(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 113571893 B
(45)授权公告日 2021.12.14

(21)申请号 202111118032.8
(22)申请日 2021.09.24
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113571893 A
(43)申请公布日 2021.10.29
(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
专利权人 人工智能与数字经济广东省实验室(广州)
(72)发明人 冯文杰 程俊淇 施永荣 倪啸宇 伍文斌 车文荃 薛泉
(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245
代理人 王东东
(51)Int.Cl.
H01Q 1/38(2006.01)
H01Q 1/50(2006.01)
H01Q 21/00(2006.01)
H01Q 21/06(2006.01)
(56)对比文件
US 2004119646 A1,2004.06.24
CN 112382853 A,2021.02.19
CN 106537682 A,2017.03.22
审查员 敖杰峰

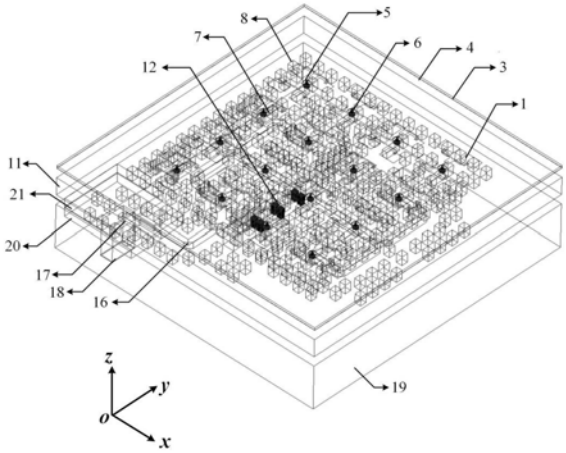
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种高效率滤波天线阵列及通信设备

(57)摘要

本发明公开了一种高效率滤波天线阵列及通信设备，包括至少一个天线阵列，每个天线阵列包括上中下三层，上层设置辐射层，中间层设置脊间隙波导馈电网络层及下层设置脊间隙波导滤波馈电网络层。本发明将滤波结构与馈电网络结合，实现了紧凑的滤波馈电网络形式，整个天线阵列体积小，集成度高，馈电网络实现了带通滤波特性，在通带内实现了高天线增益和辐射效率。



CN 113571893 B

1.一种高效率滤波天线阵列，其特征在于，包括至少一个天线阵列，所述天线阵列包括上中下三层：

上层设置辐射层，包括介质基板，所述介质基板的上表面设置呈阵列排布的N个天线单元，每个天线单元包括2×2个矩形微带贴片，具有一分四结构的微带线分别与四个矩形微带贴片连接，进行等幅同相馈电，所述介质基板的下表面设置金属地板，金属地板设置N个金属通孔；

中间层设置脊间隙波导馈电网络层，包括金属顶板及与天线单元个数相同的金属探针及短金属脊，所述金属顶板的上表面设置短金属脊，所述短金属脊通过设置在其上方的金属探针穿过金属通孔与具有一分四结构的微带线连接；

下层设置脊间隙波导滤波馈电网络层，包括带有WR-22波导口的金属底板及设置在金属顶板下表面的矩形耦合孔、第一矩形槽及第二矩形槽，所述第二矩形槽内设置调节销钉构成带通滤波器，在第二矩形槽的两侧对称设置金属脊，金属脊经过变换得到T型功分结，所述T型功分结的末端与水平阶梯金属脊连接，电磁波能量从WR-22波导口通过垂直阶梯金属脊转换结构耦合到水平阶梯金属脊末端，水平阶梯金属脊位于矩形耦合孔的正下方，然后通过矩形耦合孔形成等幅反相的两路电磁波耦合到短金属脊，进一步耦合到具有一分四结构的微带线。

2.根据权利要求1所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，所述垂直阶梯金属脊转换结构包括转换金属脊、过渡金属脊及垂直阶梯金属脊，所述垂直阶梯金属脊及WR-22波导口设置金属底板的凹槽内，电磁波从WR-22波导口耦合到垂直阶梯金属脊，在垂直阶梯金属脊的末端过渡到转换金属脊的前端，然后电磁波在转换金属脊的末端通过过渡金属脊耦合到第一矩形槽，实现电磁波从金属底板到金属顶板的过渡。

3.根据权利要求1所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，所述金属顶板设置周期排布的金属销钉，金属销钉将金属顶板划分为四个矩形区域，每个矩形区域的中心设置一个矩形耦合孔。

4.根据权利要求1-3任一项所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，所述第二矩形槽设置三对调节销钉，分别位于第二矩形槽内的前端、中间及后端，所述调节销钉的高度与第二矩形槽的深度相等，所述第二矩形槽的深度小于第一矩形槽。

5.根据权利要求2所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，矩形耦合孔、第一矩形槽及第二矩形槽、金属脊和转换金属脊的周围被金属销钉围绕。

6.根据权利要求2所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，所述垂直阶梯金属脊的末端宽度大于前端，垂直阶梯金属脊的前端呈不同高度的阶梯状。

7.根据权利要求1所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，所述金属脊为两条，T型功分结为两个，两个T型功分结分别与四个水平阶梯金属脊连接，水平阶梯金属脊的末端位于矩形耦合孔的正下方，四个水平阶梯金属脊关于第二矩形槽中轴线呈对称分布，水平阶梯金属脊由不同宽度的金属脊拼接构成。

8.根据权利要求5所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，围绕在短金属脊周围的金属销钉低于短金属脊的高度，且金属销钉与金属地板之间存在0.15-0.25mm的空气间隙。

9.根据权利要求2所述的高效率滤波天线阵列，其特征在于，所述转换金属脊的末端深入到第一矩形槽中构成过渡金属脊，所述转换金属脊的前端宽度大于后端。

10.一种通信设备，其特征在于，包括如权利要求1-9任一项所述的高效率滤波天线阵列。

一种高效率滤波天线阵列及通信设备

技术领域

[0001] 本发明涉及毫米波集成天线阵列，具体涉及一种高效率滤波天线阵列及通信设备。

背景技术

[0002] 通信系统的快速发展，人们对高性能、小型化、集成度高的设备需求不断增长。天线作为通信系统的收发组件，高增益小型化一直是学者关注的热点。通信设备中，滤波器也是不可或缺的组件。将滤波器和天线阵列集成在一起，可以缩小了通信设备的尺寸。近年来，由于间隙波导技术具有良好的传输性能，插入损耗低和加工装配简单，受到人们广泛关注。基于间隙波导技术的馈电网络被广泛用于天线阵列的设计中。

