(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105421613 B
(45)授权公告日 2017.08.25

(21)申请号 201511029531.4
(22)申请日 2015.12.31
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105421613 A
(43)申请公布日 2016.03.23
(73)专利权人 中国地震局工程力学研究所
地址 150080 黑龙江省哈尔滨市学府路29号
(72)发明人 戴君武 柏文 周惠蒙 杨永强 宁晓晴
(74)专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权代理有限公司 23211
代理人 蔡岩岩
(51)Int.Cl.
E04B 1/98(2006.01)

审查员 张健

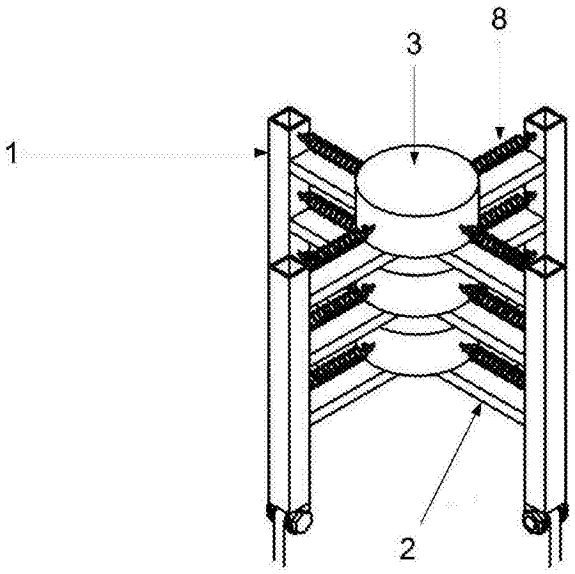
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

杆式调谐质量阻尼器减震装置

(57)摘要

本发明提出杆式调谐质量阻尼器减震装置，属于减震装置技术领域，解决了瓷柱型电气设备抗震能力不足的问题。该减震装置包括支撑装置、质量装置和刚度装置；所述质量装置包括N级质量环，其中，N为正整数；所述刚度装置包括N组级刚度杆，所述质量环通过刚度杆固定安装于支撑装置上方，N级质量环的环面处于同一平面，并采用同心环方式布局。所述质量环的级数和刚度杆的组级一一对应。该减震装置冗余质量极低，减震稳定性好，可根据需用空间调整自身尺寸，对被控设备干扰小，不易老化。



CN 105421613 B

1.杆式调谐阻尼器减震装置，其特征在于，所述减震装置包括支撑装置(1)、质量装置(2)和刚度装置(3)；所述质量装置包括N级质量环，其中，N为正整数；所述刚度装置(3)包括N组级刚度杆，所述质量环通过刚度杆固定安装于支撑装置(1)上方；所述N级质量环的环面处于同一平面，并采用同心环方式布局；所述支撑装置(1)包括第一水平支架和第二水平支架；所述第一水平支架和第二水平支架底部均设有两个凸起；所述第一水平支架上的凸起以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上；所述第二水平支架上的凸起以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上；所述刚度杆包括第一组级直杆和第二组级第直杆；所述第一组级直杆的一端固定安装在第一水平支架上，另一端固定安装于质量环上；所述第二组级直杆的一端固定安装在第二水平支架上，另一端固定安装在质量换上。

2.根据权利要求1所述减震装置，其特征在于，所述质量环的级数和刚度杆的组级一一对应。

3.根据权利要求1所述减震装置，其特征在于，所述质量环、第一水平支架、第二水平支架和凸起上均设有螺孔。

4.根据权利要求1所述减震装置，其特征在于，所述支撑装置还包括螺母(4)和螺栓(5)；所述螺母(4)和螺栓(5)组合安装于凸起上。

5.根据权利要求1所述减震装置，其特征在于，所述第一组级直杆包括两根直杆，所述直杆均垂直于第一水平支撑架，并以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第一水平支架上表面；所述第二组级直杆包括两根直杆，所述直杆均垂直于第二水平支撑架，并以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第二水平支架上表面。

