



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109768374 B

(45) 授权公告日 2021.10.22

(21) 申请号 201811613457.4

H01Q 1/50 (2006.01)

(22) 申请日 2018.12.27

H01Q 15/16 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 周璐

申请公布号 CN 109768374 A

(43) 申请公布日 2019.05.17

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 薛泉 张章 廖绍伟

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 黄海波

(51) Int.Cl.

H01Q 1/36 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

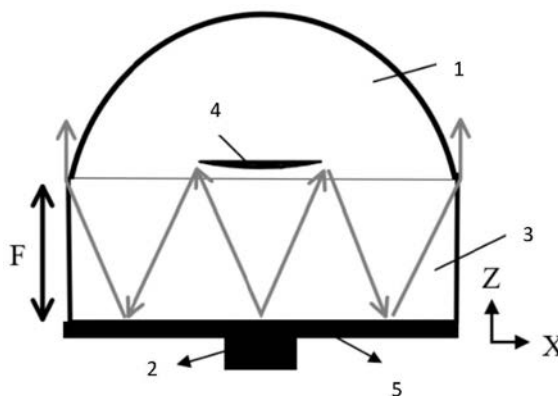
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种毫米波透镜天线

(57) 摘要

本发明公开了一种毫米波透镜天线,包括相对设置的透镜和馈源,还包括介质层和用于等效增加馈源到透镜之间距离以等效长焦距条件下实现对辐射电磁波相位校正的反射阵结构,所述的介质层设置在所述透镜和馈源之间,所述透镜的平面部与介质层相连接且直径相同,相对所述平面部的曲面部与所述介质层相背离;所述的反射阵结构包括居中设置在透镜和介质层之间且正对所述馈源的第一反射部、设置在所述馈源和介质层之间的第二反射部,所述第二反射部的中部居中设置有与所述馈源、第一反射面同轴的通孔。本发明结构简单易于加工,适合毫米波及亚毫米波段;在实现天线系统低剖面、结构紧凑的同时保证天线的高口径效率、高辐射效率、高增益。



1. 一种毫米波透镜天线,包括相对设置的透镜(1)和馈源(2),其特征在于:还包括介质层(3)和用于等效增加馈源到透镜之间距离以等效长焦距条件下实现对辐射电磁波相位校正的反射阵结构,所述的介质层(3)设置在所述透镜(1)和馈源(2)之间,所述透镜(1)的平面部与介质层(3)相连接且直径相同,相对所述平面部的曲面部与所述介质层(3)相背离;所述的反射阵结构包括居中设置在透镜(1)和介质层(3)之间且正对所述馈源(2)的第一反射部(4)、设置在所述馈源(2)和介质层(3)之间的第二反射部(5),所述第二反射部(5)的中部居中设置有与所述馈源(2)、第一反射部(4)同轴的通孔;所述第一反射部(4)和所述第二反射部(5)的材料为金属;所述的馈源(2)通过圆波导进行馈电,所述的圆波导内设置有与所述介质层(3)一体成型的渐变圆锥介质条(6)。

2. 根据权利要求1所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述第一反射部(4)朝向所述第二反射部(5)的反射面为平面反射面或曲面反射面。

3. 根据权利要求2所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述的曲面反射面为抛物曲面反射面。

4. 根据权利要求1所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述第一反射部(4)为圆形,其中心设置有直径为1.6mm-2.0mm小孔。

5. 根据权利要求4所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述第二反射部(5)为圆形,其直径与所述介质层(3)的直径相同且大于所述第一反射部(4)的直径。

6. 根据权利要求1所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述的透镜(1)为抛物面透镜,其对应的曲线公式为: $R = \frac{(n-1)(F+T)}{n-\cos\theta}$, 其中R为馈源到透镜曲面部任意点的距离,n为折射率,F为焦距,T为透镜的厚度, θ 为R矢量与中心轴线之间的夹角。

