



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108339727 B

(45)授权公告日 2020.02.18

(21)申请号 201710049616.1

(22)申请日 2017.01.23

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108339727 A

(43)申请公布日 2018.07.31

(73)专利权人 中国科学院声学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路21号

(72)发明人 夏金东 黄海宁 张春华

(74)专利代理机构 北京方安思达知识产权代理有限公司 11472

代理人 王宇杨 杨青

(51)Int.Cl.  
B06B 1/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 102176508 A,2011.09.07,  
CN 1470299 A,2004.01.28,  
CN 101190436 A,2008.06.04,  
CN 102210910 A,2011.10.12,  
JP H06284754 A,1994.10.07,

审查员 吴泳江

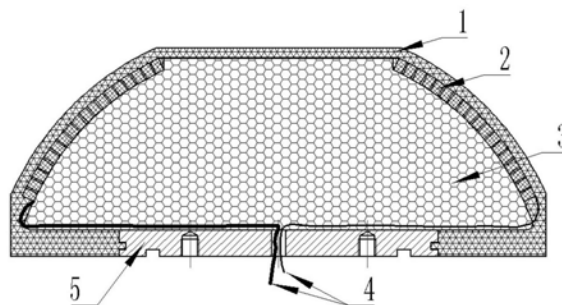
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种高频双波束指向性换能器及其制作方法

(57)摘要

本发明提供了一种高频双波束指向性换能器及其制作方法,所述的换能器包括压电复合材料(2)和两根电极线(4);所述压电复合材料(2)呈球台形结构,所述的球台形结构为两端开口的空心状,由压电陶瓷圆环切割成的若干个压电陶瓷小柱(7)粘结而成,该球台形结构的内、外表面镀有正负电极;两根电极线(4)的一端分别焊接于正负电极上,并从换能器内引出两根电极线(4)的另一端。利用本发明中具有球台形结构的压电陶瓷复合材料制备得到的换能器,不但能够实现高频换能器的双波束指向性,同时波束开角内具有较小的起伏,而且能够满足大功率辐射的要求。



1. 一种高频双波束指向性换能器,其特征在于,包括压电复合材料(2)和两根电极线(4);所述压电复合材料(2)呈球台形结构,所述的球台形结构为两端开口的空心状,由压电陶瓷圆环切割成的若干个压电陶瓷小柱(7)粘结而成,所述压电复合材料(2)通过模具压制形成球台型,该模具包括:球台凸形上模(8)和球台凹形下模(11);多个压电陶瓷小柱(7)拼成中间带孔的平面基阵;该球台形结构的内、外表面镀有正负电极;两根电极线(4)的一端分别焊接于正负电极上,并从换能器内引出两根电极线(4)的另一端。

2. 根据权利要求1所述的高频双波束指向性换能器,其特征在于,还包括聚氨酯硬质泡沫(3)和背板(5);所述球台形结构的内表面贴附并固定于聚氨酯硬质泡沫(3)的顶面,所述背板(5)固定于聚氨酯硬质泡沫(3)的底面;所述的电极线(4)贯穿聚氨酯硬质泡沫(3)与背板(5),并从背板(5)底部引出。

3. 根据权利要求2所述的高频双波束指向性换能器,其特征在于,所述换能器的外表面涂覆有聚氨酯橡胶(1)。

4. 根据权利要求1所述的高频双波束指向性换能器,其特征在于,所述球台形结构的半径为80mm,其对应的两个圆心角分别为 $130^{\circ}$ 和 $50^{\circ}$ ,所述压电陶瓷小柱(7)的外表面呈方形,其尺寸为 $2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ ,该压电陶瓷小柱(7)的厚度为3.6mm,任意相邻的两个压电陶瓷小柱(7)的缝隙宽度为0.5mm。

5. 根据权利要求1所述的高频双波束指向性换能器,其特征在于,所述球台形结构的表面及任意相邻的两个压电陶瓷小柱(7)的缝隙内均涂覆有抽真空处理后的环氧胶(10)。