6.根据权利要求1所述减震装置，其特征在于，所述第一组级直杆和第二组级直杆均采用金属材料。

7.根据权利要求1所述减震装置，其特征在于，所述质量环与安装该质量环的电气设备的质量比范围为1％-100％。

杆式调谐质量阻尼器减震装置

技术领域

[0001] 本发明涉及杆式调谐质量阻尼器减震装置，属于减震装置技术领域。

背景技术

[0002] 地震灾害具有突发性和毁灭性，严重威胁着人类的生命和财产安全。瓷柱型电气设备在电力系统中应用得非常广泛，且随着电力工业的发展，输变电设备的等级越来越高，高压电气设备尤其是超高压直流输变电设备越来越和细柔，顶部质量越来越大，对其抗震性能的要求更高。国内外的历次强震中瓷柱型电气设备震害均非常严重，确保瓷柱型电气设备在地震作用下正常工作对保障电力系统安全运行至关重要。

[0003] 瓷柱型电气设备地震中的损坏形式主要是绝缘子端部拉断和漏油。针对这一情况问题，国内外很多学者采取了不同的措施来提高其抗震性能。有的通过拉线加固等措施来提高侧向刚度，有的在下部支架处设置金属阻尼器来耗散地震能量，亦有采用基底隔震技术将地震动输入与电气设备隔离的，这其中包括叠层橡胶支座和摩擦摆支座等。

[0004] 调谐质量阻尼器(TMD)是一种广泛应用于土木工程结构的被动减震控制装置，它能根据瓷柱型电气设备的震害特点，降低地震动作用下瓷柱型电气设备的加速度和根部应力反应。

[0005] TMD由质量系统、弹簧系统以及阻尼系统组成。地震发生时，被控设备在地震动作用下开始振动，被控设备的振动带动TMD系统共同振动，因为TMD与被控设备之间是弹性连接，TMD与被控设备之间会产生相对运动，如果将TMD自振频率调整到与所控制的瓷柱型电气设备自振频率相近的合适值(精确值可以通过理论计算确定)，TMD将能够提供给设备一个始终与设备惯性力方向相反的力，从而降低了作用于设备上的合力的幅值，也就降低了地震动作用时设备的动力响应。从耗能的角度来看，给TMD设定阻尼，通过TMD的运动耗散地震发生时地面传递给设备的能量，将能量的消耗集中到TMD装置内，这就减少了设备本身所需要吸收的能量，减轻了设备本身可能出现的损坏，从而达到了减轻设备震害的目的。

[0006] 下面具体分析本发明与传统瓷柱型电气设备减震方法比较的优点。现有方法主要有拉线式减震方法、金属阻尼器减震方法、基底隔震技术减震方法、绝缘全封闭式组合电器配电装置减震方法、多重环式调谐质量阻尼器减震装置。

[0007] (1)拉线式减震方法：本方法为静力加固法。通过增加多余约束来提高设备抵抗水平地震力的能力。本方法原理简单清晰，但这种加固方式在地震中容易在拉杆或拉线固定部位发生损坏，形成新的薄弱环节，同时因为拉线的安装方式和电气绝缘的要求，本方法对空间要求大。

[0008] (2)铅合金减震器减震方法：通过安装铅合金阻尼减震器，改变设备的频率、增加设备的阻尼，降低设备的地震反应。目前该方法在国内已有一些应用，张雪松在文章《安装新型铅减震器的220kV断路器振动台试验》给出了这种减震器的振动台试验结果，结果表明新型铅合金减震器可以降低断路器顶部的加速度和位移，底部瓷套管最大应变可以减少50％以上。但该方法对于长周期成分丰富的地震动以及含速度脉冲的近场地震动这两类特

殊地震动的减震效果相对较弱。

[0009] (3)叠层橡胶隔震支座减震方法:通过改变设备支撑条件,延长设备的自振周期,避开地震动的卓越周期段,从而降低上部设备在地震动作用下的动力响应,同时还可以通过增加铅芯等措施来耗散能量。本方法在不同领域有大量的应用实例,技术成熟减震效果也很好,但这种方法存在以下缺点,首先是橡胶易老化,其次是基础隔震通常会增加隔震支座上部设备的绝对位移反应,绝大多数瓷柱型电气设备上端均有导线连接,位移的增大容易出现设备因导线拉拽而破坏的情况,第三是隔震支座不抗拉,即使不考虑叠层橡胶隔震支座减震方法的前述两个缺点,本方法通常也只能用于基底不出现拉应力的变压器上部套管减震,很难应用于直接安装在地面的大型电流互感器、避雷器等瓷柱型电气设备的减震。

