



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102790278 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201110128813. 5

(22) 申请日 2011. 05. 18

(71) 申请人 深圳光启高等理工研究院

地址 518000 广东省深圳市南山区高新区中
区高新中一道 9 号软件大厦

申请人 深圳光启创新技术有限公司

(72) 发明人 刘若鹏 徐冠雄 杨松涛 石小红

(51) Int. Cl.

H01Q 15/00 (2006. 01)

H01Q 15/23 (2006. 01)

H01Q 19/06 (2006. 01)

H01Q 19/10 (2006. 01)

H01Q 19/18 (2006. 01)

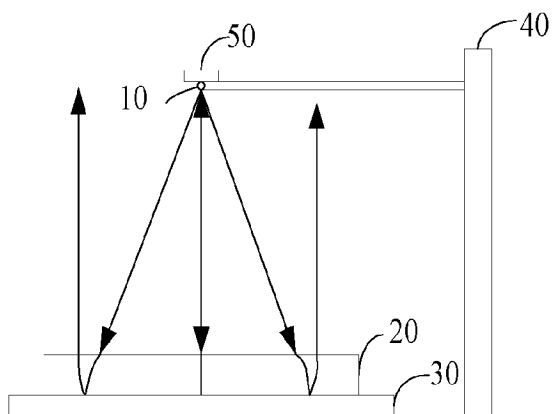
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

定向天线

(57) 摘要

一种定向天线包括一馈源、超材料单元和第一反射板,所述超材料单元包括至少一片超材料层,所述超材料层包括片状基材以及设置在片状基材上的多个人造孔微结构;所述馈源产生的电磁波经超材料单元折射后而散射于第一反射板上,所述第一反射板将电磁波反射使电磁波再次经超材料单元折射而平行射出。只需要平板反射面就可以实现高定向性天线。



1. 一种定向天线,包括一馈源,其特征在于,所述定向天线还包括超材料单元和第一反射板,所述超材料单元包括至少一片超材料层,所述超材料层包括片状基材以及设置在片状基材上的多个人造孔微结构;所述馈源产生的电磁波经超材料单元折射后而散射于第一反射板上,所述第一反射板将电磁波反射使电磁波再次经超材料单元折射而平行射出。

2. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述超材料单元由多片超材料层叠加形成,多个人造孔微结构呈阵列式排布于所述每一超材料层的片状基材上。

3. 根据权利要求1或2所述的定向天线,其特征在于,所述片状基材可选用陶瓷材料、高分子材料、铁电材料、铁氧材料及铁磁材料中的任意一种。

4. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述定向天线还包括馈源支架和设置于馈源支架上第二反射板,所述第二反射板用于将馈源产生的向后辐射电磁波反射至所述超材料单元。

5. 根据权利要求4所述的定向天线,其特征在于,所述第一反射板和第二反射板均采用光滑金属镜面。

6. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述人造孔微结构尺寸由所述片状基材的中间区域向周围逐渐变大。

7. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述人造孔微结构的尺寸相同且排布密度由片状基材的中间区域向周围逐渐变密。

8. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述人造孔微结构的尺寸相同且填充有介质;其内填充介质的介电常数由片状基材的中间区域向周围逐渐变小。

9. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述人造孔微结构为圆柱孔、球形孔、方形孔、多面体孔或不规则形孔。

10. 根据权利要求8所述的定向天线,其特征在于,所述人造孔微结构中也可填充有空气、金属材料、橡胶、塑料及树脂材料中任意一种。

11. 根据权利要求5所述的定向天线,其特征在于,所述第一反射板呈平板状。

12. 根据权利要求1所述的定向天线,其特征在于,所述超材料单元的厚度为电磁波折射汇聚透镜厚度的二分之一。

定向天线

技术领域

[0001] 本发明涉及天线领域,更具体地说,涉及一种超材料定向天线。

背景技术

[0002] 目前,对于电磁波的定向,利用定向天线来完成,常用透镜天线来达成。在光学中,利用透镜能使放在透镜焦点上的点光源辐射出的球面波,经过透镜折射后变为平面波。透镜天线就是利用这一原理制作而成的,它由透镜和放在透镜焦点上的辐射器组成。

