

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2015 年 8 月 20 日 (20.08.2015)



(10) 国际公布号  
**WO 2015/120683 A1**

(51) 国际专利分类号:  
*F16F 6/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/080357

(22) 国际申请日: 2014 年 6 月 20 日 (20.06.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
201410051123.8 2014 年 2 月 14 日 (14.02.2014) CN

(71) 申请人: 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN];  
中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(72) 发明人: 陈学东 (CHEN, Xuedong); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 李子龙

(LI, Zilong); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(74) 代理人: 武汉东喻专利代理事务所 (普通合伙) (WUHAN DONGYU PATENT AGENCY); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号东一楼 340, Hubei 430074 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: A SINGLE-DEGREE-OF-FREEDOM MAGNETIC VIBRATION ISOLATION DEVICE

(54) 发明名称: 单自由度磁力隔振装置

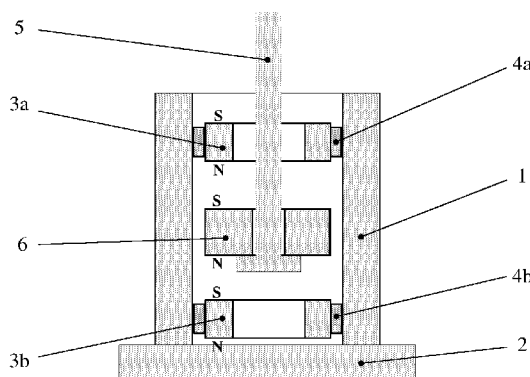


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: A single-degree-of-freedom magnetic vibration isolation device belongs to vibration isolation devices and solves the problems of the existing active-passive-combined vibration reduction system which is complex in structure, energy supply-needed, and of low reliability. The single-degree-of-freedom magnetic vibration isolation device comprises a metal conductor sleeve (1), a base (2), an upper annular permanent magnet (3a), a lower annular permanent magnet (3b), a connecting rod (5) and a center permanent magnet (6). The poles of the upper annular permanent magnet and the lower annular permanent magnet facing to each other have reverse polarity and these two magnets connect to the upper end and the lower end of the inner wall of the metal conductor sleeve (1) respectively. The center permanent magnet (6) is arranged on the connecting rod (5) concentrically and fixedly connected with the connecting rod (5). The center permanent magnet (6) is arranged between the upper and the lower annular permanent magnets and can move axially together with the connecting rod (5) between the upper annular permanent magnet and the lower annular permanent magnet. The pole of the center permanent magnet (6) facing to the poles of the upper annular permanent magnet and lower annular permanent magnet has reverse polarity. The single-degree-of-freedom magnetic vibration isolation device is simple in structure, does not need energy supply, and has high reliability, and can generate static magnetic force and dynamic magnetic force. The single-degree-of-freedom magnetic vibration isolation device can connect with a passive vibration isolation system in parallel so as to improve the passive vibration isolation effect of the existing system.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2015/120683 A1



(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,

CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

单自由度磁力隔振装置, 属于隔振装置, 解决现有主动和被动结合减振系统结构复杂、需要供给能源且可靠性不高的问题。该单自由度磁力隔振装置包括金属导体筒(1)、底座(2)、上环形永磁体(3a)、下环形永磁体(3b), 连接杆(5)和中心永磁体(6); 上、下环形永磁体相向面磁极的极性相反, 分别连接于金属导体筒(1)内壁的上端和下端; 中心永磁体(6)同心套于连接杆(5)并固接, 中心永磁体(6)位于上、下环形永磁体之间, 能够连同连接杆(5)在上、下环形永磁体之间轴向运动; 中心永磁体(6)和上、下环形永磁体相向面磁极的极性相反。该单自由度磁力隔振装置结构简单、不需供给能源且可靠性高, 可产生静磁力和动磁力, 将该单自由度磁力隔振装置与被动隔振系统并联可以有效的改善原系统的被动隔振性能。

## 单自由度磁力隔振装置

### 【技术领域】

本发明属于隔振装置，特别涉及单自由度磁力隔振装置，能够用于改善被动隔振系统的性能。

### 【背景技术】

随着科学技术的不断发展，以 IC 制造装备、高分辨率电子显微镜、表面粗糙度测试仪和精密光学设备等为代表的精密制造设备、精密测量设备得到了越来越广泛的应用，其对精度的要求越来越高。作为实现高精度的重要基础设施，隔振装置能隔离地基和环境振动对精密设备的影响，给振动敏感的设备提供“安静”的工作环境，保证精密设备的正常运行。

