



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112635947 B

(45) 授权公告日 2021.08.31

(21) 申请号 202011440858.1

H01P 11/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.08

G01N 3/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112635947 A

(56) 对比文件

CN 110970697 A, 2020.04.07

CN 110970697 A, 2020.04.07

(43) 申请公布日 2021.04.09

CN 201000916 Y, 2008.01.02

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

CN 110600849 A, 2019.12.20

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

CN 111430865 A, 2020.07.17

CN 205039825 U, 2016.02.17

(72) 发明人 张坤 屈丹丹 罗耕星 肖京华

JP 2009068912 A, 2009.04.02

彭林华 叶智军 王体兵

US 2015109070 A1, 2015.04.23

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

朱文瑞 等.S型弯曲软波导橡胶护套成型工
艺及模具设计.《模具制造》.2012,第68-71页.

代理人 焦海峰

审查员 杨梦琳

(51) Int. Cl.

H01P 3/14 (2006.01)

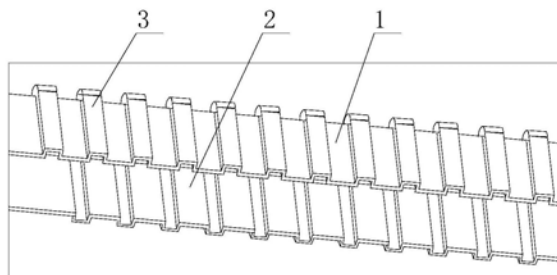
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种用于毫米波太赫兹频率的软波导及其性能测试装置

(57) 摘要

本发明属于基于5G/7G技术的卫星通讯、电磁波传导元件或雷达设备技术领域,针对传统的制备方法已不能满足超精细微结构的要求,本发明公开了一种用于毫米波太赫兹频率的软波导及其性能测试装置和制备方法,所述软波管的内、外表面分布设置有若干个矩形波纹结构的外凹槽,且所述软波管的内截面设置为矩形空心的结构,软波管的矩形波纹设置为由大矩形管和小矩形管呈连续排布而成的结构;当硬度和韧性特定匹配时,外凹槽结构省去。本发明可快速制备高精度、微细结构软波管,实现传输超高频太赫兹电磁波;且制备周期短(几小时),相比于传统制芯去芯等方法,克服了成品率低、周期长缺点。可实现软波管和连接端头一体打印,便于与硬波导管连接。



1. 一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,包括软波管、固定板及安装在固定板上的测试机构a和测试机构b,

所述软波管的内、外表面分布设置有若干个矩形波纹结构的外凹槽,且所述软波管的内截面设置为矩形空心的结构,软波管的矩形波纹设置为由大矩形管和小矩形管呈连续排布而成的结构;

所述测试机构a包括操纵杆a、半圆轴a和拉杆a,操纵杆a架设在半圆轴a的两侧,半圆轴a的一侧端还设置有拉杆a,通过拉杆a和操纵杆a控制软波导沿着半圆轴a进行弯曲测试;

所述测试机构b包括操纵杆b、半圆轴b、拉杆b,操纵杆b架设在半圆轴b的两侧,半圆轴b的一侧端还设置有拉杆b,通过拉杆b和操纵杆b控制软波导沿着半圆轴b进行弯曲测试。

2. 根据权利要求1所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述大矩形管沿着软波导的外壁向外凸出延伸设置为内截面呈大矩形的空心管;小矩形管沿着软波导的外壁向内凹陷设置为内截面呈小矩形的空心管;软波管的外表面上相邻的大矩形管之间形成外凹槽。

3. 根据权利要求1所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述大矩形管的外壁沿着小矩形管的外壁向外凸出延伸形成外凸缘,外凸缘的拐角处设置为弧形平滑壁面;小矩形管的内壁沿着大矩形管的内壁向外凸出延伸形成内凸缘;内凸缘和大矩形管的内壁之间形成内凹槽。

