

文章编号: 2095-4980(2017)01-0084-04

新型 X 波段圆极化介质谐振器天线

吴 健, 沈文辉*, 杨 康, 林嘉宏

(上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘 要: 提出了一种工作于X波段的新式圆极化矩形介质谐振器天线。该天线是一块矩形介质谐振器嵌入到介质基板中并通过U型微带线激励。天线的接地面采用缺陷地的结构, 可以通过调节该缺陷地对角的大小来产生2个正交模式实现圆极化, 有效解决了一些圆极化天线馈电网络复杂的缺点。所设计天线的阻抗带宽为8.88~10.22 GHz。天线的轴比带宽为9.56~9.92 GHz, 可应用于卫星广播、航空无线电导航业务和无线电定位。

关键词: 介质谐振器天线; 圆极化; 嵌入式结构; 缺陷地结构

中图分类号: TN820.1⁺1

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201701.0084

Novel X-band circularly polarized dielectric resonator antenna

WU Jian, SHEN Wenhui*, YANG Kang, LIN Jiahong

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: A novel circularly polarized rectangular dielectric resonator antenna operating at X band is proposed. The antenna is constructed by housing a rectangular dielectric resonator into the dielectric substrate, and is excited by an U shaped microstrip feed line. The ground plane of the antenna adopts Defected Ground Structure(DGS) that can be adjusted by the size of the corners of the defected structure to produce two orthogonal modes and achieve circular polarization, which effectively decreases the complexity of feed networks for some circularly polarized antennas. The simulated impedance bandwidths are 8.88–10.22 GHz and axial ratio bandwidths are 9.56–9.92 GHz, which suit for satellite broadcasting, aeronautical radio navigation service, and radio positioning.

Keywords: dielectric resonator antenna; circularly polarized; embedded structure; Defected Ground Structure

介质谐振器天线以其体积小, 重量轻, 辐射效率高, 损耗小以及易于馈电等诸多优点日益受到广泛关注。介质谐振器一般由低损耗和高介电常数的材料做成, 材料科学的发展以及高介电常数介质材料的涌现为其提供了坚实的物质基础。一般介质谐振器天线的设计并不复杂, 只需对介质谐振器采用适当的激励, 就可以制成高辐射效率的天线, 并且其高介电常数的特点使得天线能够很好地实现小型化^[1]。由于圆极化在众多场合尤其是在卫星通信、导航系统等各种通信应用中的优势, 如抗雨雾干扰和多径反射能力等, 针对圆极化介质谐振器天线的研究探索同样具有很大的价值^[2]。至今己有多种激励圆极化的方法, 如 Y 型微带线^[3]、十字型缝隙^[4]、螺旋线^[5]等馈电结构, 这些结构都采用单馈法来实现圆极化, 结构简单, 但极化特性相对较差一些。同时不同结构的介质谐振器也能实现圆极化特性, 如切角谐振器^[6]、扇形^[7]等, 这些天线主要对介质谐振器的结构进行改变, 利用类似于圆极化微带天线的微扰理论产生圆极化特性, 但需对介质谐振器进行切割, 增加了工艺难度和制作成本。

本文提出了一种嵌入式结构的圆极化矩形介质谐振器天线, 通过将介质谐振器嵌入到介质基板中并利用 U 型微带线馈电, 通过调节缺陷地中对角的边长, 激励起 2 个正交的模实现圆极化, 同时馈电结构中的 2 处微带枝节也能很好地起到调节圆极化特性的作用。这种结构的优点是馈电网络简单, 介质谐振器不需要再进行切割, 制作成本较低, 加工简单。该天线可广泛应用于卫星广播、航空无线电导航业务和无线电定位等领域。

收稿日期: 2015-11-06; 修回日期: 2016-01-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61171031)

*通信作者: 沈文辉 email: haomeni@163.com

1 天线结构

图 1 为圆极化矩形介质谐振器天线的结构图,图 1(a)为天线的侧视图,图 1(b)为天线的俯视图。

其主模的工作频率可以由下式近似获得^[8],即

$$\begin{cases} K_x = \frac{\pi}{a}, K_z = \frac{\pi}{2h} \\ K_y \tan(K_y b/2) = \sqrt{(\epsilon_r - 1)K_0^2 - K_y^2} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} K_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} \\ f_0 = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{K_x^2 + K_y^2 + K_z^2} \end{cases} \quad (2)$$

式中: a, b, h 分别为介质谐振器的长、宽和高; ϵ_r 为介质谐振器的相对介电常数; λ_0 与 K_0 分别为截止波长和波数; c 为真空中光速。根据该公式可近似求得天线的频率。由式(2)可看出,矩形介质谐振器天线的工作频率和该介质谐振器的相对介电常数 ϵ_r 的开平方成反比关系,因此可通过采用高介电常数的介质谐振器来减小天线的尺寸,但这种方法同时会导致天线的带宽变窄,图 1 中天线采用的是微带线两边侧馈的方式,这种方法可有效增加天线的带宽。相比较传统的介质谐振器天线,本文中由于馈电结构及缺陷地等方面的影响,仿真结果和公式推算出来的结果具有一定的误差,但不影响整个设计过程。

