



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102121829 B

(45) 授权公告日 2013.06.12

(21) 申请号 201010250948.4

(22) 申请日 2010.08.09

(73) 专利权人 汪滔

地址 310009 浙江省杭州市上城区直吉祥巷
14号301室

(72) 发明人 汪滔

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司
44202

代理人 郝传鑫 熊永强

(51) Int. Cl.

G01C 21/18(2006.01)

(56) 对比文件

US 2010/0037694 A1, 2010.02.18,

CN 202074979 U, 2011.12.14,

US 2009/0308157 A1, 2009.12.17,

CN 201431440 Y, 2010.03.31,

J Barton 等. Design, Fabrication

and Testing of Miniaturised Wireless
Inertial Measurement Units (IMU). 《2007
Electronic Components and Technology
Conference》. 2007,

审查员 徐建营

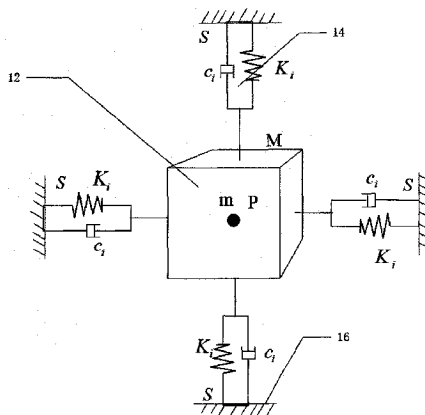
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种微型惯性测量系统

(57) 摘要

一种微型惯性测量系统,涉及捷联惯导技术。本发明从改进惯性测量装置的力学结构入手,提供一个大幅度缩小惯性测量系统体积、三向等刚度减振结构的微型惯性测量系统,克服三向刚度不等、共振激励、以及产生扭转振动等缺陷,对捷联惯导系统造成的不良影响。系统包括传感组件1.2、内减振减震器、惯性检测单元壳体1.6、下盖1.8等部件,内减振器由若干具有适当阻尼特性的内减振单元构成单元1.4组成,它们安装在惯性检测单元壳体1.6内壁S与传感组件1.2的6个平面之间,内减振单元的形变力轴相互正交,以均衡吸收并消耗来自运载体的强迫振动。



1. 一种微型惯性测量系统,包括传感组件、内减振器、惯性检测单元壳体、下盖,其中:传感组件由传感支架、惯性传感器、柔性测控电路板组成;传感支架是各平面刻有凹槽,符合一定比重和刚度要求的正方体刚性支架;惯性传感器包括陀螺仪和加速度计;

柔性测控电路板能够完整、平顺地覆盖传感支架每一个平面;

惯性检测单元壳体与下盖构成了内腔,以容纳传感支架与内减振单元;

内减振器由若干具有适当阻尼特性的内减振单元 $\{K_i, c_i\}$ 组成,其中 K_i 表示刚度、 c_i 表示阻尼系数,下标 i 表示内减振器中所包含的内减振单元的数量,所述内减振单元安装在惯性检测单元壳体内壁(S)与传感组件的6个平面之间,根据运载体不同振动特性决定其数量,最多可达6个;

所述传感支架一体成型;

所述传感组件被若干内减振单元悬挂在惯性检测单元壳体内腔中心,各内减振单元的形变力轴相互正交,内减振器的弹性中心点(P)与传感组件质心(m)重合。

2. 如权利要求1所述的微型惯性测量系统,其特征是,所述惯性传感器焊接在柔性测控电路板上,凭借电路板的柔性,各传感器逐一被嵌入传感支架各平面的凹槽中,且各传感器的测量轴相互正交。

3. 如权利要求1所述的微型惯性测量系统,其特征是,包含传感器信号预处理功能,至少包含抗混叠电路和A/D转换电路;电路板基和连接导线采用柔韧材质,以耐受弯折;柔性测控电路板的外形应当与传感支架的平面展开图形全等,使之沿着传感支架棱边作 90° 弯折后,完整覆盖传感支架。