7. 根据权利要求1所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述的透镜(1)为菲涅尔分区透镜,所述菲涅尔分区透镜的分区半径公式为: $r_N = \sqrt{\frac{2FN\lambda_g}{P} + (\frac{N\lambda_g}{P})^2}$, 其中 λ_g 为介质层中的波长,F为焦距和透镜厚度之和,N为菲涅尔透镜分区数, $N=1,2,3,\dots$,P为正整数, λ/P 表示有 λ/P 的相位差校正,当 $P=2$,对应180度相位校正,即透镜为 $\lambda/2$ 相位校正菲涅尔透镜;当 $P=4$,对应90度相位校正,即透镜为 $\lambda/4$ 相位校正菲涅尔透镜;所述菲涅尔分区透镜的分区台阶的厚度d使电磁波在介质中的电长度比在空气中的电长度长出1/P倍的波长;对应的台阶厚度d满足公式为: $\frac{d}{\lambda_g} - \frac{d}{\lambda_o} = \frac{1}{P}$, 其中 λ_o 为自由空间中的波长。

8. 根据权利要求1所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述的金属包括铜、铝或铝合金。

9. 根据权利要求1~8任一项所述的毫米波透镜天线,其特征在于:所述的透镜(1)、介质层(3)、渐变圆锥介质条(6)的材料为聚四氟乙烯、聚苯乙烯或亚克力。

一种毫米波透镜天线

技术领域

[0001] 本发明涉及电子通信技术的天线领域,提供一种高口径效率高增益低剖面毫米波透镜天线。

背景技术

[0002] 低剖面、低成本、高增益是5G毫米波通信系统天线所应具备的三大要素。透镜天线由于其增益高、馈电网络简单、加工成本低等特点在毫米波及亚毫米波频段受到广大研究者的青睐。目前已有的公开方案中,[1]提出了一种用于毫米波雷达的高增益的W波段涅菲尔透镜天线,其透镜直径及焦距分别为130mm、70mm;[2]研究出了一种基于阵列馈电的77GHz低剖面透镜天线,透镜直径、焦距分别为75mm、45mm;[3]提出了一种毫米波段紧凑型的折叠涅菲尔透镜天线,其透镜直径124mm,焦距28mm。该类天线增益高,适用于5G毫米波点对点通信系统、雷达系统等。

[0003] [1]B.D.Nguyen,C.Migliaccio,Ch.Pichot,K.Yamamoto,and N.Yonemoto,IEEE.W-Band Fresnel Zone Plate Reflector for Helicopter Collision Avoidance Radar[J].IEEE transactions on antennas and propagation,VOL.55,NO.5,MAY 2007.

[0004] [2]Paul Hallbjörner,Zhongxia He,Student Member,IEEE,StaffanBruce,Member,IEEE,andShi Cheng,Member,IEEE.Low-Profile 77-GHz Lens Antenna With Array Feeder[J].IEEE antennas and wireless propagation letter,VOL.11,2012.

[0005] [3]Mohammad Reza DehghaniKodnoeih,Yoann Letestu,Ronan Sauleau.Compact Folded Fresnel Zone Plate Lens Antenna for mm-Wave Communications[J].IEEE Antennas and Wireless propagation letters,VOL.17,NO.5,MAY 2018.

[0006] 然而,上述公开方案存在如下缺点:

[0007] 1、上述[1]、[2]的透镜天线需物理焦距足够大的条件下,其透镜才能更好地对电磁辐射进行相位校正以得到较均匀的口径照射,以实现高增益,这样导致天线系统剖面高,不易于与平台集成共形;

[0008] 2、[3]方案虽然降低了透镜天线剖面,增益虽高,但口径效率和辐射效率低。

发明内容

[0009] 针对上述技术问题,本发明旨在提供一种低剖面、易于与平台集成共形、高增益、高口径效率、高辐射效率的毫米波透镜天线,

[0010] 本发明通过如下技术方案实现。

[0011] 一种毫米波透镜天线,包括相对设置的透镜和馈源,还包括介质层和用于等效增加馈源到透镜之间距离以等效长焦距条件下实现对辐射电磁波相位校正的反射阵结构,所述的介质层设置在所述透镜和馈源之间,所述透镜的平面部与介质层相连接且直径相同,相对所述平面部的曲面部与所述介质层相背离;所述的反射阵结构包括居中设置在透镜和介质层之间且正对所述馈源的第一反射部、设置在所述馈源和介质层之间的第二反射部,