传统的被动隔振结构一般为刚性螺旋弹簧或者空气弹簧，它们作为刚性元件，不能衰减隔振系统固有频率处的振动，在外界激励频率等于隔振系统固有频率的情况下，隔振系统发生共振，使得负载的振动幅值被放大，造成设备不能正常工作甚至损坏的不利影响。通过附加阻尼器可以减小隔振系统固有频率处的幅值放大，但却会恶化隔振系统的高频衰减性能。因此，一般的被动隔振器只能通过选择最佳阻尼值，来兼顾固有频率处的传递率和高频传递率。被动隔振系统的性能往往不能达到精密隔振的要求。

采用主动和被动结合的方式，可以解决被动隔振性能不足的问题。美国专利 US5844664（公开号）公开了一种减振系统，该减振系统包括空气弹簧、摆机构和音圈电机，减振系统中的传感器将振动信号检测并发送给控制器，由控制器计算出控制指令并发送给音圈电机，音圈电机根据控制指令输出力。因为是通过控制算法实现的输出力，因此该输出力只针对固有频率附近的振动进行衰减，并不影响高频的衰减性能。虽然该减振系统的主动隔振性能满足要求，但结构复杂，需要供给能源，可靠性不如被动隔振系统，且成本巨大。

永磁材料具有宽磁滞回线、高矫顽力、高剩磁，一经磁化即能保持恒

定磁性的材料，又称硬磁材料。永磁材料具有高的最大磁能积、高的矫顽力，高的剩余磁通密度和高的剩余磁化强度及高的稳定性，广泛应用在各种执行机构如电机、阀、喇叭、舵机、航空设备等场合。在磁力机构中，永磁材料与电磁铁相比，存在以下优点：永磁材料不需要供给能源，结构十分精简，维护简便，成本低廉，更容易被用户接受。永磁材料具有很高的剩余磁通密度，小体积下便可产生较大的磁力，而电磁铁受限于驱动器功率限制，且在大电流下，电磁铁发热较大，因此在需要长时间输出力的磁力机构中不宜选用电磁铁。因此，永磁材料在精密机械中有着巨大的应用潜力。

## 【发明内容】

本发明提供一类单自由度磁力隔振装置，解决现有主动和被动结合减振系统结构复杂、需要供给能源且可靠性不高的问题，通过其与传统被动隔振系统并联，可以有效提高被动隔振系统的性能。

本发明所提供的一种单自由度磁力隔振装置，包括底座、上环形永磁体、下环形永磁体，连接杆和中心永磁体，其特征在于：

所述底座上表面连接金属导体筒，所述金属导体筒为空心金属圆筒，所述底座将金属导体筒的下端面封闭；

所述上环形永磁体和下环形永磁体形状相同，各自均为空心圆环；所述上环形永磁体和下环形永磁体分别嵌于上环形衬套和下环形衬套内，上环形衬套和下环形衬套分别连接于所述金属导体筒内壁的上端和下端，使得所述上环形永磁体、下环形永磁体和所述金属导体筒在轴向同心，且所述上环形永磁体和下环形永磁体相向面磁极的极性相反；

所述连接杆的轴线与所述金属导体筒的中轴线同轴，所述中心永磁体为空心圆环，同心套于连接杆并固接；所述连接杆的上端穿过所述上环形

永磁体的中心孔，所述中心永磁体位于所述上环形永磁体和下环形永磁体之间，能够连同所述连接杆在上环形永磁体和下环形永磁体之间轴向运动；中心永磁体和上环形永磁体相向面磁极的极性相反，中心永磁体和下环形永磁体相向面磁极的极性相反。

所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述金属导体筒的内壁具有内螺纹，所述上环形衬套的外侧面和下环形衬套的外侧面分别具有外螺纹，以便上环形衬套和下环形衬套分别螺纹连接于所述金属导体筒 1 内壁的上端和下端。

所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述底座、连接杆、上环形衬套和下环形衬套采用非导磁材料制成；所述金属导体筒采用电导率高的金属材料制成。

本发明所提供的第二种单自由度磁力隔振装置，包括底座、上环形永磁体、下环形永磁体，连接杆和中心永磁体，其特征在于：

所述底座上表面连接安装筒，所述安装筒为空心圆筒，所述底座将安装筒的下端面封闭；

所述上环形永磁体和下环形永磁体形状相同，各自均为空心圆环；所述上环形永磁体和下环形永磁体分别嵌于上环形衬套和下环形衬套内，上环形衬套和下环形衬套分别连接于所述安装筒内壁的上端和下端，使得所述上环形永磁体、下环形永磁体和所述安装筒在轴向同心，且所述上环形永磁体和下环形永磁体相向面磁极的极性相反；

所述上导体板和下导体板形状相同，均为具有中心螺纹孔的圆板，圆板外径小于所述安装筒的内径，以便在安装筒的内孔滑动；

所述连接杆的轴线与所述安装筒的中轴线同轴，所述中心永磁体为空

心圆环，同心套于连接杆的杆身并固接；所述连接杆的上端和下端分别穿过所述上环形永磁体和下环形永磁体的中心孔，穿过所述上环形永磁体中心孔的连接杆上端具有外螺纹，并与上导体板的中心螺纹孔螺纹连接；穿过所述下环形永磁体中心孔的连接杆下端具有外螺纹，并与下导体板的中心螺纹孔螺纹连接；