一种微型惯性测量系统

技术领域

[0001] 本发明涉及捷联惯性导航技术,尤其是涉及一种微型惯性测量系统。

背景技术

[0002] 捷联式惯性导航是当今迅速发展的一种先进导航技术。它利用直接固连在运载体上的陀螺仪、加速度计等惯性元件测量出运载体相对于惯性参考系的加速度,按照牛顿惯性原理进行积分运算,获得导航坐标系下的速度、姿态角和位置信息,引导运载体从起始点驶向目的地。捷联惯导技术利用控制计算机将陀螺仪、加速度计测得的数据进行坐标变换、求解微分方程等数学运算,从姿态矩阵的元素中提取姿态和航向数据,实现导航任务。捷联惯导系统利用随时更新的捷联矩阵等数据建立“数学平台”,取代传统的机电式导航平台,从而大大简化了系统结构,使系统的体积和成本大幅度降低,惯性元件便于安装维护;此外,捷联惯导系统不依赖外部系统支持,自主获得姿态、速度和位置信息,也不向外界辐射任何信息,具有实时自主,不受干扰,不受地域、时间、气候条件限制,以及输出参数全面等优点,被广泛于航空、航海、交通等多种领域。

[0003] 捷联惯性导航系统至少由一个惯性测量装置、一个控制计算机、控制显示器和相关支持部件构成,其核心部件惯性测量装置装有陀螺仪和加速度计。惯性测量装置的工作原理是:陀螺仪检测运载体三轴角速率,加速度计检测航行器沿着三轴运动的线性加速度,控制计算机将陀螺仪所测的角速率信号对时间积分运算,推算出瞬时航向、倾角等航行姿态信息,利用加速度计测得的加速度信号,对时间积分运算,推算出瞬时航行速度信息;进行二次积分,即可推算该时段内航行的距离和位置。

[0004] 惯性测量装置及其姿态解算技术,是影响捷联式惯性导航系统性能的关键技术环节。这是因为惯性测量及其姿态解算,是对运载体实施轨迹控制的前提,它的精度和效率直接影响导航的时效和精度;第二,惯性测量装置要在严酷的气动环境中直接承受振动、冲击和角运动,引发诸多的失稳和误差效应,成为捷联惯导系统中薄弱环节;第三,捷联式惯性导航系统面临微型化、产业化方面的挑战,特别是随着微电子技术的发展,要求采用中精度甚至低精度的微机电惯性元器件,到达低成本批量化生产捷联惯导产品的目的。

[0005] 当运载体趋于小型化、微型化时,其基础质量与常规运载体相比有大幅度减小,在航行动力环境中受到的激励和随机振动比常规载体更为剧烈,系统更不稳定。惯性测量装置必须在力学结构、减振设计,以及微型化工艺等方面提出针对性技术措施,克服导航不稳,精度下降,甚至电子元器件使用寿命缩短的缺陷。

[0006] 附图1是现有一种小型无人机捷联惯导系统所用的惯性测量装置结构示意图。采用紧固螺钉将传感支架11紧固在壳体12内部,再用由四个橡胶垫组成减振单元13,从底部将壳体固接在航行器上。传感支架由三块相互垂直的陀螺电路板111、112、113组成(参见附图2),上面分别安装三个单轴陀螺仪111a、112a、113a。其中水平放置的陀螺电路板111为组合陀螺电路板,上面除了装有陀螺111a以外,还装有三轴加速度计111b。三个陀螺仪应安装于三个正交平面上,它们的敏感轴互相垂直,构成测量正交坐标系;组合陀螺电路板

111 上三轴加速度计 111b 的测量轴与该电路板上的陀螺 111a 测量轴平行放置。组合陀螺电路板 111 通过接插件与调理电路板 114 及主处理器电路板 115 直接连接。

[0007] 上述惯性测量装置的减振结构等效分析见附图 3, 图中质量块 M 代表惯性测量装置, 其质心为 m ; 减振单元用 $\{K_i, c_i\}$ 表示, 其中 K_i 表示刚度、 c_i 表示阻尼系数, 下标 i 表示减振器中所包含的减振单元的数量, 对于附图 1 采用 4 个橡胶垫作为减振单元, 则 $i = 1, 2, 3, 4$; B 代表航行运载体; P 为减振器的弹性中心。当运载体 B 航行运动时, 对惯性测量装置 m 产生基础激励, 减振单元 $\{K_i, c_i\}$ 吸收并消耗来自运载体 B 的强迫振动能量, 以 P 点为中心, 作上下弹性运动, 以此减小运载体 B 振动对惯性测量装置 m 造成的冲击。

[0008] 上述惯性测量装置存在的问题是:

[0009] 传感支架结构是三块相互分离的电路板, 占用空间大, 三个轴向刚度明显差异;