所述第二反射部的中部居中设置有与所述馈源、第一反射面同轴的通孔。

[0012] 进一步地,所述第一反射部朝向所述第二反射部的反射面为平面反射面或曲面反射面。

[0013] 进一步地,所述的曲面反射面为抛物曲面反射面。

[0014] 进一步地,所述第一反射部为圆形,其中心设置有直径为1.6mm-2.0mm小孔,设置该小孔是为了减少反射面带来的口径堵塞,小孔尺寸与第一反射部尺寸及透镜尺寸有关,大于小于这个尺寸范围都会导致天线辐射增益和口径效率降低。

[0015] 进一步地,所述第二反射部为圆形,其直径与所述介质层的直径相同且大于所述第一反射部的直径。

[0016] 进一步地,所述第一反射部和所述第二反射部的材料为金属,所述的金属包括铜、铝或铝合金。

[0017] 进一步地,所述的透镜为抛物面透镜,其对应的曲线公式为: $R = \frac{(n-1)(F+T)}{n-\cos\theta}$, 其中R为馈源到透镜曲面部任意点的距离,n为折射率,F为焦距,T为透镜的厚度, θ 为R矢量与中心轴线之间的夹角。

[0018] 进一步地,所述的透镜1为菲涅尔分区透镜,所述菲涅尔分区透镜的分区半径公式

为: $r_N = \sqrt{\frac{2FN\lambda_g}{P} + \left(\frac{N\lambda_g}{P}\right)^2}$, 其中 λ_g 为介质层中的波长,F为焦距和透镜厚度之和,N为菲涅

尔透镜分区数, $N=1,2,3,\dots$,P为正整数, λ/P 表示有 λ/P 的相位差校正,当 $P=2$,对应180度相位校正,即透镜为 $\lambda/2$ 相位校正菲涅尔透镜;当 $P=4$,对应90度相位校正,即透镜为 $\lambda/4$ 相位校正菲涅尔透镜;无论电磁波是在自由空间还是介质中传播,所述菲涅尔分区透镜的分区台阶的厚度d使电磁波在介质中的电长度比在空气中的电长度长出1/P倍的波长;对应的

台阶厚度d满足公式为: $\frac{d}{\lambda_g} - \frac{d}{\lambda_0} = \frac{1}{P}$, 其中 λ_0 为自由空间中的波长。所述菲涅尔分区透镜进一步降低天线系统的剖面,同时减轻天线的体积和质量。

[0019] 进一步地,所述的馈源通过圆波导进行馈电,所述的圆波导内设置有与所述介质层一体成型的渐变圆锥介质条,实现阻抗匹配。

[0020] 进一步地,所述的透镜、介质层、渐变圆锥介质条的材料为聚四氟乙烯、聚苯乙烯或亚克力。

[0021] 与现有技术相比,本发明的优点如下:

[0022] 本发明结构简单易于加工,适合毫米波及亚毫米波段。通过反射阵列结构可以有效地保证透镜在大约三分之一的物理焦距高度位置对电磁辐射进行相位校正可得到较均匀的口径照射,实现透镜天线结构低剖面。在实现天线系统低剖面、结构紧凑的同时保证天线的高口径效率、高辐射效率、高增益。

