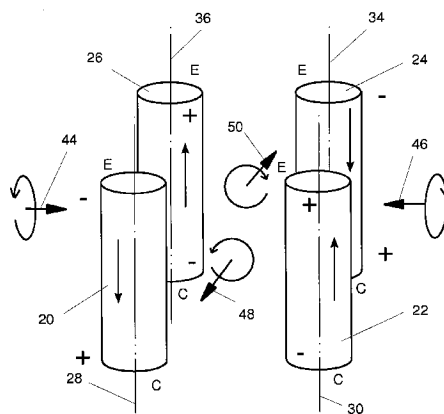
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 10 页

(54) 发明名称

$\beta$  斯特林机器中的平衡多重分组

(57) 摘要

多个自由活塞斯特林 (FPS) 机被安排在一个组中, 且被连接以防止或尽量减少振动。第一组相同的  $\beta$ -FPS 机刚性连接在一起, 布置为机械同方向的取向并被配置为按照彼此热力学同步往复的方式进行往复运动。所述第一组机器具有与第一点相交的往复轴线, 所述第一点可以是在无穷远的点。所述第一组 FPS 机与运动的中心轴线形成相同的角度且绕所述中心轴线等角度地分开。第二组  $\beta$ -FPS 机刚性连接在一起且与所述第一组机器刚性连接。所述第二组机器布置在与第一组  $\beta$ -FPS 机的机械取向相同的、机械同方向的取向。所述第二组机器被配置为按照彼此热力学同步往复的、但与所述第一组机器的热力学往复相反的方式进行往复运动。所述第二组中的 FPS 机与所述第一组中的 FPS 机相同, 且具有与一个点相交的往复轴线, 该点可以是在无穷远的点。所述第二组 FPS 机的轴线都与所述运动的中心轴线形成相同的角度且绕运动的中心轴线等角度地分开。



1. 多个自由活塞斯特林 (FPS) 机的一组, 上述多个自由活塞斯特林机被布置和连接以防止或尽量减少振动, 每一个 FPS 机包括外壳和内部往复式的复合质量, 包括连接到 FPS 机的原动机或负载的质量, 所述组包括:

(a) 第一组相同的  $\beta$ -FPS 机, 它们被刚性连接在一起、布置为机械同方向的取向并被配置为按照彼此热力学同步往复的方式进行往复运动, 所述第一组 FPS 机具有与第一点相交的往复轴线, 所述第一点可以是在无穷远的点, 所述第一组 FPS 机与运动的中心轴线形成相同的角度且绕运动的中心轴线等角度地分开; 和

(b) 第二组  $\beta$ -FPS 机, 它们刚性连接在一起且与所述第一组  $\beta$ -FPS 机刚性连接, 所述第二组机器布置在与第一组  $\beta$ -FPS 机的机械取向相同的、机械同方向的取向, 所述第二组机器被配置为按照彼此热力学同步往复的、但与所述第一组机器的热力学往复相反的方式进行往复运动, 所述第二组中的 FPS 机与所述第一组中的 FPS 机相同, 且具有与一个点相交的往复轴线, 该点可以是在无穷远的点, 第二组 FPS 机的轴线都与所述运动的中心轴线形成相同的角度且绕运动的中心轴线等角度地分开。

2. 根据权利要求 1 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述点都在无穷远, 使所有的所述轴线平行。

3. 根据权利要求 2 的多个 FPS 机的组, 特征在于每一组具有两个 FPS 机。

4. 根据权利要求 3 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述往复轴线与在一个与所述往复轴线垂直的平面中的正方形、矩形或钻石形的各个顶点相交。

5. 根据权利要求 2 的多个 FPS 机的组, 特征在于每一组具有三个 FPS 机。

6. 根据权利要求 5 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述往复轴线与在一个与所述往复轴线垂直的平面中的六边形的各个顶点相交。

7. 根据权利要求 1 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述点在离所述机器有限的距离处, 使得所述第一组机器的往复轴线位于第一锥形上, 且所述第二组机器的往复轴线位于一个锥形上。

8. 根据权利要求 7 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述点在相同的位置, 使得所述锥形相同。

9. 根据权利要求 8 的多个 FPS 机的组, 特征在于每一组具有两个 FPS 机。

10. 根据权利要求 9 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述往复轴线与在一个与所述运动的中心轴线垂直的平面中的正方形、矩形或钻石形的各个顶点相交。

11. 根据权利要求 10 的多个 FPS 机的组, 特征在于所述往复轴线与在一个与所述运动的中心轴线垂直的平面中的六边形的各个顶点相交。

12. 多个自由活塞斯特林 (FPS) 机的一组, 上述多个自由活塞斯特林机被布置和连接以防止或尽量减少振动, 每一个 FPS 机包括外壳和内部往复式的复合质量, 包括连接到 FPS 机的原动机或负载的质量, 所述组包括:

(a) 第一对相反放置的相同的  $\beta$ -FPS 机, 它们被布置为彼此反相进行往复运动, 所述第一对 FPS 机具有在第一面中的往复轴线, 所述轴线相交于一个点, 该点可以是在无穷远的点; 和

(b) 第二对相反放置的  $\beta$ -FPS 机, 它们被布置为彼此反相进行往复运动, 所述第二对 FPS 机与所述第一对 FPS 机相同且具有在第二面中的往复轴线, 所述轴线相交于与上述点

相同的点；

(c) 其中所述FPS机刚性连接在一起，每个FPS机器被配置和取向在其轴线上以与对角线相对的FPS机同相地操作。

13. 根据权利要求12的多个FPS机的组，特征在于所述相交的点在无穷远，且所述第一面和所述第二面平行。

14. 根据权利要求13的多个FPS机的组，特征在于所述两对相反放置的 $\beta$ -FPS机中的四个往复轴线与在一个垂直于所述四个往复轴线的平面中的一个矩形相交。

15. 根据权利要求14的多个FPS机的组，特征在于所述两对相反放置的 $\beta$ -FPS机中的四个往复轴线与在一个垂直于所述四个往复轴线的平面中的一个正方形相交。

16. 根据权利要求15的多个FPS机的组，特征在于上述四个机器布置在横向并排的结构中。

17. 根据权利要求12的多个FPS机的组，特征在于所述四个轴线沿一个锥形的表面布置且与所述锥形的顶点相交，每个往复轴线与所述锥形的轴线成相同的角度，所述往复轴线沿所述锥形的轴线等角度地分开。

18. 多个自由活塞斯特林 (FPS) 机的一组，上述多个自由活塞斯特林机被布置和连接以防止或尽量减少振动，每一个FPS机包括外壳和内部往复式的复合质量，包括连接到FPS机的原动机或负载的质量，所述组包括：

(a) 三个一组的第一组三个相同的 $\beta$ -FPS机，它们被刚性连接在一起并被配置为彼此同相地进行往复运动，所述第一组三个FPS机具有在这一点相交的往复轴线，所述这一点可以是在无穷远的点，所述往复轴线被定位在位于一个基面中的第一个等边三角形的各顶点处，所述基面与每个往复轴线形成相同的角度；和

(b) 相反放置的三个一组的第二组三个相同的 $\beta$ -FPS机，它们与第一组三个 $\beta$ -FPS机相同，与所述第一组三个 $\beta$ -FPS机刚性连接，且被配置为与所述第一组三个 $\beta$ -FPS机反相地进行往复运动，所述第二组三个FPS机的往复轴线与上述的点相交，且所述往复轴线被定位在所述基面中的第二个等边三角形的各顶点处，所述第一个等边三角形和第二个等边三角形是同心的、具有相同的边长且在角度上相互偏移，使得连接所述第一个等边三角形和第二个等边三角形的各顶点的周边线形成一个正六边形。

19. 多个自由活塞斯特林 (FPS) 机的一组，其中所述轴线相交的点在无限远，使得所述往复轴线是平行的。

## β 斯特林机器中的平衡多重分组

### 技术领域

[0001] 本发明一般涉及斯特林循环机,更具体地涉及 β 自由活塞斯特林循环发动机和 β 自由活塞斯特林循环冷却器的分组,它们被平衡以防止或尽量减少振动。

### 背景技术

[0002] 斯特林机已经知道了近两个世纪,但近几十年来受到了显著的发展,因为它们提供了重要的优势。其现代版本已经在多种应用中用作发动机和热泵许多年了。在本发明中使用的斯特林机类型中,工作气体被限制在由膨胀空间和压缩空间组成的工作空间中。工作气体交替地膨胀和压缩,以进行工作或泵热。每个斯特林机具有一对活塞,一个活塞称为置换器,另一个活塞称为动力活塞且经常简称为活塞。往复运动的置换器是工作气体周期性地,在压缩空间和膨胀空间之间来回,所述压缩空间和膨胀空间通过热接受器、再生器和散热装置流体流体。所述周期性地来回改变了工作气体在每个空间中的相对比例。在膨胀空间中的气体,和 / 或通过在再生器和膨胀空间之间的热交换器(接受器)流入膨胀空间的气体,接受来自周围表面的热量。在压缩空间中的气体,和 / 或通过在再生器和压缩空间之间的热交换器(散热装置)流入压缩空间的气体,将热量散发到周围表面。在任一瞬间时间在两个空间中的气体压力在本质上是相同的,因为所述两个空间通过一个具有相对低流阻的路径互连。然而,在工作空间中的工作气体的压力作为整体是周期性地循环变化的。当大部分工作气体在压缩空间中时,热量从所述气体散出。当大部分工作气体在膨胀空间中时,所述气体接受热量。不论所述机器是作为热泵或是作为发动机工作,这都是真的。为区分所产生的功或泵出的热的唯一要求是膨胀过程进行时的温度。如果膨胀过程的温度比压缩空间的温度高,则所述机器倾向于做功,因此它可以用作发动机,如果膨胀过程的温度比压缩空间的温度低,则所述机器会将热量从冷源泵到温暖的散热器上。

[0003] 因此可以使用以上原则来设计斯特林机,以提供:(1) 具有活塞和置换器的发动机,通过施加外部热能源到所述膨胀空间和将热量从所述压缩空间传递出去而被驱动,且因此能够作为用于机械负载的原动机;或者(2) 具有所述动力活塞(有时是所述置换器)的热泵,周期性地被原动机驱动以将热量从膨胀空间泵到压缩空间,且因此能够将热量从较冷的物质泵到较暖的物质。热泵模式允许斯特林机用于冷却与它的膨胀空间热连接的质量,包括冷却到超低温,或者是用于加热与它的压缩空间热连接的质量,如用作家庭供暖的热换热器。因此,术语斯特林“机”用于统称包括斯特林发动机和斯特林热泵。