[0003] 天线是在无线电设备中用来发射或接收电磁波的部件。天线是一种变换器,它把传输线上传播的导行波,变换成在无界媒介(通常是自由空间)中传播的电磁波,或者进行相反的变换。

[0004] 衡量天线性能的参数有很多,如波瓣图、有效口径、增益、方向性、阻抗等等,其中方向性是天线很重要的性能指标,方向性越强,越有利于接收机的接收。

[0005] 定向天线,是指在某一个或某几个特定方向上辐射,发射及接收电磁波特别强,而在其它的方向上发射及接收电磁波则为零或极小。定向天线可以增加辐射功率的有效利用率,增加保密性,采用定向接收天线的主要目的是增加抗干扰能力。

[0006] 传统定向如喇叭天线,Vivaldi 天线体积较大,其余增加定向性的方法有在天线后增加背腔、反射板或者使用吸波材料等,但是这些方法往往增加天线的尺寸,同时增加天线的制作难度。

[0007] 现有技术制作天线的抛物面反射,一般采用铸造或者数控机床加工,加工工艺复杂;其次要获得好的定向天线,要求抛物面的精度比较高。因此反射抛物面不符合要求的时容易导致定向天线性能不稳定。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的实现定向天线的体积大、设计不灵活以及成本高等缺陷,提供一种体积小且性能稳定的高定天线。

[0009] 一种定向天线包括一馈源、超材料单元和第一反射板,所述超材料单元包括至少一片超材料层,所述超材料层包括片状基材以及设置在片状基材上的多个人造孔微结构;所述馈源产生的电磁波经超材料单元折射后而散射于第一反射板上,所述第一反射板将电磁波反射使电磁波再次经超材料单元折射而平行射出。

[0010] 进一步地,所述超材料单元由多片超材料层叠加形成,多个人造孔微结构呈阵列式排布于所述每一超材料层的片状基材上。

[0011] 进一步地,所述片状基材可选用陶瓷材料、高分子材料、铁电材料、铁氧材料及铁磁材料中的任意一种。

[0012] 进一步地,所述定向天线还包括馈源支架和设置于馈源支架上第二反射板,所述第二反射板用于将馈源产生的向后辐射电磁波反射至所述超材料单元。

[0013] 进一步地,所述第一反射板和第二反射板均采用一光滑金属镜面。

[0014] 进一步地,所述人造孔微结构尺寸由所述片状基材的中间区域向周围逐渐变大。

[0015] 进一步地,所述人造孔微结构的尺寸相同且排布密度由片状基材的中间区域向周围逐渐变密。

[0016] 进一步地,所述人造孔微结构的尺寸相同且填充有介质;其内填充介质的介电常数由片状基材的中间区域向周围逐渐变小。

[0017] 进一步地,所述人造孔微结构为圆柱孔、球形孔、方形孔、多面体孔或不规则形孔。

[0018] 进一步地,所述人造孔微结构中也可填充有空气、金属材料、橡胶、塑料及树脂材料中任意一种。

[0019] 实施本发明的超材料定向天线,具有以下有益效果:

[0020] 1. 不需要复杂形状、结构笨重的抛物面反射面,而只需要平板反射面就可以实现高定向性天线;

[0021] 2. 反射面和超材料可放置在地面上,用简单支架将馈点置于合适位置即可,无需设计支架去支撑反射面;

[0022] 3. 由于超材料的良好性能,可以稳定地实现天线的高定向性。

附图说明

[0023] 图 1 本发明中第一实施例中定向天线示意图。

[0024] 图 2 为图 1 所示超材料单元中一实施例立体结构示意图。

[0025] 图 3 为图 2 所示超材料单元中其中一子单元的立体结构示意图。

[0026] 图 4 为图 2 所示的超材料单元对电磁波的折射率分布示意图。

[0027] 图 5 是折叠式的电磁波汇聚透镜对电磁波汇聚的示意图。

[0028] 图 6 是图 1 所示超材料单元中另一实施例立体结构示意图。

[0029] 图 7 是图 1 所示超材料单元中第三种实施例立体结构示意图。

[0030] 图 8 是由多个超材料片层堆叠成电磁波汇聚透镜结构示意图。

[0031] 图 9 是基于电磁波汇聚透镜的设计成第一实施例定向天线中超材料单元引导电磁波传播方向的示意图。

[0032] 图 10 本发明中另一实施例定向天线示意图。

具体实施方式

[0035] 下面结合相关附图及具体实施例对本发明做进一步的描述:

