

一种宽频带高增益高极化隔离度的微带天线

叶剑锋¹, 王玉峰², 陈立明³

(1.深圳信息职业技术学院 电子与通信学院, 广东 深圳 518172;
2.中国电子科技集团公司 第36研究所, 浙江 嘉兴 314033; 3.北京遥感设备研究所, 北京 100039)

摘要:设计了一种具有高增益、高极化隔离特性的宽频带层叠型E形天线。通过激励E形辐射体,获得双峰谐振回路,并在E形天线上方附加寄生元,构成了三峰谐振特性,从而取得较传统E形天线更宽的频带;通过E形天线在低端激励的双电流路径保证了天线在频率低端的高增益特性,而天线本身的辐射体尺寸保证了频率高端的高增益特性。采用Ansoft HFSS电磁仿真软件对提出的天线模型进行优化,依次在1.75 GHz, 2.1 GHz, 2.475 GHz形成了三个谐振峰值;在1.7~2.54 GHz内驻波比 ≤ 1.5 ,其相对带宽达40%,在1.7~2.5 GHz频带内增益 > 8 dBi,且具有低达-55 dB的优异交叉极化特性。

关键词:宽频带;高增益;高极化隔离度;E形天线

中图分类号: TN822-34

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2013)13-0094-03

Broadband microstrip antenna with high gain and high cross-polarized isolation

YE Jian-feng¹, WANG Yu-feng², CHEN Li-ming³

(1. Department of Electronic Communication Technology, Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen 518172, China;
2. No.36 Research Institute of CETC, Jiaxing 314033, China; 3. Beijing Institute of Remote Sensing Equipment, Beijing 100039, China)

Abstract: A broadband E-shaped stacked antenna is presented with high gain and high cross-polarized isolation. Three-peak resonant circuit is generated by adding a rectangular element above the E-shaped antenna with dual-peak resonant tank for impedance bandwidth improving. Dual currents at the low frequency band ensure its high gain characteristic, while the size of radiator of antenna present a sufficient aperture for the gain at high frequency band. Simulation and optimization of the antenna characteristics is carried out by Ansoft HFSS. Results show that three resonant frequencies are generated in the proposed antenna at 1.75 GHz, 2.1 GHz, 2.475 GHz, respectively. The antenna achieves a 40% impedance bandwidth of $VSWR \leq 1.5$ operating at 1.7~2.54 GHz. At the frequency band of 1.7~2.5 GHz, gain of > 8 dBi and cross-polarized isolation < -55 dB are obtained for mobile communication antenna.

Keywords: broadband; high gain; high cross-polarized isolation; E-shaped antenna

0 引言

微带天线以其成本低、重量轻、剖面低、易于共形等诸多优点,被广泛应用于各种通信系统;然而,微带天线带宽很窄,很难应用于宽带通信系统,制约了其进一步的发展。为此,研究人员提出很多方法来拓宽微带天线的带宽。其中最具代表的是附加寄生贴片和表面开槽的方法。文献[1-2]采用在主辐射贴片上方附加一层寄生元,以形成双谐振特性,从而拓展天线的带宽(层叠方式);文献[3]在矩形微带贴片表面开U形槽,以引起电流绕流的缝隙耦合,实现双峰谐振,拓宽天线带宽(开槽方式);文献[4-7]将开U形槽的贴片发展为E形贴片,获得了超过30%的带宽,文献[7]中带宽甚至达到了33.8%;

文献[8]提出了一种在E形贴片上方附加寄生元,将E形贴片带宽进一步扩展到了38.41%。然而文献[8]采用贴片-空气层-底板结构,其寄生单元、E形贴片和底板之间仅通过小木块来支撑,实用性差;同时,木块支撑结构不能保持空气层厚度的均匀,可能引起对天线带宽的影响。

本文设计了一种印刷结构的层叠型E形微带天线。采用探针直接馈电方式对E形贴片进行馈电,通过E形贴片自身形成双峰谐振特性;通过底层E形贴片与寄生的矩形贴片的耦合来激励寄生贴片,形成了具有宽频特性的三峰谐振回路。本文天线工作于1.7~2.54 GHz频段,获得了宽达40%的阻抗带宽($VSWR < 1.5$),且增益 > 8 dBi,交叉极化隔离度 < -55 dB。该天线采用印刷形式方便了结构的设计,较好地保持了空气层厚度的均匀性,保证了天线的最佳宽带特性,具有较强的实用性。