[0010] (4)摩擦摆系统减震方法:通过改变设备支撑条件,延长设备的自振周期,避开地震动的卓越周期段以降低设备的动力响应。摩擦摆隔震支座综合了滑动轴承和摆运动的概念,采用隔震装置以后系统的频率主要由摆的几何参数确定、同时通过滑动面的摩擦耗散能量。摩擦摆隔震装置在建筑领域已有大量的应用,但在瓷柱型电气设备的减震应用中还存在一些问题,一是增大了上部设备位移、二是这种隔震支座不抗拉。

[0011] (5)全封闭式组合电器配电装置(GIS)减震方法:与常规配电装置不同,GIS将断路器、隔离开关、快速或慢速接地开关、电流互感器、避雷器、母线等元件通过封闭式组合,加装在一个充满一定压力的SF6气体的仓内,电气绝缘可依靠仓内SF6气体保证,SF6气体同时也起灭弧介质的作用。本方法的优越性很多,占地面积小,设备布置重心低,在国内外也应用的越来越多。但GIS前期投资大,是分散式元件投资的30-40倍;且GIS组合电器一旦发生故障,后果要比敞开式变电站严重得多;同时,四氟化硫气体的泄露也会造成相应的环境等问题。

[0012] (6)多重环式调谐质量阻尼器减震装置(专利号:ZL 201520260800.7):本方法采用调谐质量阻尼器原理,具有成本低、对空间要求小、基本不存在老化问题的优点。不过本方法所采用的环式弹簧的可变形范围相对较小,对特大地震安全裕度不足。

发明内容

[0013] 本发明为解决现有技术中存在的问题,提出了杆式调谐质量阻尼器减震装置,所采取的技术方案如下:

[0014] 所述减震装置包括支撑装置1、质量装置2和刚度装置3;所述质量装置包括N级质量环,其中,N为正整数;所述刚度装置3包括N组级刚度杆,所述质量环通过刚度杆固定安装于支撑装置1上方。

[0015] 优选地,所述N级质量环的环面处于同一平面,并采用同心环方式布局。

[0016] 优选地,所述质量环的级数和刚度杆的组级一一对应。

[0017] 优选地,所述支撑装置1包括第一水平支架和第二水平支架;所述第一水平支架和第二水平支架底部均设有两个凸起;所述第一水平支架上的凸起以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上;所述第二水平支架上的凸起以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上。

[0018] 优选地,所述第一水平支架、第二水平支架、质量环和凸起上均设有螺孔。

[0019] 优选地,所述支撑装置还包括螺母4和螺栓5;所述螺母4和螺栓5组合安装于凸起

上。

[0020] 优选地，所述刚度杆包括第一组级直杆和第二组级第直杆；所述第一组级直杆的一端固定安装在第一水平支架上，另一端固定安装于质量环上；所述第二组级直杆的一端固定安装在第二水平支架上，另一端固定安装在质量换上。

[0021] 优选地，所述第一组级直杆包括两根直杆，所述直杆均垂直于第一水平支撑架，并以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第一水平支架上表面；所述第二组级直杆包括两根直杆，所述直杆均垂直于第二水平支撑架，并以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第二水平支架上表面。

[0022] 优选地，所述第一组级直杆和第二组级直杆均采用金属材料。考虑到设备和减震装置之间可能存在的影响，金属杆优先选用电阻小的材料，如铜等。

[0023] 优选地，所述质量环的质量比范围为1％-100％，并不需要限于传统意义上的5％以内，考虑到本类设备的特点，可以根据减震需求来调整质量环的质量。其中，质量比为减震装置与安装该减震装置的瓷柱型电气设备质量之比。

[0024] 本发明有益效果：

[0025] (1)、冗余质量非常小，有效质量比(质量环质量与整个减震装置的质量比)在95％以上，远高于同类减震装置。和同类减震装置相比，极低的冗余质量比在增加本发明减震效果的同时可以增加减震的稳定性。

[0026] (2)、在计算出本发明所需控制的频率后，本发明可以在不改变控制频率的前提下，通过同时调节杆长和直径来增加质量环的安装高度，将其安装在控制振型变形量更大的位置，这对减震效果的影响非常明显。这是传统装置不能实现的。