4. 根据权利要求1所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述软波管的大矩形和小矩形的细节尺寸要求为反复弯曲,软波管的E面弯曲半径设置为48-96mm,H面弯曲半径设置为96-192mm,且软波管适用于74-330GHz高频段,传输波长范围30微米-3毫米。

5. 根据权利要求1所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述软波管的外凹槽的宽度设置在0.3-0.9mm,外凹槽的深度不大于1/10传输波长,外凹槽的深度和宽度比不小于1;所述软波管的长度与其内截面宽边尺寸比不小于50。

6. 根据权利要求1所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述软波管的大矩形和小矩形的连接方式设置为一体成型,软波管采用柔韧材料或软硬相间类橡胶类材料打印;软波管的端部设置有法兰盘,通过法兰与硬波导管连接,所述法兰盘采用铜合金或铝合金镀铜/镍制备而成。

7. 根据权利要求1所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述半圆轴a和半圆轴b均设置为沿纵向面切分的半圆柱体结构,半圆轴a和半圆轴b的水平面固定设置在固定板上,半圆轴a和半圆轴b的弧形曲面结构为弯曲测试面。

8. 根据权利要求7所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,所述性能测试装置的具体操作包括如下步骤:

(1) 将待测的软波导一端插入,保持软波管的E面及软波管的H面平行于半圆轴a的切线;

(2) 转动拉杆a使软波导与半圆轴a接触,并被夹住;

(3) 均匀平稳地转动操纵杆a,按照软波导的弯曲规范,以每秒钟 5° 的速率弯曲软波导;

(4) 将待测的软波导翻转 180° ,同时,保持软波管的E面及软波管的H面平行于半圆轴b的切线;

(5) 转动拉杆b使软波导与半圆轴b接触,并被夹住;

(6) 均匀平稳地转动操纵杆b,按照软波导的弯曲规范,以每秒钟 5° 的速率弯曲软波导;

(7) 重复4次步骤(1) - (6)的操作。

9. 一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的制备方法,基于权利要求1-6任意一项所述一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,其特征在于,具体包括如下步骤:

(1) 根据待打印的软波管的反复弯曲要求,选择柔韧材料或软硬相间类橡胶类材料进行混合,得到软波管的打印材料;

(2) 在托盘上层喷射软波管的打印材料,水平构建层薄至14微米,超高速模式下每层55微米;

(3) 喷射后,立即用紫外灯固化,完成软波管快速成型。

一种用于毫米波太赫兹频率的软波导及其性能测试装置

技术领域

[0001] 本发明属于基于5G/7G技术的卫星通讯、电磁波传导元件或雷达设备技术领域,具体涉及一种用于毫米波太赫兹频率的软波导及其性能测试装置和制备方法。

背景技术

[0002] 软波导属于电磁波传导元件,内腔传导74-330GHz电磁波,要求表面光滑平顺。两端用法兰机械连接铜质硬波导。由于两端铜质硬波导的空间位置存在50毫米左右的随机偏差,故要求一般为波纹结构,以适应柔性安装要求。

[0003] 软波导传统材料为金属材质(TU1或TU2无氧铜,或H96、H90或H62铜合金),结构形式受限于制备技术,传统制备方法包括铝芯电镀铜(再去除铝芯)、机械成形、液压成形等。现有技术中的铝芯呈圆管结构,且其横截面的两侧端设置有弧形缺口,铝芯电镀铜方法尺寸精度差、效率低、周期长;互锁式、对焊式等机械成形技术存在打火、焊痕等缺点;液压成型技术有受压均匀、批量生产效率高优点,但因只适合圆管生产而受限于低频波段电磁波传输,无法用于太赫兹频段。

[0004] 为了满足太赫兹系统高度集中化的要求,目前已有多种高精度软波导设计,但传统的制备方法已不能满足超精细微结构的要求。因此,如何研发一种用于毫米波太赫兹频率的软波导,具有重要的现实意义。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的传统的制备方法已不能满足超精细微结构要求的技术问题,本发明的目的在于提供一种用于毫米波太赫兹频率的软波导及其性能测试装置和制备方法。