[0010] 减振单元安装在惯性测量装置的外部, 不仅额外占用空间, 更重要的是当惯性测量单元受迫振动的时, 由于刚度不均衡, 力学结构不合理, 受振时惯性测量装置容易产生扭转振动;

[0011] 减振器的理想作用范围限于单轴方向, 即只能正常衰减来自铅垂 x 方向的振动, 而对其他方向的减振不能有效抑制, 使不同自由度上的线振、角振之间发生耦合, 减振频带窄。

发明内容

[0012] 为了克服现有惯性测量装置的上述技术缺陷, 本发明采取的技术措施是: 从改进惯性测量装置的力学结构入手, 提供一个大幅度缩小体积、三向等刚度减振结构的微型惯性测量系统, 克服三向刚度不等、共振激励、以及产生扭转振动等缺陷, 对捷联惯导系统造成的不良影响。

[0013] 为了达到上述技术目的, 本发明实行的技术手段是, 提供一种微型惯性测量系统, 包括传感组件 12、内减振减震器、惯性检测单元壳体 16、下盖 18 等部件, 其中:

[0014] 传感组件 12 由传感支架 121、惯性传感器 122、柔性测控电路板 123 组成: 传感支架 121 是各平面刻有凹槽, 符合一定比重和刚度要求的正方体刚性支架;

[0015] 惯性传感器 122 包括陀螺仪和加速度计, 它们焊接在柔性测控电路板 123 上, 凭借电路板的柔性, 各传感器逐一嵌入传感支架 121 各平面的凹槽中, 各传感器的测量轴相互正交;

[0016] 柔性测控电路板 123 应当包含传感器信号预处理功能, 其中至少包含抗混叠电路和 A/D 转换电路; 电路板基和连接导线采用柔韧材质, 以耐受 90° 的弯折; 柔性测控电路板的外形应当与传感支架的平面展开图形全等, 当它沿着传感支架棱边作 90° 弯折后, 整张柔性测控电路板能够完整、平顺地覆盖传感支架每一个平面;

[0017] 惯性检测单元壳体 16 与下盖 18 构成的内腔形状应与传感组件 12 的外形相似且空间略大, 使得壳体各内壁与传感组件对应平面之间留有基本相等的空间, 以安装内减振单元 14;

[0018] 内减振器由若干具有适当阻尼特性的内减振单元构成单元 $\{K_i, c_i\}_{14}$ 组成, 其中 K_i 表示刚度、 c_i 表示阻尼系数, 下标 i 表示内减振器中所包含的内减振单元的数量, 它们安装在惯性检测单元壳体 16 内壁 (S) 与传感组件 12 的 6 个平面之间, 根据运载体不同振动特

性决定其数量,最多可达6个,所述传感支架一体成型。将传感组件悬挂在惯性检测单元壳体内腔中心,内减振单元的形变力轴相互正交,内减振器的弹性中心点(P)与传感组件质心(m)重合,以均衡吸收并消耗来自运载体的强迫振动。

[0019] 有益的效果

[0020] 本发明不仅增强了支架刚性,还改进了系统力学结构,实现了三向等刚度减振,使惯性测量系统的抗噪能力大幅度提高;

[0021] 改善了惯性测量装置振动特性,使其固有频率远离陀螺仪抖动器等敏感器件的工作频率,惯性传感器安装面的相对振幅降低到最小;