[0027] (3)、质量环的质量比不限于传统意义上的5％以内，可以增加至100％，大质量比在增加减震幅度方面效果显著，同时，大质量比可以增加减震效果对不同地震动的稳定性。

[0028] (4)、得益于大质量比和低冗余质量，本发明具有良好的鲁棒性，这体现在两个方面：本发明对于不同类型的地震动均可以实现稳定的减震效果；当减震装置控制频率与理论值偏差较大时，减震效果仍然能保持稳定。

[0029] (5)、和弹簧相比，金属直杆具有更稳定的制作工艺，较小的非线性；另外，金属直杆可以通过调整杆件长度来实现对不同频率的连续控制，而传统的同类减震装置需要更换不同型号的弹簧。

[0030] (6)、本发明对强震具有相当的安全裕度，输入的地震动加速度峰值在0.25g、0.50g和1.0g时，本发明的减震效果基本保持稳定。

[0031] (7)、减震效果明显，以某110kV的电流互感器为例(质量420kg，一阶自振频率为8Hz)，占设备质量6％(25kg)的本发明可以平均降低峰值位移和峰值加速度至无控时的50％。

[0032] (8)、对空间要求小、对设备的干扰小、基本不存在老化问题。

附图说明

[0033] 图1为本发明所述减震装置的结构示意图；

[0034] 图2为本发明所述减震装置的侧视图；

[0035] 图3为本发明所述质量环俯视图；

[0036] 图4为本发明所述支撑装置主视图；

[0037] 图5为本发明所述支撑装置俯视图；

[0038] 图6为本发明所述刚度装置主视图；

[0039] (1,支撑装置;2,质量装置;3,刚度装置;4,螺母;5,螺栓)

具体实施方式

[0040] 下面结合具体实施例对本发明做进一步说明,但本发明不受实施例的限制。

[0041] 杆式调谐质量阻尼器减震装置安装于瓷柱型电气设备顶部的吊装环位置,用以降低地震动作用下瓷柱型电气设备的动力响应。

[0042] 该减震装置包括支撑装置1、质量装置2和刚度装置3;所述质量装置包括N级质量环,其中,N为正整数;所述刚度装置3包括N组级刚度杆,所述质量环通过刚度杆固定安装于支撑装置1上方。N级质量环的环面处于同一平面,并采用同心环方式布局。质量环的级数和刚度杆的组级一一对应。支撑装置1包括第一水平支架和第二水平支架;第一水平支架和第二水平支架底部均设有两个凸起;第一水平支架上的凸起以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上;第二水平支架上的凸起以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上。凸起上设有螺孔。支撑装置还包括螺母4和螺栓5;螺母4和螺栓5组合安装于凸起上。刚度杆包括第一组级直杆和第二组级第直杆;第一组级直杆的一端固定安装在第一水平支架上,另一端固定安装于质量环上;第二组级直杆的一端固定安装在第二水平支架上,另一端固定安装在质量换上。第一组级直杆包括两根直杆,直杆均垂直于第一水平支撑架,并以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第一水平支架上表面;第二组级直杆包括两根直杆,直杆均垂直于第二水平支撑架,并以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第二水平支架上表面。第一组级直杆和第二组级直杆均采用金属材料。质量环占设备质量的质量比不限于传统的5%以下,根据减震需要,可以提高至100%,甚至更高。

[0043] 本装置可以实现对一阶或者多阶振型的控制,每一质量环与对应的金属直杆作为一个TMD,控制同一或者不同振型;质量环通过金属直杆给支撑装置施加与设备水平运动加速度方向相反的力,降低瓷柱型设备的动力响应,达到减轻瓷柱型电气设备震害的目的。根据《建筑抗震规范》GB50011确定设备安装地区的抗震设防烈度,结合质量块的质量以及所控制振型对应的频率值可以确定金属杆所需要的材质及尺寸等。对所要安装本发明的设备进行原位测试,根据测试所得的频率值调谐本发明的三阶控制频率。考虑到工程实际,当减震装置质量比在10%以内时,本发明推荐控制设备一阶自振频率的1.0、0.8、0.6倍;当减震装置质量比在50%时,本发明推荐控制设备一阶自振频率的0.7、0.5、0.3倍;当减震装置质量比在100%时,本发明推荐控制设备一阶自振频率的0.4、0.3、0.2倍;质量比在这中间时,可以采用线性插值方法得到。