[0006] 本发明采取的技术方案为:

[0007] 一种用于毫米波太赫兹频率的软波导,包括软波管,所述软波管的内、外表面分布设置有若干个矩形波纹结构的外凹槽,且所述软波管的内截面设置为矩形空心的结构,软波管的矩形波纹设置为由大矩形管和小矩形管呈连续排布而成的结构。

[0008] 当硬度和韧性特定匹配时,外凹槽结构省去。

[0009] 软波管总外形为矩形,尺寸为 $2.54*1.27\text{mm}-0.86*0.43\text{mm}$,物理上满足高频率电磁波传输要求。

[0010] 进一步的,所述大矩形管沿着软波导的外壁向外凸出延伸设置为内截面呈大矩形的空心管;小矩形管沿着软波导的外壁向内凹陷设置为内截面呈小矩形的空心管;软波管的外表面上相邻的大矩形管之间形成外凹槽。

[0011] 进一步的,所述大矩形管的外壁沿着小矩形管的外壁向外凸出延伸形成外凸缘,外凸缘的拐角处设置为弧形平滑壁面;小矩形管的内壁沿着大矩形管的内壁向外凸出延伸形成内凸缘;内凸缘和大矩形管的内壁之间形成内凹槽。

[0012] 进一步的,所述软波管的大矩形和小矩形的细节尺寸要求为反复弯曲,软波管的E

面弯曲半径设置为48-96mm,H面弯曲半径设置为96-192mm,且软波管适用于74-330GHz高频率段,传输波长范围30微米-3毫米。

[0013] 进一步的,所述软波管的外凹槽的宽度设置在0.3-0.9mm,外凹槽的深度不大于1/10传输波长,外凹槽的深度和宽度比不小于1;所述软波管的长度与其内截面宽边尺寸比不小于50。

[0014] 进一步的,所述软波管的外侧设置有护套,护套采用氯丁橡胶、塑料、硅橡胶或氟硅橡胶中的任意一种材料制备而成。

[0015] 进一步的,所述软波管的端部设置有法兰盘,通过法兰与硬波导管连接,所述法兰盘采用铜合金或铝合金镀铜/镍制备而成。

[0016] 进一步的,所述软波管的大矩形和小矩形的连接方式设置为一体成型,软波管采用柔韧材料或软硬相间类橡胶类材料打印,更为具体的是,采用韧性树脂、超韧性树脂或硬性树脂中的任意一种或多种。

[0017] 一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,包括固定板及安装在固定板上的测试机构a和测试机构b,

[0018] 所述测试机构a包括操纵杆a、半圆轴a和拉杆a,操纵杆a架设在半圆轴a的两侧,半圆轴a的一侧端还设置有拉杆a,通过拉杆a和操纵杆a控制软波导沿着半圆轴a进行弯曲测试;

[0019] 所述测试机构b包括操纵杆b、半圆轴b、拉杆b,操纵杆b架设在半圆轴b的两侧,半圆轴b的一侧端还设置有拉杆b,通过拉杆b和操纵杆b控制软波导沿着半圆轴b进行弯曲测试。

[0020] 进一步的,所述半圆轴a和半圆轴b均设置为沿纵向面切分的半圆柱体结构,半圆轴a和半圆轴b的水平面固定设置在固定板上,半圆轴a和半圆轴b的弧形曲面结构为弯曲测试面。

[0021] 一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,具体操作包括如下步骤:

[0022] (1) 将待测的软波导一端插入,保持软波管的E面及软波管的H面平行于半圆轴a的切线;

[0023] (2) 转动拉杆a使软波导与半圆轴a接触,并被夹住;

[0024] (3) 均匀平稳地转动操纵杆a,按照GJB1510A-2009关于软波导的弯曲规范,以每秒5°的速率弯曲软波导;