天线介质基板采用 Rogers RT/duriod5880,介电常数 $\epsilon_{r1}=2.2$,长宽高分别为 $L_0=W_0=30$ mm, $H=0.508$ mm。矩形介质谐振器介电常数 $\epsilon_{r2}=12$,长宽高分别为 $a=b=9.8$ mm, $h=9.1$ mm。如图 1 所示,在介质基板的正中央开一个长宽都为 9.8 mm 的正方形缺口,然后将该介质谐振器嵌入到介质基板的正中央,该介质谐振器的底面和缺陷地的距离为 $h_1=4$ mm。

天线采用 U 型微带线馈电的方式,微带线与介质谐振器的左右两侧接触,同时,在 U 型微带线左右内侧增加一个枝节,起到很好的调节作用,尤其是在天线的圆极化特性方面。相关参数如下: $L_1=1.5$ mm, $L_2=2.8$ mm, $L_3=9.2$ mm, $W_1=0.5$ mm, $W_2=1.6$ mm, $W_3=1.8$ mm, $R_1=5.56$ mm。图 1(b)中的缺陷地结构是在接地面上挖去一个六边形的贴片而形成的,其中 $L_4=W_4=15$ mm, $g=5.0$ mm。该缺陷地结构上方包含了部分靠近介质谐振器的馈电微带线,因此这部分微带线产生的少量电磁波会从缺陷地下方辐射出去,但不会对天线的整体性能产生影响。该结构采用微扰的方法,可以激励起 2 个正交的模实现圆极化,并且结构简单,在实际工程中易于实现。

2 天线结构及分析

利用仿真软件 Ansoft HFSS 13 对天线结构进行分析。本文中天线的圆极化通过缺陷地的方法实现,主要影响天线圆极化性能的参数是 g ,天线的回波损耗随参数 g 的变化曲线如图 2 所示,天线的轴比随参数 g 的变化曲线如图 3 所示,而当 $g=5.0$ mm 时,天线的性能最优,这时天线的阻抗带宽($S_{11} \leq -10$ dB)为 8.88~10.22 GHz,其相对带宽为 14%,轴比(≤ 3 dB)带宽为 9.56~9.92 GHz。在天线的工作频带范围内实现了圆极化。

图 2 给出了天线的回波损耗随 g 的变化趋势。由图可知,随着 g 值的增大,天线的中心频率和带宽几乎没有变化。由此可见,缺陷地结构的相关参数对天线回波损耗的影响较小。

由图 3 可知,随着 g 的增大,对应的轴比曲线向右移动。当 $g=5.0$ mm 时,天线的轴比带宽最大,圆极化特性最大,而且高频性能更好,因此,该缺陷地结构对天线圆极化性能起着至关重要的作用。天线产生圆极化波的关键是形成 2 个极化正交、幅度相等、相位相差 90°的线极化波。通过调节缺陷地中对角的边长,激励起 2 个正交的模实现圆极化,其结构的微扰理论与圆极化微带天线的设计具有类似之处。

由图 4 中可以看出,调节左右内侧枝节长度 L_1 ,可以对调节天线的圆极化起到一定的作用。当 $L_1=1.5$ mm 时,天线的轴比带宽最大,性能最好。

圆极化介质谐振器天线的方向图如图 5 所示。该天线的底部是缺陷地结构,也有少量辐射。图 6 给出了圆极化介质谐振器天线的增益图。由图可见,该天线在工作频带内增益均能保持在 5 dBi 以上,最高可以达到 5.99 dBi。