附图说明

[0023] 图1为传统介质透镜天线结构示意图。

[0024] 图2为本发明实施例一中引入介质层后的透镜天线结构示意图。

[0025] 图3为本发明实施例一中进一步引入反射阵结构后的透镜天线结构示意图。

[0026] 图4为本发明实施例二的带有反射结构和菲涅尔分区透镜的透镜天线结构示意图。

[0027] 图5为本发明实施例三的由主结构和馈电结构组成的菲涅尔分区透镜天线结构安装示意图。

[0028] 图6为本发明实施例三的由主结构和馈电结构组成的菲涅尔分区透镜天线示意图。

[0029] 图7为60GHz透镜天线远场方向图($\phi=0$)。

[0030] 图8为60GHz透镜天线远场方向图($\phi=90$)。

[0031] 图中:1-透镜;2-馈源;3-介质层;4-第一反射部;5-第二反射部;6-渐变圆锥介质条。

具体实施方式

[0032] 下面通过具体实施例对本发明的目的作进一步详细地描述,实施例不能在此一一赘述,但本发明的实施方式并不因此限定于以下实施例。

[0033] 实施例一

[0034] 本实施例所设计的结构分为两部分,第一部分为透镜结构,第二部分为馈电结构,将两部分组装起来即得到天线整体结构。

[0035] 传统透镜天线如图1所示,它是一种高增益定向天线结构,需在馈源和凸透镜间距(即焦距)足够大的条件下,透镜才能更好地对电磁辐射进行相位校正以得到较均匀的口径照射,实现高增益。

[0036] 如图3所示,一种毫米波透镜天线,包括相对设置的透镜1和馈源2,还包括介质层3和用于等效增加馈源到透镜之间距离以等效长焦距条件下实现对辐射电磁波相位校正的反射阵结构,所述的介质层3设置在所述透镜1和馈源2之间,所述透镜1采用现有球面透镜,将透镜1翻转180度,其平面部与介质层3相连接且直径相同,相对所述平面部的曲面部与所述介质层3相背离;所述的反射阵结构包括居中设置在透镜1和介质层3之间且正对所述馈源2的第一反射部4、设置在所述馈源2和介质层3之间的第二反射部5,所述第二反射部5的中部居中设置有与所述馈源2、第一反射面4同轴的通孔。

[0037] 另外,所述第一反射部4为圆形,其中心设置有了减少反射面带来的口径堵塞的小孔,本实施例中,所述小孔的直径为1.8mm,小孔尺寸与第一反射部尺寸及透镜尺寸有关,过大或过小都会导致天线辐射增益和口径效率降低。所述第二反射部5为圆形,其直径与所述介质层3的直径相同且大于所述第一反射部4的直径。

[0038] 所述第一反射部4朝向所述第二反射部5的反射面为平面反射面或曲面反射面,本实施例采用抛物曲面反射面。

[0039] 所述第一反射部4和所述第二反射部5的材料为金属铜、铝、或铝合金。

[0040] 所述的透镜1、介质层3的材料为介电常数2.1、损耗切角0.001的聚四氟乙烯。

[0041] 本实施例中,所述的馈源2通过圆波导进行馈电,同时将馈源2与透镜1中间的空气部分设置为介质层3,以减少电磁波的反射,实现高口径效率,为以后进行透镜封装天线相关工作打下基础。基于这种天线结构,提出一种实现高口径效率、低剖面、高增益的毫米波透镜天线结构。

[0042] 图1中透镜1对应的曲线公式为: $R = \frac{(n-1)F}{n \cos \theta - 1}$, 其中, R为馈源2点到透镜1左侧曲面的距离, n为折射率, F为焦距。图1中馈源2与透镜1中间的空气在图2中由介质层3替代, 因此由几何光学中的射径的电 (或光) 长度等同性原理推导出图2中透镜1对应曲线公式为:

$R = \frac{(n-1)(F+T)}{n - \cos \theta}$, 其中R为馈源点到透镜右侧曲面任意点的距离, F为焦距, T为透镜的厚度。

另外反射阵中的反射双曲面方程是参照透镜的曲面方程设计, 改变曲面曲率进行仿真优化。

[0043] 实施例二

[0044] 本实施例与实施例一的区别在于:

[0045] 如图4所示, 所述的透镜1为菲涅尔分区透镜, 所述菲涅尔分区透镜的分区半径公

式为: $r_N = \sqrt{\frac{2FN\lambda_g}{P} + \left(\frac{N\lambda_g}{P}\right)^2}$, 其中 λ_g 为介质层中的波长, F为焦距和透镜厚度之和, N为菲

涅尔透镜分区数, $N=1, 2, 3, \dots$, P为正整数, λ/P 表示 λ/P 的相位差校正, 当 $P=2$, 对应180度相位校正, 即 $\lambda/2$ 相位校正菲涅尔透镜; 当 $P=4$, 对应90度相位校正, 即 $\lambda/4$ 相位校正菲涅尔透镜; 无论电磁波是在自由空间还是介质中传播, 所述菲涅尔分区透镜的分区台阶的厚度d使电磁波在介质中的电长度比在空气中的电长度长出 $1/P$ 倍的波长; 对应的台阶厚度d满足