[0025] (4) 将待测的软波导翻转180°,同时,保持软波管的E面及软波管的H面平行于半圆轴b的切线;

[0026] (5) 转动拉杆b使软波导与半圆轴b接触,并被夹住;

[0027] (6) 均匀平稳地转动操纵杆b,按照GJB1510A-2009关于软波导的弯曲规范,以每秒5°的速率弯曲软波导;

[0028] (7) 重复4次步骤(1)-(6)的操作。

[0029] 一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的制备方法,具体包括如下步骤:(1) 根据待打印的软波管的反复弯曲要求,选择柔韧材料或软硬相间类橡胶类材料进行混合,得到软波管的打印材料;

[0030] (2) 在托盘上层喷射软波管的打印材料(液体光敏树脂),水平构建层薄至14微米,

超高速模式下每层55微米；

[0031] (3)喷射后,立即用紫外灯固化,完成软波管快速成型。

[0032] 所述步骤(1)中软波管的打印材料选择韧性树脂、超韧性树脂或硬性树脂中的任意一种或多种,所用材料为类橡胶的光敏树脂材料,根据设计需要进行选择混合。

[0033] 本发明的有益效果为:

[0034] 因软波管总外形尺寸为 $2.54*1.27\text{mm}-0.86*0.43\text{mm}$,制备方法为光固化液体光敏树脂,因此可快速制备高精度、微细结构软波管,实现传输超高频太赫兹电磁波。本发明中一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,采用了半圆轴a和半圆轴b协同配合的组合方式,结构为几何形状,便于加工,同时能实现软波管的性能测试,测试精度可进行精确调控,弯曲测试操作便捷,重复使用率高,且能充分应用于不同打印材料的力学性质测试,适用性广泛。

[0035] 本发明所述软波管制备方法属于由外至内的方法,大大降低了制备周期,仅需短几小时,相比于传统先制备铝芯,在铝芯上电镀金属功能层,再溶解去芯方法,克服了成品率低、周期长缺点。

[0036] 可实现软波管和连接端头一体打印,便于与硬波导管连接。

附图说明

[0037] 图1为本发明中软波导的的整体结构示意图;

[0038] 图2为本发明中带法兰盘的软波导的的整体结构示意图;

[0039] 图3为本发明中软波导的的整体结构示意图;

[0040] 图4为本发明中薄壁软波导的结构示意图;

[0041] 图5为本发明中薄壁软波导的内部截面结构示意图;

[0042] 图6为本发明中厚壁软波导的结构示意图;

[0043] 图7为本发明中厚壁软波导的内部截面结构示意图;

[0044] 图8为本发明中软波导的性能测试装置结构示意图;

[0045] 图9为本发明中软波导的性能测试装置侧视图;

[0046] 图10为本发明中软波导的性能测试装置俯视图;

[0047] 其中,1、外凹槽;2、小矩形管;3、大矩形管;4、操纵杆a;5、半圆轴a;6、拉杆a;7、操纵杆b;8、半圆轴b;9、拉杆b。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0049] 实施例1

[0050] 如图1-图7所示,一种用于毫米波太赫兹频率的软波导,包括软波管,所述软波管的内、外表面分布设置有若干个矩形波纹结构的外凹槽,且所述软波管的内截面设置为矩形空心的结构,软波管的矩形波纹设置为由大矩形管和小矩形管呈连续排布而成的结构;

[0051] 当硬度和韧性特定匹配时,外凹槽结构省去。

[0052] 如图4-图7所示,所述大矩形管沿着软波导的外壁向外凸出延伸设置为内截面呈大矩形的空心管;小矩形管沿着软波导的外壁向内凹陷设置为内截面呈小矩形的空心管;