[0004] 直到大约 1965 年,斯特林机被构造为动力学驱动的机器,这意味着所述活塞和置换器通过机械联动(通常是连杆和曲轴)相互连接。之后,威廉比尔发明自由活塞斯特林机。在自由活塞斯特林机中,活塞没有连接到机械传动链接。自由活塞斯特林机是一种热-机械振荡器,它的一个活塞“置换器”是由在所述机器的空间或腔室中的工作气体压力变化或差异驱动的。另一个活塞“动力活塞”或者是在斯特林机工作在其热泵模式时由往复的原动机驱动,或者是在斯特林机作为发动机工作时驱动往复的机械负载。自由活塞斯特林机器提供很多的优点,包括:控制它们的频率、相位和幅度的能力,与它们的环境气密

密封的能力,和在运动部件之间不需要机械的流体密封以防止工作气体和润滑油的混合。

[0005] 因为自由活塞式斯特林机可以作为发动机来构造和运作,这种发动机已作为原动机被链接到各种机械负载。这些负载包括线性交流发电机、压缩机、流体泵、甚至是斯特林热泵。类似地,因为自由活塞斯特林机可以在热泵模式中运作,它们已经作为负载被包括线性电机的各种原动机驱动。

[0006] 因此,像线性电动机或交流发电机一样,斯特林机是一种换能器,每个斯特林机可以在两个模式之一模式中工作。斯特林机可以由原动机在往复运动中机械地驱动,以将热量从较低温度的物体泵到较高温度的物体。斯特林机可以由两个物体之间的温差能驱动,并提供机械往复运动的输出。类似地,线性电动机或交流发电机结构可以由原动机在往复运动中机械地驱动以产生电力输出,或者线性电动机 / 发电机由交流电源驱动以作为用于提供机械往复运动的输出的发动机工作。因此,作为发动机工作的斯特林机可以用来驱动线性发电机,且线性电动机可用于驱动在热泵模式中操作的斯特林机。在这两种情况下,斯特林机的动力活塞通常直接连接到线性电动机或发电机的往复运动的构件上,使它们作为整体往复运动。

[0007] 已经开发出多种结构的斯特林机。现代斯特林发动机的常见形式是阿尔法 ( $\alpha$ ) 构型,也称为 Rinia(瑞尼那)、西门子或双动结构。第二种斯特林结构是贝塔 ( $\beta$ ) 斯特林构型,特征是在同一个气缸中的置换器和活塞。第三种形式是伽玛 ( $\gamma$ ) 斯特林构型,特征是将置换器和活塞置于不同的气缸中。本发明涉及  $\beta$  构型的自由活塞斯特林机。

[0008]  $\beta$ -FPS 机具有往复运动的质量,其主要由动力活塞、置换器和连接到它们的每一个上且与它们的每一个一起往复运动的结构。因此,在  $\beta$ -FPS 机中具有两个往复运动的复合质量,它们彼此不同相地沿所述轴往复运动。所述质量是所述活塞和固定在所述活塞上且因此与所述活塞一起往复运动的结构的质量以及所述置换器和固定在所述置换器上且与所述置换器一起往复运动的结构的质量。每个机器的所述复合质量的振荡式加速和减速产生了一个在相反的轴向方向之间交变的轴向力 ( $F = ma$ )。这些交变的力导致轴向振荡的振动。由于两个复合质量沿同一个轴线往复运动,它们产生了在相反的轴向方向之间交变的结果轴向力。为便于解释和讨论本发明,由于已产生了所述的结果轴向力,FPS 机可以被看作是具有沿纵向轴线在其中往复运动的单个的结果质量的简单机器。出于这个原因,FPS 机可以和已经被象征性地描述为一种简单的圆柱体,其中每个 FPS 机的所述结果轴向力将产生振动力,所述振动力会导致通常相当大的振动。

[0009] 图 3 和 4 说明现有技术的  $\beta$ -FPS 机。图 3 图解说明具有往复轴线 12 的单个  $\beta$ -FPS 机 10。其复合的、结果振动力的相位可以由箭头和 / 或 + 或 - 符号说明,所述 + 或 - 符号用于说明在某些情况下与其它 FPS 机的相位的比较。

[0010] 在现有技术中,作为一对的两个相同的  $\beta$ -FPS 机可以以端部对端部的关系同轴(相同的往复轴线)放置,虽然在他们的端部之间可以有空间。这种现有技术的结构显示在图 4 中。两个相同的 FPS 机 14 和 16 沿相同的轴线 18 同轴安装。这两个机器 14 和 16 在物理上定向为使它们具有在机械上相反的朝向、但它们在热力学上是同相操作的。因为它们是机械地相反的,两者的膨胀空间又或者压缩空间接近(靠近)所述结构的中心。每个机器的另一个空间在相对的两端。

[0011] 因为 FPS 机是机械相反但热力学同相的,每个机器的往复运动的质量与另一个机

器上的相应质量沿相反的方向移动。因此,每个机器所产生的振动力是大小相等、方向相反的,并相互抵消以消除或至少减少净的振动。当然,可以组合多个这种结构的复制品,并提供一个平衡的组。

[0012] 现有技术中已知有几种控制两个或更多的相关 FPS 机的相对热力学相位的方法。它们运作的相对相位由它们的物理连接和结构特征控制。在现有技术已知的一个简单例子是,每个 FPS 机可以是被连接用于驱动线性交流发电机的发动机。将这种交流发电机按相同的极性连接在一起,可以迫使 FPS 机以同相运行。将这种发电机按相反的极性连接在一起,可以迫使 FPS 机以反相运行。因此,对于 4 个机器的一组,所有四个线性电发电机可以并行连接在一起,其中两个发电机按相同极性连接,另外两个发电机按与前两个发电机相反的极性连接。类似地,对于 6 个机器的一组,三个机器可以按一种极性连接而另外三个按照相反的极性连接,其结果是:每个分组中的三个 FPS 机器彼此同相地运行,且与另一个分组中的三个 FPS 机器反相。同样的用于强制相位关系的并行连接可以用线性电机驱动的 FPS 冷却器实现。现有技术中的其它迫使两个 FPS 机器按照选定的相位关系工作的装置包括液力耦合器和热动力循环耦合器。从一个接受器的内端到在相反的对中的相对发动机的膨胀空间的连接,会迫使使用气体循环作为力的链接的置换器得到所需的相等的运动。来自一个发动机的接受器的气体必须去到另一个发动机的膨胀空间。通过将两个  $\beta$ -FPS 机的膨胀空间经由管或通道连接在一起,可以迫使它们同相工作。

[0013] 因此,对两个或三个  $\beta$ -FPS 机的操作的热力学相位不仅仅是它们的操作方式。而是由它们的结构和连接所造成的,如在现有技术中已知的。它在这个意义上类似于蓄电池,蓄电池的极性决定了它通过外电路推送电子的方向,因此蓄电池的极性不仅仅是它的工作方式蓄电池,而是该装置从其结构(包括其化学结构)所得的特征。由于在现有技术中  $\beta$ -FPS 机器的确定它们操作的相对热力学相位的结构特征是已知的,这一点不再赘述。每个 FPS 机器的热力学相位可被视为、并表示为极性。

[0014] 如上所述且在现有技术已知的,一种含有两个同轴定位的  $\beta$ -FPS 机的结构可以抵消振动力,其中所述两个  $\beta$ -FPS 机具有在机械上相反的定向和在热力学上同步的相位工作。但是,如果两个  $\beta$ -FPS 机不是同轴放置的,则它们要么形成力偶,要么具有一个净的平移振动力。“力偶”是指大小相等但方向相反的两个平行的力。力偶会对机器的整个复合质量施加一个力矩,这导致振动力矩。

[0015] 关于在非同轴的轴线上往复运动的 FPS 机的问题通过用于平行轴线的往复运动的图 15-18 进行解释。当上述轴线既不平行也不同轴时,这个问题由于净振动力和力偶的倾斜结果的效果而变得更加复杂了。在图 15-18 中,E 和 C 分别表示  $\beta$ -FPS 机的膨胀空间端和压缩空间端,因此代表所述机器的机械取向。参照图 15,如果两个平行的 FPS 机的轴线在机械上相反的取向,并在热力学上相反的往复运动中操作,它们的往复移动的质量以机械同步的方式移动,因此它们有一个净的振动平移力。参考图 16,如果两个平行的 FPS 机的轴线在机械相反的方向中,并且在热力学同步的往复运动中操作,则它们的往复运动的质量在机械相反的方向中移动,以及它们具有一个净的振动力偶且因此具有净的振动力矩。参考图 17,如果两个平行的 FPS 机的轴线在机械上同方向的取向中,并且在热力学相反的往复移动中操作,则它们的往复移动的质量在机械相反的方向中移动,以及它们具有净的振动力偶且因此具有净的振动力矩。参考图 18,如果两个平行的 FPS 机的轴线在机械上

同方向的取向中,且在热力学同步的往复移动中操作,则它们的往复移动的质量在机械同步的方式移动,且因此它们具有一个净的振动平移力。

### 发明内容

[0016] 本发明的主要目的是对于采用端对端同轴以外的结构的一组  $\beta$ -自由活塞斯特林机中的每个  $\beta$ -自由活塞斯特林机进行定位和定向,并仍然抵消由它们内部的往复运动的质量的加速和减速所引起的所有的振动力和振动力矩。换句话说,来自所有的往复运动的部件的所有的加速力的总和 ( $F = ma$ ) 以及所有力偶(力矩)的总和都为零。本发明的结构提供了多组  $\beta$ -FPS 机,它们具有与以端到端同轴结构为特征的长细结构不同的长宽比,同时仍抵消所有的力和力矩振动。不同的长宽比可以优选地用于 FPS 机的不同应用或实施方案。对于多个 FPS 机的某些应用或实施方案来说,希望将这些机器安排在长细结构中。对于那些应用,优选地采用可以抵消振动力的现有技术的结构。但是,在某些应用中,希望具有其中 FPS 机更接近或完全是并排放置的结构,使得所述结构更紧凑,而不是长而细。