6. 根据权利要求1所述的高频双波束指向性换能器,其特征在于,所述的正负电极采用镀镍正电极(12)和镀镍负电极(9)。

7. 基于权利要求1-6之一所述的高频双波束指向性换能器的制作方法,其特征在于,该制作方法包括:

步骤1) 根据设计需求确定球台形结构的直径和高度,并以该直径和高度确定压电陶瓷圆环的内外径,以及根据工作频率确定压电陶瓷小柱(7)的外表面尺寸和厚度;

步骤2) 将选定的压电陶瓷圆环按设定的规格切割压电陶瓷小柱(7)后,在压电陶瓷圆环的上表面黏敷一层软性粘膜(6),使得所有压电陶瓷小柱(7)粘结成一体结构;

步骤3) 通过球台模具将切割后的压电陶瓷圆环压制成球台形结构,并在球台形结构的表面及任意相邻的两个压电陶瓷小柱(7)的缝隙内均涂覆抽真空处理后的环氧胶(10);

步骤4) 将涂覆有环氧胶(10)的球台形结构进行高温固化处理,并将固化后的球台形结构从球台模具中取出,经打磨后露出压电陶瓷小柱(7)的内外表面,在压电陶瓷小柱(7)的内外表面上镀镍电极,并在两个电极上各焊接一根电极线(4);

步骤5) 将球台形结构的内表面贴附并固定于聚氨酯硬质泡沫(3)的顶面,并在聚氨酯硬质泡沫(3)的底面固定背板(5),将电极线(4)从聚氨酯硬质泡沫(3)与背板(5)之间穿出后,在换能器的外表面涂覆聚氨酯橡胶(1)。

## 一种高频双波束指向性换能器及其制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及压电复合材料换能器领域,具体涉及一种高频双波束指向性换能器及其制作方法。

### 背景技术

[0002] 在空气声、水声探测成像设备中,换能器的性能往往影响着系统总体的性能。在对目标进行探测和成像时,往往不仅需要探测距离远、成像分辨率高,而且有时还需要特殊的指向性波束要求。有时需要换能器或基阵不仅要求能够产生球面波,而且要求具有双波束指向特性,满足特定的探测或成像需求。而对于高频高分辨成像声纳或高分辨率探测设备来说,往往需要具有大功率发射性能,而对于传统的平面基阵而言,其发射波束宽度与发射声源级是互相约束的,即发射波束越宽(成像观测范围越大),基阵有效辐射面积越小,声源级越低(探测作用距离越近),而球面类换能器或基阵是解决这一问题的有效途径。

[0003] 对于高频球面类换能器或基阵,除了设计时需要理论分析和数值计算,更重要的是在制作工艺上实现设计。球面类几百千赫兹高频率的换能器不能依靠整体压电陶瓷的振动频率来实现的,要想实现球面同相等幅振动,只能利用压电小振子的纵向振动模式形成整体球面基阵来实现。如果要实现高频压电振子的单一纵振模态必须满足一定的长宽比,根据半波长谐振理论,频率越高,振子谐振长度越小,而宽度又小于长度,所以频率越高,压电振子的体积越小。如果要形成小体积的压电振子球台,利用普通的制作工艺方式很难实现,必须采用特殊工艺来实现。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于,针对上述高频球面类换能器及基阵实现工艺的特殊要求,根据高频换能器研制及压电复合工艺制备的经验,本发明提供了一种高频双波束指向性换能器及其制作方法,换能器的核心器件是球台形压电复合材料,并采用改进的压电复合材料制备方式形成球台,采用该球台形压电复合材料制备的高频换能器具有良好的空间双波束指向性。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供的一种高频双波束指向性换能器,包括:压电复合材料和两根电极线;所述压电复合材料呈球台形结构,所述的球台形结构为两端开口的空心状,由压电陶瓷圆环切割成的若干个压电陶瓷小柱粘结而成,该球台形结构的内、外表面镀有正负电极;两根电极线的一端分别焊接于正负电极上,并从换能器内引出两根电极线的另一端。