软波管的外表面上相邻的大矩形管之间形成外凹槽。

[0053] 如图4-图7所示,所述大矩形管的外壁沿着小矩形管的外壁向外凸出延伸形成外凸缘,外凸缘的拐角处设置为弧形平滑壁面;小矩形管的内壁沿着大矩形管的内壁向外凸出延伸形成内凸缘;内凸缘和大矩形管的内壁之间形成内凹槽。

[0054] 外凹槽和内凹槽的协同配合既满足了硬度要求,有可有效提高软波导的弯曲韧度,满足高频率电磁波传输要求。

[0055] 软波管总外形为矩形,尺寸为 $2.54*1.27\text{mm}-0.86*0.43\text{mm}$,物理上满足高频率电磁波传输要求。

[0056] 本发明的又一实施例,软波管的大矩形和小矩形的细节尺寸要求为反复弯曲,软波管的E面弯曲半径设置为 $48-96\text{mm}$,H面弯曲半径设置为 $96-192\text{mm}$,采用高精度光固化或激光烧结3D打印制备软波导软波管结构和护套,波导的材料和结构具有可调性,适用于 $74-330\text{GHz}$ 高频率段,可传输波长范围 $30\text{微米}-3\text{毫米}$ 。

[0057] 本发明的又一实施例,软波管的外凹槽的宽度设置在 $0.3-0.9\text{mm}$,外凹槽的深度不大于 $1/10$ 传输波长,外凹槽的深度和宽度比不小于1;所述软波管的长度与其内截面宽边尺寸比不小于50。

[0058] 如图1所示,外凹槽的宽度为 0.4mm ,软波管的波纹宽度为 0.3mm ;剖面A-A比例5:1的图中,小矩形管的壁厚 0.05mm ,长度为 2.38mm ,宽度为 1.04mm ;剖面B-B比例5:1的图中,大矩形管的壁厚 0.05mm ,长度为 2.96mm ,宽度为 1.32mm 。

[0059] 采用高精度光固化或激光烧结3D打印制备软波导软波管结构,外凹槽的宽度设置在 $0.3-0.9\text{mm}$,外凹槽的深度不大于 $1/10$ 传输波长,外凹槽的深度和宽度比不小于1。软波管的长度与其内截面宽边尺寸比不小于50。以传输 $74-112\text{GHz}$ 、 3毫米 波长的软波导为例,结构如图1、图3、图4、图5、图6和图7所示,矩形波纹由大矩形和小矩形连续构成。

[0060] 如图7所示,大矩形管的外壁长度为 $L_1=3.451\text{mm}$,小矩形管的内壁沿着大矩形管的内壁向外凸出延伸形成内凸缘长度为 $L_2=0.172\text{mm}$ 。

[0061] 本发明的又一实施例,软波管的外侧设置有护套,护套采用氯丁橡胶、塑料、硅橡胶或氟硅橡胶中的任意一种材料制备而成。

[0062] 本发明的又一实施例,如图2所示,软波管的端部设置有法兰盘,通过法兰与硬波导管连接,法兰盘采用铜合金或铝合金镀铜/镍制备而成。

[0063] 上述端头连接方式替换为采用紫外固化等其他方式。

[0064] 本发明的又一实施例,软波管的大矩形和小矩形的连接方式设置为一体成型,软波管采用柔韧材料或软硬相间类橡胶类材料打印,更为具体的是,采用韧性树脂、超韧性树脂或硬性树脂中的任意一种或多种。三种材料的力学性质见表1。

[0065] 表1:三种打印材料的力学性质

材料	拉伸强度/MPa	弹性模量/GPa	断裂伸长率	弯曲强度/MPa	硬度(邵氏硬度)	软波导弯曲半径/mm
[0066]						

[0067]	硬性树脂	85	3.8	3%	97.4	86	>100
	韧性树脂	61.4	3.6	24.3%	78.8	84	50-100
	超韧性树脂	42.6	2	49.4%	42.8	80	<50

[0068] 本发明又一实施例,一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的制备方法,具体包括如下步骤:(1)根据待打印的软波管的反复弯曲要求,选择柔韧材料或软硬相间类橡胶类材料进行混合,得到软波管的打印材料;