[0003] 在文献1(A. Vosoogh, M. S. Sorkherizi, A. U. Zaman, J. Yang and A. A. Kishk, "An Integrated Ka-Band Diplexer-Antenna Array Module Based on Gap Waveguide Technology With Simple Mechanical Assembly and No Electrical Contact Requirements," in IEEE Trans. Microw. Theory Tech, vol. 66, no. 2, pp. 962-972, Feb. 2018.)中记载，间隙波导技术最早由P. S. Kildal 教授提出，间隙波导包括脊间隙波导、槽间隙波导和微带间隙波导技术。由于脊间隙波导技术可以传播TEM模，所以应用范围更加广泛。脊间隙波导包括互相平行的上下两层金属板，一块金属板表面光滑，另一块金属板上布有金属脊线和围绕在金属脊线周围的金属销钉，表面光滑的金属板在金属脊线和金属销钉的上方，且间隔一定距离的空气间隙。电磁波在空气间隙中传播，降低了传输损耗，而且由于不需要良好的电接触，加工简单且方便装配。

[0004] 由于传统的波导滤波器体积庞大，加工难度大且不利于集成，基于槽间隙波导技术的滤波器开始被研究，例如文献2(Rezaee, M., A. U. Zaman , and P. S. Kildal, "A groove gap waveguide iris filter for V-band application." 2015 23rd Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE) IEEE, 2015.)记载槽间隙波导可以传播TE_{10}模，与矩形波导的传播模式相同，所以可以代替传统的矩形波导用于滤波器结构的设计。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术存在的缺点与不足，本发明的首要目的是提供一种高效率滤波天线阵列，具体采用脊间隙波导的毫米低损耗馈电网络，降低了传输损耗，而且将基于槽间隙波导的功分滤波网络与脊间隙波导馈电网络级联，缩小了滤波天线阵列的整体尺寸；采用上下两层馈电网络结构，避免了复杂的单层馈电网络的，缩小了天线阵列的平面尺寸，提高天线阵列的辐射效率。

[0006] 本发明的另一个目的是提供一种通信设备。

[0007] 本发明采用如下技术方案：

[0008] 一种高效率滤波天线阵列，包括至少一个天线阵列，所述天线阵列包括上中下三

层：

[0009] 上层设置辐射层，包括介质基板，所述介质基板的上表面设置呈阵列排布的N个天线单元，每个天线单元包括2×2个矩形微带贴片，具有一分四结构的微带线分别与四个矩形微带贴片连接，进行等幅同相馈电，所述介质基板的下表面设置金属地板，金属地板设置N个金属通孔；

[0010] 中间层设置脊间隙波导馈电网络层，包括金属顶板及与天线单元个数相同的金属探针及短金属脊，所述金属顶板的上表面设置短金属脊，所述短金属脊通过设置在其上方的金属探针，穿过金属通孔与具有一分四结构的微带线连接；

[0011] 下层设置脊间隙波导滤波馈电网络层，包括带有WR-22波导口的金属底板及设置在金属顶板下表面的矩形耦合孔、第一矩形槽及第二矩形槽，所述第二矩形槽内设置调节销钉构成带通滤波器，在第二矩形槽的两侧对称设置金属脊，金属脊经过变换得到T型功分结，所述T型功分结的末端与水平阶梯金属脊连接，电磁波能量从WR-22波导口通过垂直阶梯金属脊转换结构耦合到水平阶梯金属脊末端，水平阶梯金属脊位于矩形耦合孔的正下方，然后通过矩形耦合孔形成等幅反相的两路电磁波耦合到四个短金属脊，进一步耦合到具有一分四结构的微带线。

[0012] 进一步，所述垂直阶梯金属脊转换结构包括转换金属脊、过渡金属脊及垂直阶梯金属脊，所述垂直阶梯金属脊及WR-22波导口设置金属底板的凹槽内，电磁波从WR-22波导口耦合到垂直阶梯金属脊，在垂直阶梯金属脊的末端过渡到转换金属脊的前端，然后电磁波在转换金属脊的末端通过过渡金属脊耦合到第一矩形槽，实现电磁波从金属底板到金属顶板的过渡。

[0013] 进一步，所述金属顶板设置周期排布的金属销钉，金属销钉将金属顶板划分为四个矩形区域，每个矩形区域的中心设置一个矩形耦合孔。

[0014] 进一步，所述第二矩形槽设置三对调节销钉，分别位于第二矩形槽内的前端、中间及后端，所述调节销钉的高度与第二矩形槽的深度相等，所述第二矩形槽的深度小于第一矩形槽。

[0015] 进一步，所述矩形耦合孔、第一矩形槽及第二矩形槽、金属脊和转换金属脊的周围被金属销钉围绕。

[0016] 进一步，所述垂直阶梯金属脊的末端宽度大于前端，垂直阶梯金属脊的前端呈不同高度的阶梯状。

[0017] 进一步，所述水平阶梯金属脊的末端位于矩形耦合孔的正下方，四个水平阶梯金属脊关于第二矩形槽中轴线呈对称分布，水平阶梯金属脊由不同宽度的金属脊拼接构成。

[0018] 进一步，所述围绕在短金属脊周围的金属销钉低于短金属脊的高度，且金属销钉与金属地板之间存在0.15-0.25mm的空气间隙。

[0019] 进一步，所述转换金属脊的末端深入到第一矩形槽中构成过渡金属脊，所述转换金属脊的前端宽度大于后端。

[0020] 一种通信设备，包括所述的高效率滤波天线阵列。

[0021] 本天线阵列电磁波能量的传输过程如下：

[0022] 天线阵列通过金属底板上的WR-22波导口馈电，通过WR-22波导口与脊间隙波导的垂直阶梯金属脊，能量从WR-22波导口耦合到脊间隙波导中，然后通过转换金属脊，将金属

底板金属脊的能量耦合到金属顶板下表面的金属脊，分散排布的金属销钉围绕在金属脊周围，以防止电磁波的泄露。金属顶板下表面的转换金属脊耦合到第一矩形槽前端中，形成过渡金属脊，电磁波通过过渡金属脊，电磁波的传播模式从TEM模转换为TE_{10}模。在第二矩形槽中排布三对周期性的调节销钉，可以形成滤波结构，第二矩形槽和三对调节销钉构成34-36GHz的带通滤波器。在第二矩形槽末端的两侧，布有对称排布的两条金属脊，电磁波从第二矩形槽中的TE_{10}模又转变为TEM模式。两条金属脊通过尺寸变换和分支，形成两个T型功分结，T型功分结将能量等幅同相的分为两路。四路金属脊的末端与四个水平阶梯金属脊相接，水平阶梯金属脊位于矩形耦合孔的正下方，电磁波能量在水平阶梯金属脊的末端通过矩形耦合孔耦合到金属顶板的上表面，也就是中间层的馈电网络中。

