

文章编号: 2095-4980(2017)01-0090-04

基于八分之一圆环贴片的三频微带天线设计

刘喜瑶, 李元新*, 吴文韬, 叶道峰, 龙云亮

(中山大学 电子与信息学院, 广东 广州 510006)

摘 要: 利用微带圆环天线优良的多模特性, 设计了一种基于八分之一圆环的微带天线。天线由 1 个八分之一(45°)的圆环, 1 条位于天线中心区域的窄缝和 1 排靠近天线边缘的短路钉组成。这些附加在天线上的缝隙和短路钉起到了激发环形微带天线多模特性的作用, 并进一步减小了天线尺寸。本文研究了这些附加结构对环天线的影响, 并经过仿真、优化获得了具有 3 个频点的微带天线。天线的实测结果表明, 该天线可以很好地工作在 0.9 GHz, 1.8 GHz 和 2.4 GHz, 增益分别达到了 4 dBi, 5 dBi, 6 dBi, 工作带宽分别为 7 MHz, 12 MHz 和 20 MHz。

关键词: 三频; 微带天线; 圆环; 缝隙; 短路钉

中图分类号: TN828.6

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201701.0090

A triple-band microstrip antenna design using a 1/8 ring sector patch

LIU Xiyao, LI Yuanxin*, WU Wentao, YE Daofeng, LONG Yunliang

(School of Electronics and Information Technology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou Guangdong 510006, China)

Abstract: A triple-band microstrip antenna is designed using the characteristic of a microstrip ring antenna. The proposed antenna consists of a 1/8(45°) ring antenna, a ring slot in the center and an array of shorting-pins placed on the edge of the patch. The slot and the shorting-pins in the patch can excite three resonant frequencies and decrease the physical size of the proposed antenna. The influences of those additional structures on the performance are studied. And the triple-band antenna is designed based on the studies. There is a good agreement between the experiment results and the simulation results. The proposed antenna can operate at 0.9 GHz, 1.8 GHz and 2.4 GHz with operating bandwidth of 7 MHz, 12 MHz and 20 MHz, respectively. Their measured gain are about 4 dBi, 5 dBi and 6 dBi, respectively.

Keywords: Triple-band; microstrip antenna; ring; gap; shorting pins

微带环天线相比一般结构的微带贴片天线, 除具有后者的低剖面、低损耗、易共形和易制作等特性外, 还具有结构紧凑、简单等物理特点^[1], 最重要的是它还具有更好的多模特性^[2-3]。目前, 微带环天线广泛存在于圆极化^[4]、全方向^[5]和多频天线^[6]的研究中。

在多频天线的研究中, 一般使用圆环天线的 2 个低阶模式^[7]以及多片环天线^[8]的组合形式来实现多频特性。本文提出可以利用微带圆环天线的第 3 个模式, 来实现天线的多频特性。文中提出并实现了通过增加缝隙和短路钉结构来控制这些模式, 从而使天线工作在理想的频段^[9]。

1 天线结构

如图 1 所示, 三频微带环天线主要由 1 个八分之一(45°)圆环, 1 条位于天线中心区域附近的环形窄缝隙和 1 排靠近天线右侧边缘的短路钉组成。该天线制作于高度 $h = 3.0$ mm, 介电常数 $\varepsilon_r = 2.55$, 大小约为 70 mm×90 mm 的特氟龙介质板上。采用同轴馈电, 短路钉是一系列直径约为 0.6 mm, 长度 3 mm 的铜锌线, 并通过在介质板上的孔洞连接环形贴片和地面。环天线的内外径分别为 R_1 和 R_2 , 缝隙位于距离底边 P_2 处, 角度为 θ_1 , 宽度 W , 短路钉位于天线的右侧, 从底侧向上侧排列, 数量为 N , 且两两之间的距离为 d 。

收稿日期: 2015-11-13; 修回日期: 2015-12-15

基金项目: 广东省自然科学基金研究团队资助项目(2015A030312010)