[0069] (2)在托盘上层喷射软波管的打印材料(液体光敏树脂),水平构建层薄至14微米,超高速模式下每层55微米;

[0070] (3)喷射后,立即用紫外灯固化,完成软波管快速成型。

[0071] 所述步骤(1)中软波管的打印材料选择韧性树脂、超韧性树脂或硬性树脂中的任意一种或多种,所用材料为类橡胶的光敏树脂材料,根据设计需要进行选择混合。

[0072] 本发明的又一实施例,如图8、图9、图10所示,一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,包括固定板及安装在固定板上的测试机构a和测试机构b,

[0073] 所述测试机构a包括操纵杆a、半圆轴a和拉杆a,操纵杆a架设在半圆轴a的两侧,半圆轴a的一侧端还设置有拉杆a,通过拉杆a和操纵杆a控制软波导沿着半圆轴a进行弯曲测试;

[0074] 所述测试机构b包括操纵杆b、半圆轴b、拉杆b,操纵杆b架设在半圆轴b的两侧,半圆轴b的一侧端还设置有拉杆b,通过拉杆b和操纵杆b控制软波导沿着半圆轴b进行弯曲测试。

[0075] 所述半圆轴a和半圆轴b均设置为沿纵向面切分的半圆柱体结构,半圆轴a和半圆轴b的水平面固定设置在固定板上,半圆轴a和半圆轴b的弧形曲面结构为弯曲测试面。

[0076] 在上述一实施例的基础上,一种用于毫米波太赫兹频率的软波导的性能测试装置,具体操作包括如下步骤:

[0077] (1)将待测的软波导一端插入,保持软波管的E面及软波管的H面平行于半圆轴a的切线;

[0078] (2)转动拉杆a使软波导与半圆轴a接触,并被夹住;

[0079] (3)均匀平稳地转动操纵杆a,按照GJB1510A-2009关于软波导的弯曲规范,以每秒5°的速率弯曲软波导;

[0080] (4)将待测的软波导翻转180°,同时,保持软波管的E面及软波管的H面平行于半圆轴b的切线;

[0081] (5)转动拉杆b使软波导与半圆轴b接触,并被夹住;

[0082] (6)均匀平稳地转动操纵杆b,按照GJB1510A-2009关于软波导的弯曲规范,以每秒5°的速率弯曲软波导;

[0083] (7)重复4次步骤(1)-(6)的操作。

[0084] 以上所述并非是对本发明的限制,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来

说,在不脱离本发明实质范围的前提下,还可以做出若干变化、改型、添加或替换,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