[0017] 本发明的另一个优点是,与现有技术的端到端同轴的结构不同,本发明的结构还允许将这些机器的热端和 / 或冷端放置在附近相邻或横向隔开的位置。例如,接收热量的端部可以很方便地位于热源附近,和 / 或排出热量的端部可以位于散热器附近。各个端部的这种放置的一个例子对于图 17 和 18 的例子而言是真实的,虽然它们并不平衡,因为它们不能实现本发明。

[0018] 本发明的又一个优点是,由于本发明人相信在未来对于某些应用来说,将多个较小的  $\beta$ -FPS 机形成一组将是一种比单个或几个较大的机器更优选的实施方案。较小的机器的建造成本要便宜得多。因此,在某些情况下,在由多个较小的机器组成时,大规模生产的经济性可以使最终产品的成本较低。

[0019] 本发明是多个自由活塞斯特林机 (FPS) 的一组,所述多个自由活塞斯特林机被安排和连接以防止或尽量减少振动。每个 FPS 机具有外壳和内部的往复运动的复合质量,包括与 FPS 机连接的原动机或负载的质量。第一组相同的  $\beta$ -FPS 机被刚性连接在一起,它们被安排为机械同方向的取向,和被配置为以彼此热力学同步地往复的方式进行往复运动。第一 FPS 机具有在第一点相交的往复轴线,所述第一点可以是在无穷远的点。第一 FPS 机的各个轴线与运动的中心轴线形成相同的角度,并且绕所述中心轴线等角度地分开。第二组  $\beta$ -FPS 机被刚性连接在一起,且刚性连接到所述第一组机器。第二组机器被安排在机械同方向的取向,其与第一组  $\beta$ -FPS 机的机械取向相同。第二组机器被配置为在彼此热力学同步地往复的方向进行往复运动,但与第一组机器的热力学往复运动的方向相反。第二组 FPS 机与第一组 FPS 机相同,具有在一个点相交的往复轴线,该点可以是在无穷远的点。第二组 FPS 机的轴线都与运动的中心轴线形成相同的角度。第二组 FPS 机的轴线也绕运动的中心轴线等角度地分开。

[0020] 一种这样的组称为四象限 (quad) 且可以替换地按以下方式描述。四象限具有相反放置的第一对相同的  $\beta$ -FPS 机,它们被配置为彼此以反相进行往复运动。所述第一对相反放置的 FPS 机具有在第一面中的往复轴线,所述往复轴线在离所述机器无穷远距离的点或有限距离的点相交。所述四象限还具有相反放置的第二对  $\beta$ -FPS 机,它们被配置为彼此以反相进行往复运动。所述第二对 FPS 机与所述第一对 FPS 机是相同的,并具有在第二面中

的往复轴线,所述往复轴线在所述相同的点相交。所有的 FPS 机刚性连接在一起,每个 FPS 机被配置和取向在其轴线上以对角线相对的 FPS 机同相运行。

[0021] 另一种这样的组称为六象限(hex),并可以替换地按以下的方式描述。所述六象限的结构具有被刚性连接在一起并被配置为彼此同相地进行往复运动的三个相同的第一组  $\beta$ -FPS 机。所述第一组的三个 FPS 机的往复轴线在一个点相交,该点可以是离所述机器无穷远或有限距离的点。所述第一组三个机器的轴线定位于在一个基面中的一个等边三角形的各个顶点处,所述基面与每个往复轴线形成相同的角度。所述六象限的结构还具有相反放置的第二组三个 FPS 机,它们与第一组三个机器是相同的。所述第二组三个 FPS 机被刚性连接到所述第一组三个机器,且被配置为与所述第一组三个机器以反相进行往复运动。第二组三个 FPS 机的往复轴线在所述相同的点相交。所述第二组三个 FPS 机的往复轴线定位于在所述基面中的第二个等边三角形的顶点处。第一个等边三角形和第二个等边三角形是同心的,具有相同的边长。然而,所述两个等边三角形在角度上相互偏移,以至于连接所述第一个和第二个等边三角形的顶点的周边线形成一个正六边形。

#### 附图说明

[0022] 图 1 是本发明的四象限实施例的顶视图。

[0023] 图 2 是图 1 的实施例的侧视图。

[0024] 图 3 是现有技术中已知的单个的  $\beta$ -FPS 机的示意图。

[0025] 图 4 是按照现有技术中已知的方式进行平衡的相反放置的一对同轴的  $\beta$ -FPS 机的示意图。

[0026] 图 5 是图 1 的实施例的前视透视图。

[0027] 图 6 是图 5 的实施例的底视图。

[0028] 图 7 是两个四象限  $\beta$ -FPS 机结构的替换的环形结构的示意图。

[0029] 图 8 是说明本发明的替换的四象限实施例的顶视图。

[0030] 图 9 是图 8 所示的实施例的侧视图。

[0031] 图 10 是根据本发明的替换的六象限  $\beta$ -FPS 机结构的透视图。

[0032] 图 11 是根据本发明的另一个替换的六象限  $\beta$ -FPS 机结构的透视图。

[0033] 图 12 是图 10 所示的六象限结构中的单组(三个一组)机器的示意图。

[0034] 图 13 是图 10 所示的六象限结构中的全部两组(三个一组)机器的示意图。

[0035] 图 14 是图 10 所示的六象限结构的示意图。

[0036] 图 15-18 是用于说明当两个  $\beta$ -FPS 机没有同轴定位时与振动力和力矩有关的问题。

[0037] 在描述附图中所示的本发明的优选实施例时,为清晰起见,将采取特定的术语。然而这并不表示本发明限于所选用的特定术语,可以理解的是,每个特定术语包括以类似的方式操作以完成类似的作用的所有技术等同物。

#### 具体实施方式

[0038] 本申请在这里引入序列号分别为 61/106647 和 61/116477 的美国临时专利申请作为参考。



[0039] 术语的定义

[0040] 在描述本发明和它的实施例时,将使用适当定义的术语,因此,下面描述所述的定义。

[0041] FPS 机 - 自由活塞斯特林机的缩写。

[0042]  $\beta$ -FPS 机 -  $\beta$  自由活塞斯特林发动机或  $\beta$  自由活塞斯特林冷却器。 $\beta$ -FPS 机包括壳体、往复运动的动力活塞和往复运动的置换器。它们是现有技术中公知的,本发明的主题是对它们进行分组。

[0043] 平衡的 FPS 机的组 - 多个刚性连接的  $\beta$ -FPS 机,其中由它们的往复运动的活塞、置换器以及与它们相连接的质量的加速力 ( $F = ma$ ) 所导致的、它们的平移力矢量的总和以及它们的力偶 (力矩矢量) 的总和都为零。

[0044] 热力学同步的操作或热力学相反的操作 - 如果两个机器具有相同的参考,例如活塞在其朝向膨胀空间的最远的行程,则当它们的质量运动的相量图和工作气体都相同时,多个  $\beta$ -FPS 机在热力学上是同步操作。当它们的质量运动的相量图和工作气体相对于所述相同的参考都成相同  $180^\circ$  反相时,所述多个  $\beta$ -FPS 机器是热力学相反的 (即热力学反相)。换句话说,如果它们的活塞在同一时间处于顶部死区中心,则  $\beta$ -FPS 机进行热力学同步的操作;如果当一个机器的活塞在底部死区中心时另一个机器的活塞在顶部死区中心,则它们在进行热力相反的操作 (它们的热力循环是  $180^\circ$  反相)。

[0045] 机械相反方向或机械同方向的取向 -  $\beta$ -FPS 机具有在一端的膨胀空间以及在另一端的压缩空间。两种  $\beta$ -FPS 机可以相互取向为使它们在机械上相反或在机械上相同的方向。当它们的空间被安排为反向相对时,两个  $\beta$ -FPS 机具有机械相反的方向。比如,如果一个机器的膨胀空间在其顶部且其压缩空间在底部,而另一个机器的压缩空间在其顶部且其膨胀空间在底部,则它们处在相反的取向。如果它们的空间具有相似的取向,则两个  $\beta$ -FPS 机是机械同方向的。例如,如果所述机器被安排为它们的膨胀空间都在顶部且它们的压缩空间都在底部,则它们是在机械同方向的取向。

[0046] 机械相反的操作或机械同步的操作 - 当它们以相同周期的方式物理地移动、但它们的运动总是在相反的方向,则两个质量是机械相反地进行往复运动。在空间中代表上述运动的相量为  $180^\circ$  反相 (反相)。在它们以相同周期的方式且在相同的方向中同步地进行物理运动时,两个质量为机械同步的操作。在空间中代表上述运动的相量是同相的。

[0047] 三个一组 (Triad) - 按照本发明布置的一组三个  $\beta$ -FPS 机,其中根据本发明可以将两组三个一组的机器固定在一起形成平衡的六个机器的组。

[0048] 四象限 (Quad) - 按照本发明布置的平衡的四个 FPS 机的组。

[0049] 六象限 (Hex) - 全部按照本发明布置的平衡的六个 FPS 机的组,包括两组“三个一组”的机器。

[0050] 相同的 FPS 机 - “相同”表示相同的  $\beta$ -FPS 机被设计和构造为以相同的频率工作、具有相同的往复运动的质量和相同的静态质量,使得它们产生相同的结果振动力和 / 或振动力矩。同样的质量意味着各个复合质量的值是相同的,但不要求它们具有相同的配置。

[0051] 也使用常用的术语:力、力偶和力矩。术语力用于表示施加在一个物体上使其加速平移的一种影响。力偶表示大小相等、方向 (或感觉) 相反的两个平行的力的系统。一个力偶向一个物体施加一个力矩。

[0052] 在无穷远处相交的线 - 用于教学物理和几何的一个传统概念,意思是,平行线可以视为与在无穷远处的一个点相交的线。这个概念也适用于本发明,因为本发明的一个属性或特征是,一组的多个 FPS 机的往复轴线或者是彼此平行的,或者是它们在一个共同的点相交。无论上述共同的相交点离开机器本身多远,这个属性都存在。与其包括两个独立权利要求,它们除了一个权利要求涉及平行轴线而另一个权利要求涉及相交于一点的轴线之外都是相同的,本申请人使用“平行”与“在无穷远处的一个点相交于”相同的传统概念来合并这两个条件。