*通信作者: 李元新 email:liyuanx@mail.sysu.edu.cn

2 天线仿真与设计

图 2 和图 3 所示是天线的设计过程。图 3 中的黑色曲线表明，八分之一环贴片自身可以激发出双频模式： f_1f_2 。当在贴片上开一个环形缝隙，如图 2(b)所示，双频 f_1f_2 都会降低。仿真中，通过对它们电场电流分布的分析，可以判断出频率 f_2 会向左降低到低于 f_1 处。这是因为缝隙的出现延长了各个模式电流的电长度，从而降低了各个频点。而且，频率 f_2 的电流对缝隙更为敏感。当在贴片右侧边沿增加短路钉后，如图 2(c)所示，频率 f_1 往左偏移到原来的一半，频率 f_2 由于匹配较差，几乎已经消失，但是在高于 f_2 的位置处出现了一个新的频点 f_3 ，这个模式是由增加的短路钉激发产生的。因为，密集的短路钉相当于一个电壁，所以相应地，频率 f_1 减小到原来的一半。

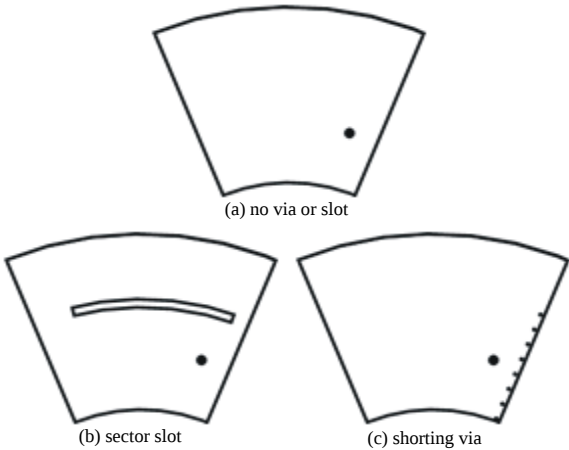


Fig.2 Analysis of the 1/8 ring sector antennas
图 2 八分之一环天线分析和设计

由上述分析可以得出，一个八分之一环天线可以通过加短路钉激发出 3 种频率模式，并通过开缝控制这些频点，以使天线工作于所需的频率上。

图 4 所示是在同时增加环形缝隙和短路钉后，3 种频率模式对应的电流分布图。模式 f_1 的主要电流从右侧短路钉流向左侧边沿；模式 f_2 的主要电流从天线的上边沿拐过环形缝隙到下边沿，所以模式 f_2 对缝隙非常敏感；模式 f_3 的主要电流则直接沿左侧边沿流动。通过仿真和以上分析，得出影响天线频点的主要参数包括缝的角度 θ_1 ，钉的数量 N 和圆环的内外径 R_1 和 R_2 。

综合上述，通过仿真和优化得到天线的各个参数值如表 1 所示。

表 1 天线结构参数
Table1 Values of the parameters in the antenna

parameter	$\theta_1/(^\circ)$	$\theta_2/(^\circ)$	$\theta_3/(^\circ)$	R_1/mm	R_2/mm	P_1/mm	P_2/mm	d/mm	w/mm	N
value	33	8.6	37.4	41	83.8	13.7	24.8	2.1	2	14

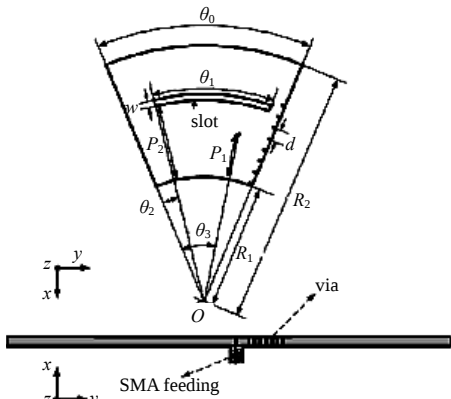


Fig.1 Top-view of the triple-band microstrip patch antenna using a 45° circle ring sector with slot and via
图 1 八分之一环天线结构图