[0022] 大幅度缩小惯性测量单元体积和重量,扩大了运载体的载荷空间。

附图说明

[0023] 附图1 现有小型无人机捷联惯性测量装置示意图。

[0024] 附图2 现有小型无人机捷联惯性测量装置中的传感支架结构示意图。

[0025] 附图3 现有小型无人机捷联式惯性测量装置减振系等效模型。

[0026] 附图4 本发明的内减振器所属内减振单元分布示意图,图中S为惯性检测单元壳体上下、左右四个内壁。

[0027] 附图5 本发明一个较佳实施例的传感支架示意图。

[0028] 附图6 本发明一个较佳实施例中柔性测控电路板的外形和元器件布置示意图。

[0029] 附图7 本发明一个较佳实施例中传感组件构成示意图。

[0030] 附图8 本发明一个较佳实施例所采用的惯性检测单元壳体,它与下盖构成正方形的内腔。

[0031] 附图9 本发明一个较佳实施例中采用的内减振单元与传感组件的位置关系示意图。

[0032] 附图10 本发明一个较佳实施例中微型惯性测量系统的完整装配示意图。

具体实施方式

[0033] 剧烈的随机振动是捷联惯导系统在运行中面临的主要力学环境,振动引起系统性能不稳定或电子元器件损坏,对系统稳定性影响极大。为了减小运载体剧烈随机震动引起电子元器件损坏或惯性测量单元性能不稳定,除了强化各传感器电路板之间的连接刚度以外,还要以减振器为阻尼介质,将惯性测量单元弹性联结到运载载体上,以获得满意的减震效果。减振模式的选取不仅影响着惯导系统的减振性能,而且也影响着系统的测量精度,历来是惯导系统设计的重要环节。本发明从改良传感支架设计和合理化减振力学结构两个方面着手,提高微型惯性测量系统的性能。

[0034] 传感支架是安装陀螺仪和测控电路板及连接线的关键部件,工作时经受各种剧烈振动,其中支架上陀螺仪安装面的相对振幅最大,其结构的动态性能将影响到陀螺仪工作的可靠性和精确性,需要具备一定的静强度、抗振强度和疲劳寿命。工艺方面,要求支架安装方便,便于加工制造。合理设计支架结构,改善结构的刚度和阻尼特性,使结构固有频率必须远离陀螺仪抖动器工作振动频率,使陀螺仪安装面的相对振幅为最小。改进支架设计不能囿于传统思维,采用大幅度增加壁厚的方法来提高刚度和提高结构固有频率;而应

通过改善结构的材料、外形、结合面等结构设计,提高支架的结构刚度和阻尼。而且,还要从整体出发,处理好支架和减振装置相互制约关系,还要考虑测控电路板在支架上的安装位置和线路走向。

[0035] 本发明在一个较佳的实施例中,传感支架选用具有较大比重和刚度的材料,整体加工成一个正方形的传感支架 121,整体加工而非组装是为保证支架本身具有足够的刚性,以降低刚性不足和各向异性的测量误差参见附图 5;

[0036] 附图 6 是本发明一个较佳实施例中柔性测控电路板 123 平面展开和元器件布置示意图。柔性测控电路板 123 的电路板基和连接导线采用柔韧材质,可以耐受 90° 的弯折;其外形设计成与传感支架外平面展开图全等的形状,因而具有 6 个展开平面。传感器和其它电子元件焊接在 6 个展开平面正面的适当位置上。

[0037] 附图 7 是本发明一个较佳实施例中传感组件构成示意图。柔性测控电路板 123 正面焊有惯性传感器 122 和其它电子元件。用柔性测控电路板的正面贴附传感支架 121,沿着传感支架棱边作 90° 弯折,将各传感器或电子元件嵌入传感支架各平面的凹槽之内以后,整张柔性测控电路板背面朝外,将传感支架连同传感、电子元件包络起来,并且完整、平顺地覆盖传感支架每一个平面。

[0038] 本发明在设计捷联惯导减振系统时,把避免或减小振动耦合作为首要考虑因素。如果系统力学结构安排不合理,系统六自由度上的振动互相耦合,产生线振动与角振动交叉激振,致使惯性测量系统的检测数据内含有强烈的自身交叉激振信息,将给系统引入伪运动信号,严重影响惯导系统的测量精度。为了减小减振器对系统角运动测量的干扰,减振系统的角振动频率应尽可能远离惯导系统的测量带宽。在宽带随机振动条件下,减振频率越低减振效率越高。