#### [0053] 四象限结构

[0054] 图 1 和 2 显示根据本发明进行平衡的四个相同的 FPS 机的四象限结构。一组四个  $\beta$ -FPS 机 20、22、24 和 26 按横向并排的结构放置以防止或者减少振动。这四个机器被刚性连接在一起,例如,通过在其周边将它们焊接在一起,或更实际地通过以与将单个机器通常安装在支架上相同的方式将它们螺栓连接或焊接到一个共同的支架 25 上。

[0055] 图 5 和 6 图解显示相同的机器,以便于可视化与本发明相关的关系。图 6 是图 5 的底视图。正如所有的  $\beta$ -FPS 机一样,每个机器 20、22、24 和 26 包括一个外壳和内部往复运动的复合质量,包括与 FPS 机连接的原动机或负载的质量。

[0056] 第一组对角线相反放置的相同的  $\beta$ -FPS 机 22 和 26 被刚性连接在一起且以机械上相同方向的取向布置,如字母 E 和 C 所示。如箭头和 +、- 符号所示的,机器 22 和 26 配置为以彼此热力学同步地往复的方式进行往复运动。形成第一组的 FPS 机 22 和 26 具有与第一点相交的往复轴线 30 和 36。在这个实施例中,该点是在无穷远的点,因为所有的轴线互相平行。第一组 FPS 机的这些轴线 30 和 36 与运动的中心轴线形成相同的角度,且绕上述运动的中心轴线等角度地分开。对于这个实施例,上述运动的中心轴线是一条平行于往复轴的线,它与延伸通过第一组的对角线相反的往复轴线的两条对角线 40 和 42 交叉,且在垂直于往复轴线的平面中。交叉点显示为点 43。

[0057] 第二组  $\beta$ -FPS 机 20 和 24 刚性连接在一起,并且刚性连接到上述第一组机器。第二组机器 20 和 24 被安排在机械同方向的取向中,该取向与第一组  $\beta$ -FPS 机的机械取向相同。在所示的实施例中,所有的膨胀空间端部 E 在机器的顶部面向上。第二组机器 20 和 24 被配置为在彼此热力学同步的、但与第一组机器 22 和 26 热力学相反的往复方式中进行往复运动,如箭头和 +、- 符号所示。第二组 FPS 机 20 和 24 与第一组 FPS 机相同,且具有在一个点相交的往复轴线。在此实施例中,所述交叉点是在无穷远的点,因为所述轴线是平行的。第二组 FPS 机的轴线都与以上限定的运动中心轴线形成相同的角,且绕所述运动中心轴线等角度地分开。

[0058] 如以上对于两组机器所述的,每一组机器的轴线绕中心轴线等角度地分开。因为在该实施例中每一组包括两个机器,其轴线绕中心轴线分开约  $180^\circ$ 。所述等角度的分开是以  $360^\circ$  除以每一组中的机器数量。如将在下面看到的,也可以每组三个机器,它们绕所述中心轴线分开  $120^\circ$  的角度间距。更大的组中的角度间距以相同的方式确定。

[0059] 在此实施例中,与本发明的所有实施例相同,“将一组机器放置在沿所述轴线的任何特定位置”被认为是不必要的。相信,仅仅“将它们放置为使得它们的往复轴线沿限定的轴线放置”是必须的,因为作为每个机器的往复运动的质量的加速和减速的结果而由每个机器施加的力沿它们的往复轴线动作。

[0060] 描述所述四象限方案的替换方式如下。第一对相反放置的相同  $\beta$ -FPS 机 20 和 22 被配置为彼此反相地进行往复运动,如箭头和 +、- 符号所示。所述第一对 FPS 机具有在第一面 32 中的往复轴线 28 和 30。在这个实施例中所述轴线是平行的,且因此可以被看作是在无穷远的点相交。第二对相反放置的相同  $\beta$ -FPS 机 24 和 26 也被配置为彼此反相地进行往复运动,如箭头和 +、- 符号所示。所述第二对的两个 FPS 机器与第一对 FPS 机相同,并具有在第二面 38 中往复轴线 34 和 36。所述轴线 34 和 36 都平行于轴线 28 和 30,且因此可以被认为是在无穷远的同一点处相交。在这个特定实施例中,四个轴线 28、30、34 和 36 分别位于一个正方形或长方形的角落,所述正方形或长方形在一个垂直于所有四个轴线的平面中。四个 FPS 机的每一个被配置和取向在其轴线上,以与对角线相对的 FPS 机同相地操作。对角线上的机器由箭头 40 和 42 指示,一组对角线机器是 20 和 24,另一组对角线机器是 22 和 26。

[0061] 对所述四个机器的分析表明,来自它们的力偶的平移振动力和力矩都在合计时抵消了,所以机器的四象限组是平衡的。平移力矢量由每个机器上的箭头表示。作为第一组机器 22 和 26 的内部质量的往复运动的结果而施加的力施加了一个沿与点 43 相交的中心轴线的合力。由于这些机器是相同的,具有同方向的取向和以热力学同步的方式工作,它们施加在中心轴线上加和的相等的力,但它们不产生力偶。作为第二组机器 20 和 24 的内部质量的往复运动的结果而施加的力也施加了一个沿与点 43 相交的中心轴线的合力。第二组机器的力也是相等的,因此没有施加力矩。此外,由于第一组机器与第二组机器相同,第一组的合力与第二组的合力在幅值上相等。由于第一组和第二组的合力在幅值上相等、沿所述中心轴线但在相反的方向中施加,这些合力相互抵消。因此,没有净的力和净的力矩。

[0062] 替换地,上述平衡的事实可以以在本实施例的替换描述中使用的相反放置的机器对来分析。由于每一对机器中的两个机器反相操作,每一对的平移力的矢量和相互抵消,因此,一组四个机器中的平移力是平衡的。每一对机器也形成一个力偶,该力偶将振动力矩施加在刚性连接的一组四个机器上。这些力矩如力矩矢量 44、46、48 和 50 所示。机器 20 和 22 形成具有力矩矢量 48 的力偶,且机器 24 和 26 形成具有力矩矢量 50 的力偶。类似地,机器 20 和 26 形成具有力矩矢量 44 的力偶,且机器 22 和 24 形成具有力矩矢量 46 的力偶。由于所述机器按照如上所述的相位关系操作、彼此相同、且按照如上所述的方式被定位和取向,从图 6 可以最清楚地看到,力矩矢量 44 和 46 以及力矩矢量 48 和 50 是大小相等和方向相反的,因此它们的总和为零。由于平移力矢量的总和为零、并且来自力偶的力矩矢量的总和也为零,所以净振动是零。虽然上述机器的不完美和上述的关系可能会导致一些振动,但净振动仍然非常小。当然,平衡机器的多重分组可以安装在一起,也导致很少或没有振动。例如可以任何整数数量的平衡的组安装在一起,以提供更多数量的机器的平衡的组。

[0063] 图 7 说明八个  $\beta$ -FPS 机的环形结构。然而,分析表明,这个结构实际上是一种含有两个平衡的已经描述的四象限类型的结构。机器 60、62、64 和 66 形成一个四象限类型的结构,它具有图 5 和 6 所示的四象限类型的特征。它们的轴线相互平行,并被放置在矩形 68 的角落,所述矩形 68 位于一个垂直于它们的轴线的平面中。对角线相对机器 60 和 64 被配置为彼此同相地操作,且对角线相对的机器 62 和 66 也被配置为彼此同相地操作。图 7 所示的其余四个机器也以同样的方式彼此相关。它们形成了其轴线在一个矩形的角落、具有相同的关系的第二个四象限类型。因此,每个包含四个机器的子集是按照以上关于四象限

类型所述的方式相关联的机器。因此,环形结构是一种将具有四的整数倍的机器相结合的方式的一个例子,其中每四个机器为一组根据本发明的四象限结构进行安排。也可以使用四象限结构的更大的整数倍数。

[0064] 图 8 和 9 说明了是四个自由活塞斯特林机的四象限组的另一个实施例的结构。图 8 是图 9 的顶视图。这些机器本身未显示,而只是显示它们的往复轴线和它们的操作相位的极性,以避免影响图纸的清楚程度。三个往复轴线 70、72、74 和 76 沿着锥形表面布置。所述锥形具有中心轴线 78 和顶点 80。四个往复轴线 70、72、74 和 76 中的每一个与所述锥形的顶点 80 相交。每个往复轴线与所述锥形的轴线形成相同的角度,这个条件是所述轴线位于所述锥形的表面的特征。三个往复轴线 70、72、74 和 76 也绕所述锥形的轴线等角度地分开。具体来说,所述轴线以  $90^\circ$  的间隔在角度上分开。四个轴线与在一个基面中的一个正方形 82 的各个角相交,所述基面与所述四个轴线的每一个成相同的角度、且垂直于所述锥形的轴线 78。

[0065] 类似于在图 5 和 6 中所示的四象限结构,在图 8 和 9 中所示的四象限结构具有第一组刚性连接在一起的相同的  $\beta$ -FPS 机,它们被安排在机械同方向的取向和被配置为彼此热力学同步地进行往复运动。该第一组 FPS 机具有与第一点 80 相交的往复轴线 70 和 74,所述第一点在离机器有限的距离处。第一组 FPS 机的这些轴线 70 和 74 与运动 78 的中心轴线形成相同的角度。这些轴线 70 和 74 绕所述运动中心轴线以  $180^\circ$  的角度间距等角度地分开。

[0066] 第二组  $\beta$ -FPS 机刚性连接在一起,且刚性连接到第一组机器。第二组机器被安排在机械同方向的取向,其与第一组  $\beta$ -FPS 机的机械取向相同。第二组机器被配置为以彼此热力学同步往复的方式进行往复运动,但与第一组机器的往复运动在热力学上相反,如所述轴线旁边的箭头所示。第二组中的 FPS 机与第一组中的 FPS 机相同,且具有与所述点 80 交叉的往复轴线 72 和 76。第二组 FPS 机的这些轴线 72 和 76 都与运动 78 的中心轴线形成相同的角度,且绕所述运动中心轴线以  $180^\circ$  的角度间距等角度地分开。

[0067] 在图 8 和 9 所示的实施例中,所有的四个往复轴线都与中心轴线 78 形成相同的角度,因此可以被视为位于以点 80 作为其顶点的锥形上。因此,它们与在一个垂直于所述中心轴线 78 的平面中的一个正方形 82 的各个顶点相交。但是,“所有四个轴线位于同一个锥形上”被认为是不必要的。第一组机器的第一对对角线相对的机器的轴线可以位于具有不同的顶点的、与第二组的机器的轴线所处的锥形不同的锥形上。“第一组机器的轴线都与中心轴线形成相同的角度”是必要的,且“第二组机器的轴线都与中心轴线形成相同的角度”是必要的。但由第一组机器的轴线与中心轴线所形成的角度可以与由第二组机器的轴线与中心轴线所形成的角度不同。