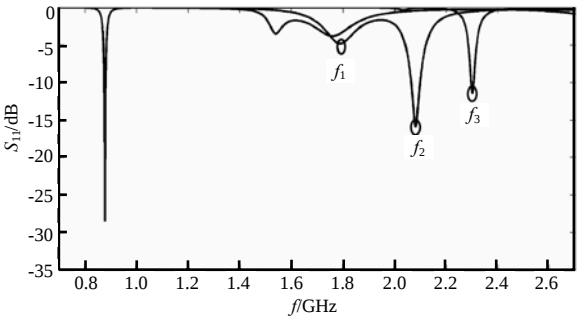


Fig.3 S_{11} results of the corresponding antennas in Fig.2
图 3 各结构对应的 S_{11} 曲线图

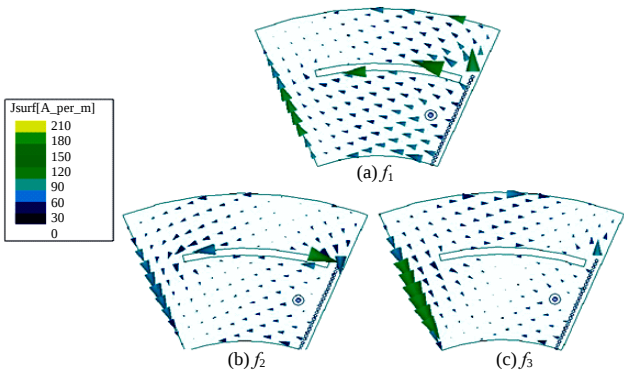


Fig.4 Current distribution of three modes
图 4 各模式频率对应的电流分布

3 实测结果

图 5 是八分之一环天线的实物图。其实测和仿真 S_{11} 曲线如图 6 所示, 实测结果与仿真结果相吻合。并且表明, 该八分之一环三频天线可以较好地工作在 0.9 GHz, 1.8 GHz 和 2.4 GHz, 工作带宽分别为 7 MHz, 12 MHz 和 20 MHz。当去掉短路钉后, 该八分之一环天线的仿真和实测结果无法满足所需的多频特性。进一步的仿真和实测结果表明: 当去掉短路钉, 将原八分之一环变成四分之一环, 并且适当改变缝隙的尺寸后, 得到的四分之一环天线仍然可以工作在所需要的 3 个频点, 这进一步体现了短路钉的作用。

天线的实测方向图如图 7 所示。该多频天线属于线极化天线, 其所有的工作频点都有较好的边射方向特性。实际测得该天线在 0.9 GHz, 1.8 GHz 和 2.4 GHz 对应的最大增益分别达到了 4 dBi, 5 dBi 和 6 dBi。



Fig.5 Fabricated antenna
图 5 天线的实物图

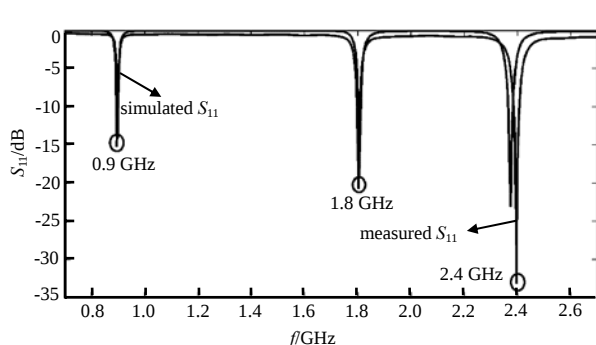


Fig.6 Reflection coefficients of simulated and measured
图 6 天线仿真和实测 S_{11} 曲线

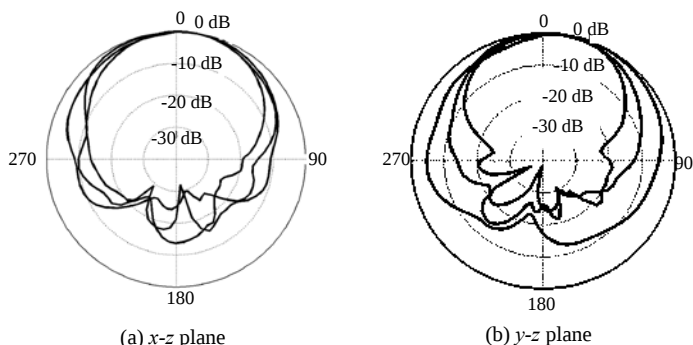


Fig.7 Measured results of the radiation patterns of the proposed antenna
图 7 实测天线辐射方向图