[0036] 请参阅图 1,定向天线包括馈源 10、超材料单元 20、平板状的第一反射板 30、馈源支架 40 及设置于馈源支架 40 上第二反射板 50。馈源 10 辐射出的电磁波经超材料单元 20 折射后而散射于第一反射板 30 上,而散射于第一反射板 30 上的电磁波经由第一反射板 30 反射再次经超材料单元 20 折射而平行射出。

[0037] 在本实施方式中,所述馈源 10 设置于馈源支架 40 上,第二反射板 50 设置于馈源 10 的一侧,用于将馈源 10 产生的向后辐射电磁波反射至超材料单元 20 以提高馈源电磁波的利用率,即增强电磁波的信号强度。第二反射板 50 和第一反射板 30 均采用一光滑镜面,如金属镜面等。在其他实施方式中,馈源 10 置于超材料单元 20 和第一反射板 30 的等效焦点处,从而可以高效率地将超材料单元 20 折射的电磁波以平面波的形式全部反射回空间,以增加了定向天线的方向性。

[0038] 请参阅图 2,为本发明中超材料单元 20 一实施例立体结构示意图。超材料单元 20 由多片超材料层叠加形成,每一片超材料层包括片状基材 11 以及设置在片状基材 11 上的多个人造孔微结构 2。片状基材选用介电绝缘材料制成,包括但不限于陶瓷材料、高分子材料、铁电材料、铁氧材料或铁磁材料等。例如高分子材料可选用环氧树脂、聚四氟乙烯等相同性能的高分子材料。在本实施方式中,孔微结构 2 为圆柱体且采用模具冲压打孔工艺设置于每一片片状基材 11 上。每一片超材料层可划分为多个孔微结构单元(如图 3 所示)。

[0039] 上述超材料单元 20 基于电磁波折射汇聚透镜的原理设计而成的,首先介绍电磁波折射汇聚透镜设计方法:

[0040] 由超材料技术设计成的电磁波折射汇聚透镜对入射电磁波的折射率分布如图 4 所示,中心轴处的折射率为 n_1 ,以中心轴 AA' 与超材料单元的交点为圆心,随着半径的逐渐增加折射率逐渐变小,而且随着半径的增大,折射率的变化量逐渐增大,其中 $n_1 > n_2 > n_3 > \dots > n_p$, $(n_m - n_{m-1}) > (n_{m-1} - n_{m-2})$, m 为大于 3 小于等于 q 的自然数。

[0041] 如图 5 所示,由电磁波发射源 S 发出的电磁波经过由多片超材料片状基材叠加的电磁波折射汇聚透镜的汇聚后沿 $S1$ 方向平行传出时,偏折角 θ 与折射率的关系为: $\sin \theta = q \cdot \Delta n$ (参见 *Metamaterials: Theory, Design, and Applications*, Publisher: Springer, ISBN 1441905723, 75 页 -76 页),其中 q 是沿轴向排列的超材料基材厚度, Δn 表示相邻单元的折射率变化量,且 $0 < q \cdot \Delta n < 1$,由上述公式可知,电磁波折射汇聚透镜上相邻单元的折射率变化量大小相同时,对于传输到该位置的电磁波的偏折角相同,折射率变化量越大,偏折角越大。

[0042] 材料的折射率与其介电常数及磁导率存在如下关系: $n = k \sqrt{\epsilon \times u}$,其中 k 为比例系数, k 取值为正负 1, ϵ 为材料的介电常数, u 为材料的磁导率,通过对超材料空间中每一点的介电常数 ϵ 的精确设计,以实现电磁波透镜对电磁波的折射汇聚的功能。

[0043] 电磁波折射汇聚透镜的人造孔微结构 42 可以为任何规则或者不规则的立体几何形状,整个片状超材料划分为多个单元(包括该单元中的基材和附着在该单元基材上的人造孔微结构),每个单元都具有一个人造孔微结构,每一个单元都会对响应电磁波,从而影响电磁波在其中的传输,每个单元的尺寸取决于需要响应的电磁波,通常为所需响应的电磁波波长的十分之一,否则空间中包含人造孔微结构单元所组成的排列在空间中对电磁波的响应不能被视为连续。