所述中心永磁体位于所述上环形永磁体和下环形永磁体之间，能够连同所述连接杆在上环形永磁体和下环形永磁体之间轴向运动；中心永磁体和上环形永磁体相向面磁极的极性相反，中心永磁体和下环形永磁体相向面磁极的极性相反。

所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述安装筒的内壁具有内螺纹，所述上环形衬套的外侧面和下环形衬套的外侧面分别具有外螺纹，以便上环形衬套和下环形衬套分别螺纹连接于所述安装筒内壁的上端和下端。

所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述底座、连接杆、上环形衬套和下环形衬套采用非导磁材料制成；所述安装筒采用非金属材料制成；所述上导体板和下导体板采用电导率高的金属材料制成。

本发明结构简单、不需供给能源且可靠性高，可产生静磁力和动磁力，静磁力通过永磁体异极相吸实现，动磁力通过金属导体筒与永磁体相对运动产生涡流阻尼实现；由于静磁力大小只与位移相关，当本发明的装置静止时磁力也存在，可以看成是一种刚度力，涡流阻尼只与相对运动速度相关，只在磁力机构发生运动时存在，可以看成是一种粘性阻尼力。将本发明与被动隔振系统如刚性螺旋弹簧、空气弹簧等并联，在不影响隔振系统

高频衰减性能的同时减小固有频率处的幅值放大，可以有效的改善原系统的被动隔振性能。

### 【附图说明】

图 1 为本发明实施例一的结构示意图；

图 2 为实施例一的应用原理图；

图 3 为图 2 所示系统的效果示意图；

图 4 为本发明实施例三的结构示意图。

### 【具体实施方式】

以下结合附图和实施例对本发明进一步说明。

如图 1 所示，本发明的实施例一，包括金属导体筒 1、底座 2、上环形永磁体 3a、下环形永磁体 3b，连接杆 5 和中心永磁体 6；

所述底座 2 上表面连接金属导体筒 1，所述金属导体筒 1 为空心金属圆筒，所述底座 2 将金属导体筒 1 的下端面封闭；

所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 形状相同，各自均为空心圆环；所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 分别嵌于上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 内，上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 分别连接于所述金属导体筒 1 内壁的上端和下端，使得所述上环形永磁体 3a、下环形永磁体 3b 和所述金属导体筒 1 在轴向同心，且所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 相向面磁极的极性相反，分别为 N 极和 S 极；

所述连接杆 5 的轴线与所述金属导体筒 1 的中轴线同轴，所述中心永磁体 6 为空心圆环，同心套于连接杆 5 并固接；所述连接杆 5 的上端穿过所述上环形永磁体 3a 的中心孔，所述中心永磁体 6 位于所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间，能够连同所述连接杆 5 在上环形永磁体 3a 和

下环形永磁体 3b 之间轴向运动；中心永磁体 6 和上环形永磁体 3a 相向面磁极的极性相反，分别为 S 极和 N 极；中心永磁体 6 和下环形永磁体 3b 相向面磁极的极性相反，分别为 N 极和 S 极。

为了不影响永磁体的磁场分布，所述底座 2、连接杆 5、上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 采用高分子复合材料如聚氨酯、有机玻璃制成；所述金属导体筒 1 采用电导率高的金属铜制成。

中心永磁体 6 同时受到上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 的磁力吸引。当中心永磁体 6 正好位于上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 的正中间时，上下磁吸引力大小相同，方向相反，此时中心永磁体 6 受力平衡。当中心永磁体 6 偏向一侧的上环形永磁体 3a 或下环形永磁体 3b 时，这一侧的上环形永磁体 3a 或下环形永磁体 3b 会将中心永磁体 6 吸引过来。这种与位移相关的静磁力可以看成为一种负刚度。中心永磁体 6 与金属导体筒 1 发生相对运动时，会在金属导体筒 1 中产生涡电流，涡电流受到中心永磁体 6 激发的磁场的安培力，这种与速度相关的动磁力可以看成为一种粘性阻尼，该阻尼力始终与相对运动方向相反。