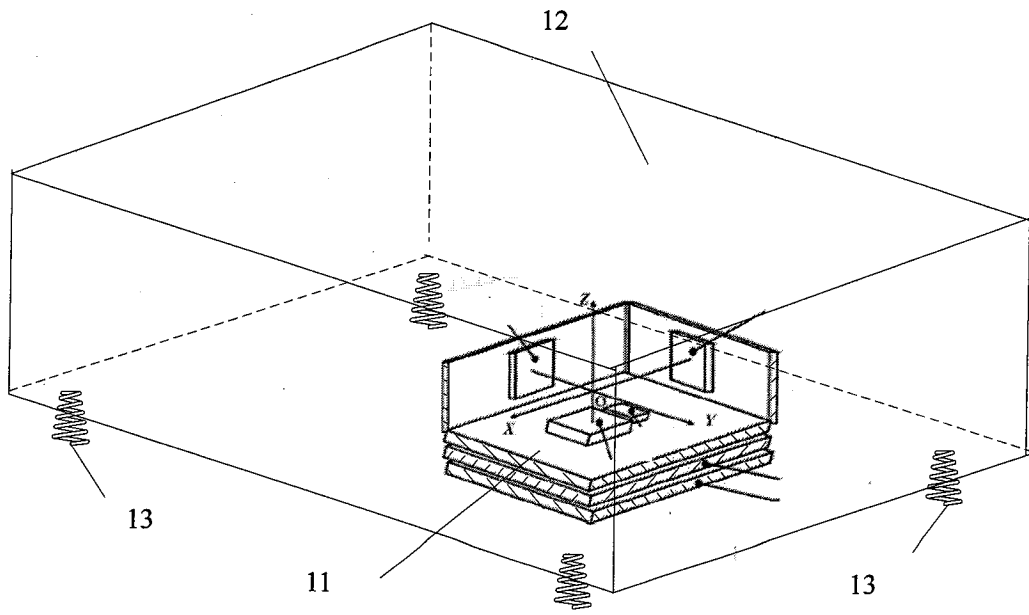
[0039] 附图 8 是本发明一个较佳实施例所采用的惯性检测单元壳体 16 设计,它与下盖 18 构成正方形的内腔为示意清楚图中省略下盖,是容纳传感组件 12 与减振单元 14 的场所。惯性检测单元壳体 16 与下盖 18 构成的壳体内腔的形状,被设计成与传感组件 12 外形相同的正方形,且比传感组件外形略大。这样设计使得惯性检测单元壳体 16 与下盖 18 构成的 6 个壳体内壁,与所对应的传感组件 6 个外平面之间,留有形状和大小基本相同的空间;当把外形基本相同内减振单元 14 全部安装其中,形成内减振器总成之后,产生了比较好的减振效果。

[0040] 附图 9 是本发明一个较佳实施例中采用的全部内减振单元 14 构成内减振器总成后,与传感组件的位置关系示意图。为了有效衰减或完全吸收对于来自前后、左右、上下 6 个自由度的对传感组件 12 的强迫振动,本实施例采用 6 个内减振单元 14,即 6 个形状相同的减振垫,安装在惯性检测单元壳体 16 内壁与传感组件 12 之间,将传感组件悬挂在惯性检测单元壳体内腔中心位置,且各内减振单元的形变力轴相互正交,以均衡吸收并消耗来自运载体的强迫振动。

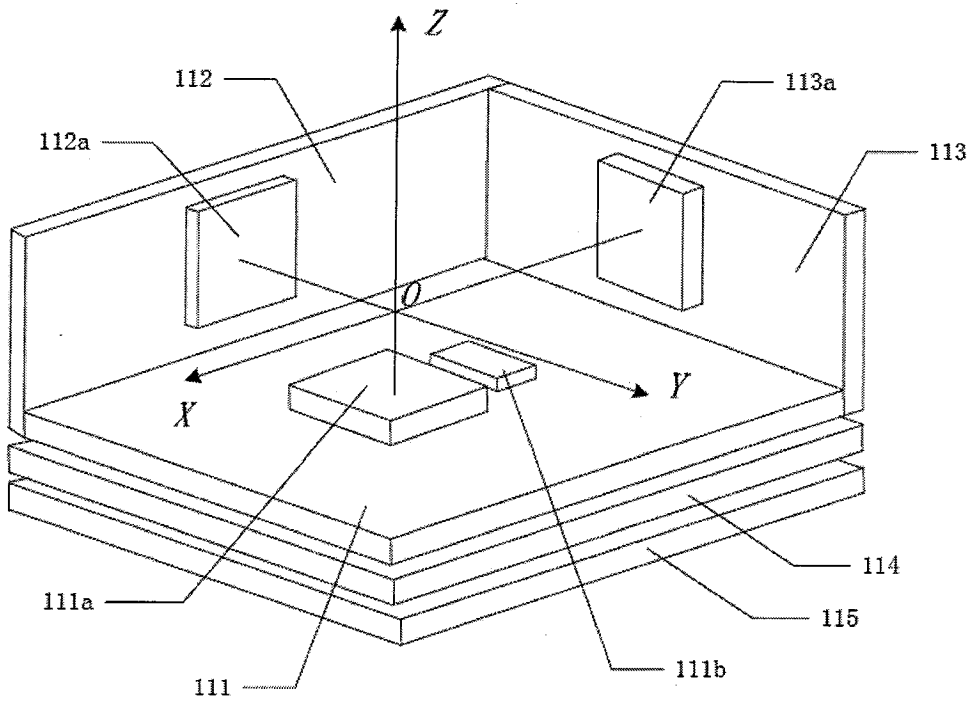
[0041] 附图 10 是本发明一个较佳实施例中关于微型惯性测量系统 21 的完整装配示意图。由于实行了上述一系列技术措施,保证了减振器的固有频率、减振系数、减振效率、机械强度等符合系统的抗冲击及振动要求;使得该微型惯性测量系统的弹性坐标系、惯性坐标系、和求解坐标系三个坐标系,处于各对应坐标轴相互平行、系统质心与减振装置的弹性中心重合的最佳状态,达到各自由度振动间具有较高的去耦效应,以及各固有频率相互接近,