[0044] 在片状基材选定的情况下,可以通过调整人造孔微结构的形状、大小以调整超材料上各处的等效介电常数各处来改变其等效折射率。当人造孔微结构采用相同的几何形状时,某处人造孔微结构的尺寸越大,则该处的等效介电常数越小,折射率也越小。在本实施例采用的人造孔微结构的剖面图案为圆形,片状基材上的中间区域上的人造孔微结构尺寸最小,则该处的等效介电常数最大,折射率也最大;人造孔微结构的尺寸由片状基材的中间区域向两端逐渐变大(如图 2 所示),所以片状基材折射率分布如图 4 所示。因此片状基材的等效介电常数由中间区域向两端逐渐变小,中间的等效介电常数及等效磁导率最大,因而片状基材的折射率从中间区域向两端逐渐变小,中间部分的折射率最大。在其他实施方式中,如图 6 所示,当人造孔微结构尺寸大小相同时,其排布密度由片状基材的中间区域向四周逐渐变密,从而使片状基材产生的折射率分布如图 5 所示。根据上述电磁波折射汇聚透镜的设计理论要求,当所述人造孔微结构 42 的尺寸相同且其内填充介质的介电常数逐

渐变小（如图 7 所示），也可达到折射率分布如图 4 所示的电磁波折射汇聚透镜。基于以上理论，利用人造孔微结构的形状、大小及密度之间的组合也可以设计出折射率分布如图 4 所示的电磁波折射汇聚透镜。

[0045] 为了得到折射率分布如图 4 所示电磁波折射汇聚透镜，通过计算机仿真和实验测试，先预选一个单元（包括该单元中的基材和附着在基材上具几何形状的人造孔微结构）作为中心处的单元，将若干单元（包含不同几何参数的人造孔微结构）响应发射源发出的电磁波的电磁特性进行测量，存储测量得到的电磁响应曲线，确定各种不同单元结构的等效介电常数以及等效磁导率并存在于一个数据库中；然后根据公式 $\sin \theta = q \cdot \Delta n$ ，对于不同的偏转角度，确定折射率的变化量，确定不同半径处的折射率，根据折射率与介电常数和磁导率的关系从数据库中选择符合条件的单元结构。

[0046] 超材料层的片状基材 41 上的每一人造孔微结构 42 形成一个单元，每个单元的等效介电常数 ϵ 与等效磁导率 μ 在片状基材 41 选定的情况下，改变人造孔微结构 42 的图案、尺寸和 / 或在空间中的排列，然后通过计算机建模和仿真而获本发明所需的电磁波折射汇聚透镜。

[0047] 在其他实施方式中，所述人造孔微结构 42 中也可填充有介质，包括但不限于空气、金属材料、橡胶、塑料及树脂材料等，只要能满足上述电磁波透镜的介电常数变化规律即可。通过填充其它电磁参数各异的材料，设计孔状微结构的位置、数量，以及填充材料的种类使得材料的电磁参数分布能够呈现出更复杂，更丰富的性态，从而满足我们对电磁波控制的各方面的要求。在本实施方式中，所述人造孔微结构的立体形状包括但不限于 42 圆柱孔、球形孔、方形孔、多面体孔或不规则形孔等。

[0048] 超材料可以对电场或者磁场，或者两者同时进行响应。对电场的响应取决于超材料的介电常数 ϵ ，而对磁场的响应取决于超材料的磁导率 μ 。通过对基材 41 空间中每一点的介电常数 ϵ 与磁导率 μ 的精确控制，我们可以实现通过超材料对电磁波的影响。因此，通过设计空间中排列的每个结构的特性，就可以设计出整个非均匀超材料在空间中每一点的电磁特性。这种电磁材料系统将会具有众多奇异特性，对电磁波的传播可以起到特殊的引导作用。

[0049] 孔微结构 42 与介质片状基材的等效介电常数 ϵ 与等效磁导率 μ 的选择方法为：

[0050] 第一步，通过计算机仿真和实验测试，对基材若干不同几何参数的单元结构（所述单元结构是指由一个孔状微结构及其周围空间的基材材料组成的晶格）在一定范围内的电磁特性进行测量，存储测量得到的电磁响应曲线，确定各种不同的单元结构之介电常数以及磁导率并存在于一个数据库中。