[0006] 作为上述技术方案的进一步改进,还包括聚氨酯硬质泡沫和背板;所述球台形结构的内表面贴附并固定于聚氨酯硬质泡沫的顶面,所述背板固定于聚氨酯硬质泡沫的底面;所述的聚氨酯硬质泡沫与球台形压电复合材料成拱形,可通过704硅胶粘接在泡沫上;所述的电极线贯穿聚氨酯硬质泡沫与背板,并从背板底部引出。

[0007] 作为上述技术方案的进一步改进,所述换能器的外表面涂覆有聚氨酯橡胶,可通

过灌注模具把安装好的球台形压电复合材料、泡沫和背板包覆起来,形成换能器。

[0008] 作为上述技术方案的进一步改进,所述球台形结构的半径为80mm,其对应的两个圆心角分别为 $130^{\circ}$ 和 $50^{\circ}$ ;所述压电陶瓷小柱的外表面呈方形,其尺寸为 $2.5\text{mm}\times 2.5\text{mm}$ ,该压电陶瓷小柱的厚度为3.6mm,任意相邻的两个压电陶瓷小柱的缝隙宽度为0.5mm。

[0009] 作为上述技术方案的进一步改进,所述球台形结构的表面及任意相邻的两个压电陶瓷小柱的缝隙内均涂覆有抽真空处理后的环氧胶。

[0010] 作为上述技术方案的进一步改进,所述的正负电极采用镀镍正电极和镀镍负电极。

[0011] 基于上述结构的高频双波束指向性换能器,本发明还同时提供了一种高频双波束指向性换能器的制作方法,所述的换能器制备工艺包括:压电陶瓷切割,黏敷软性粘膜形成球台形压电陶瓷材料,灌注硬性高分子材料,固化成型,打磨后镀电极;球台形压电复合材料安装在高强度的吸声泡沫中,最后在外层灌注透声聚氨酯橡胶。该制作方法具体包括以下步骤:

[0012] 步骤1) 根据设计需求确定球台形结构的直径和高度,并以该直径和高度确定压电陶瓷圆环的内外径,以及根据工作频率确定压电陶瓷小柱的外表面尺寸和厚度;

[0013] 步骤2) 将选定的压电陶瓷圆环按设定的规格切割压电陶瓷小柱后,在压电陶瓷圆环的上表面黏敷一层软性粘膜,使得所有压电陶瓷小柱粘结成一体结构;

[0014] 步骤3) 通过球台模具将切割后的压电陶瓷圆环压制成型球台形结构,并在球台形结构的表面及任意相邻的两个压电陶瓷小柱的缝隙内均涂覆抽真空处理后的环氧胶;

[0015] 步骤4) 将涂覆有环氧胶的球台形结构进行高温固化处理,并将固化后的球台形结构从球台模具中取出,经打磨后露出压电陶瓷小柱的内外表面,在压电陶瓷小柱的内外表面上镀镍电极,并在两个电极上各焊接一根电极线;

[0016] 步骤5) 将球台形结构的内表面贴附并固定于聚氨酯硬质泡沫的顶面,并在聚氨酯硬质泡沫的底面固定背板,将电极线从聚氨酯硬质泡沫与背板之间穿出后,在换能器的外表面涂覆聚氨酯橡胶。

[0017] 本发明的一种高频双波束指向性换能器及其制作方法优点在于:

[0018] 利用本发明中具有球台形结构的压电陶瓷复合材料制备得到的换能器,不但能够实现高频换能器的双波束指向性,同时波束开角内具有较小的起伏,而且能够满足大功率辐射的要求,这种球台形压电复合材料结构设计模式,采用小柱压电复合材料单一振动模式,能够实现所需要形状的等幅同相振动,以获得最大的能量输出。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明提供的一种高频双波束指向性换能器结构示意图。