公式为: $\frac{d}{\lambda_g} - \frac{d}{\lambda_0} = \frac{1}{P}$, 其中 λ_0 为自由空间中的波长。

[0046] 其中图4为透镜为 λ 相位校正菲涅尔透镜。透镜也可采用 $\lambda/2$ 、 $\lambda/4$ 相位校正菲涅尔透镜, 天线结构会更加紧凑, 加工更为简单; 透镜1与介质层3一致采用介电常数2.1、损耗切角0.001的聚四氟乙烯介质材料。最后优化模型透镜直径D为35mm, 焦距F为22mm, 总高度为36mm。本实施例中所述菲涅尔分区透镜进一步降低天线系统的剖面高度, 同时减轻天线的质量。

[0047] 实施例三

[0048] 本实施例与实施例二的区别在于:

[0049] 如图5和图6所示, 所述的馈源2通过圆波导进行馈电的同时, 所述的圆波导内设置有与所述介质层3一体成型的渐变圆锥介质条6, 因为若圆波导内为空气时, 当馈源2发射的电磁波由空气进入到所述介质层3时, 由于两者阻抗不同, 将导致能量反射, 通过设置聚四氟乙烯材料的渐变圆锥介质条6, 实现阻抗匹配, 达到降低反射损耗的目的。另外, 该渐变圆锥介质条6同样可以用在实施例一的圆波导中。

[0050] 上述实施例中, 将主结构与馈电结构组合起来, 就得到所需的透镜天线, 如图6所示。如图7和图8所示, 上述实施例仿真所得60GHz时的增益达30dBi, 对应的口径效率为51%、辐射效率为90%。

[0051] 相比现有的技术, 本发明具有如下优势:

[0052] 1、低剖面, 易于与平台集成共形;

[0053] 2、峰值增益大于29.5dBi;

[0054] 3、口径效率大于45%, 辐射效率大于80%;