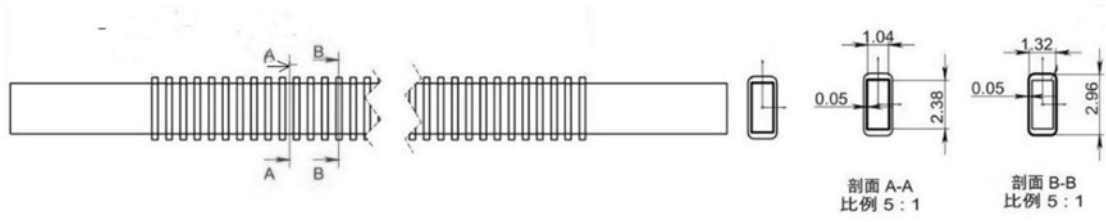


图1

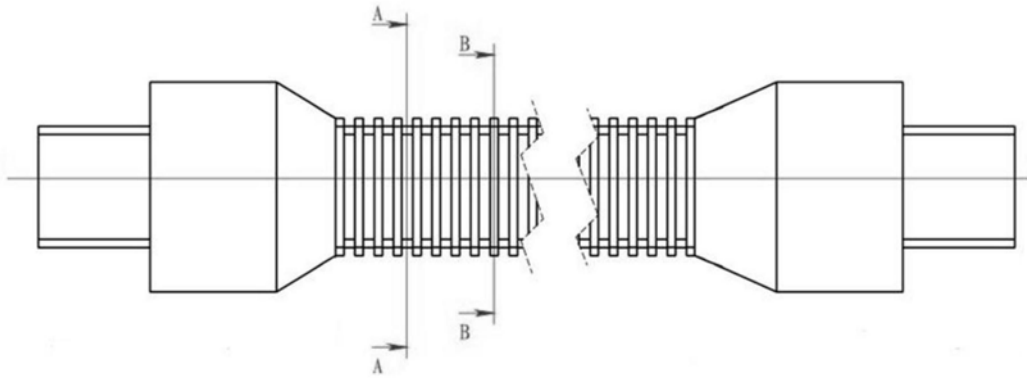


图2



图3

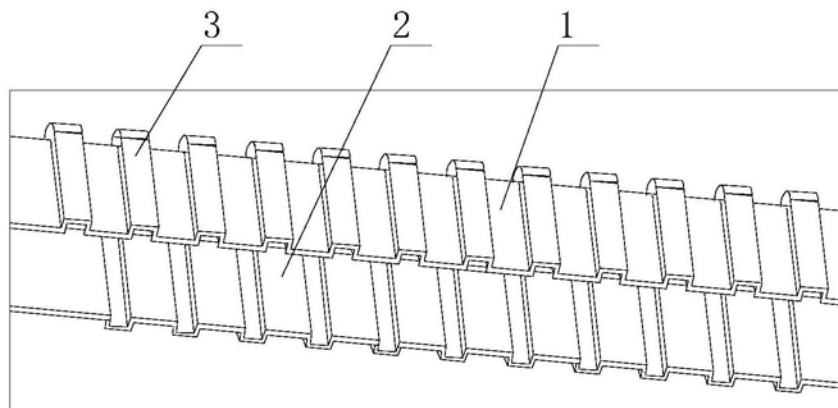


图4

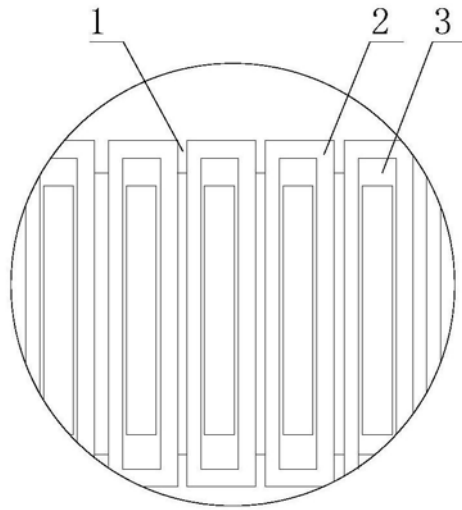


图5