1 天线设计

1.1 天线结构

本文天线结构如图1所示。

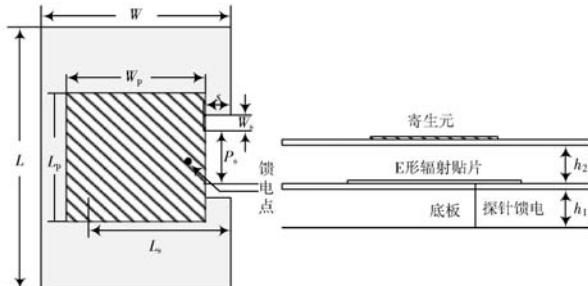


图1 天线结构图

该天线主要由金属底板、E形辐射贴片和寄生辐射元组成,两层辐射元均印制在120 mm×100 mm、厚度为1 mm的FR4(介电常数4.4,损耗正切0.02)介质板上。底板与下层印制板之间、下层与上层印制板之间分别用厚度为 h_1 和 h_2 的空气层隔开,并在四周用加工的FR4材料结构件很好地支撑。天线通过探针对下层的E形贴片馈电,E形贴片通过耦合作用激励上层的寄生元。E形贴片长为 L ,宽为 W ,贴片上两条间距为 P_s 的对称窄缝长度为 L_s ,宽度为 W_s ,中间凹陷深度为 s ;寄生贴片长度为 L_p ,宽度为 W_p 。

1.2 参数设计

该天线的参数设计过程按照从下到上的顺序进行。先设计位于下层的E形贴片,之后设计附加的寄生贴片。寄生单元尺寸的设计可按照普通矩形贴片的设计方法,寄生单元印制在FR4介质上,与主辐射贴片之间用空气层隔开。为简单起见,使 $W_p=L_p$,其大致尺寸可用下式计算:

$$W_p = L_p = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

式中:c是光速; f_r 为谐振频率; ϵ_r 是介质的介电常数。

针对1.7~2.5 GHz的频带范围,对本文提出的层叠型宽带E形微带天线进行仿真设计和优化,得到最终的天线尺寸: $W=51.8$ mm, $L=79.6$ mm, $W_s=4.5$ mm, $L_s=40.9$ mm, $P_s=16.2$ mm, $s=7$ mm, $h_1=h_2=10.5$ mm, $W_p=L_p=37.4$ mm。

2 仿真结果及分析

图2给出了采用Ansoft HFSS电磁仿真软件优化后天线驻波比曲线。

本文天线在1.7~2.54 GHz宽达40%的相对带宽内获得了小于1.5的驻波比。传统E形贴片天线采用完全空气

层的办法来最大限度地拓宽带宽,最好的结果为文献[7]中的33.8%,而本文采用层叠型的E形微带天线进一步拓宽了E形微带天线的频带宽度。从图2给出的驻波比曲线可以很明显地看到三个谐振频点,分别在1.75 GHz,2.1 GHz,2.475 GHz,且三个频点依次临近,形成了典型的三峰谐振特性,从而获得了宽频带特性。

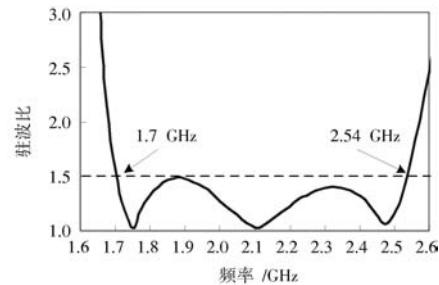


图2 层叠型E形天线驻波比曲线

图3(a)~图3(c)分别给出了1.7 GHz,2.1 GHz,2.5 GHz三个谐振频率处的矢量电流分布图。

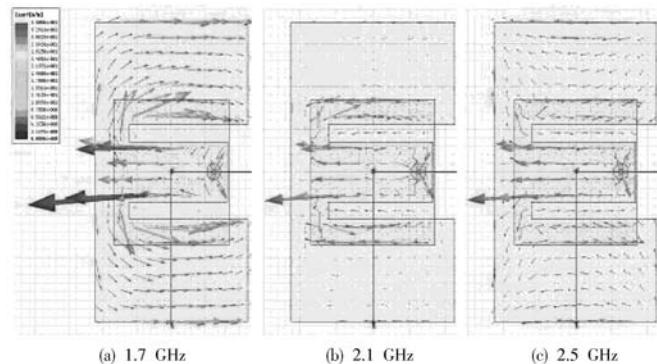


图3 三峰谐振状态的电流分布

由图3可知,1.7 GHz时,电流沿着E形贴片的上下两个缝隙边呈U字形流动,电流路径最长;2.1 GHz时,电流主要集中在E形贴片的中间矩形部分;2.5 GHz时,层叠的寄生贴片上通过底层E形贴片的耦合形成了平行于E形缝隙的电流分布。天线的增益曲线图如图4所示。

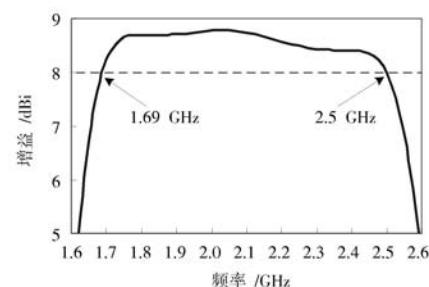


图4 天线的增益曲线

由图4可知,天线在1.7~2.5 GHz频带范围内的增益均大于8 dBi,且90%以上的频点增益在8.5 dBi以

上。对提出天线在带宽内的交叉极化情况进行仿真分析,如图5所示,1.7~2.5 GHz频带范围内交叉极化隔离度小于-55 dB,交叉极化电平较低,具有较好的极化纯度。