[0023] 在中间层馈电网络中，金属销钉将金属顶板的上表面划分为对称分布的四部分，每一个矩形耦合孔位于每一部分的中心位置，电磁波在四个矩形耦合孔中的幅度和相位都相同，电磁波从矩形耦合孔的宽边向两边传播，形成等幅反相的两路电磁波，然后耦合到四个短金属脊，宽边两侧的同侧两个短金属脊的能量相位和幅度相同，不同侧的短金属脊幅度相同而相位不同。在16个短金属脊末端，电磁波通过在金属脊末端上方的金属探针，金属探针穿过金属地板的金属通孔和介质基板，将能量耦合到微带线上，通过等幅同相的一分四微带功分器，电磁波在四个矩形微带贴片上能量和大小都相同，但是由于电磁波在不同位置的短金属脊末端的幅度相同而相位相反，其中八个短金属脊末端的电磁波相位与另外八个短金属脊末端的电磁波相位相反，所以通过调整八个微带线的方向，即旋转180度，以实现所有矩形微带贴片上的电磁波幅度和相位相同。整个天线阵列共包含64个矩形微带贴片，被微带线相连的四个矩形微带贴片和连接他们的微带线构成一个2×2天线子阵，16个2×2天线子阵由16个位于短金属脊末端的金属探针馈电，整个天线阵通过底部的WR-22波导口馈电。

[0024] 本发明的有益效果：

[0025] (1)本发明天线阵列下层馈电网络采用脊间隙波导技术，降低了传输损耗，而且馈电网络与滤波网络级联，使得馈电网络结构紧凑且带有滤波性能；

[0026] (2)本发明中间层采用脊间隙波导的一分四馈电网络，在短金属脊末端的上方布有金属探针给上层的天线单元馈电，降低了馈电网络的复杂程度，缩小了天线阵列的平面面积；

[0027] (3)本发明上层采用矩形微带贴片作为天线的基本辐射单元，降低了天线阵的剖面尺寸和重量，使得整个天线阵的通带范围是34-36GHz，带外抑制性能良好，天线阵列增益在通带范围内达到了25dBi，峰值增益25.4dBi，辐射效率大于80%。

附图说明

[0028] 图1是本发明高效率滤波天线阵列的结构示意图；

[0029] 图2是本发明2×2个矩形微带贴片的结构示意图；

[0030] 图3是本发明中间层的脊间隙波导馈电网络层的结构示意图；

[0031] 图4是图3的俯视图；

[0032] 图5是本发明脊间隙波导馈电网络层的结构示意图；

[0033] 图6是图5的俯视图；

[0034] 图7是图1的侧视图；

[0035] 图8是本发明实施例1的反射参数和增益曲线图；

[0036] 图9是本发明实施例1在35GHz处的E面主极化方向图；

[0037] 图10是本发明实施例1在35GHz处的E面交叉极化方向图；

[0038] 图11是本发明实施例1在35GHz处的H面主极化方向图；

[0039] 图12是本发明实施例1在35GHz处的H面交叉极化方向图。

具体实施方式

[0040] 下面结合实施例及附图，对本发明作进一步地详细说明，但本发明的实施方式不限于此。

[0041] 实施例1

[0042] 如图1-图6所示，一种高效率滤波天线阵列，主要是基于脊间隙波导的毫米波高增益滤波微带天线阵列，包括至少一个天线阵列，每个天线阵列包括一层辐射层和两层馈电网络层，具体结构如下：

[0043] 最上层是辐射层，包括介质基板3，所述介质基板的上表面设置呈阵列排布的N个天线单元，本实施例中包括2×8个天线单元，每个天线单元包括2×2个矩形微带贴片1，四个矩形微带贴片分别与具有一分四结构的微带线连接构成天线子阵，微带线为四个矩形微带贴片等幅同相馈电。所述介质基板的下表面设置金属地板4，所述金属地板4设置与天线单元个数相等的，且呈周期排布的金属通孔5，所述金属通孔5与天线单元一一对应，本实施例金属通孔5为16个尺寸相等的金属通孔。

[0044] 中间层设置脊间隙波导馈电网络层，包括金属顶板11，所述金属顶板上表面设置与天线单元个数相等的16个短金属脊7，所述短金属脊的上方设置与天线单元个数相等的16个金属探针6，所述金属探针6穿过金属通孔5与具有一分四结构的微带线连接，每个短金属脊的周围均匀设置金属销钉8，并且短金属脊7及金属销钉设置在金属顶板11的上表面，采用探针形式馈电，实现脊间隙波导馈电网络与微带天线的结合。

[0045] 为了实现更好的匹配，所述短金属脊的高度比金属销钉的高度低，金属销钉8与金属地板4之间存在0.15～0.25mm的空气间隙。

[0046] 最下层设置脊间隙波导馈电网络层，包括加工在金属顶板11下表面的第一矩形槽10-1、第二矩形槽10-2及四个矩形耦合孔9，四个矩形耦合孔9贯穿金属顶板11，第一及第二矩形槽采用首尾相接形式，四个矩形耦合孔以两个矩形槽的中轴线呈对称分布。在每个矩形耦合孔的周围分布四条短金属脊，四个短金属脊关于矩形耦合孔的中心呈对称分布。

[0047] 进一步，四个矩形耦合孔尺寸相等且间隔距离相等，周期排布的金属销钉将金属顶板的上表面划分为四个矩形区域，四个矩形耦合孔分别位于四个矩形区域的中心位置。由于深度影响阻抗值，为了实现最佳阻抗匹配，第一矩形槽的深度大于第二矩形槽的深度，但都小于金属顶板的厚度。

[0048] 为了构成34-36GHz的带通滤波器，第二矩形槽内周期性设置三对调节销钉形成滤波结构，分布在第二矩形槽内的前端、中间端及末端。所述调节销钉的高度与第二矩形槽的深度相等，两个为一组紧贴第二矩形槽的内壁，间隔距离相等。