[0055] 本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例, 而并非是对本发明

的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

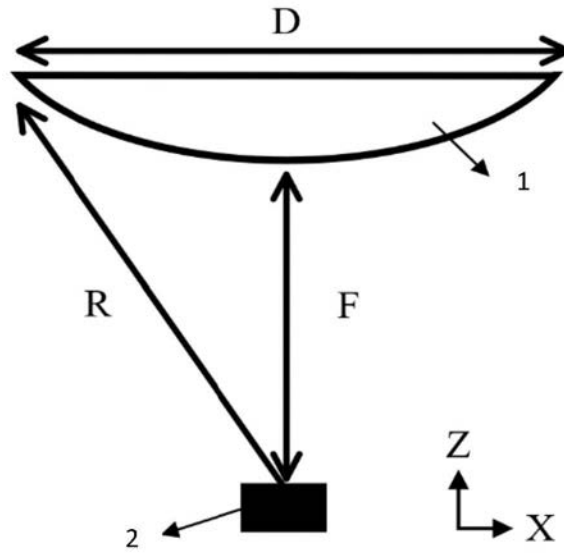


图1

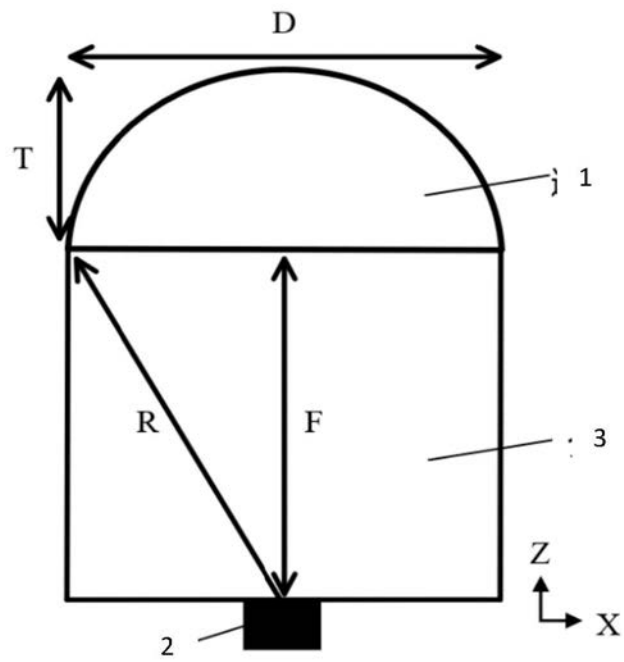


图2

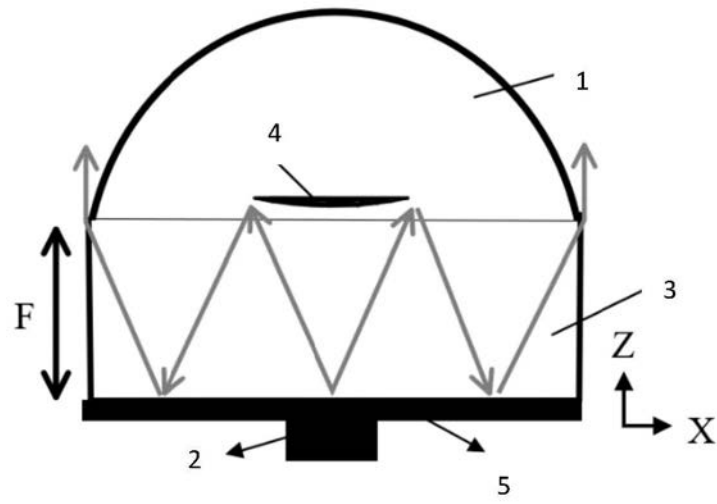