[0020] 图2为本发明中利用压电陶瓷圆环切割成压电陶瓷小柱后的结构示意图。

[0021] 图3为本发明中的球台形结构的压电复合材料压制成形的结构示意图。

[0022] 图4为本发明中的球台形结构的压电复合材料经镀电极后的结构示意图。

[0023] 图5为本发明中球台形结构的压电复合材料制作的换能器指向性仿真曲线。

[0024] 附图标记

[0025] 1、聚氨酯橡胶            2、压电复合材料            3、聚氨酯硬质泡沫

[0026]	4、电极线	5、背板	6、软性粘膜
[0027]	7、压电陶瓷小柱	8、球台凸形上模	9、镀镍负电极
[0028]	10、环氧胶	11、球台凹形下模	12、镀镍正电极

### 具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明所述的一种高频双波束指向性换能器及其制作方法进行详细说明。

[0030] 如图1所示,本发明提供的一种高频双波束指向性换能器,包括压电复合材料2和两根电极线4;所述压电复合材料2呈球台形结构,所述的球台形结构为两端开口的空心状,由压电陶瓷圆环切割成的若干个压电陶瓷小柱7粘结而成(如图2所示),该球台形结构的内、外表面镀有正负电极;两根电极线4的一端分别焊接于正负电极上,并从换能器内引出两根电极线4的另一端。

[0031] 基于上述结构的换能器,如图1所示,该换能器还可包括聚氨酯硬质泡沫3和背板5;所述球台形结构的内表面贴附并固定于聚氨酯硬质泡沫3的顶面,所述背板5固定于聚氨酯硬质泡沫3的底面;所述的电极线4贯穿聚氨酯硬质泡沫3与背板5,并从背板5底部引出。另外,所述换能器的外表面涂覆有聚氨酯橡胶1。

[0032] 本发明研制的上述球台形结构的压电复合材料,可以由多个压电陶瓷小柱拼成中间带孔的平面基阵,然后再通过模具压制形成球台型,理论上模具能作多大,压电复合材料球台就能做多大,因而不受制作体积的限制,并且具有良好的压电性能,使该压电复合材料制作的高频球台形换能器及基阵的小振子都工作在单一纵振模态,机电转换效率高,能量输出大,能够实现大功率辐射输出;球台上的小振子的振动可以近似看作是点源振动,具有良好的等幅同相振动效果。由于球台是圆带形,所以能够形成圆带波束,也就是在过球心的平面内能够实现双波束性能。在实际应用中,根据需求,通过设计球台的直径和球台的高度实现大功率发射,同时能够实现辐射中心的平面内具有双波束指向性。

[0033] 本发明是通过研制球台形结构的压电复合材料,提供一种能够实现高频、大功率、双波束指向性的换能器或基阵。根据设计需求,确定球台的球直径和球台高度,然后根据球台的大小确定出压电陶瓷圆环的内外径,并且根据频率确定压电陶瓷小柱的大小,切割后的压电陶瓷圆环黏敷软性粘膜,放置在模具里压制成球台形,成形后的压电球台打磨后分别镀正负电极,形成球台形压电复合材料;制作好的球台形压电复合材料安装在预先设计好的硬质泡沫上,引出电极线,硬质泡沫粘好背板后,灌注透声橡胶包覆层,最终形成高频双波束指向性换能器。

[0034] 基于上述结构的换能器,参考图1-4所示,本发明还提供了一种高频双波束指向性换能器的制作方法,具体包括以下步骤:

[0035] 首先,根据工作频率、换能器开角要求设计球台的球半径及球台高度。工作频率通常由系统确定,确定工作频率后根据声速就可以确定波长,而球台形换能器的外形大小又与波长的比值影响换能器的指向性性能。球台的上圆和下圆对应的两个中心角的差值是决定换能器或基阵的波束开角的关键因素,如果球台的上圆对应的圆心角太小,换能器的两个波束开角很容易干涉,在设计时需要仿真计算;而球台所在球的直径越大,球台越高,发射灵敏度和声源级也就越高。在本实施例中换能器的工作频率为400kHz,在400kHz的双波