[0049] 所述金属顶板11的下表面设置金属脊13，所述金属脊为两条，对称设置在第二矩

形槽10-2的两侧，具体设置在末端，金属脊通过尺寸变换和分支形成T型功分结14，金属脊的周围设置金属销钉，馈电网络共包括两个T型功分结14，将两条金属脊13分成4路，T型功分结的末端与水平阶梯金属脊15相连，水平阶梯金属脊15位于矩形耦合孔9的正下方，转换金属脊16加工在金属顶板11的下表面，转换金属脊16的末端伸入到第一矩形槽内形成过渡金属脊22，转换金属脊16的前端与垂直阶梯金属脊17的末端上下对齐，垂直阶梯金属脊17的前端位于WR-22波导口18的正上方，垂直阶梯金属脊17和WR-22波导口18都加工在金属底板19上的凹槽20内，垂直阶梯金属脊17前端的正上方是位于转换金属脊16的前端连接的金属盖板21，金属盖板21与金属顶板11的下表面紧密贴合。

[0050] 本天线的具体工作过程如下：

[0051] 整个天线阵列通过金属底板19下表面的WR-22波导口18馈电，电磁波从WR-22波导口18耦合到垂直阶梯金属脊17，在垂直阶梯金属脊17的末端过渡到转换金属脊16的前端，实现电磁波从金属底板19到金属顶板11的过渡，电磁波在转换金属脊16的末端通过过渡金属脊22耦合到第一矩形槽10-1内，第一矩形槽10-1和第二矩形槽10-2的深度不一致，第二矩形槽内的三对调节销钉12可以对电磁波进行带通滤波，形成34-36GHz的通带，电磁波在第二矩形槽的末端耦合到两条对称的金属脊13上，通过两个T型功分结14将电磁波分为四路，电磁波在四路金属脊的末端的水平阶梯金属脊15耦合到矩形耦合孔9内，在金属顶板11的上表面，周期排布的金属销钉8将金属顶板的上表面划分为四个大小相同的矩形区域，四个矩形耦合孔9分别位于每个矩形区域的中间，在四个矩形耦合孔9中的电磁波幅度和相位一致，但由于电磁波从矩形耦合孔9出来后，电磁波沿矩形耦合孔9的宽边向两边传播会导致两路电磁波幅度相同，但是相位相差180度，所以位于矩形耦合孔9宽边同侧的两根短金属脊7的电磁波幅度和相位相同，不同侧的短金属脊7上的电磁波幅度相同而相位相差180度，在短金属脊7的末端，电磁波通过金属探针6耦合到微带线上，由于存在180度相位差的原因，16组微带线中的八个旋转180度，以实现等幅同相位的给64个矩形微带贴片1馈电，最终64个矩形微带贴片1等幅同相的对外辐射，形成天线子阵。

[0052] 本实施例中各个部分的优选尺寸及相对位置关系如下：

[0053] 四个大小相同的矩形微带贴片，长度为3.5mm，宽度为2.37mm，在矩形微带贴片的长边中心位置，有一个矩形孔，长度和宽度都是0.5mm。

[0054] 所述具有一分四结构的微带线由多段不同宽度和长度的分段微带线拼接而成，具体包括一个第一分段微带线2-1、两个第二分段微带线2-2及四条个第三分段微带线2-3，第一分段微带线2-1分别与两个第二分段微带线2-2连接，所述第二分段微带线2-2与两条第三分段微带线2-3连接，所述第一分段微带线的长度为2.4mm，宽度为0.4mm；第二分段微带线的长度为1.5mm，宽度为1mm，所述第二分段微带线末端中间扣去一个底边长为0.3mm，高度为0.3mm的三角形的孔，末端与宽度为0.2mm的第三分段微带线连接，所述第三分段微带线深入矩形孔与矩形微带贴片连接，四条宽度为0.2mm的第三分段微带线弯折90度，保证电磁波在末端相位相同，0.2mm宽度的第三分段微带线弯折前部分的长度为2.3mm，弯折后部分长度为1mm，此长度可以适当延长。

[0055] 本实施例中介质基板3的衬底材料是Rogers 5880(介电常数为2.2，正切损耗为0.0013)，介质基板3的厚度是0.508mm，边长为64mm，边长的大小可以适当增加或减小，介质基板的下方设置金属地板，金属地板的厚度为0.05-0.15mm，边长为64mm，边长的大小可以

适当增加或减小。

[0056] 金属通孔5的直径为2mm，金属探针6包括直径0.4mm高度为0.9mm的圆柱和直径为1.2mm高度为0.4mm的圆柱。

[0057] 在脊间隙波导馈电网络层中，金属探针6位于短金属脊7的末端的正上方0.1mm位置，短金属脊7高度1.4mm，宽度1.2mm，长度为3.3mm，16个金属探针6大小完全相同且呈周期排布，间隔周期为11.2mm。金属销钉8围绕短金属脊7周围，距离短金属脊7的距离为3.1mm，在短金属脊7末端的金属销钉8，距离位0.8mm，金属销钉8高度为2mm，长和宽度都为为1.4mm，距离上面的金属地板4的距离为0.15-0.25mm，形成一层0.15-0.25mm的空气间隙层。矩形耦合孔9与四个短金属脊7的距离都相同，即中心对称点位置，矩形耦合孔9的长度为5.6mm，宽度为2.8mm，高度为4mm，短金属脊7前端的短边中心点距离矩形耦合孔9的中心点沿x方向为2.4mm，沿y方向为5.6mm，四个矩形耦合孔大小完全相同，且呈周期排布，周期距离为22.4mm。

[0058] 第一矩形槽及第二矩形槽加工在金属顶板11的下表面，金属顶板11的厚度与矩形耦合孔9的高度一致，都是4mm，金属顶板的边长为64mm，边长可以适当的增大或减小，第一矩形槽的宽度为2.6mm，深度为3.15mm，长度为7mm，第二矩形槽的宽度为2.6mm，深度为2.15mm，长度为19.2mm。