[0051] 第二步，根据需要的影响电磁波的效果确定相应的介电常数以及磁导率，存在一个数据库中。

[0052] 第三步，根据上述的介电常数以及磁导率从数据库中选择超材料相应点的单元结构。

[0053] 当然也可是其它已知的其它人造微结构。其中，所述孔微结构的立体几何形状包括但不限于圆柱体、球体、四面体或不规则立体几何形状。只要能满足对入射电磁波的电场矢量的两个正交分量都有电响应即可。

[0054] 通过上述方法设计出电磁波折射汇聚透镜，实现对电磁波折射汇聚的功能（如图

8所示),利用超材料片层叠加成电磁波折射汇聚透镜的厚度根据其孔微结构来确定的。

[0055] 为了进一步说明,请参考图 9,为本发明的超材料单元 20 对电磁波折射的示意图,其实物厚度为上述电磁波折射汇聚透镜的二分之一。当馈源 10 产生的电磁波经超材料单元 20 折射后,其在超材料单元 20 内折射偏折路径为 m ,折射偏折的电磁波散射于第一反射板 30 上并经第一反射板 30 反射再次经超材料单元 20 折射,其在超材料单元 20 内折射路径为 K 。根据电磁波折射汇聚透镜原理:因为折射路径 K 等同电磁波在电磁波折射汇聚透镜内折射路径 L ,因此电磁波经由第一反射板 30 反射再次经超材料单元 20 折射而平行射出。

[0056] 请参考图 10,为本发明的另一实施例定向天线结构示意图。将馈源 30 置于超材料的边缘处,故不会如第一实施例一中的馈源 10、馈源支架 40 及第二反射板 50 的阻挡来反射平行射出的平面波,使定向天线产生的平面波的信号更强。