[0044] 本发明提出的杆式调谐质量阻尼器减震装置,其与拉线加固方法相比,对设备干扰小,对空间要求小,不形成新的薄弱部位;与铅合金阻尼减震方法相比,稳定性更好,振动台试验结果表明本装置对于不同特征的地震动均有比较稳定的减震效果;和基础隔震相比,本装置可以同时实现对峰值加速度和峰值位移的降低,而基础隔震需要牺牲隔震支座上部设备的绝对位移来实现减震目的,并且本装置适用的瓷柱型电气设备类型也更广泛;

和多重环式调谐质量阻尼器减震装置相比，本发明的稳定性更好，冗余质量比明显降低，减震效率和对大震的安全裕度更高。

[0045] 本发明的冗余质量非常小，有效质量比(质量环质量与整个减震装置的质量比)在95％以上，远高于多重环式调谐质量阻尼器减震装置的60％。

[0046] 此外，本发明另一创新点是可以在不改变控制频率的前提下，根据许用空间调节杆长和直径来改变质量环的安装高度，将质量环安装在所控制振型变形量更大的位置，而这是传统装置不能实现的。理论和实践均证明，将质量环安装在所控制振型变形量更大的位置可以显著增加减震效果。

[0047] 针对本减震装置，选取了某互感器集团生产的两个电流互感器、两个电压互感器进行有限元减震模拟，输入8条比较有代表性的地震动(El Centro、Northridge、Kobe、Loma Prieta、Victoria Mexico、集集、卧龙、人造地震动)进行动力时程分析。有限元结果表明，(a)本发明减震效果明显，占设备质量6％的本发明可以平均降低峰值位移和峰值加速度至无控时的50％；(b)本发明具有良好的鲁棒性，本发明对于不同类型的地震动均有稳定的减震效果；(c)本发明对强震具有足够的安全裕度，输入的地震动加速度峰值在0.25g、0.50g和1.0g时，本发明的减震效果基本保持稳定。

[0048] 与此同时，针对本发明加工了实体模型，于中国地震局工程力学研究所恢先地震实验室(燕郊)进行了振动台试验，实验结果与有限元结果基本吻合，验证了本发明的有效性。

[0049] 实施例1：

[0050] 结合图1至图6对本发明所述减震装置做详细说明。

[0051] 该减震装置包括支撑装置1、质量装置2和刚度装置3；所述质量装置包括三级质量环；所述刚度装置3包括三组级刚度杆，所述质量环通过刚度杆固定安装于支撑装置1上方。三级质量环的环面处于同一平面，并采用同心环方式布局。一级、二级和三级质量环的级数与一组级、二组级和三组级的刚度杆一一对应。支撑装置1包括第一水平支架和第二水平支架；第一水平支架和第二水平支架底部均设有两个凸起；第一水平支架上的凸起以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上；第二水平支架上的凸起以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定焊接于水平支架底面上。凸起上设有螺孔。支撑装置还包括螺母4和螺栓5；螺母4和螺栓5组合安装于凸起上。刚度杆包括第一组级直杆和第二组级第直杆；第一组级直杆的一端固定安装在第一水平支架上，另一端固定安装于质量环上；第二组级直杆的一端固定安装在第二水平支架上，另一端固定安装在质量换上。第一组级直杆包括两根直杆，直杆均垂直于第一水平支撑架，并以垂直于第一水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第一水平支架上表面；第二组级直杆包括两根直杆，直杆均垂直于第二水平支撑架，并以垂直于第二水平支架径向方向的中心轴为对称轴固定安装在第二水平支架上表面。第一组级直杆和第二组级直杆均采用金属材料。质量环占设备质量的质量比为6％。

[0052] 虽然本发明已以较佳的实施例公开如上，但其并非用以限定本发明，任何熟悉此技术的人，在不脱离本发明的精神和范围内，都可以做各种改动和修饰，因此本发明的保护范围应该以权利要求书所界定的为准。