[0059] 带有波端口的底层馈电网络中：三对调节销钉12尺寸大小完全相同，第一对调节销钉12的前端与第二矩形槽的前端对齐，调节销钉12的高度为2.15mm，宽度为1.05mm，长度为0.9mm，每对调节销钉12在第二矩形槽内呈前后对称分布，第二矩形槽的宽度为2.6mm，所以每对调节销钉12的两个销钉之间形成0.5mm的空隙。两条金属脊13位于金属顶板的下表面的中心位置，且呈对称分布，金属脊13的宽度为1.2mm，高度为1.4mm，长度为14.3mm，金属脊13前端与第二矩形槽的宽边对齐，距离第二矩形槽末端的距离为7.2mm，金属脊13末端通过尺寸变换和分支结构形成T型功分结14，T型功分结14宽度为1.6mm长度为2mm，T型功分结14末端是倒梯形凹槽形成的两条分支线，倒梯形凹槽短边宽度为0.7mm，宽边宽度为2.8mm，深度为1mm。两条分支线延长并转角90度在末端与水平阶梯金属脊15相接，水平阶梯金属脊15由三块不同宽度的金属条相接而成，第一条宽度为2.6mm，长度为0.4mm，第二条宽度为2.2mm，长度为0.4mm，第三条宽度为1mm，长度为3.6mm，水平阶梯金属脊15末端位于矩形耦合孔9的正中心位置。转换金属脊16的末端伸入到第一矩形槽内形成过渡金属脊22，过渡金属脊22高度为4.55mm，长度为第一矩形槽的一半，为1.3mm，宽度为1.2mm，转换金属脊16的前端为转换结构，宽度为2mm，长度为5.2mm，转换金属脊16的下方是垂直阶梯金属脊17，垂直阶梯金属脊17和WR-22波导口18加工在金属底板上的凹槽20内，垂直阶梯金属脊17的末端与上方转换金属脊16的前端转换结构对齐且尺寸完全相同，垂直阶梯金属脊17的前端位于金属底板19上的WR-22波导口18的中心位置，伸入的长度为1mm，共有两层阶梯。第一层阶梯高度为0.95mm，长度为0.9mm，宽度为1.2mm，第二段阶梯高度为1.4mm，宽度与第一段相同，长度可以适当延长。WR-22波导口18的长度为5.69mm，宽度为2.845mm，深度为8mm。凹槽20和金属盖板21的宽度都为10mm，长度可以15mm，且都可以适当延长。如图7所示为整个天线阵列的侧视图，位于金属顶板11下表面的金属销钉8与金属底板19之间存在0.15-0.25mm的空气间隙，位于金属顶板11上表面的金属销钉8与金属地板4之间存在0.15-0.25mm的空气间隙。

[0060] 如图8所示，为基于脊间隙波导的毫米波高增益滤波微带天线阵列的反射系数和增益仿真结果图，WR-22波端口馈电端口馈入电磁波，可以得到反射系数$|S_{11}|$在34-36GHz频段内小于-15dB，增益在34GHz-36GHz频段内高于25dBi，在35GHz处达到峰值增益25.4dBi，天线的有效口径面积为44.8mm×50.54mm，根据公式(1)-(2)：

[0061] $D = 4\pi A_e/\lambda_0^2$ (1)

[0062] $\eta = G/D$ (2)

[0063] 其中A_e为设计的天线阵列有效口径面积，D为方向系数，λ_0是中心频率对应的波长，G是仿真的天线增益，η是天线的辐射效率，结合图8中数据可以计算出，天线的辐射效率在工作频带内高于90%。

[0064] 如图9～图12所示，为基于脊间隙波导结构的高增益滤波微带天线阵列在35GHz处的E面和H面方向图，根据方向图显示，设计的天线阵列副瓣电平低于-13dB，具有良好的辐射性能。

[0065] 实施例2

[0066] 一种高效率滤波天线阵列，包括两个结构完全相同的天线阵列，每个天线阵列包括一层辐射层和两层馈电网络层，最上层是辐射层，包括介质基板，所述介质基板上面印制64个天线单元，呈4×16阵列形式排布，每个天线单元包括2×2个矩形微带贴片，其对应的矩形耦合孔、短金属脊及金属通孔均与天线单元的个数相同，个数为64个，本实施例2的其他部分与实施例1相同。

[0067] 实施例3

[0068] 一种通信设备，包括如实施例1所述的高效率滤波天线阵列，包括至少一个天线阵列，每个天线阵列包括一层辐射层和两层馈电网络层。

[0069] 上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受所述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