[0068] 也可以与上述参照图 5 和 6 的实施例的描述所给出的分析类似地进行矢量分析。不过,该分析更加复杂,因为需要考虑很多的力的成分和力矩成分。此外,很难在三维中描述这些力、力矩和它们的成分。然而,这种分析将表明,按照以上所述和在图 8 和 9 中显示的被取向、定位和取相位的四个机器的组是平衡的。

[0069] 六象限结构

[0070] 图 10 和 13 说明了被布置和连接以防止或尽量减少振动的六个相同的 FPS 机的六象限组。每个 FPS 机器包括外壳和内部往复式复合质量,包括与所述 FPS 机相连接的原动

机或负载的质量。每个六象限结构具有二组（每组三个）机器，因此每个组称为三个一组（triad）。

[0071] 第一组的三个相同的  $\beta$ -FPS 机 90、94 和 98 被刚性连接在一起，且布置在机械同方向的取向中，如字母 E 和 C 所示。机器 90、94 和 98 被配置为以彼此热力学同步往复的方式进行往复运动，如它们的箭头方向所示。所述第一组的三个 FPS 机 90、94 和 98 的各个往复轴线 110、112 和 114 在一个点相交，在这个实施例中该点是在无穷远的点，因此在这个实施例中所有的轴线相互平行。参考图 12，往复轴线 110、112 和 114 位于（相交）在一个基面中的第一个等边三角形 116 的顶点，所述基面与每个往复轴线形成相同的角度。在这个具有平行的往复轴线的实施例中，所述基面垂直于所有的轴线，因此与每个所述轴线形成  $90^\circ$  角。所述第一组的三个机器单独显示在图 12 中，并且也包含在图 13 中。在第一组的三个机器中的相同的热力学相位和在第二组的三个机器中的相同的热力学相位在图 10 中以箭头和 + 和 - 符号的形式通过极性符号进行说明，与在前面描述的图中的方式相同。在图 12 和 13 中，这种极性以传统的符号来表示，其中圆圈中的点和圆圈中的“X”分别代表箭头的尖头端和相对的箭头的“羽毛”端。

[0072] 第二组 FPS 机由相对的第二组三个机器 92、96 和 100 形成，它们与第一组的三个机器相同。第二组三个机器 92、96 和 100 刚性连接到第一组的三个机器，且被布置为机械同方向的取向，它与第一组的三个机器 90、94 和 98 的机械取向相同。第二组的三个机器被配置为以彼此热力学同步往复、但与第一组的三个机器的热力学往复相反的方式进行往复运动。FPS 机器 92、96 和 100 的往复轴线 120、122 和 124 平行于第一组三个机器的轴线，可以被视为与在无穷远的点相交，该点和与第一组的三个机器的轴线相交的点相同。它们的往复轴线 120、122 和 124 与在同一基面中的第二个等边三角形 126（图 13）的各顶点相交。第一个等边三角形 116 和第二个等边三角形 126 是在点 128 处同心的。

[0073] 一个等边三角形的中心在图 12 中显示为三个线的相交处，每个线从三角形顶点垂直于所述三角形的相对边。所述两个等边三角形的边长是相同的。然而，所述等边三角形在角度上偏移  $30^\circ$ 。由于这种角度的偏移，连接第一个和第二个等边三角形的顶点的周边线形成一个正六边形。但是，所述等边三角形可以偏移任何角度，且所产生的机器的组仍然是平衡的。此外，“所述等边三角形的大小相同”是不必要的。它们必须是等边三角形，但可以具有不同的大小。运动的中心轴线沿穿过所述等边三角形同心中心 128 且平行于所述往复轴线的线布置。

[0074] 图 14 是在图 10 和 13 所示的六个  $\beta$ -FPS 机之间的关系更简单的示意图。图 14 的矢量显示平移力矢量，且因此显示这些六个机器的热力学极性或相位。

[0075] 从图 12-14 可以容易观察到没有力偶的任何净平移力和任何净力矩。首先参照图 12，第一组三个机器的三个平移力矢量都沿轴线 110、112 和 114 位于第一个等边三角形的顶点 116 处。这三个力矢量都在同一方向、具有彼此相同的幅值和彼此同相。因此，它们的合力垂直于它们的等边三角形的平面（即纸面）且在该平面（在图中）的向下方向中。然而，因为它们是平行的且在同一方向，它们没有力偶。

[0076] 类似地，第二组三个机器的三个平移力矢量都沿轴线 120、122 和 124 位于第二个等边三角形的顶点 126 处。这三个力矢量都在同一方向、具有彼此相同的幅值和彼此同相。它们的幅值也与第一组三个机器的三个平移力矢量相同。因此，它们的合力垂直于它们的

等边三角形的平面（即纸面），但是从该平面（在图中）向上。因为它们也是平行的、且在同一方向，它们没有力偶。然而，第二组三个机器的力矢量都在与第一组三个机器的力矢量相反的方向。

[0077] 所以这些关系的结果是，因为第一组三个机器和第二组三个机器中的所有六个机器都是相同的，第一组三个机器的三个力矢量的和在幅值上等于第二组三个机器的三个力矢量的和。由于第一组三个机器的力矢量与第二组三个机器的力矢量大小相等和方向相反，所述平移力矢量相互抵消。此外，在一个等边三角形的顶点处的三个力矢量是相等的且在同一方向，它们所得的力矢量等于它们的在等边三角形中心处的和。由于限定所述两组（三个一组）机器的轴线位置的这两个等边三角形是同心的，则两组（三个一组）机器所得的力矢量在同一点作用在相反方向，因此也没有力偶。

[0078] 图 11 说明了另一个六象限结构的实施例。它具有相同的特征，且按照在图 10 的实施例中描述的方式布置，除了六个机器的往复轴线与离机器有限距离的点 150 相交之外。它的轴线 152、154、156、158、160 和 162 都与点 150 相交。这些轴线位于一个具有中心轴线 164 的锥形上，且这些轴线与一个正六边形 166 的各个顶点相交。该六边形 166 位于与所述锥形的中心轴线 164 垂直的一个基面中，且每个往复轴线与所述六边形 166 形成相同的角度。这个六边形 166 可被分析为包括两个带有如前所述布置的机器的等边三角形。第一组三个 FPS 机的轴线 152、156 和 160 与运动的中心轴线 164 形成相同的角度，且绕所述运动的中心轴线 164 等角度地分开。类似地，第二组三个 FPS 机的轴线 154、158 和 162 都与运动的中心轴线 164 形成相同的角度，且绕运动的中心轴线 164 等角度地分开。

[0079] 相同角度说，“‘第一组三个机器的往复轴线与所述中心轴线 164 所形成的相同角度’与‘第二组三个机器的往复轴线与所述中心轴线 164 所形成的相同角度’相同”被认为是不必要的。第一个组三个机器的三个轴线所处的锥形可以与第二组三个机器的三个轴线所处的锥形不同。这些锥可以是不同的，它们的顶点可以沿中心轴线 164 在不同的位置。

[0080] 组合

[0081] 四象限结构和六象限结构的组合可以得到平衡机器的更大的组，具有在一个组中的偶数数量的机器。表 1 列出了可以合并在一个组中的不同机器总数的几个不同大小的组，可以合并以给出上述总数的四象限结构和六象限结构的数量，和也可以给出同样的总数的四象限结构和六象限结构的替换数量。

[0082] 表 1

[0083]

将被平衡的机器总数	主要的组		替换的组	
	四象限的数量	六象限结构的数量	四象限的数量	六象限结构的数量
4	1	0		
6	0	1		
8	2	0		
10	1	1		
12	3	0	0	2
14	2	1		
16	4	0	1	2
18	3	1	0	3
20	5	0		
22	4	1	1	3
24	6	0	0	4
26	5	1		
28	7	0	1	4
30	6	1	0	5
32	8	0		

[0084]

[0085] 以上结合附图的详细说明主要用于作为本发明的目前优选的实施例的描述, 并无意代表其中本发明可以建造或使用的唯一形式。以上的描述与附图所示的实施例结合给出了实施本发明的设计、功能、装置和方法。但是, 可以理解的是, 相同或等同的功能和特征可以用于实现不同的实施例, 这些不同的实施例也应当被包含在本发明的精神和范围内, 而且在不离开本发明或下列权利要求的范围的情况下, 可以进行各种修改。