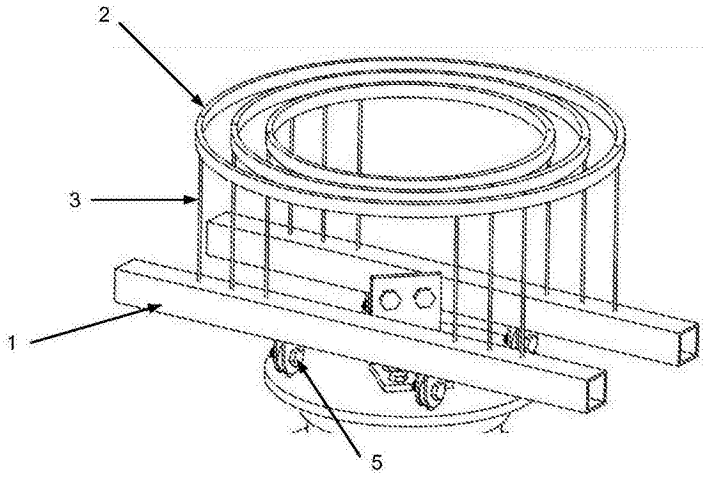


图1

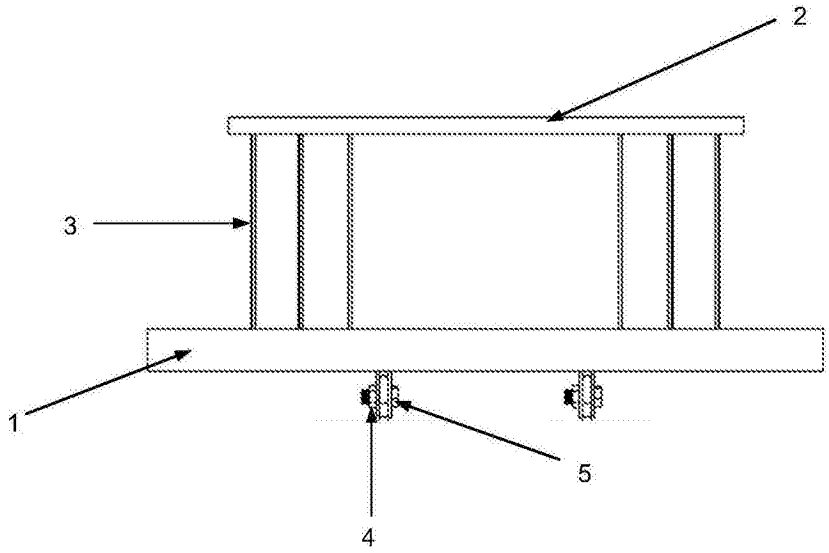


图2

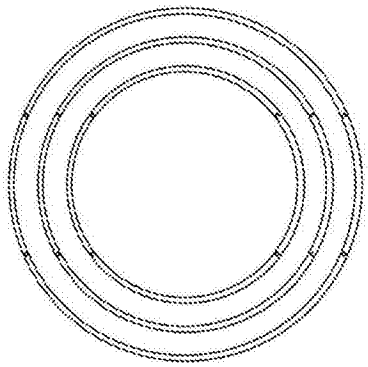


图3

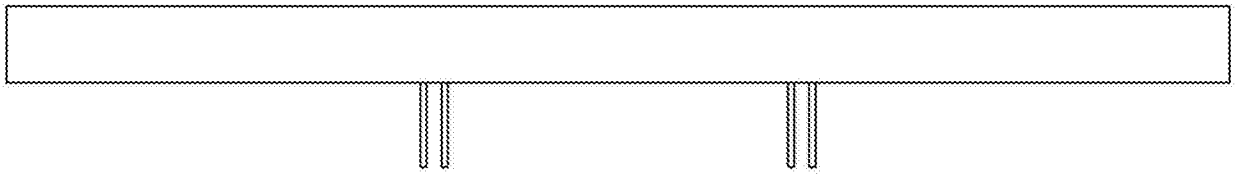


图4

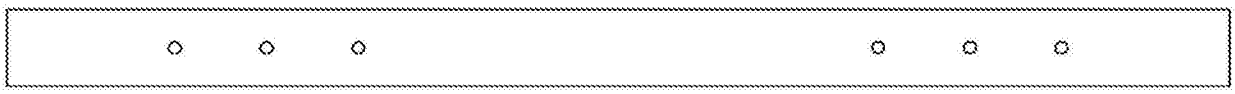


图5



图6