图 2 为实施例一的应用原理图。负载 10 由被动弹簧元件 9 支撑，用以隔离地基 11 的振动传递到负载 10 上。实施例一的单自由度磁力隔振装置 12 与被动弹簧元件 9 并联，其中，实施例一的连接杆 5 与负载 10 相连，底座 2 与地基 11 相连。为了不影响被动隔振系统的静态变形量，当单自由度磁力隔振装置 12 与被动弹簧元件 9 并联时，中心永磁体 6 正好位于上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 的中间位置，此时中心永磁体 6 受力为零，不会改变被动隔振系统的平衡位置。当负载 10 位于平衡位置上方时，被动弹簧元件 9 处于拉伸状态，产生向下的弹簧力，此时在本发明的单自由度磁力隔振装置 12 中，中间永磁体 6 会靠近上环形永磁体 3a，受到上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 的合力向上，抵消掉一部分被动弹簧元件 9 产生向下的弹簧力。当负载 10 位于平衡位置下方时，被动弹簧元件 9 处于压

缩状态,产生向上的弹簧力,此时在本发明的单自由度磁力隔振装置 12 中,中间永磁体 6 会靠近下环形永磁体 3b,受到上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 的合力向下,抵消掉一部分被动弹簧元件 9 产生向上的弹簧力。总体上来看负载 10 受到的弹簧力减小了,即隔振系统的刚度变小。

图 3 为图 2 所示系统的效果示意图。图 3 中纵轴为系统的传递率,横轴为频率。传统的被动隔振系统在高频率段可以有效隔离地基振动,但是在固有频率处存在较大的振幅放大。而通过被动隔振系统与实施例一并联,可以看出,固有频率处传递率大大减小,且高频性能也没有恶化。在本发明实际应用时,需要根据实际的隔振系统来设计本发明中的参数来与之匹配,静磁力由上环形永磁体 3a、下环形永磁体 3b 及中心永磁体 6 的磁场强度和尺寸决定,静磁力的大小主要影响系统峰值频率,过大的静磁力会使系统的峰值频率过小甚至接近 0Hz,使系统失去稳定性。动磁力由中间永磁体 6 的磁场强度和尺寸以及金属导体筒 1 的尺寸及电导率决定,主要影响系统峰值的幅值大小,动磁力越大,系统峰值的幅值越小,使用者需要根据对共振峰值的要求来设计动磁力的大小。

本发明的实施例二,结构组成和实施例一相同,如图 1 所示,区别仅在于:所述金属导体筒 1 的内壁具有内螺纹,所述上环形衬套 4a 的外侧面和下环形衬套 4b 的外侧面分别具有外螺纹,以便上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 分别螺纹连接于所述金属导体筒 1 内壁的上端和下端。

上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间的距离越小,中心永磁体 6 受到的静磁力越强,其负刚度数值越大。反之,上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间的距离越大,中心永磁体 6 受到的静磁力越弱,其负刚度数值越小。与第一实施例相比,第二实施例的优点在于能够通过改变上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 在金属导体筒 1 内壁上端和下端的配合位置,从而调整上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间的距离,改变负刚度数值,避免因为负刚度数值超过了被动隔振系统的正刚度数值,使系统失去稳定

性。

如图 4 所示, 本发明的实施例三, 包括底座 2、上环形永磁体 3a、下环形永磁体 3b, 连接杆 5 和中心永磁体 6;

所述底座 2 上表面连接安装筒 8, 所述安装筒 8 为空心圆筒, 所述底座 2 将安装筒 8 的下端面封闭;

所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 形状相同, 各自均为空心圆环; 所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 分别嵌于上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 内, 上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 分别连接于所述安装筒 8 内壁的上端和下端, 使得所述上环形永磁体 3a、下环形永磁体 3b 和所述安装筒 8 在轴向同心, 且所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 相向面磁极的极性相反;

所述安装筒 8 的内壁具有内螺纹, 所述上环形衬套 4a 的外侧面和下环形衬套 4b 的外侧面分别具有外螺纹, 以便上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 分别螺纹连接于所述安装筒 8 内壁的上端和下端;

所述上导体板 7a 和下导体板 7b 形状相同, 均为具有中心螺纹孔的圆板, 圆板外径小于所述安装筒 8 的内径, 以便在安装筒 8 的内孔滑动;

所述连接杆 5 的轴线与所述安装筒 8 的中轴线同轴, 所述中心永磁体 6 为空心圆环, 同心套于连接杆 5 的杆身并固接; 所述连接杆 5 的上端和下端分别穿过所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 的中心孔, 穿过所述上环形永磁体 3a 中心孔的连接杆 5 上端具有外螺纹, 并与上导体板 7a 的中心螺纹孔螺纹连接; 穿过所述下环形永磁体 3b 中心孔的连接杆 5 下端具有外螺纹, 并与下导体板 7b 的中心螺纹孔螺纹连接;

所述中心永磁体 6 位于所述上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间, 能够连同所述连接杆 5 在上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间轴向运动; 中心永磁体 6 和上环形永磁体 3a 相向面磁极的极性相反, 中心永磁体 6 和下环形永磁体 3b 相向面磁极的极性相反。