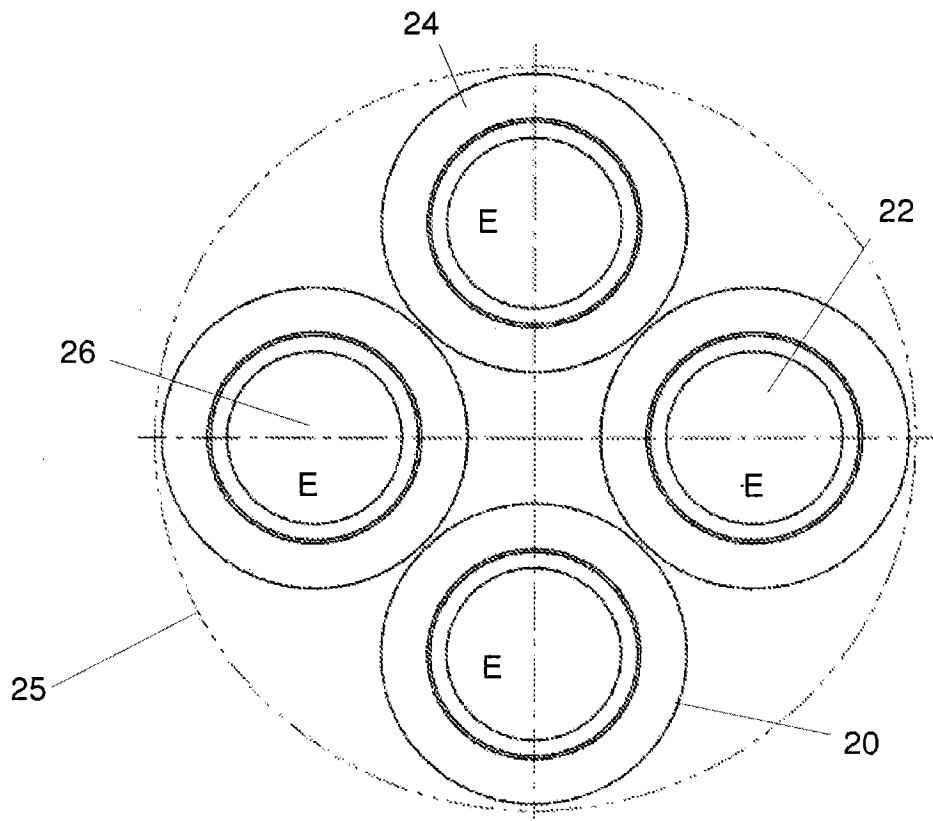


图 1



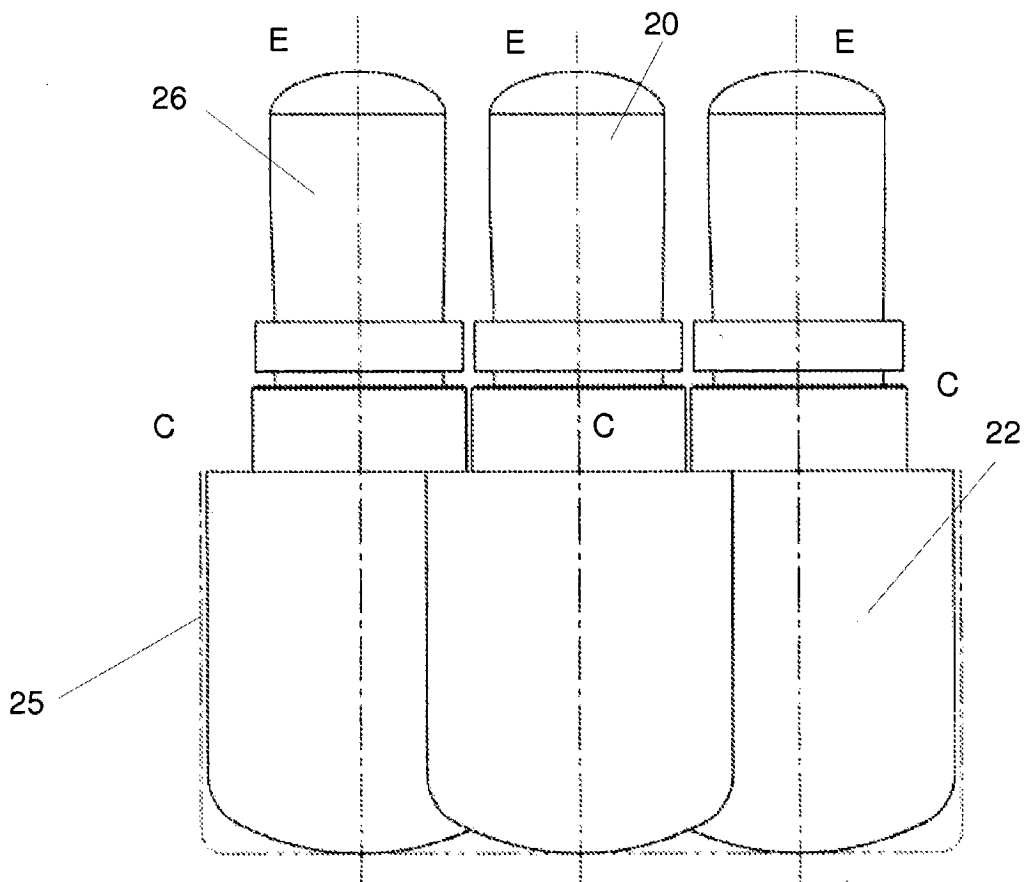


图 2

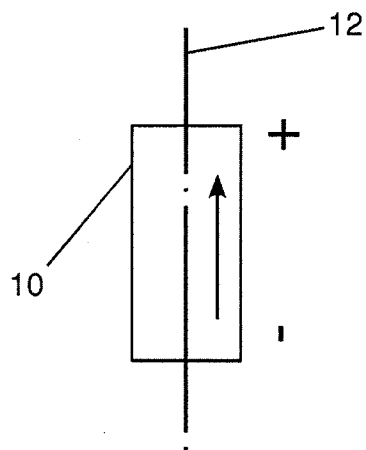


图 3 现有技术

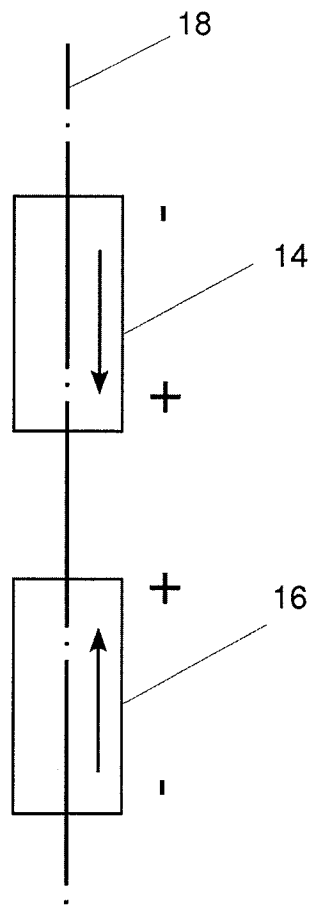


图 4 现有技术

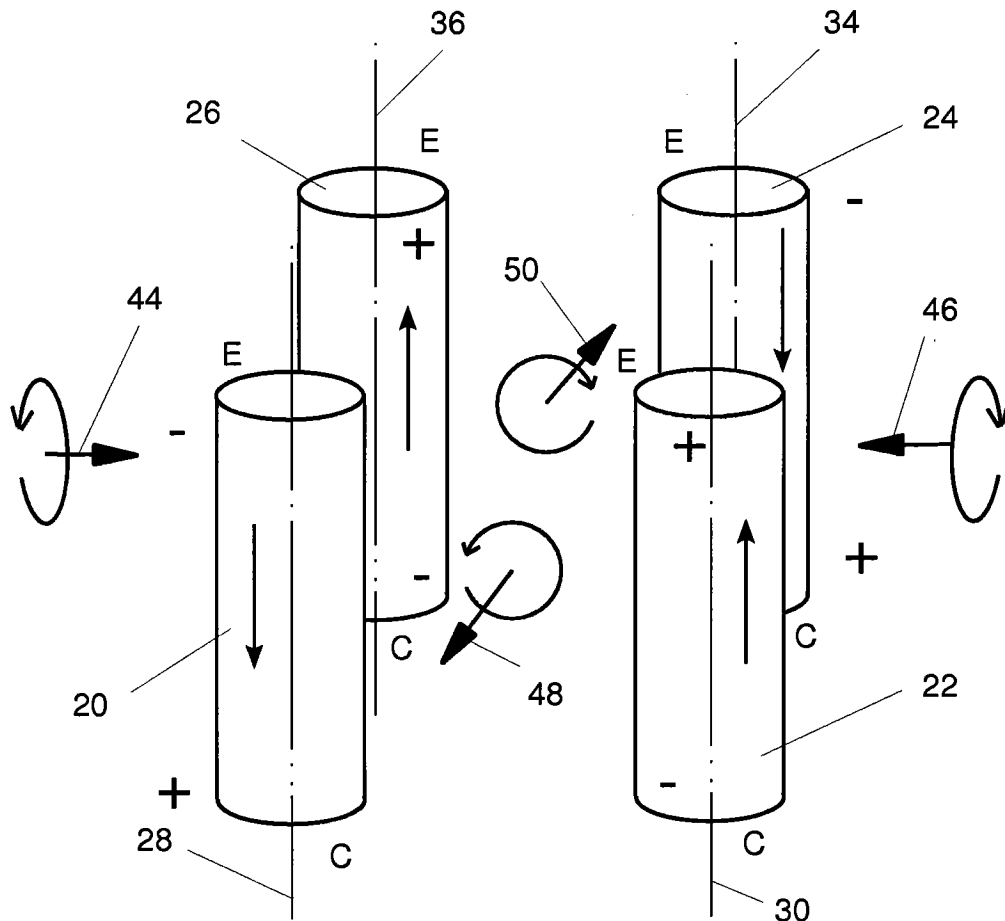


图 5

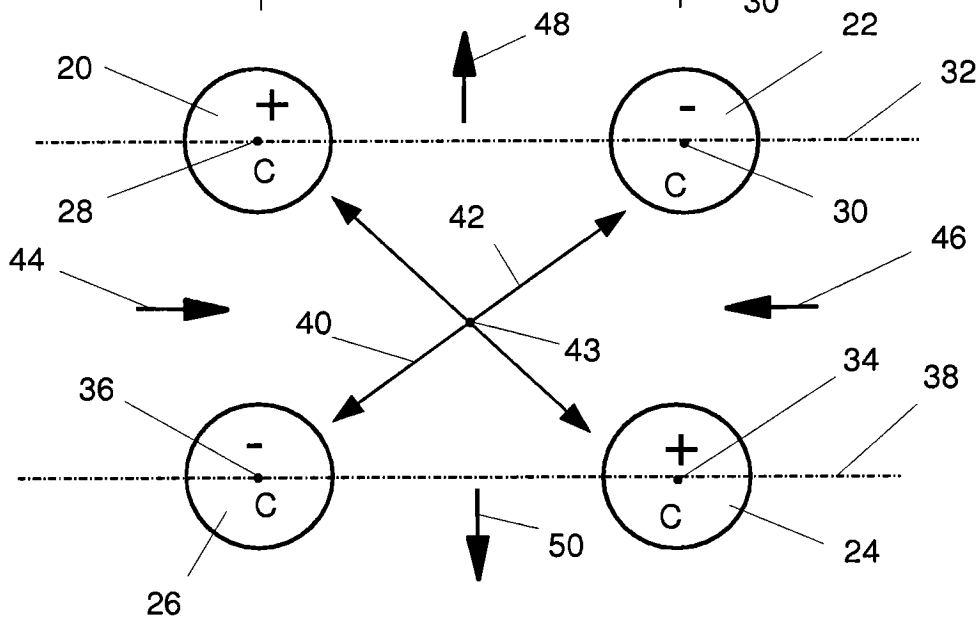