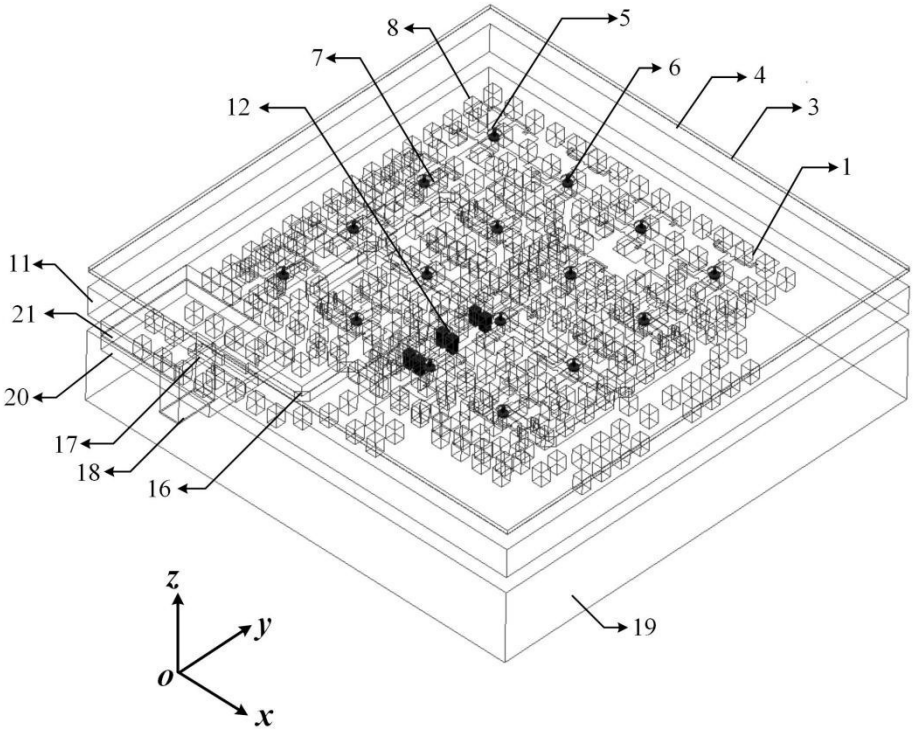


图1

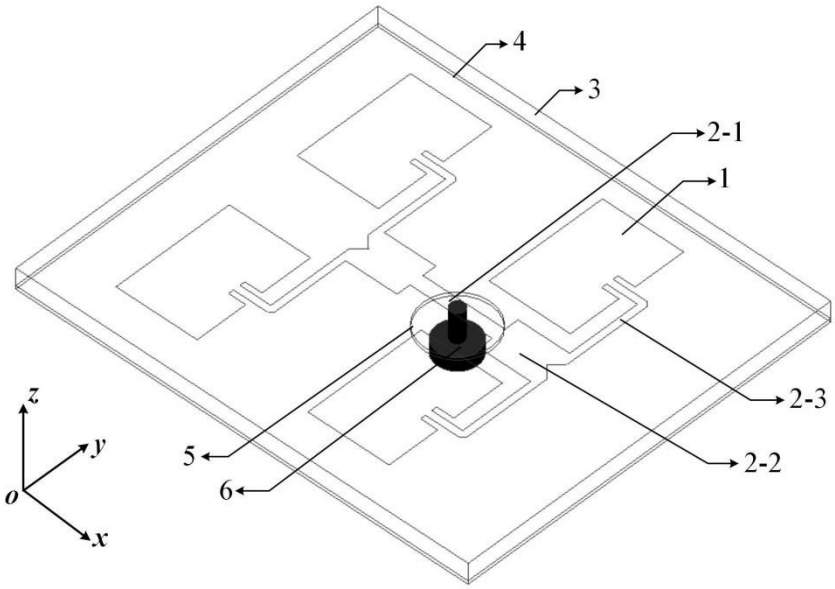


图2

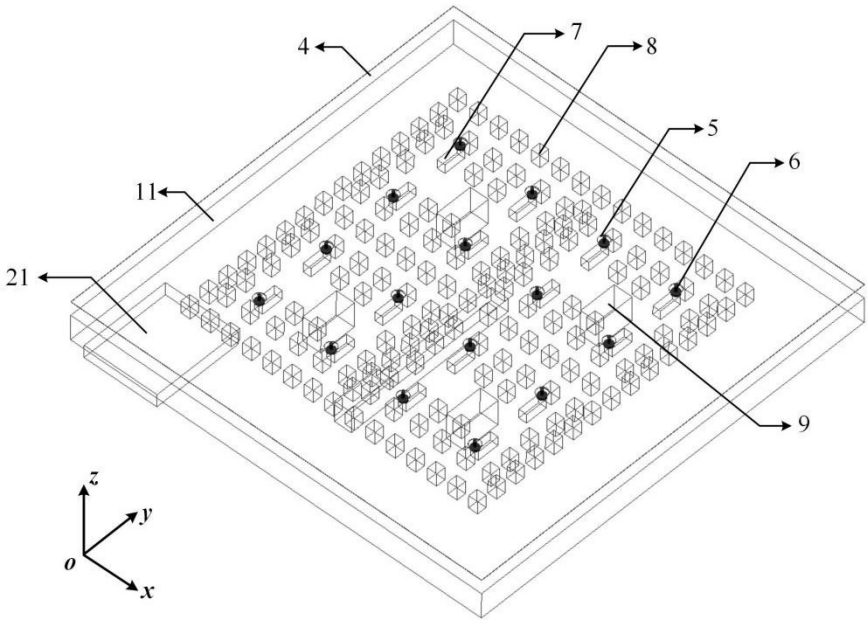


图3

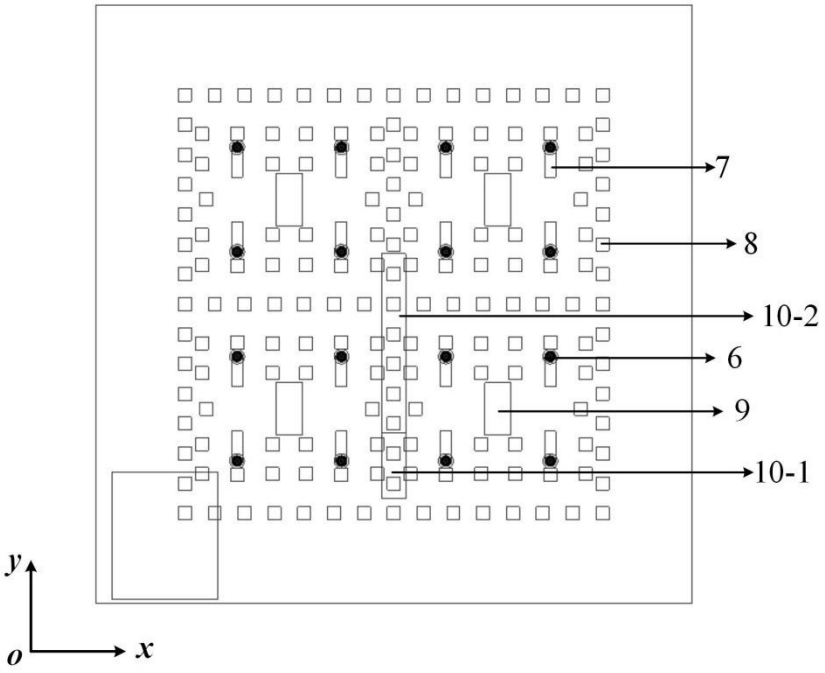


图4

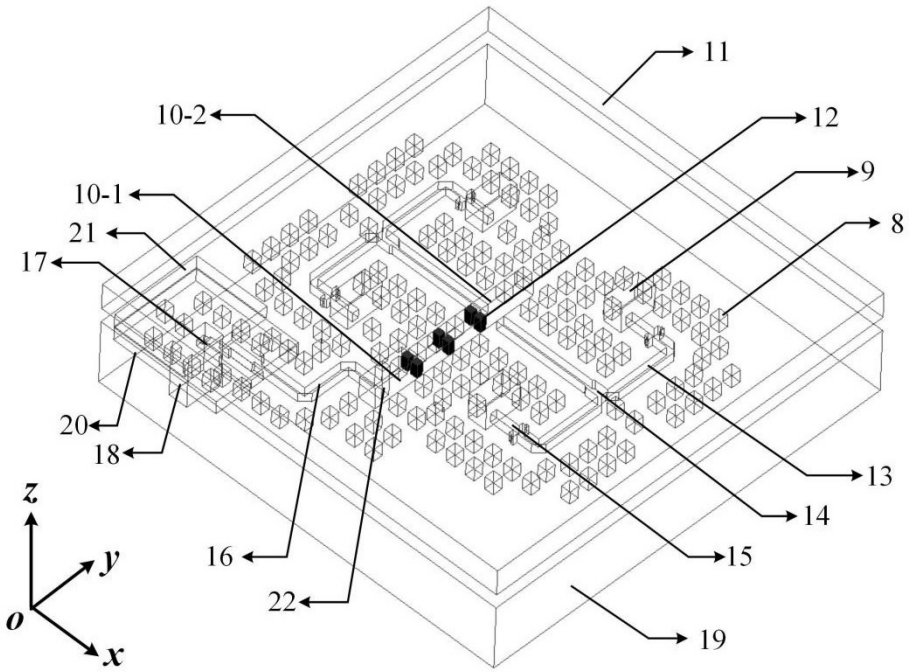

11
10-2
12
9
10-1
8
21
17
20
18
13
z
14
y
16
15
o
22
x
19

图5

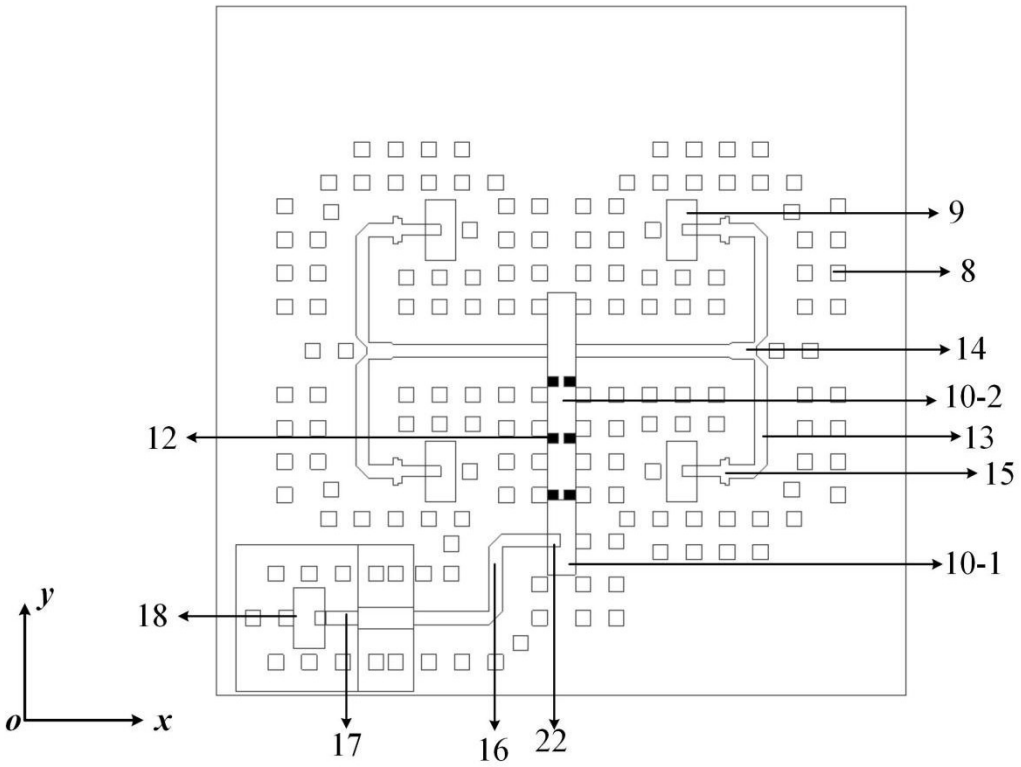