为了不影响永磁体的磁场分布，底座 2、连接杆 5、上环形衬套 4a 和下环形衬套 4b 采用高分子复合材料如聚氨酯、有机玻璃制成；为了不影响涡流阻尼的大小，安装筒 8 采用高分子复合材料如聚氨酯、有机玻璃制成；上导体板 7a 和下导体板 7b 采用电导率高的金属铜制成。

与实施例一、实施例二相比，实施例三的优点是：

中心永磁体与金属导体筒间的相对运动改变为上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 与上导体板 7a 和下导体板 7b 间的相对运动。中心永磁体 6 的运动带动上导体板 7a 和下导体板 7b 的运动，使上导体板 7a 和下导体板 7b 与上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 发生相对运动产生涡流阻尼。

可以在连接杆 5 上改变上导体板 7a 和下导体板 7b 与上环形永磁体 3a 和下环形永磁体 3b 之间的距离，可以根据不同的应用场合调整动磁力的大小，增加了磁力机构的适用性。

## 权 利 要 求

1.一种单自由度磁力隔振装置，包括底座（2）、上环形永磁体（3a）、下环形永磁体（3b），连接杆（5）和中心永磁体（6），其特征在于：

所述底座（2）上表面连接金属导体筒（1），所述金属导体筒（1）为空心金属圆筒，所述底座（2）将金属导体筒（1）的下端面封闭；

所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）形状相同，各自均为空心圆环；所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）分别嵌于上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）内，上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）分别连接于所述金属导体筒（1）内壁的上端和下端，使得所述上环形永磁体（3a）、下环形永磁体 3b 和所述金属导体筒（1）在轴向同心，且所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）相向面磁极的极性相反；

所述连接杆（5）的轴线与所述金属导体筒（1）的中轴线同轴，所述中心永磁体（6）为空心圆环，同心套于连接杆（5）并固接；所述连接杆（5）的上端穿过所述上环形永磁体（3a）的中心孔，所述中心永磁体（6）位于所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）之间，能够连同所述连接杆（5）在上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）之间轴向运动；中心永磁体（6）和上环形永磁体（3a）相向面磁极的极性相反，中心永磁体（6）和下环形永磁体（3b）相向面磁极的极性相反。

2.如权利要求 1 所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述金属导体筒（1）的内壁具有内螺纹，所述上环形衬套（4a）的外侧面和下环形衬套（4b）的外侧面分别具有外螺纹，以便上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）分别螺纹连接于所述金属导体筒（1）内壁的上端和下端。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述底座（2）、连接杆（5）、上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）采用非导磁材料制成；所述金属导体筒（1）采用电导率高的金属材料制成。

4. 一种单自由度磁力隔振装置，包括底座（2）、上环形永磁体（3a）、下环形永磁体（3b），连接杆（5）和中心永磁体（6），其特征在于：

所述底座（2）上表面连接安装筒（8），所述安装筒（8）为空心圆筒，所述底座（2）将安装筒（8）的下端面封闭；

所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）形状相同，各自均为空心圆环；所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）分别嵌于上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）内，上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）分别连接于所述安装筒（8）内壁的上端和下端，使得所述上环形永磁体（3a）、下环形永磁体（3b）和所述安装筒（8）在轴向同心，且所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）相向面磁极的极性相反；

所述上导体板（7a）和下导体板（7b）形状相同，均为具有中心螺纹孔的圆板，圆板外径小于所述安装筒（8）的内径，以便在安装筒（8）的内孔滑动；

所述连接杆（5）的轴线与所述安装筒（8）的中轴线同轴，所述中心永磁体（6）为空心圆环，同心套于连接杆（5）的杆身并固接；所述连接杆（5）的上端和下端分别穿过所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）的中心孔，穿过所述上环形永磁体（3a）中心孔的连接杆（5）上端具有外螺纹，并与上导体板（7a）的中心螺纹孔螺纹连接；穿过所述下环形永磁体（3b）中心孔的连接杆（5）下端具有外螺纹，并与下导体板（7b）的中心螺纹孔螺纹连接；

所述中心永磁体（6）位于所述上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）之间，能够连同所述连接杆（5）在上环形永磁体（3a）和下环形永磁体（3b）

之间轴向运动；中心永磁体（6）和上环形永磁体（3a）相向面磁极的极性相反，中心永磁体（6）和下环形永磁体（3b）相向面磁极的极性相反。

5. 如权利要求 4 所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述安装筒（8）的内壁具有内螺纹，所述上环形衬套（4a）的外侧面和下环形衬套（4b）的外侧面分别具有外螺纹，以便上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）分别螺纹连接于所述安装筒（8）内壁的上端和下端。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的单自由度磁力隔振装置，其特征在于：

所述底座（2）、连接杆（5）、上环形衬套（4a）和下环形衬套（4b）采用非导磁材料制成；所述安装筒（8）采用非金属材料制成；所述上导体板（7a）和下导体板（7b）采用电导率高的金属材料制成。