束中每个波束开角要求大于 $30^\circ$ ，计算出球台形压电元件所在球的半径为80mm，球台对应的两个圆心角分别为 $130^\circ$ 和 $50^\circ$ ，根据球台表面即球带的面积与平面圆环的面积相等、球台上圆的直径和圆环内直径相等，从而确定压电陶瓷圆环的外径为160mm，其内径为62mm，根据工作频率确定压电圆片的厚度为3.6mm，要实现压电陶瓷单一振动模态，压电陶瓷小柱的高度比宽度理论上要大于3.16倍以上，这里通过仿真计算和实验测试，压电陶瓷小柱的外表面成方形，其尺寸为 $2.5\text{mm}\times 2.5\text{mm}$ ，压电陶瓷圆环切割的刀缝为0.5mm。

[0036] 其次，根据设计计算的要求切割压电陶瓷圆环成若干个压电陶瓷小柱7，压电陶瓷圆环通过502胶水粘接在玻璃上，然后切成 $2.5\text{mm}\times 2.5\text{mm}$ 的压电陶瓷小柱7，陶瓷间的缝隙为0.5mm，同时保证压电陶瓷切透。当压电陶瓷圆环切成小柱后，在上表面黏敷一层软性粘膜使得所有压电陶瓷小柱7形成一个整体，通过丙酮浸泡把压电陶瓷小柱7从玻璃上取下，取下后的压电陶瓷小柱阵列如图2所示。

[0037] 再次，准备好球台成型模具，如图3所示，该模具包括球台凸形上模8和球台凹形下模11，模具需要清洗后涂抹脱模剂，把粘结软性粘膜的压电陶瓷小柱阵列放置在球台成型模具中；配制高硬度的高温环氧填充胶，环氧胶10在配制时需要抽真空处理，把配制好的环氧胶10分别倒入球台凹形下模11中和涂在球台小柱间的缝隙中，将涂抹完环氧胶10的压电陶瓷小柱阵列通过球台凸形上模8压制后再进行抽真空处理，除去胶中的气泡，根据高温环氧胶的固化温度 $120^\circ\text{C}$ 进行固化，保温4-5小时固化成形。

[0038] 然后，将固化后的压电复合材料2脱模后，打磨压电复合材料2的四周及表面除去多余的环氧胶10，将球台形结构的凸面和凹面露出压电陶瓷小柱面，使得可以在压电陶瓷小柱7上镀镍电极；通过镀镍工艺在压电陶瓷小柱7的凹面和凸面上分别设置镀镍正电极12和镀镍负电极9，形成最终的压电复合材料，其结构如图4所示。

[0039] 最后，把制作好的球台形结构的压电复合材料安装在预先制作好的球台型聚氨酯硬质泡沫3上，聚氨酯硬质泡沫3不仅能够起到结构支撑作用，而且也能实现吸声效果，使得换能器具有更优的能量输出。压电复合材料2和聚氨酯硬质泡沫3之间可采用704硅橡胶粘接，焊好压电复合材料的正负极引线后，从聚氨酯硬质泡沫3中穿出，并在聚氨酯硬质泡沫3后面粘接金属背板5，聚氨酯硬质泡沫3和金属背板5可采用914胶粘接，等粘胶固化后准备灌注透声性聚氨酯橡胶1进行四周包覆。根据灌注空间的体积和聚氨酯橡胶的密度，计算出所需聚氨酯橡胶的质量，将炼制好的聚氨酯橡胶倒入球台换能器包覆成形的模具中，等灌密封胶完全固化后，脱去模具，换能器研制完毕，得到如图1所示的换能器。

[0040] 利用上述方法制备的球台形高频换能器可以实现双波束指向性。在谐振点400k球台形结构的压电复合材料换能器指向性仿真如图5所示，从图中可以看出，换能器的波束在 $45^\circ$ 和 $315^\circ$ 方向上，分别有一个主波束，波束开角均为 $34^\circ$ ，而且开角内的起伏很小。

[0041] 最后所应说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解，对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，都不脱离本发明技术方案的精神和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