图3

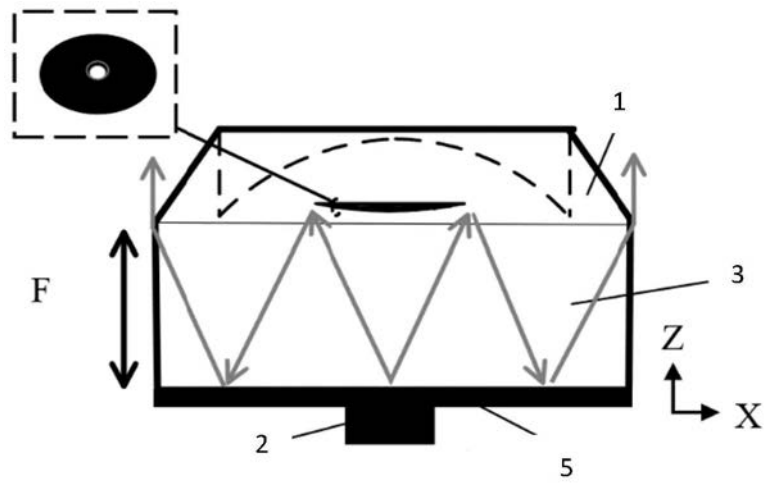


图4

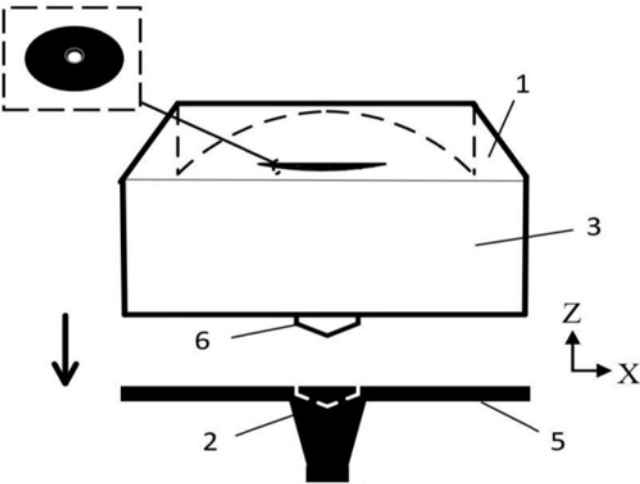


图5

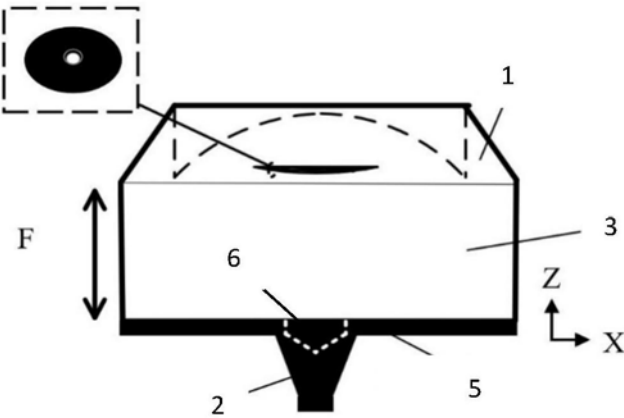


图6

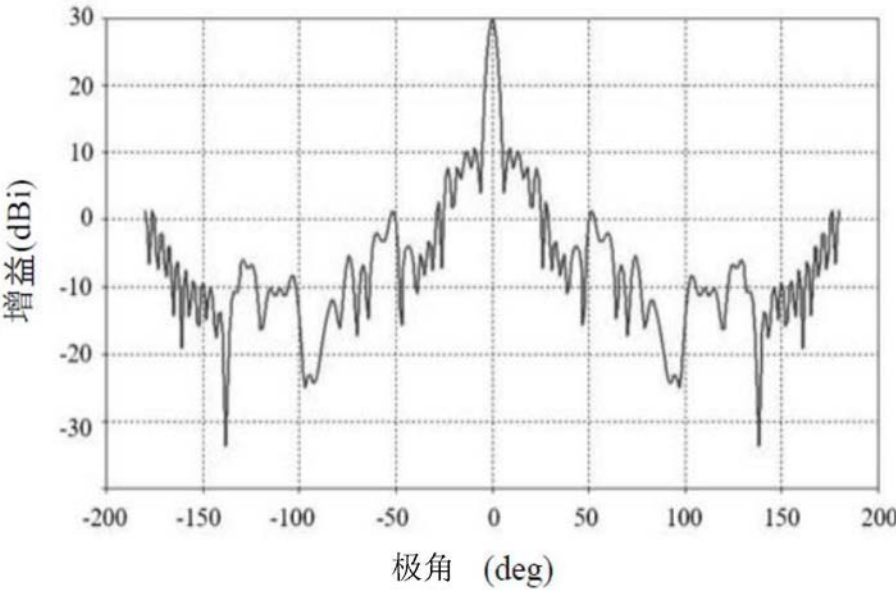


图7

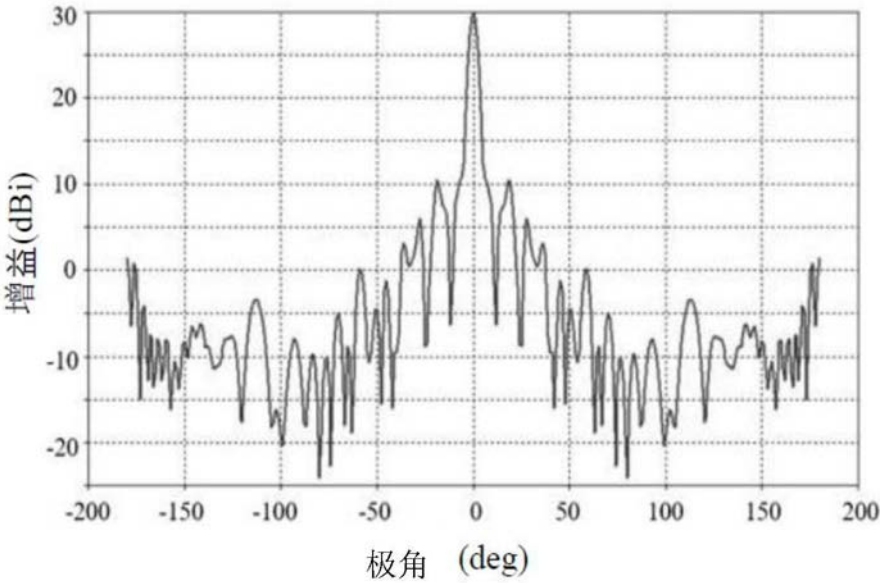


图8