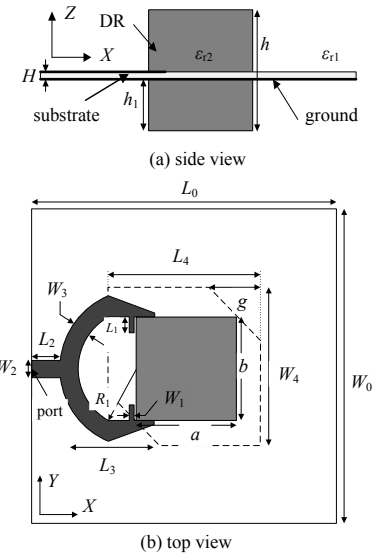


Fig.1 Configuration of the circular rectangle dielectric resonator antenna

图 1 圆极化矩形介质谐振器天线结构

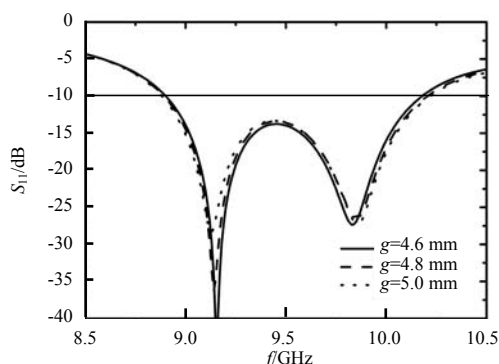


Fig.2 Return loss of the antenna vs. various g
图2 天线的回波损耗随 g 的变化曲线

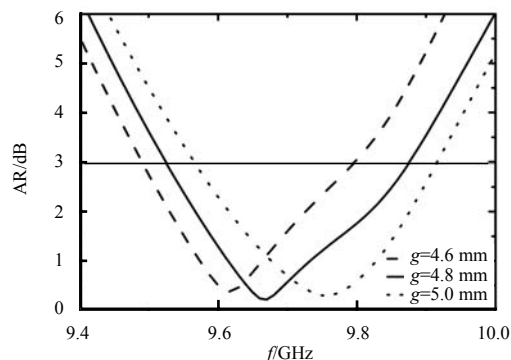


Fig.3 Axial ratio of the antenna vs. various g
图3 天线的轴比随 g 的变化曲线

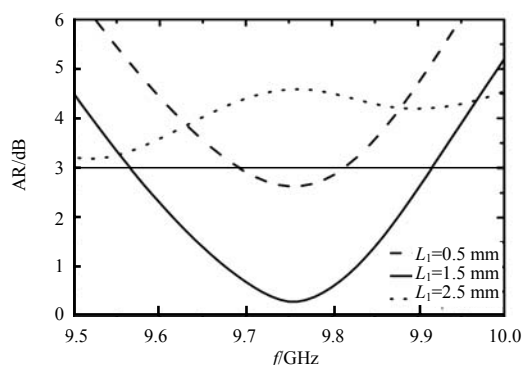


Fig.4 Axial ratio of the antenna vs. various L_1
图4 天线的轴比随 L_1 的变化曲线

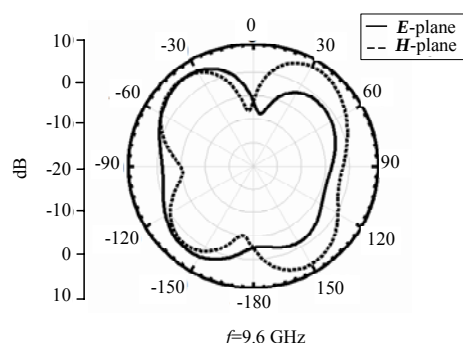


Fig.5 Radiation patterns of circularly polarized dielectric resonator antenna
图5 圆极化介质谐振器天线的方向图

3 结论

本文提出一种圆极化矩形介质谐振器天线的设计,利用U型微带线馈电,并通过调节缺陷地对角的边长,激励起2个正交模实现圆极化。天线的阻抗带宽为8.88~10.22 GHz,其相对带宽为14%,低于3 dB的轴比带宽为9.56~9.92 GHz,且轴比的最小值达到0.29 dB,更好地实现了圆极化。

参考文献:

- [1] BIRAND M T, GELSTHORPE R V. Experimental millimetric array using dielectric radiators fed by means of dielectric waveguide[J]. Electronics Letters, 1981, 17(18): 633-635.
- [2] LUK K M, LEUNG K W. Dielectric Resonator Antennas[M]. London: Research Studies Press, 2003.
- [3] LI L X, ZHONG S S, XU S Q, et al. Circularly polarized ceramics dielectric resonator antenna excited by Y-shaped microstrip[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2009, 51(10): 2416-2418.
- [4] HUANG C Y, WU J Y, WONG K L. Cross-slot-coupled microstrip antenna and dielectric resonator antenna for circular polarization[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1999, 47(4): 605-609.
- [5] KHAMAS S K. Circularly polarized dielectric resonator antenna excited by a conformal wire[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2008(7): 240-242.
- [6] HANEISHI M, TAKAZAWA H. Broadband circularly polarized planar array composed of a pair of dielectric resonator antennas[J]. Electronics Letters, 1985, 21(10): 437-438.
- [7] TAM M T K, MURCH R D. Circularly polarized circular sector dielectric resonator antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2000, 48(1): 126-128.

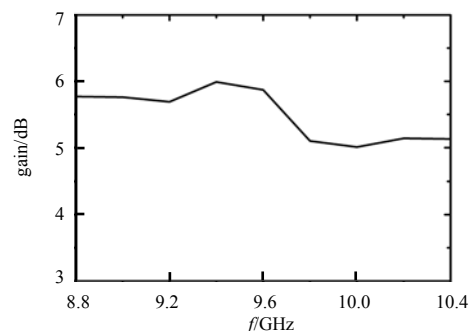


Fig.6 Gain of circularly polarized dielectric resonator antenna
图6 圆极化介质谐振器天线的增益