4 结论

本文利用环天线的多频特性, 设计了一种新型的三频点 1/8 圆环天线。该圆环天线上包括 1 条圆环缝隙和 1 排短路钉。短路钉用于产生第 3 个频率模式, 同时可以结合环形缝隙来实现对各个频点的控制和缩小天线尺寸等功能。实验结果表明, 该天线可以较好地工作在 0.9 GHz, 1.8 GHz 和 2.4 GHz, 工作带宽分别为 7 MHz, 12 MHz 和 20 MHz, 可以在室内无线通信系统中使用。

参考文献:

- [1] BANCROFT R. Microstrip and Print Antenna Design[M]. Norcross, GA: Noble Publishing Corp, 2004.
- [2] SULTAN M A, TRIPATHI V K. The mode features of an annular sector microstrip antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas Propagation, 1990, 38(2): 265-269.
- [3] RICHARDS W F, OU J D, LONG S A. A theoretical and experimental investigation of annular, annular sector, and circular sector microstrip antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas Propagation, 1984, 32(8): 864-867.
- [4] GUO Y X, BIAN L, SHI X Q. Broadband circularly polarized annular-ring microstrip antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas Propagation, 2009, 57(8): 2474-2477.
- [5] LIU J, XUE Q, WONG H, et al. Design and analysis of a low-profile and broadband microstrip monopolar patch antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas Propagation, 2013, 61(1): 11-18.
- [6] 李茂, 张弘, 李智, 等. 用于平板电脑的小型化 LTE/GSM/UMTS 多频段天线[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2015, 13(4): 596-600. (LI Mao, ZHANG Hong, LI Zhi, et al. Multi-band miniaturized antenna employed in tablet computer for LTE/GSM/UMTS applications[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2015, 13(4): 596-600.)
- [7] HU X, LI Y, TAN H Z, et al. Novel dual-frequency microstrip antenna with narrow half-ring and half-circular patch[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letter, 2013(12): 3-6.
- [8] ZHANG J, LI Y, LIANG Z, et al. Design of a multi-frequency one-quarter-rings microstrip antenna[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letter, 2015(14): 209-212.

- [9] LI T,ZHAI H Q,LI G H. A compact ultra-wideband antenna with four band-notched characteristics[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2012,54(12):2862–2865.

作者简介:



刘喜瑶(1989–), 男, 安徽省池州市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为天线设计.email:liuxy@mail2.sysu.edu.cn.

李元新(1979–), 男, 广州市人, 副教授, 主要研究方向为天线设计、微波技术应用等.

吴文韬(1990–), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为天线设计.

龙云亮(1964–), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为天线理论与设计、电磁计算理论等.

叶道峰(1993–), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为天线设计.

(上接第 86 页)

- [8] MONGIA R K. Theoretical and experimental resonant frequencies of rectangular dielectric resonators[J]. IEE Proceedings Part H: Microwaves, Antennas and Propagation, 1992,139(1):98–104.

作者简介:



吴 健(1990–), 男, 合肥市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为介质谐振器天线、手机天线等.email:shiep_wu@163.com.

沈文辉(1972–), 男, 安徽省芜湖市人, 副教授, 研究生导师, 主要研究方向为计算电磁场、微带天线、介质谐振器天线、手机天线等.

杨 康(1991–), 男, 安徽省滁州市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为手机天线等.

林嘉宏(1987–), 男, 上海市人, 在读博士研究生, 主要研究方向为计算电磁场、阵列天线、超材料等.