图 6

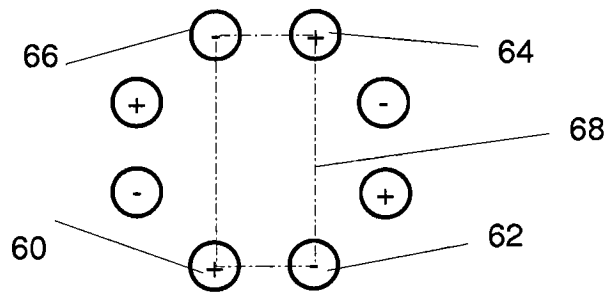


图 7

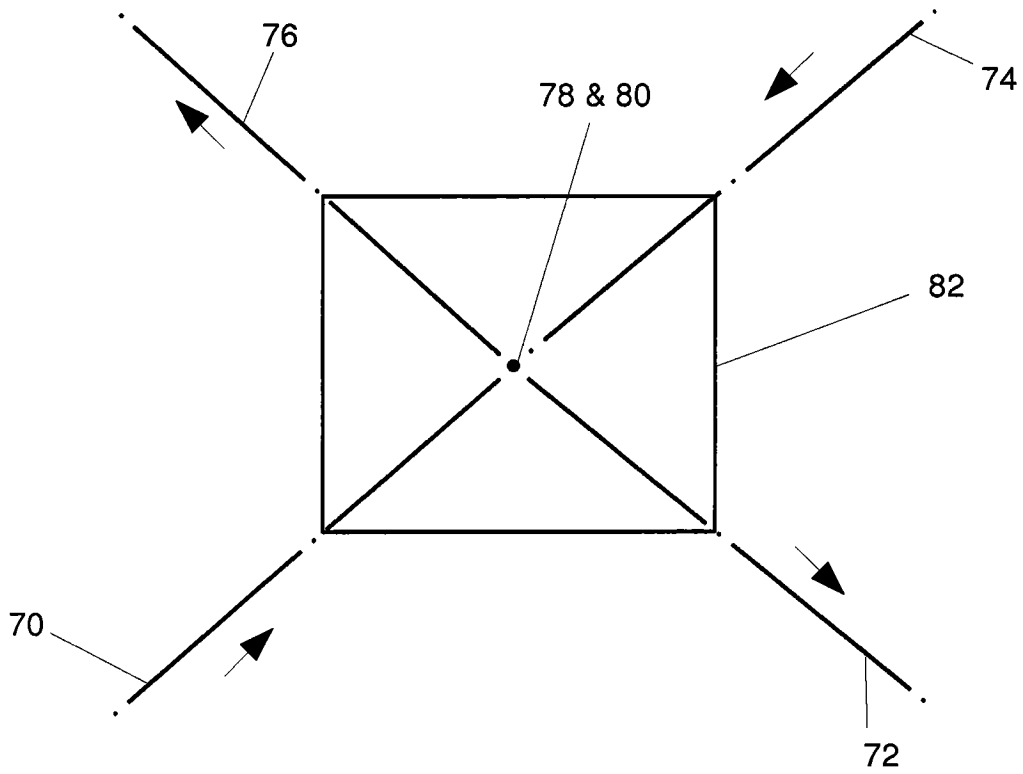


图 8

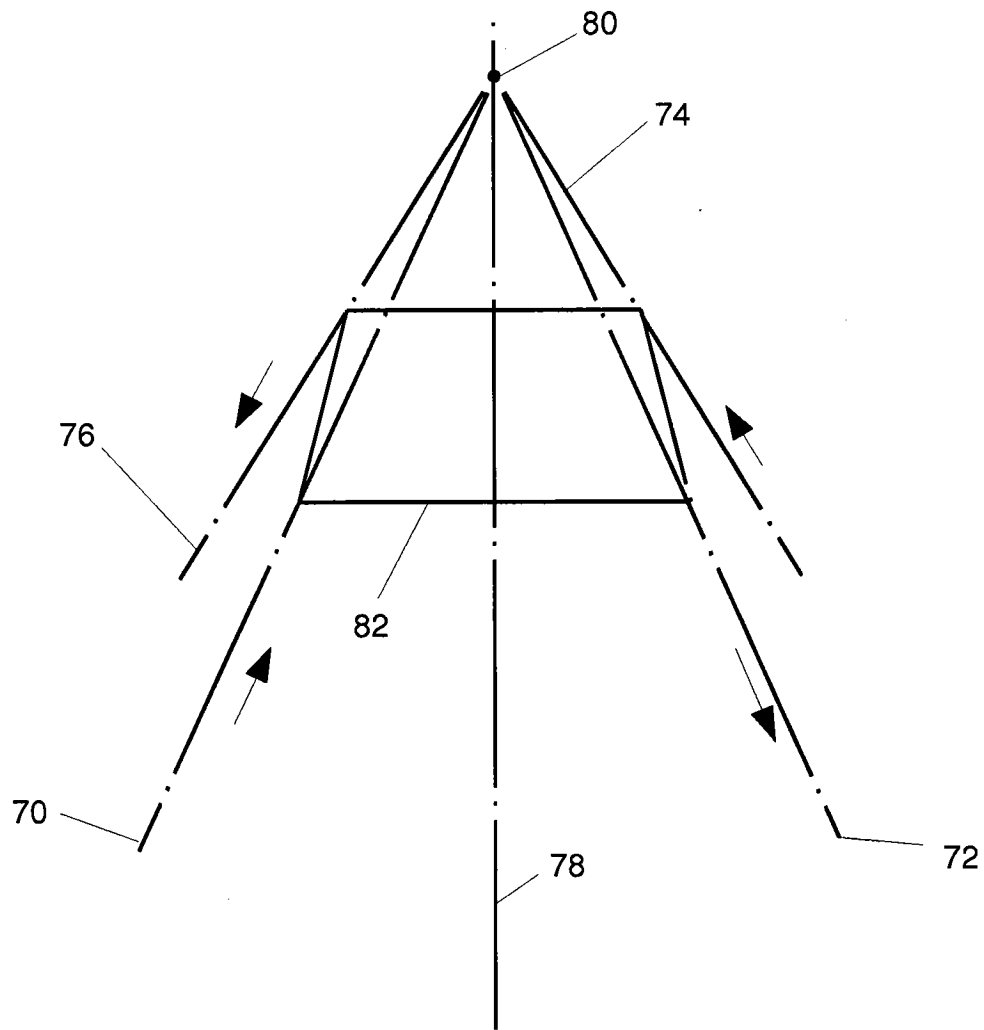


图 9

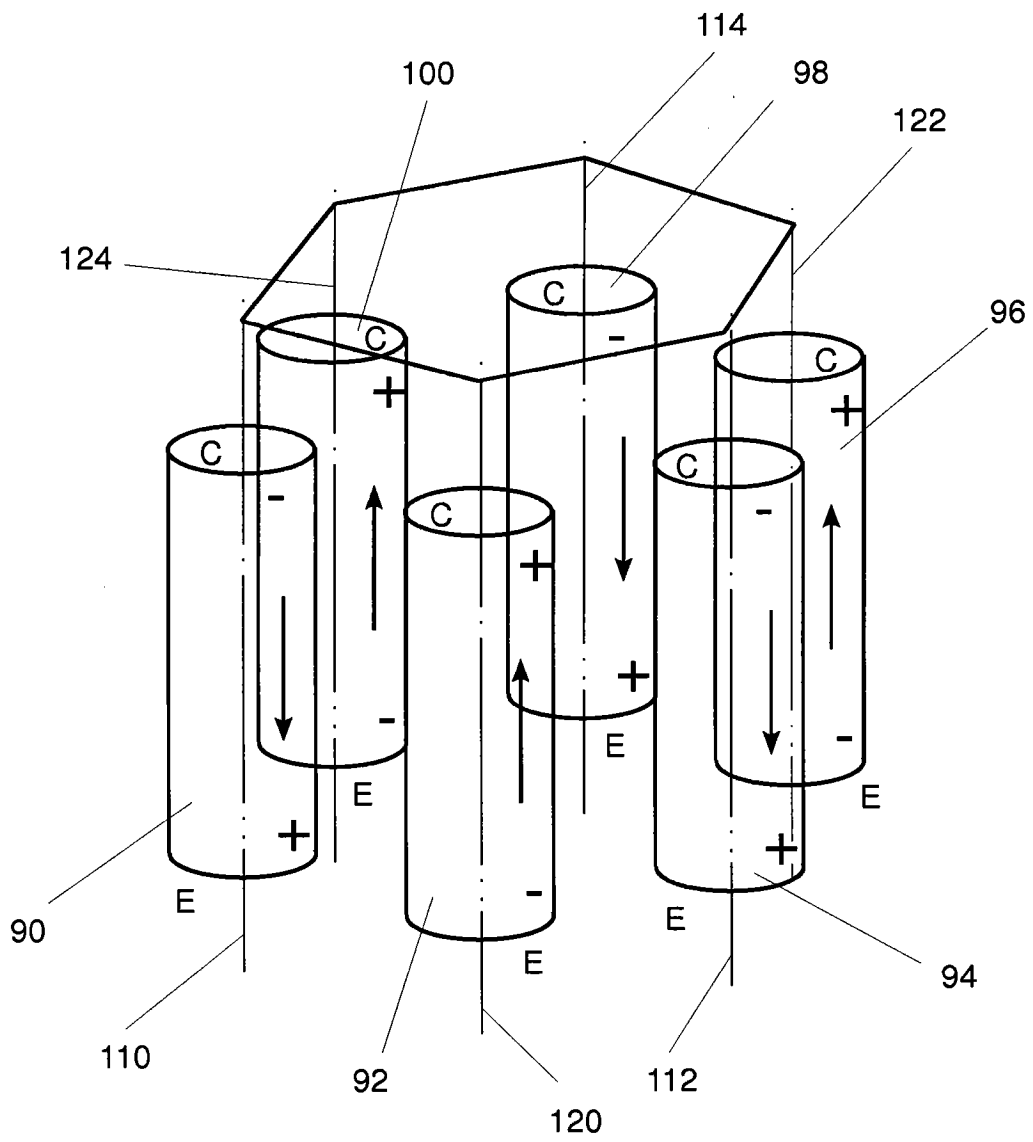


图 10

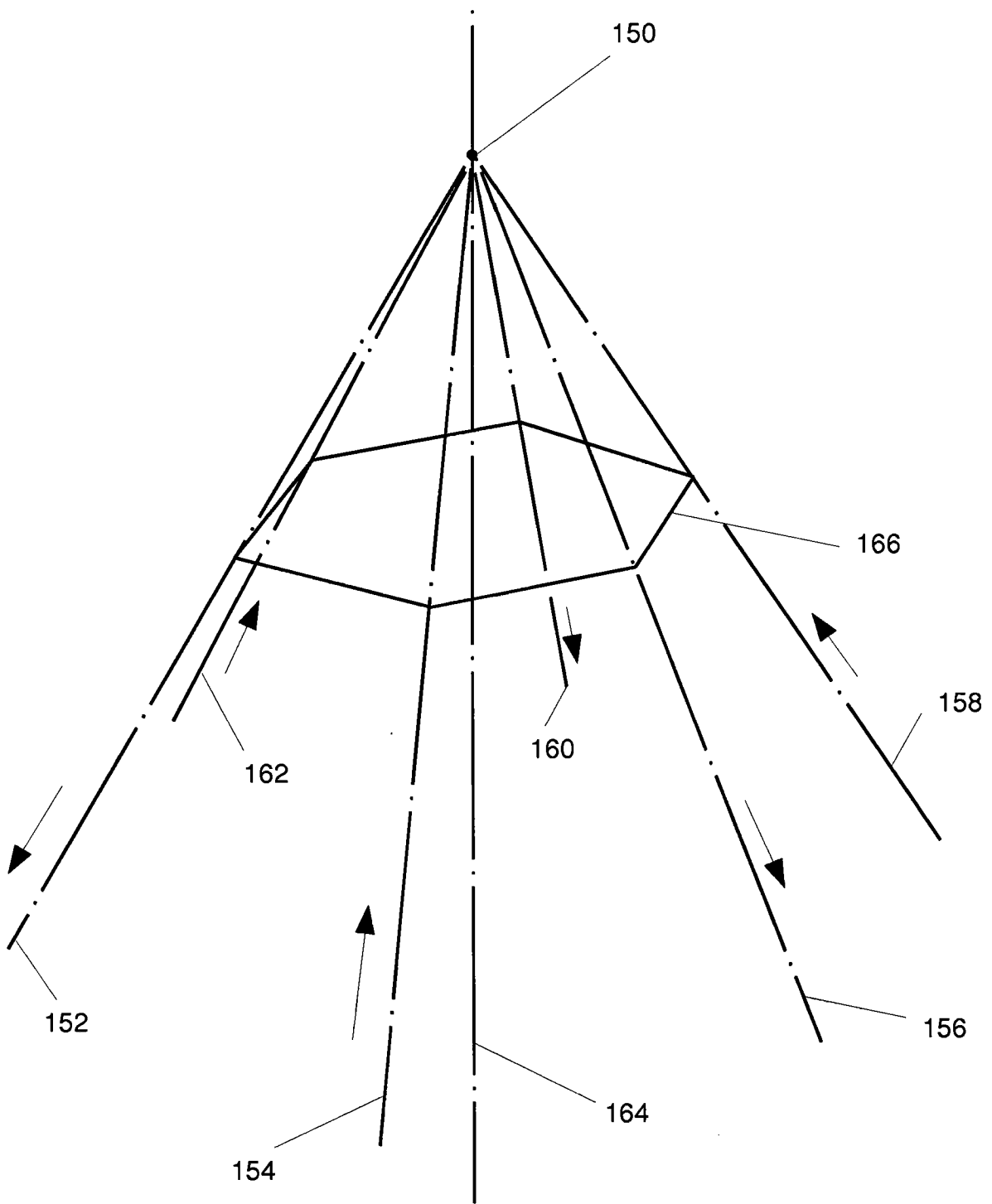


图 11

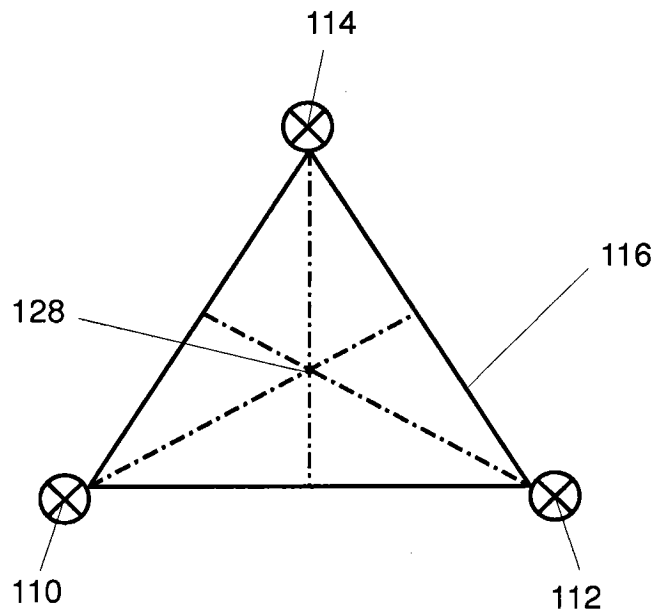


图 12