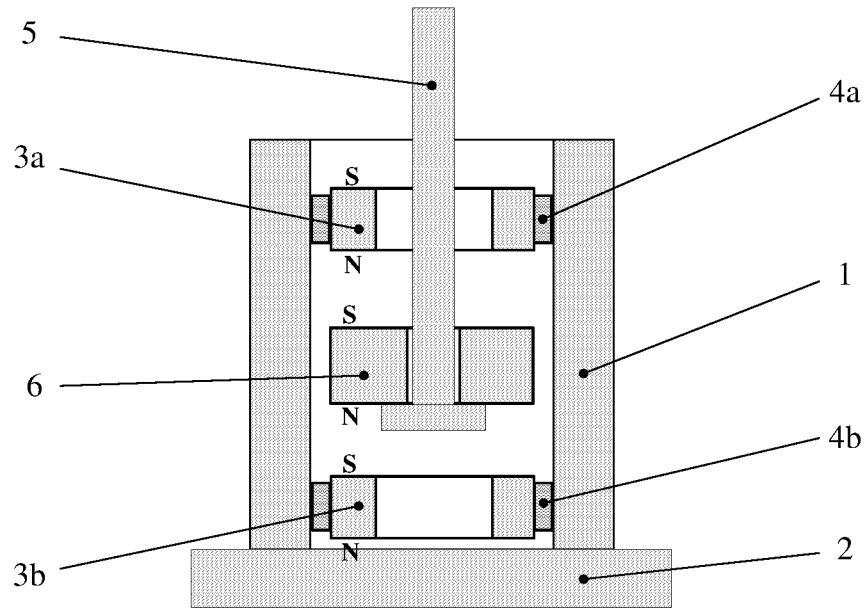


图 1

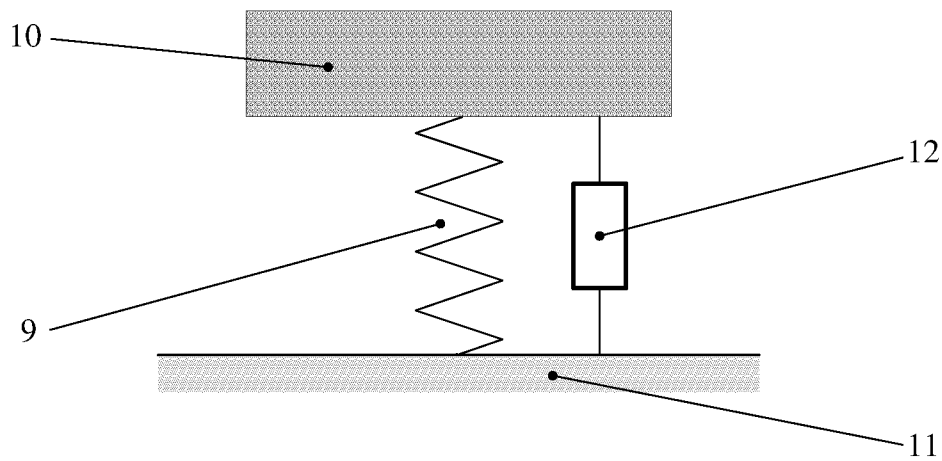


图 2

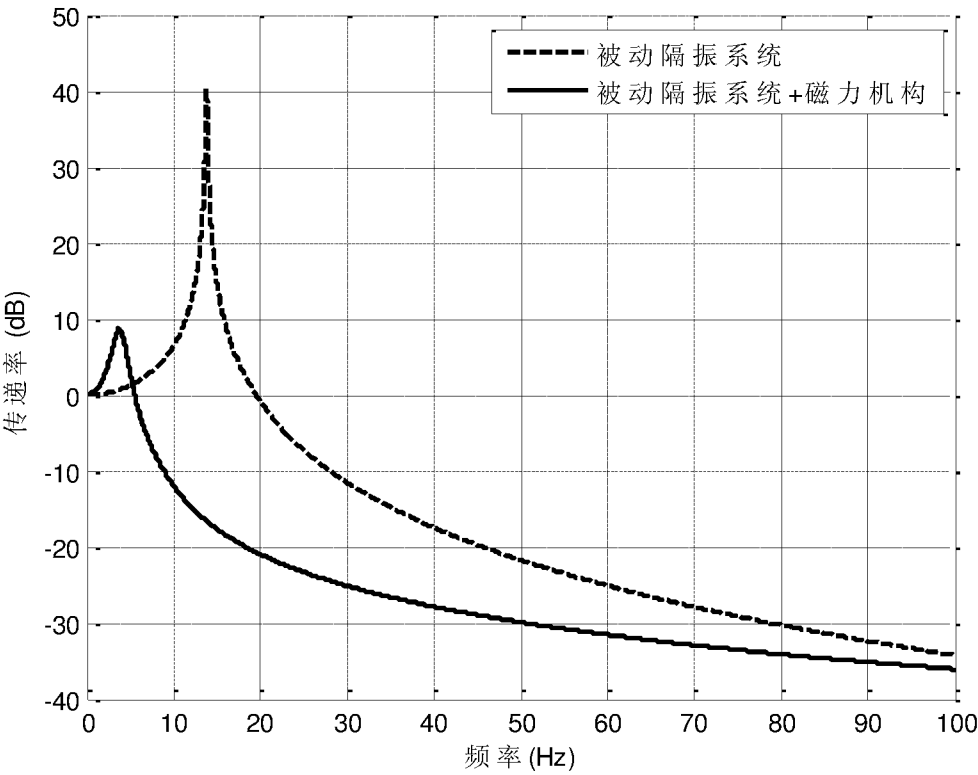


图 3

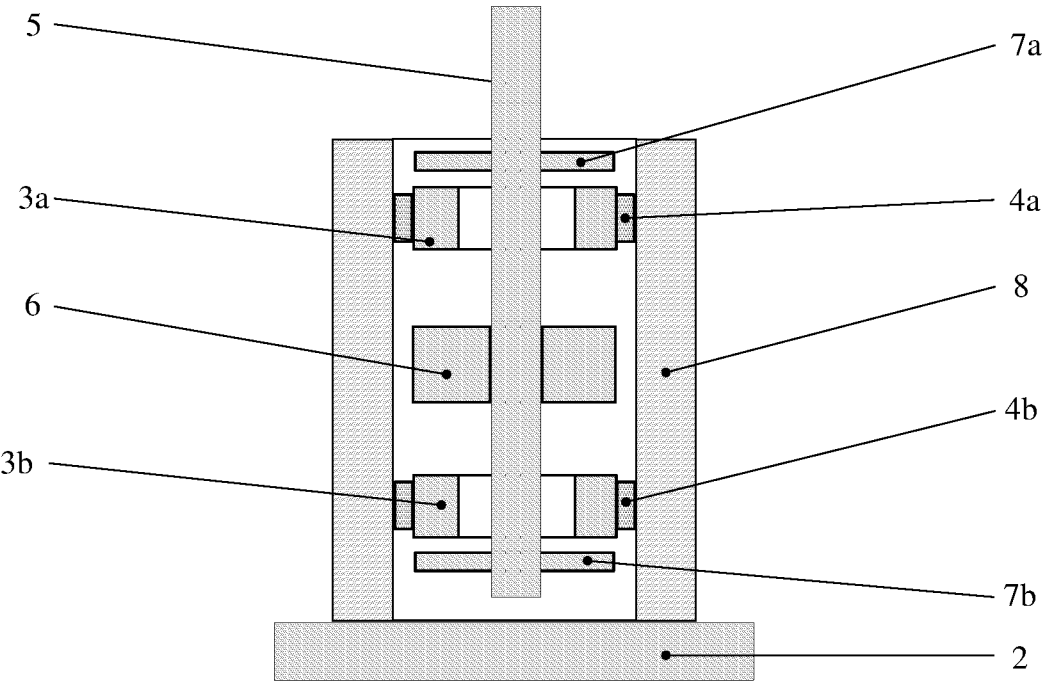


图 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2014/080357**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16F 6/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: F16F G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: vibration isolation, single degree of freedom, negative stiffness, tube, circular ring, screw thread, single, degree, freedom, canister, magnet+, vibration, isolate, negative, stiffness, screw, thread, bush, lining, pole, conductor

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 103775550 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 07 May 2014 (07.05.2014), claims 1-6                                                | 1-6                   |
| A         | US 7290642 B2 (INTEGRATED DYNAMICS ENG GMBH), 06 November 2007 (06.11.2007), description, column 6, line 55 to column 13, line 53, and figures 2-14 | 1-6                   |
| A         | US 4710656 A (STUDER, P.A.), 01 December 1987 (01.12.1987), the whole document                                                                      | 1-6                   |
| A         | CN 102506110 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 20 June 2012 (20.06.2012), the whole document                                                                 | 1-6                   |
| A         | CN 102200689 A (SHANGHAI MICRO ELECTRONICS EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 28 September 2011 (28.09.2011), the whole document                          | 1-6                   |
| A         | US 7628254 B1 (US AIR FORCE), 08 December 2009 (08.12.2009), the whole document                                                                     | 1-6                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>05 November 2014 (05.11.2014)                                                                                                                         | Date of mailing of the international search report<br><b>21 November 2014 (21.11.2014)</b> |
| Name and mailing address of the ISA/CN:<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No.: (86-10) 62019451 | Authorized officer<br><b>LI, Chunliang</b><br>Telephone No.: (86-10) <b>62089982</b>       |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/CN2014/080357**