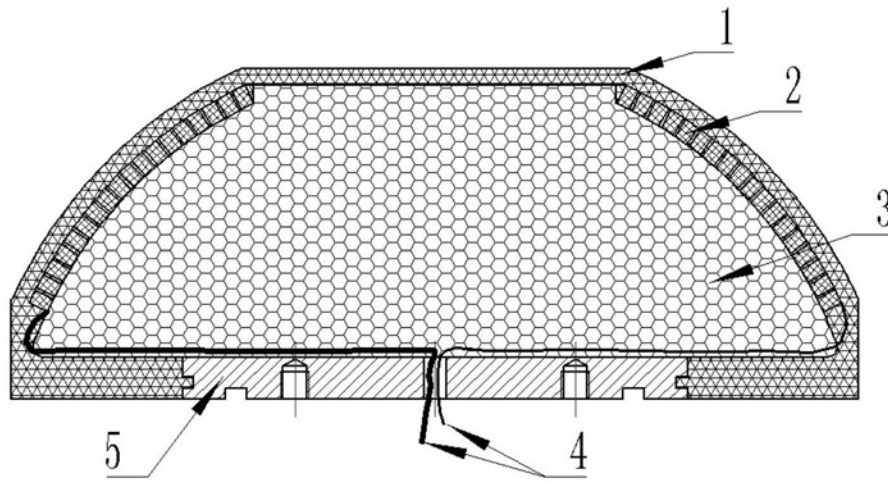


图1

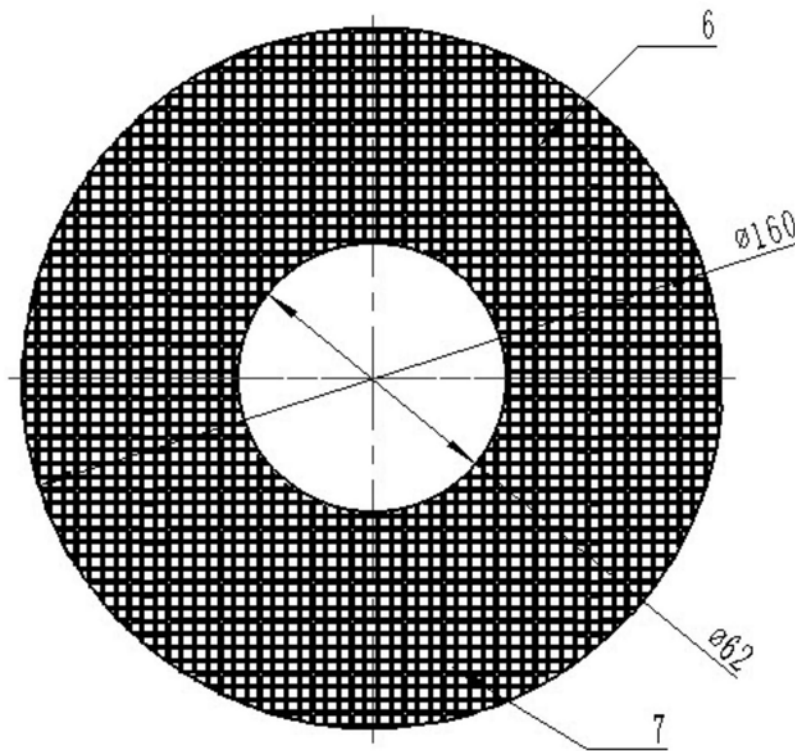


图2

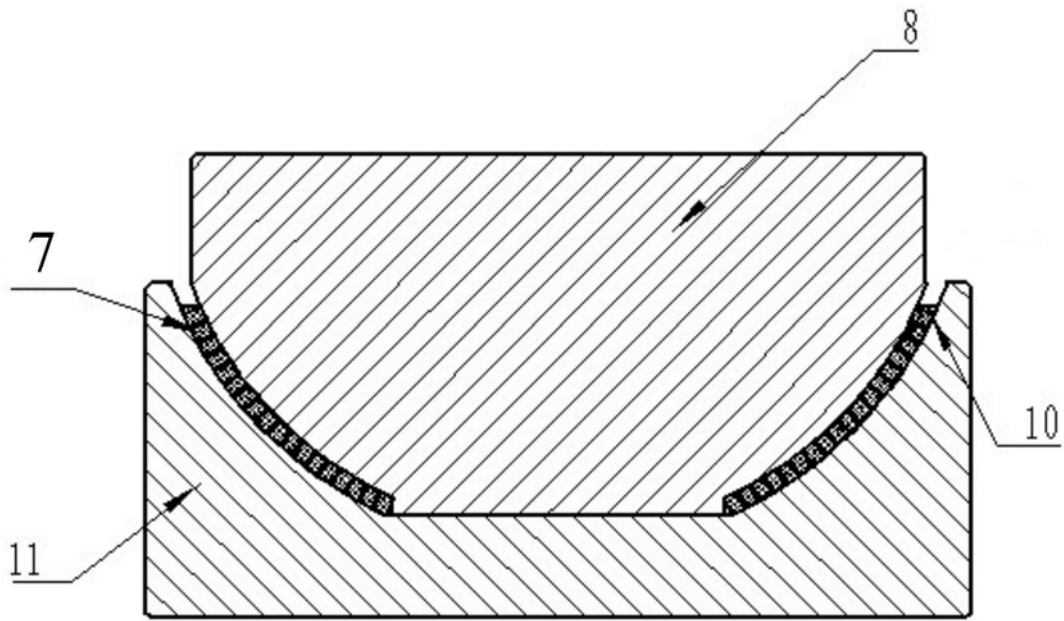