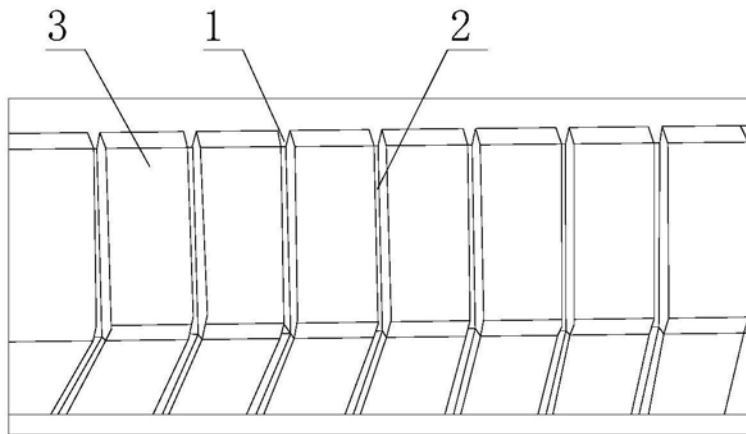


图6

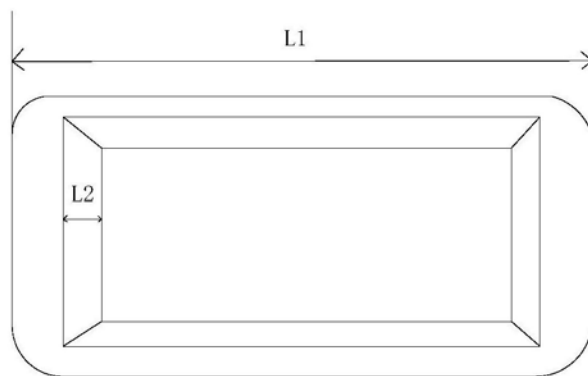


图7

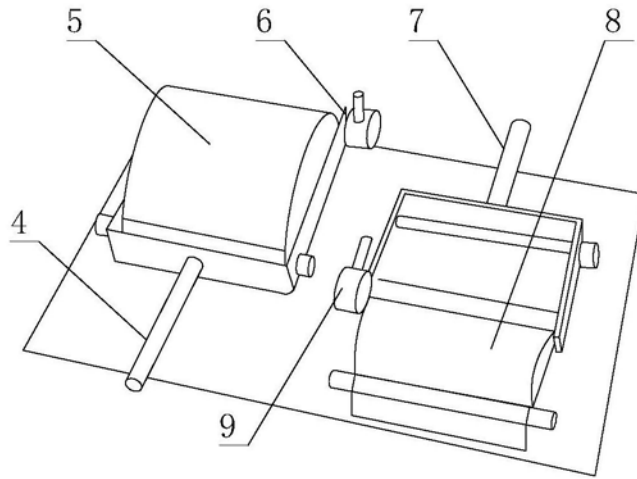


图8

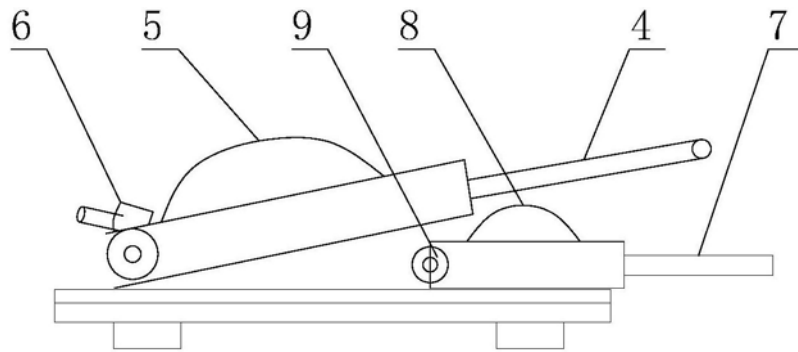


图9

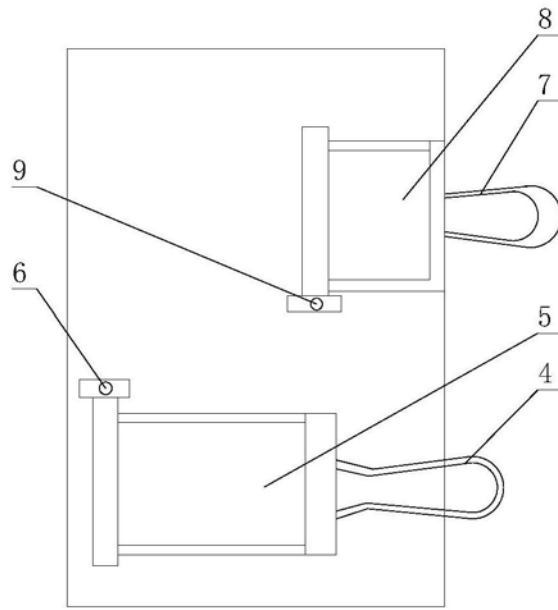


图10