获得较窄频率分布的技术效果。

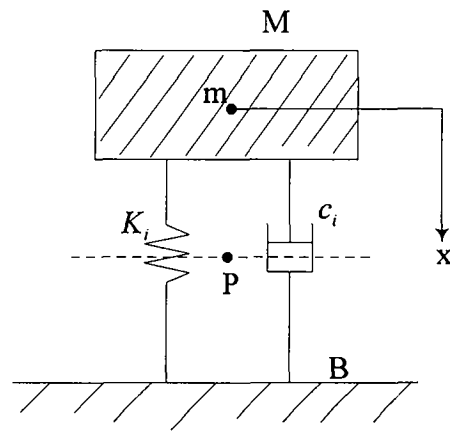
[0042] 除了以上实施例以外,本发明还可以有其他实施方式,凡采用等同替换何等效变换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围。



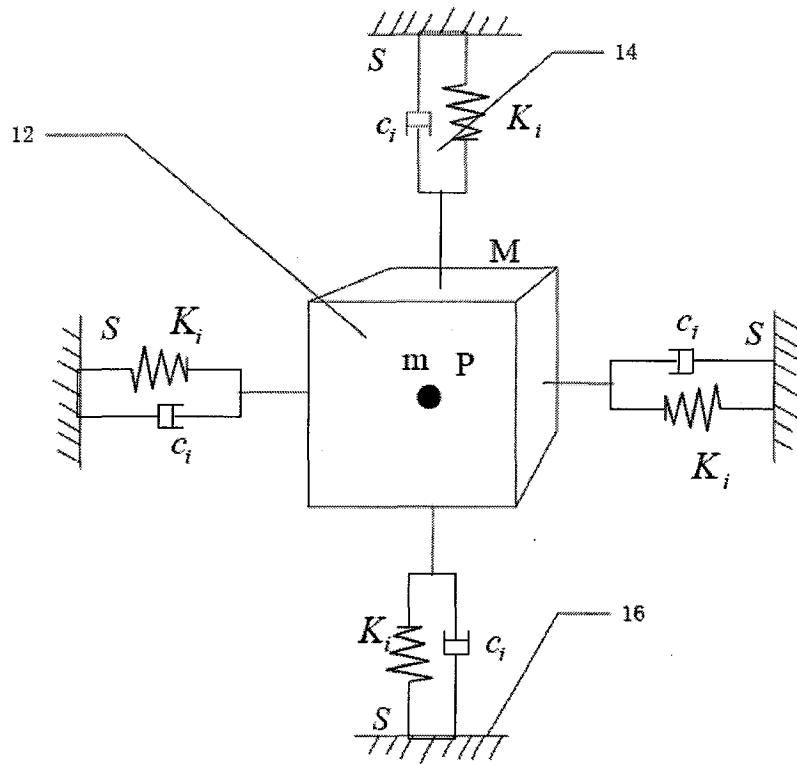
附图 1



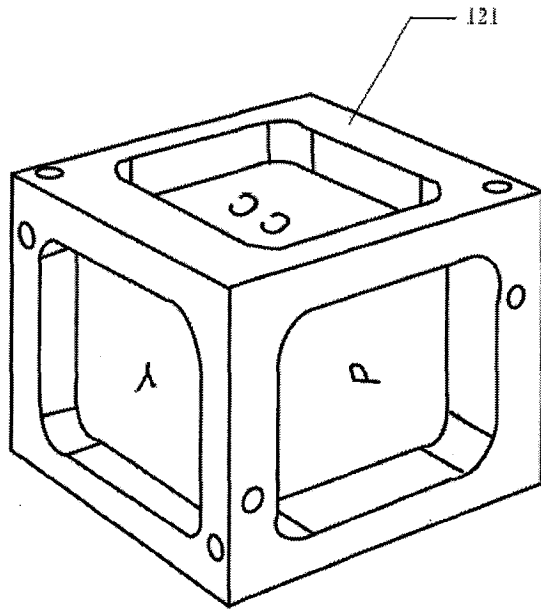
附图 2



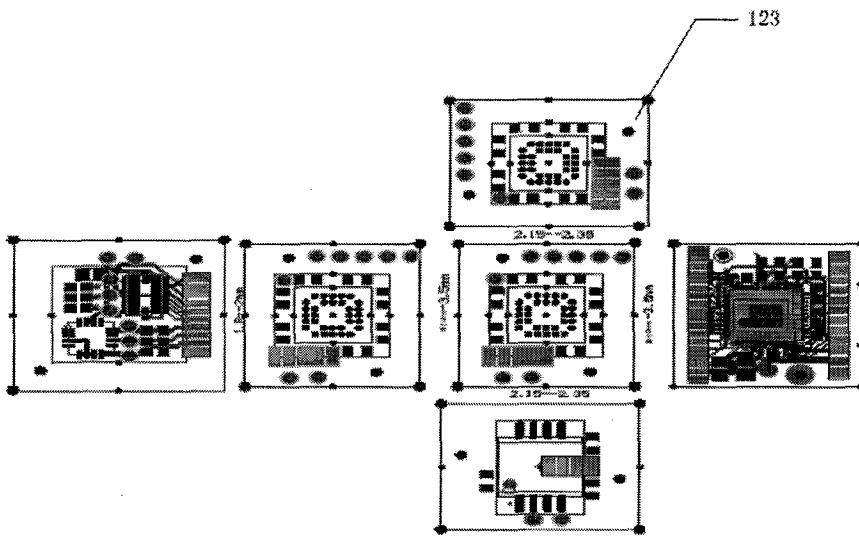
附图 3



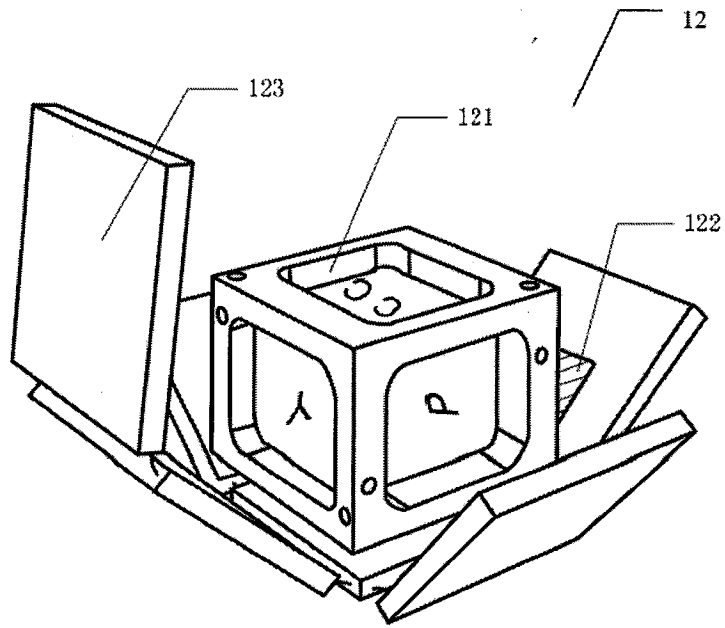