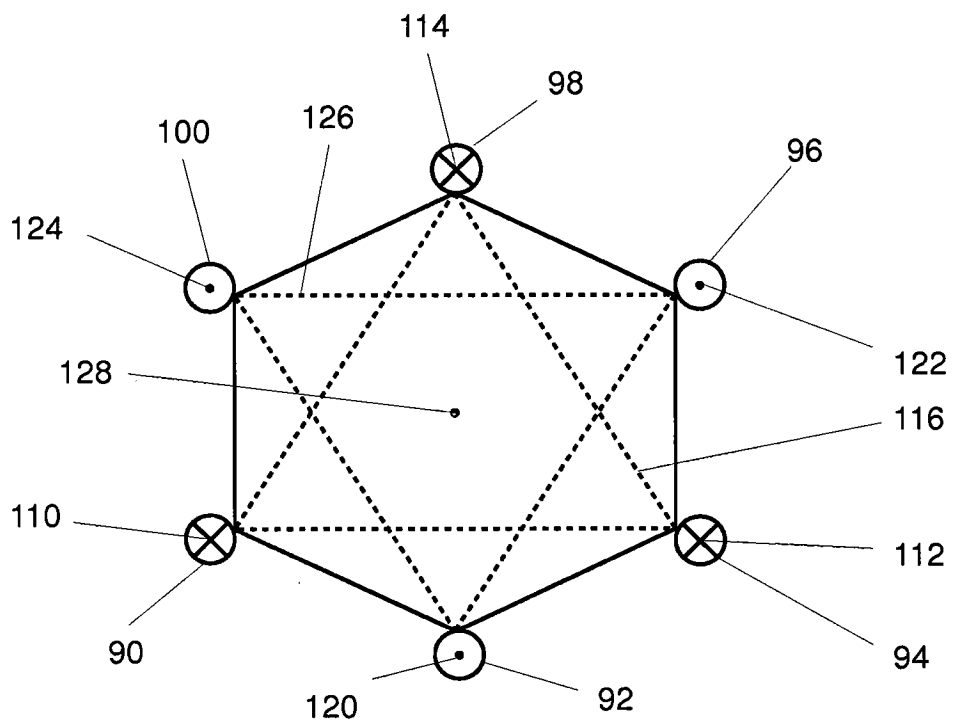


图 13



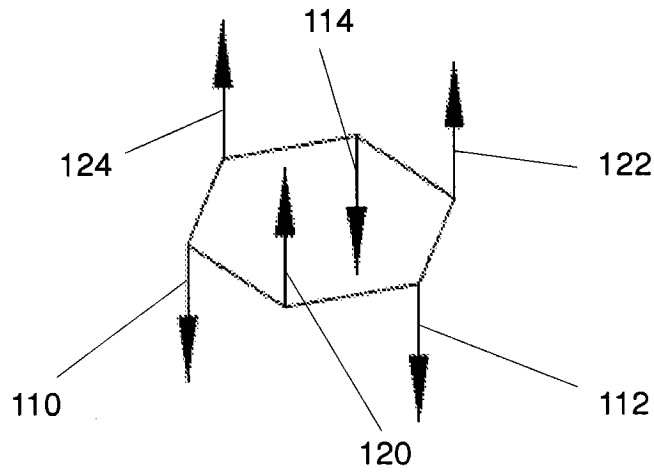


图 14

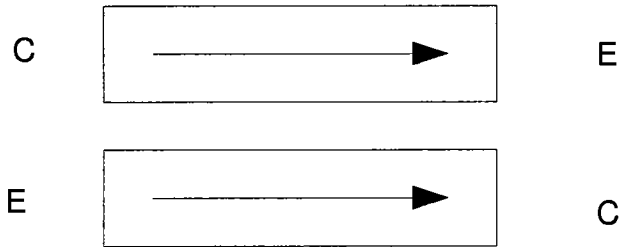


图 15

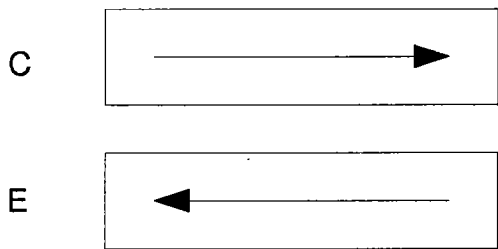


图 16

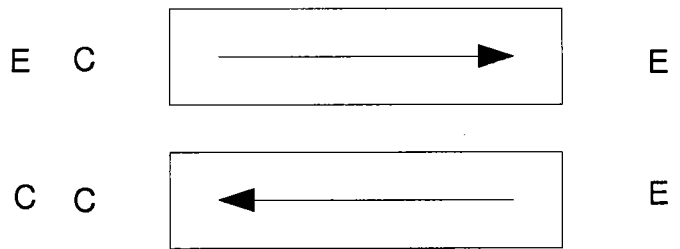


图 17

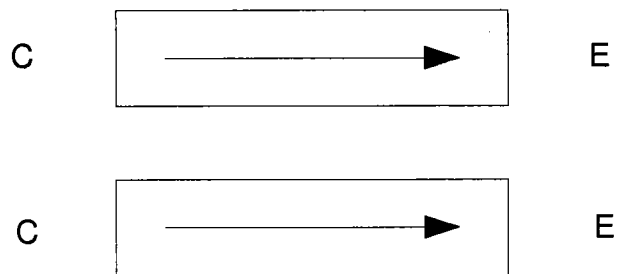


图 18