9
8
14
10-2
12
13
15
10-1
y
18
o
x
17
16
22

图6

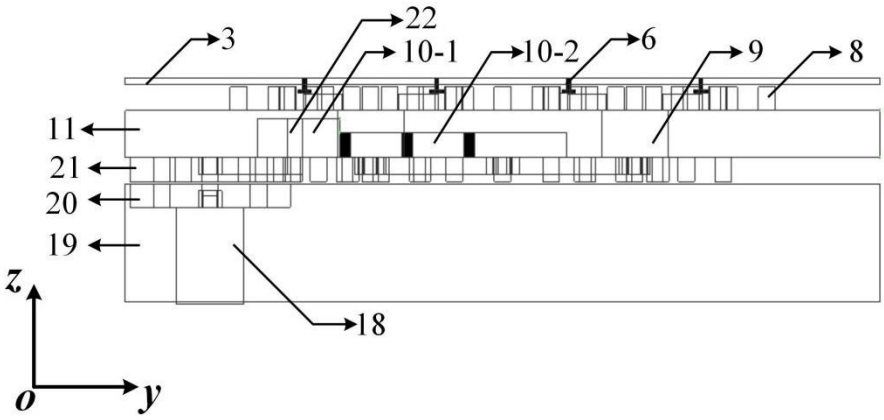

3
22
10-1
10-2
6
9
8
11
21
20
19
18
z
o
y

图7

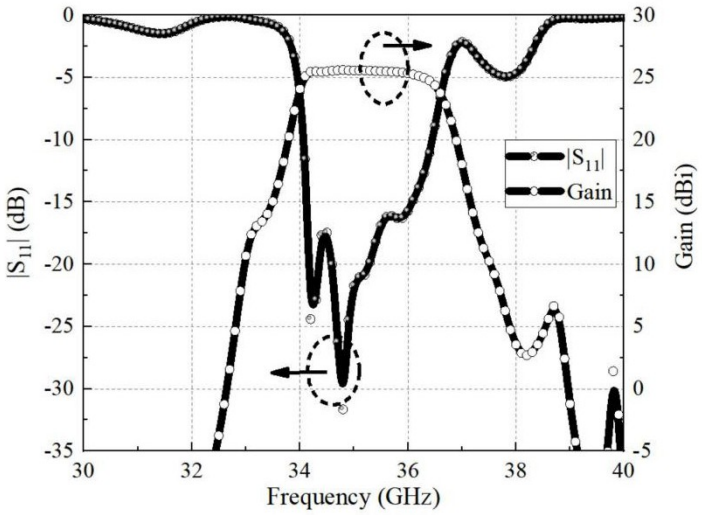

|S11| (dB)
Gain (dBi)
Frequency (GHz)
|S11|
Gain
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
30
25
20
15
10
5
0
-5
30
32
34
36
38
40