[0057] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护之内。

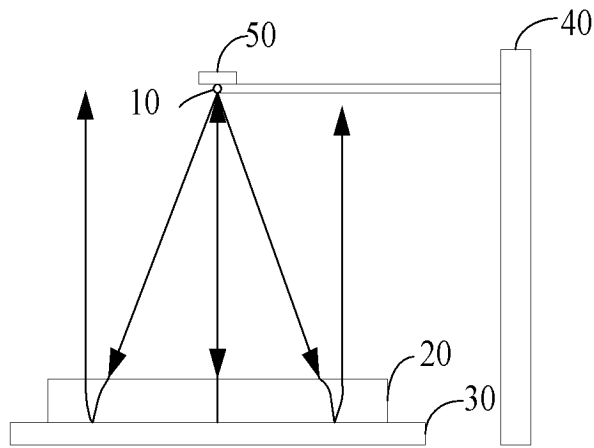


图 1

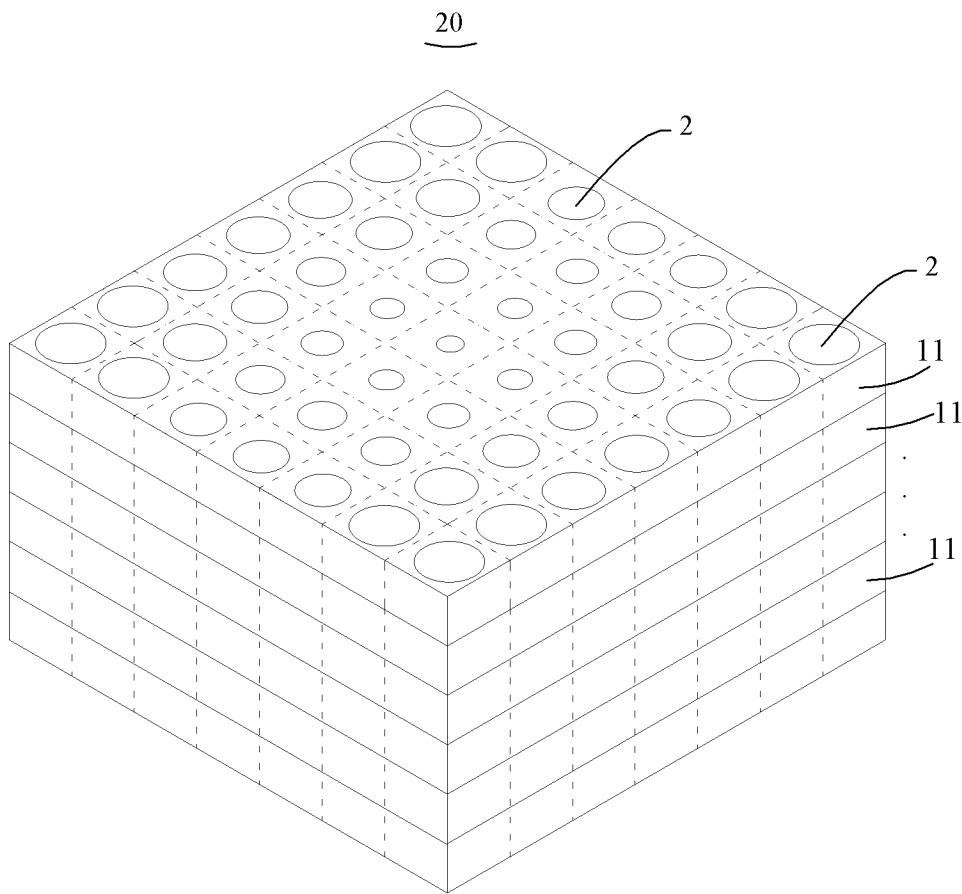


图 2