图3

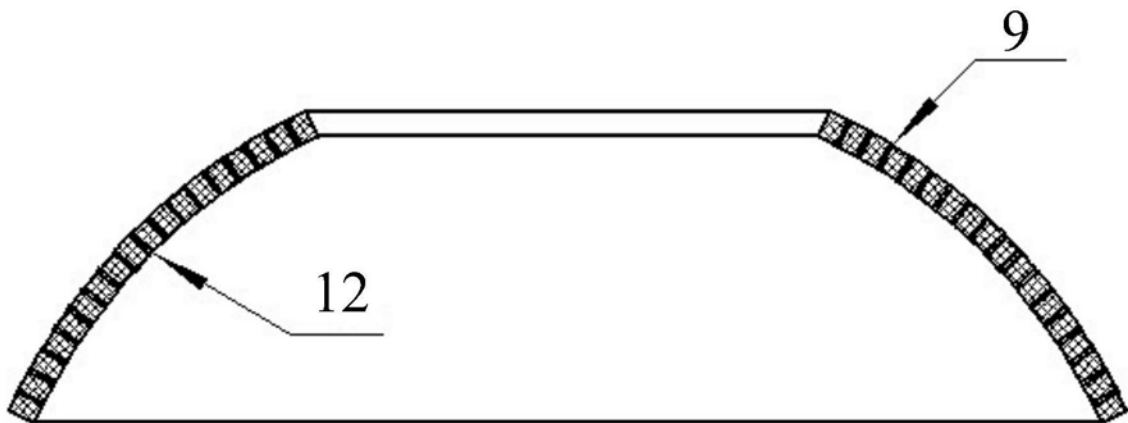


图4

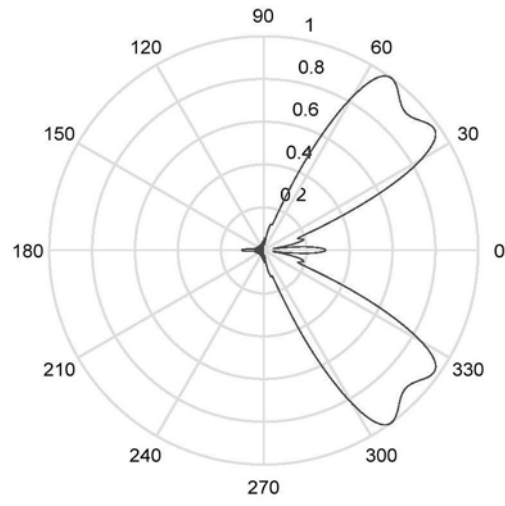


图5