图8

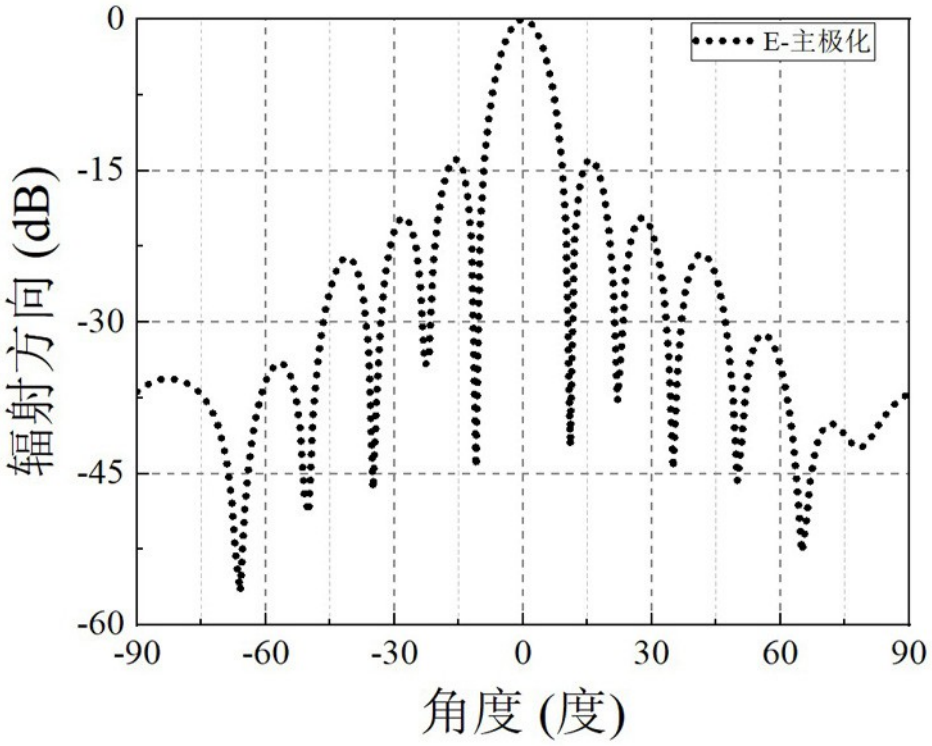

E-主极化
辐射方向 (dB)
0
-15
-30
-45
-60
-90
-60
-30
0
30
60
90
角度 (度)

图9

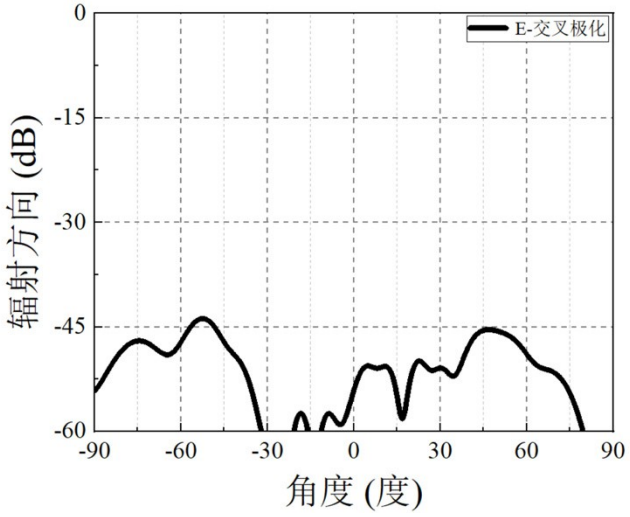

E-交叉极化
辐射方向 (dB)
0
-15
-30
-45
-60
-90
-60
-30
0
30
60
90
角度 (度)

图10

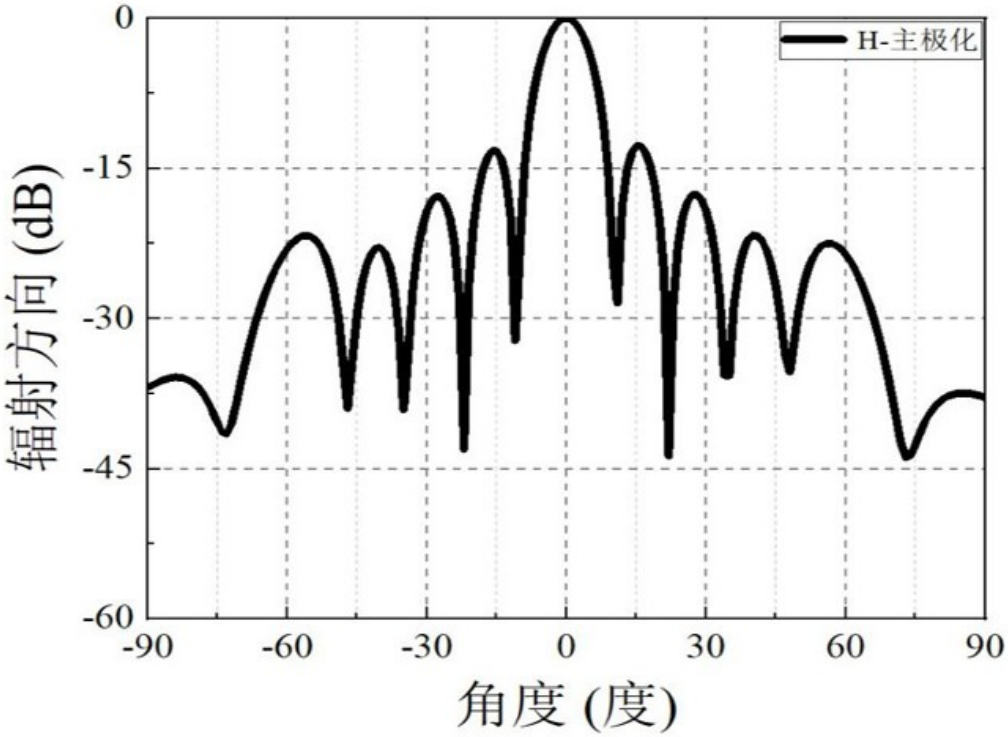

H-主极化
辐射方向 (dB)
0
-15
-30
-45
-60
-90
-60
-30
0
30
60
90
角度 (度)

图11

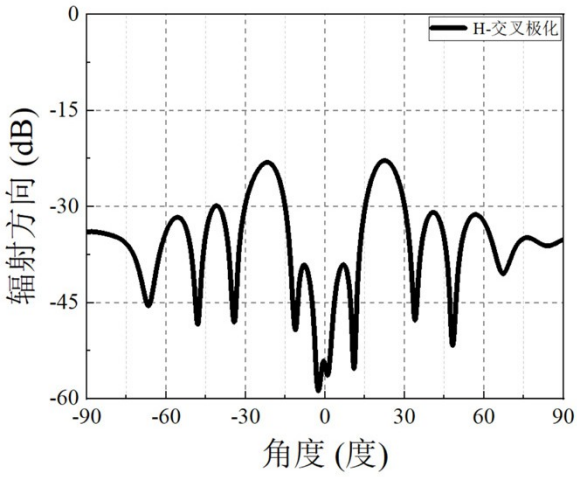

H-交叉极化
辐射方向 (dB)
0
-15
-30
-45
-60
-90
-60
-30
0
30
60
90
角度 (度)

图12