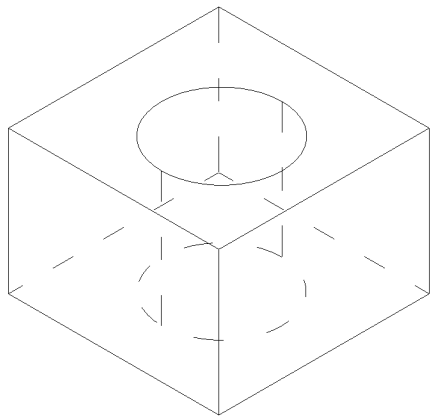


图 3

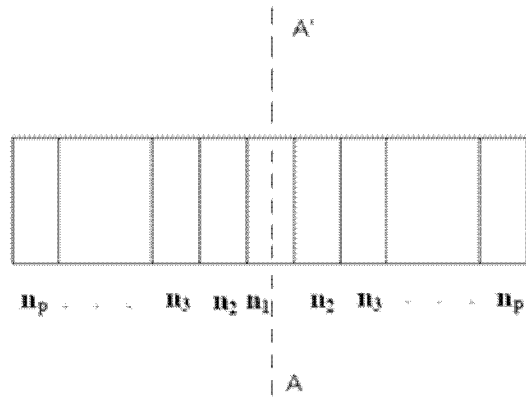


图 4

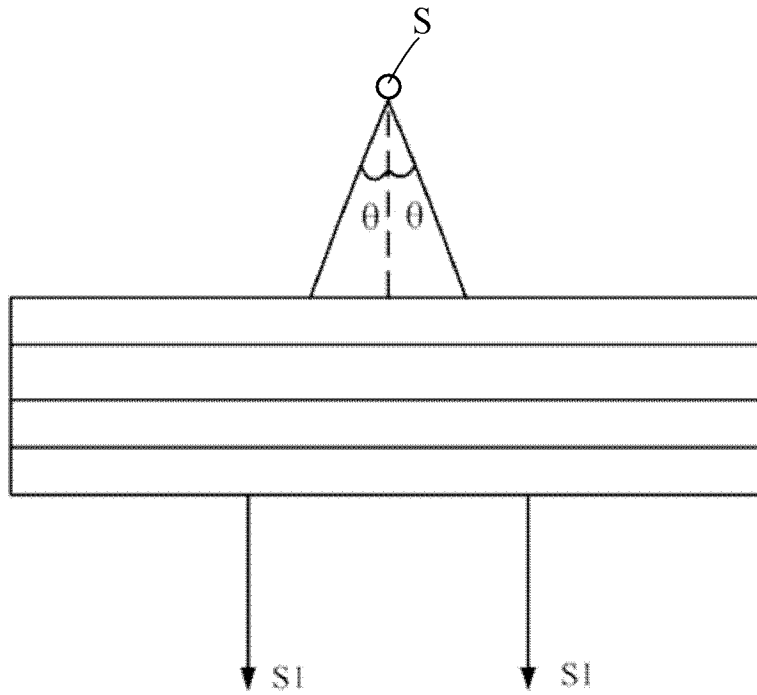


图 5

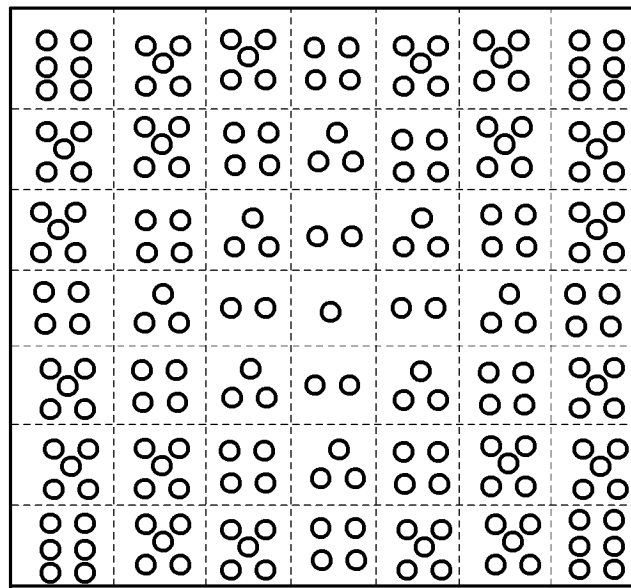


图 6