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date  | Patent Family    | Publication Date  |
|--------------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| CN 103775550 A                             | 07 May 2014       | None             |                   |
| US 7290642 B2                              | 06 November 2007  | DE 50205778 D1   | 20 April 2006     |
|                                            |                   | EP 1359341 B1    | 08 February 2006  |
|                                            |                   | KR 20030086218 A | 07 November 2003  |
|                                            |                   | TW 550352 B      | 01 September 2003 |
|                                            |                   | JP 4060146 B2    | 12 March 2008     |
|                                            |                   | KR 100727047 B1  | 12 June 2007      |
|                                            |                   | JP 2003322189 A  | 14 November 2003  |
|                                            |                   | US 2003222383 A1 | 04 December 2003  |
|                                            |                   | EP 1359341 A3    | 07 July 2004      |
|                                            |                   | DE 10220008 A1   | 13 November 2003  |
|                                            |                   | EP 1359341 A2    | 05 November 2003  |
| US 4710656 A                               | 01 December 1987  | None             |                   |
| CN 102506110 A                             | 20 June 2012      | WO 2013060257 A1 | 02 May 2013       |
|                                            |                   | CN 102506110 B   | 30 October 2013   |
| CN 102200689 A                             | 28 September 2011 | CN 102200689 B   | 06 March 2013     |
| US 7628254 B1                              | 08 December 2009  | US 7445094 B1    | 04 November 2008  |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/080357

## A. 主题的分类

F16F 6/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F16F G03F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI; 磁, 隔振, 单自由度, 负刚度, 筒, 圆环, 衬套, 导体板, 螺纹, 杆, single, degree, freedom, canister, magnet+, vibration, isolate, negative, stiffness, screw, thread, bush, lining, pole, conductor

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                         | 相关的权利要求 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| PX   | CN 103775550 A (华中科技大学) 2014年 5月 07日 (2014 - 05 - 07)<br>权利要求1-6                                          | 1-6     |
| A    | US 7290642 B2 (INTEGRATED DYNAMICS ENG GMBH) 2007年 11月 06日 (2007 - 11 - 06)<br>说明书第6栏第55行至第13栏第53行、附图2-14 | 1-6     |
| A    | US 4710656 A (STUDER PHILIP A) 1987年 12月 01日 (1987 - 12 - 01)<br>全文                                       | 1-6     |
| A    | CN 102506110 A (清华大学) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20)<br>全文                                                 | 1-6     |
| A    | CN 102200689 A (上海微电子装备有限公司等) 2011年 9月 28日 (2011 - 09 - 28)<br>全文                                         | 1-6     |
| A    | US 7628254 B1 (US AIR FORCE) 2009年 12月 08日 (2009 - 12 - 08)<br>全文                                         | 1-6     |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

## \* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2014年 11月 05日

国际检索报告邮寄日期

2014年 11月 21日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)  
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号  
100088 中国

授权官员

李春亮

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62089982

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/080357

| 检索报告引用的专利文件 |           |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |             |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|-----------|----|----------------|------|-------------|----|----------------|
| CN          | 103775550 | A  | 2014年 5月 07日   | 无    |             |    |                |
| US          | 7290642   | B2 | 2007年 11月 06日  | DE   | 50205778    | D1 | 2006年 4月 20日   |
|             |           |    |                | EP   | 1359341     | B1 | 2006年 2月 08日   |
|             |           |    |                | KR   | 20030086218 | A  | 2003年 11月 07日  |
|             |           |    |                | TW   | 550352      | B  | 2003年 9月 01日   |
|             |           |    |                | JP   | 4060146     | B2 | 2008年 3月 12日   |
|             |           |    |                | KR   | 100727047   | B1 | 2007年 6月 12日   |
|             |           |    |                | JP   | 2003322189  | A  | 2003年 11月 14日  |
|             |           |    |                | US   | 2003222383  | A1 | 2003年 12月 04日  |
|             |           |    |                | EP   | 1359341     | A3 | 2004年 7月 07日   |
|             |           |    |                | DE   | 10220008    | A1 | 2003年 11月 13日  |
|             |           |    |                | EP   | 1359341     | A2 | 2003年 11月 05日  |
| US          | 4710656   | A  | 1987年 12月 01日  | 无    |             |    |                |
| CN          | 102506110 | A  | 2012年 6月 20日   | WO   | 2013060257  | A1 | 2013年 5月 02日   |
|             |           |    |                | CN   | 102506110   | B  | 2013年 10月 30日  |
| CN          | 102200689 | A  | 2011年 9月 28日   | CN   | 102200689   | B  | 2013年 3月 06日   |
| US          | 7628254   | B1 | 2009年 12月 08日  | US   | 7445094     | B1 | 2008年 11月 04日  |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)