附图 4



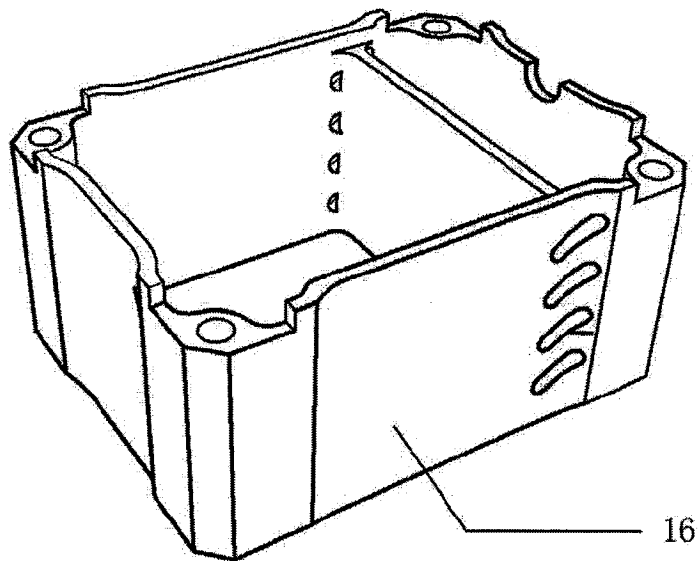
附图 5



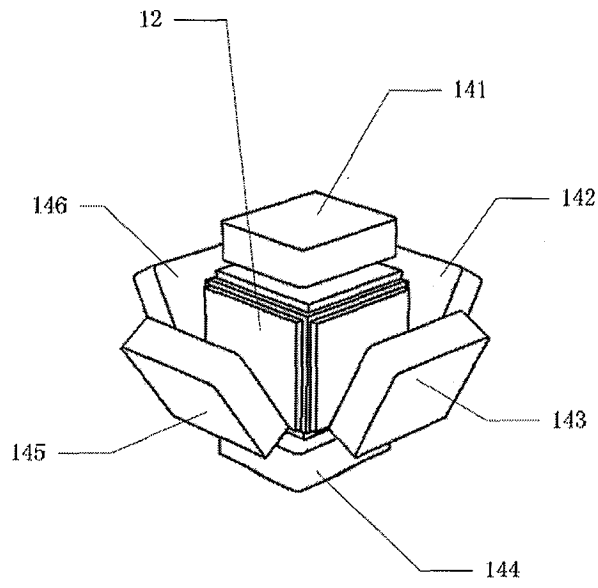
附图 6



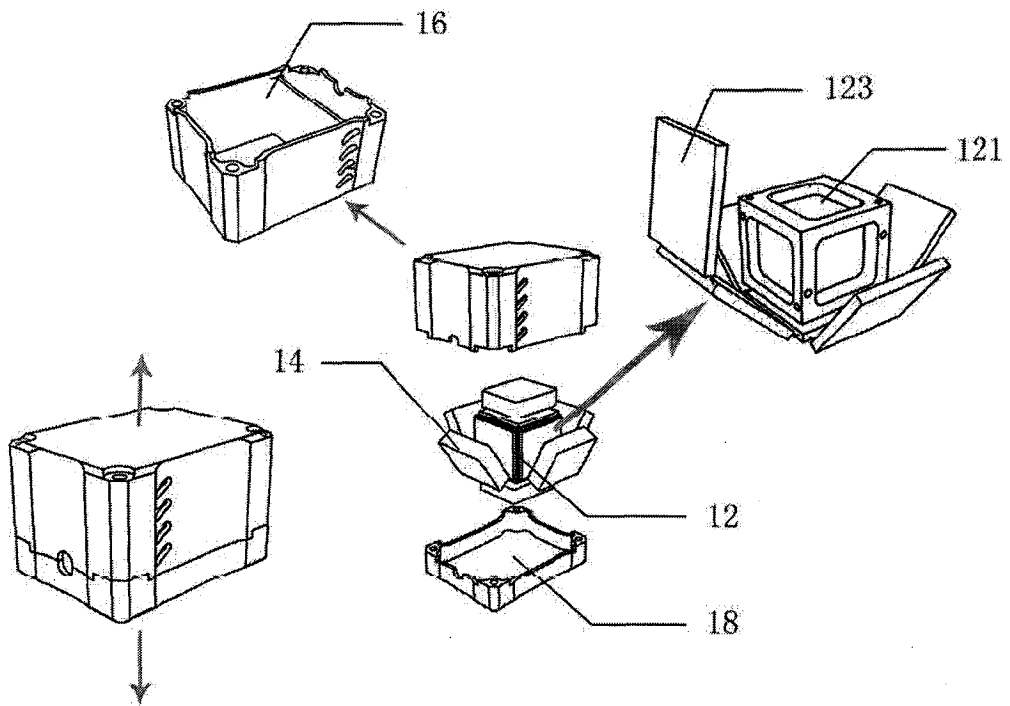
附图 7



附图 8



附图 9



附图 10