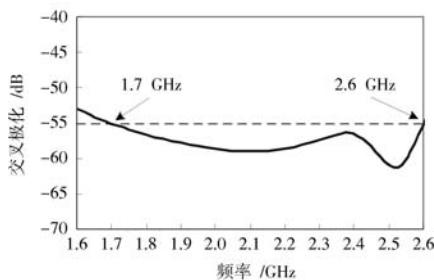


图5 天线的交叉极化曲线

图6给出了天线在1.7~2.5 GHz的H面和E面方向图的波束宽度曲线。

图7给出了本文天线在1.7 GHz, 2.1 GHz, 2.5 GHz

的H面和E面的方向图,其中实线为H面、虚线为E面。

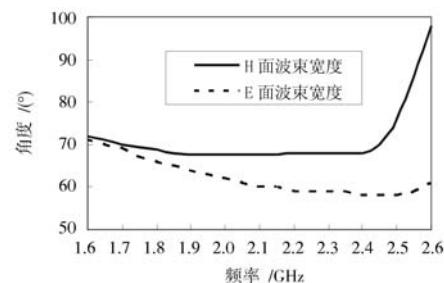


图6 天线E面和H面方向图波束宽度曲线

由图6可知,天线在1.7~2.5 GHz频段内H面波束宽度均要宽于E面波束宽度,且随着频率的升高,H面与E面波束宽度的差距越大,特别在2.4 GHz以后,H面波束宽度增加速度更快;在1.7~2.5 GHz频带范围内,天线的H面波束宽度均大于67°,E面波束宽度均大于58°。

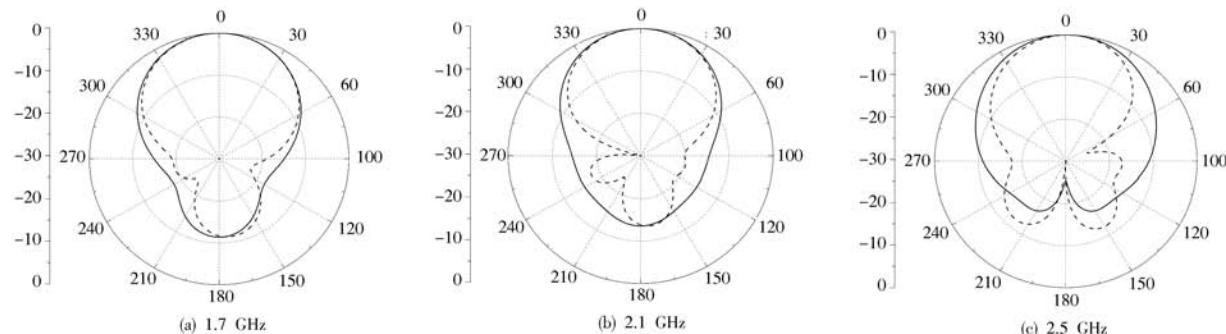


图7 天线在1.7 GHz, 2.1 GHz, 2.5 GHz的E面和H面方向图

3 结 论

本文采用层叠型E形天线方式设计了一种工作于1.7~2.5 GHz的微带天线,该天线具有宽频带、高增益、高极化隔离度特性。通过合理的设计,实现了在1.7~2.54 GHz频段内驻波比<1.5,覆盖了1.7~2.5 GHz的移动通信和无线通信频段;在1.7~2.5 GHz频段内,天线获得了大于8 dBi的高增益特性和小于-55 dB的低交叉极化隔离度。本文设计的天线还具有结构简单、易加工、实用性强等特点,可应用于移动通信和无线通信系统。

参 考 文 献

- [1] ROWE W S T, WATERHOUSE R B. Integratable wide-band dual polarized antennas with rear field cancellation [J]. IEEE Trans. on Antennas Propagation, 2003, 51(3): 469-477.
- [2] 付永庆, 柯林, 王玉峰. 三层宽频带微带天线的设计[J]. 弹箭与制导学报, 2006, 26(4): 304-306.
- [3] WEIGAND S, HUFF G H, PAN K H, et al. Analysis and design of broad-Band single-layer rectangular U-Slot microstrip patch antennas [J]. IEEE Trans. on Antennas Propagation, 2003, 51(3): 457-468.
- [4] YANG Fan, ZHANG Xue-Xia, YE Xiao-ning, et al. Wide-band E-shaped patch antennas for wireless communications [J]. IEEE Trans. on Antennas Propagation, 2001, 49(7): 1094-1100.
- [5] 王玉峰, 龚传, 林鑫超. 一种高增益高极化隔离的宽频带L探针馈电E形微带天线[J]. 通信对抗, 2011(3): 47-51.
- [6] GE Yue-he, ESSELLE K P, BIRD T S. E-Shaped patch antennas for high-speed wireless networks [J]. IEEE Trans. on Antennas Propagation, 2004, 52(12): 3213-3219.
- [7] OOI B L, SHEN Q. A novel E-shaped broadband microstrip patch antenna [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2000, 27(5): 348-352.
- [8] OOI B L, SHEN Q, LEONG M S. Novel design of broad-band stacked patch antenna [J]. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 2002, 50(10): 1391-1395.

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>