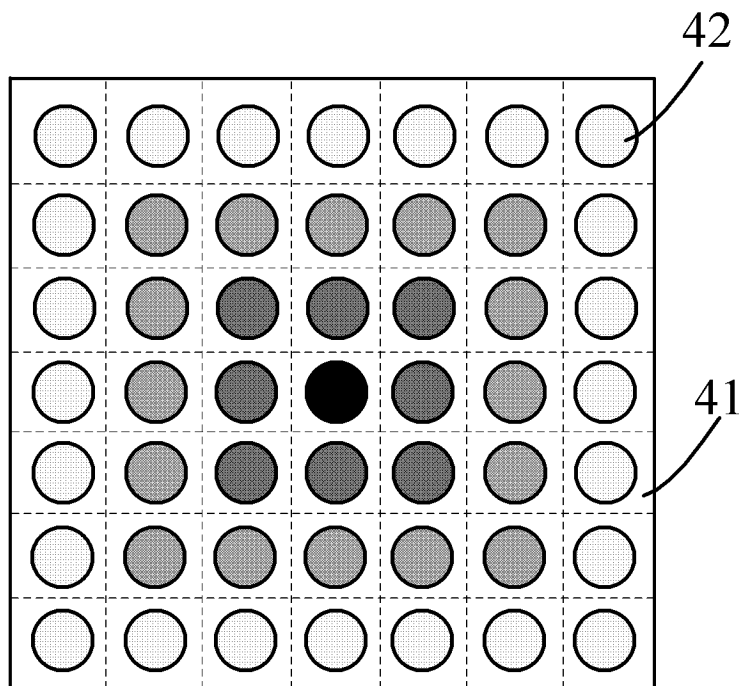


图 7

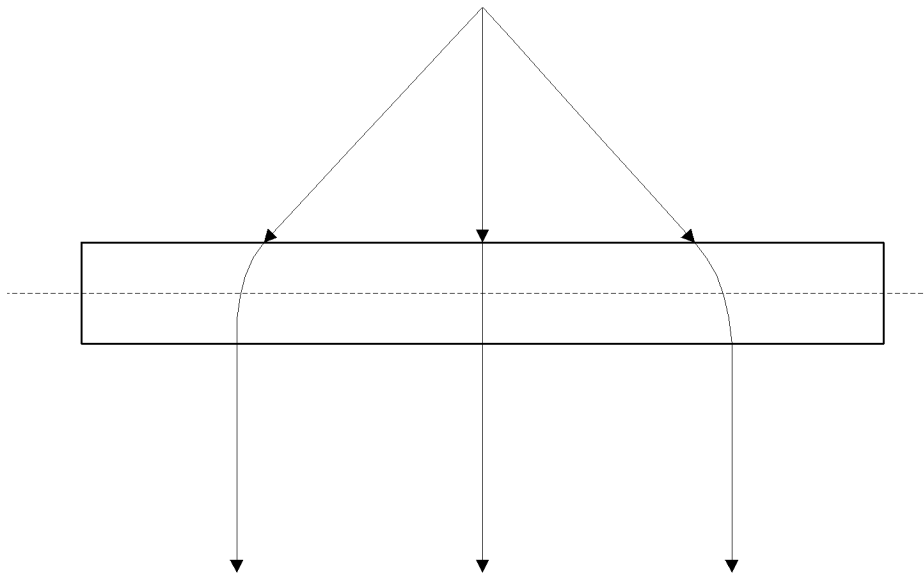


图 8

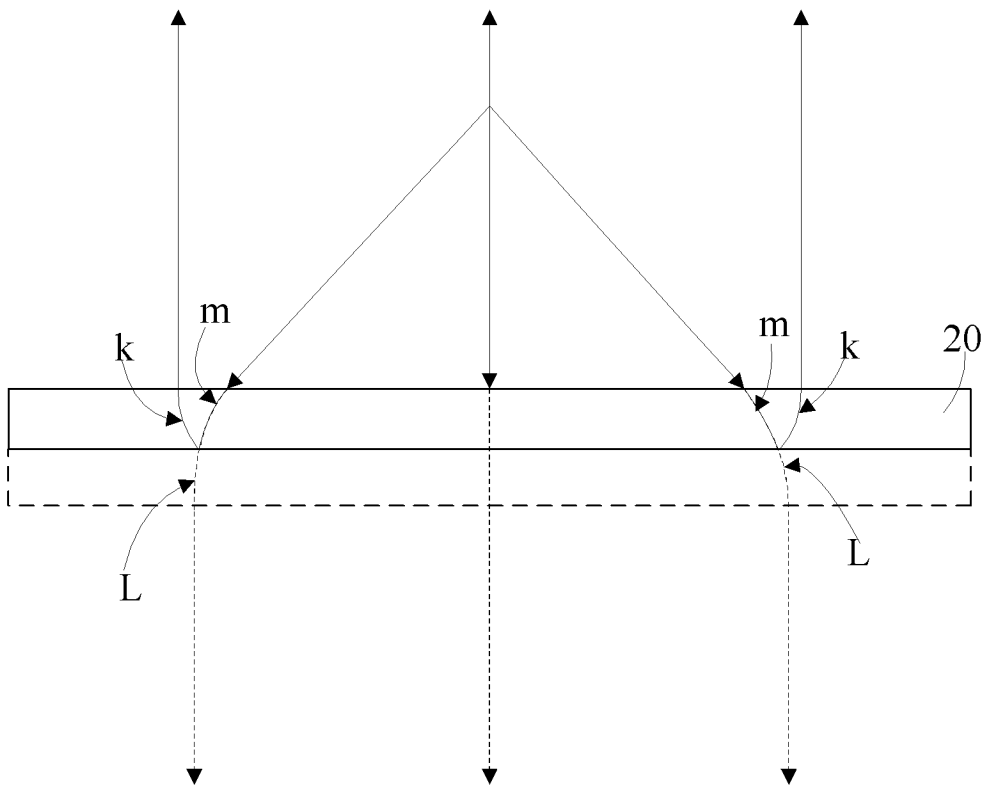


图 9

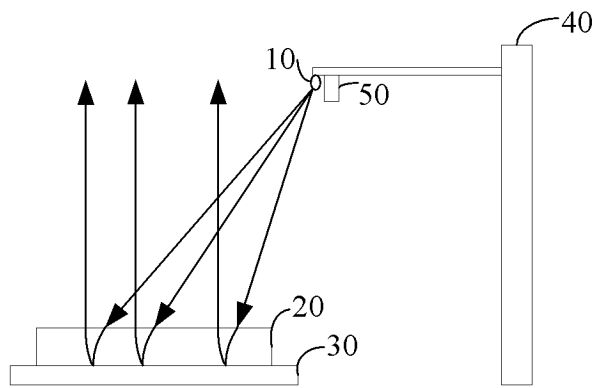


图 10