

文章编号:1671-0576(2012)04-0049-04

## 宽带宽波束端射印刷振子天线

周小林<sup>1</sup>, 郭 敏<sup>2,3</sup>

(1. 上海无线电设备研究所, 上海 200090; 2. 上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072;  
3. 上海市航空航天器电磁环境效应重点实验室, 上海 200438)

**摘 要:**介绍了一种新型宽带宽波束折角振子天线,微带振子的两臂分别印刷在介质板的正反两面,该结构实现了从不平衡微带线到振子两臂的平衡馈电。调节振子臂的折角角度,获得了较宽的波束宽度,通过在接地板外侧刻蚀齿状扼流缝隙,抑制了后向辐射从而提高了天线的增益。对该天线的性能进行了仿真和实验研究,给出了驻波曲线和方向图,实验结果表明该天线阻抗带宽达到40.9%( $VSWR \leq 2$ ),覆盖了7.0 GHz~10.6 GHz的频率范围。基于上述优点,该天线在相控阵和通信系统中具有很好的应用前景。

**关键词:**波束宽度;宽频带;天线罩

中图分类号:TN821

文献标识码:A

## End-fire Printed Dipole Antenna with Broadband and Wave Beam Width

ZHOU Xiao-lin<sup>1</sup>, GUO Min<sup>2,3</sup>

(1. Shanghai Radio Equipment Research Institute, Shanghai 200090;  
2. School of Communication and Information Engineering, Shanghai University,  
Shanghai 200072; 3. Shanghai key Laboratory of Electromagnetic Environmental  
Effects for Aerospace Vehicle, Shanghai 200438, China)

**Abstract:** A novel wideband angled-dipole antenna is presented in order to achieve wide beamwidth. The antenna is built on both sides of a substrate and this allows a wideband feed from a single-ended microstrip line to the different dipole. With choosing the proper dipole arms angle, get the widest E-plane and H-plane beamwidth. The corrugations in the ground plane is also developed, which can enhance the gain of the antenna. The obtained design was fabricated and measured, showing impedance matching from 7.0 to 10.6GHz, the impedance bandwidth( $VSWR \leq 2$ ) is 40.9%. The usefulness of the application areas are in phased array and high data-rate communication systems.

**Key words:** wave beam width; broadband; radome

收稿日期:2012-10-10

作者简介:周小林(1982—),男,工程师,硕士;郭敏(1976—),女,高级工程师,主要从事天线技术研究。

## 0 引言

随着通信和雷达的快速发展,人们对天线的阻抗带宽和波束宽度均提出了越来越高的要求,如何研制辐射、阻抗均具备宽带特性和同时具有较宽的波束宽度的天线成为热点。采用口径耦合多层微带贴片的方法可以大大展宽微带天线的带宽<sup>[1]</sup>,但这种天线的实现需要多层基板加工工艺,制造难度大。一种改进性准八木微带天线阻抗带宽达 50% 以上<sup>[2]</sup>。这些文献主要考虑天线的阻抗带宽,并对此做了大量的研究工作,而对如何兼顾波束宽度并未进行讨论。

印刷振子天线具有重量轻<sup>[3]</sup>,体积小、成本低便于排阵,可以兼顾波束宽度和阻抗带宽等优点。在雷达和通信领域得到了广泛的应用。文献[4]提出了一种折角振子天线,在毫米波频段取得了很好的性能,其 H 面方向图在  $\pm 50^\circ$  的角度范围内只下降了 2 dB。R. Li 等提出的印刷振子天线在 1.7 GHz-2.5 GHz 频带范围内驻波小于 2<sup>[4]</sup>。文献[6]提出的双极化印刷振子天线获得了较宽的工作带宽和较低的交叉极化电平,文献[6]提出的印刷振子天线在 36% 的带宽内取得了较宽的波束宽度。

本文提出了一种新型宽带宽波束折角振子天线,该天线振子臂折角角度为  $45^\circ$ ,此时天线的 E 面和 H 面波束宽度达到最宽,简单的集成巴伦设计,使天线能在宽频带上工作,测试结果表明驻波小于 2 的频率范围为 7.0 GHz~10.6 GHz,相对阻抗带宽达到 40.9%,E 面和 H 面波束宽度分别为  $97.9^\circ$  和  $140^\circ$ 。

## 1 天线设计

折角振子天线结构图如图 1 所示,折角振子的两臂刻蚀在介质基板的正反两面,两臂的馈电由介质正反两面上的平行双线来实现<sup>[7]</sup>。介质基板采用 Rogers RT/duroid 5880,其相对介电常数为 2.2,介质损耗角正切为 0.0009,介质基板尺寸为  $24\text{ mm} \times 57\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 。背面导体面即作为微带本身的接地面,又起到反射振子的作用。振子的外面罩有天线罩,天线罩可以起到保

护天线的作用,同时还展宽了天线阻抗带宽。罩体的材料为聚酰亚胺(TMM3),其相对介电常数为 3.27,壁厚为 1.5 mm,方形体尺寸为  $30\text{ mm} \times 60\text{ mm} \times 6.8\text{ mm}$ 。为了保证天线的共形及外形美观,对天线的介质板和天线罩进行锥削设计,锥角与伞形振子的折角角度相同。

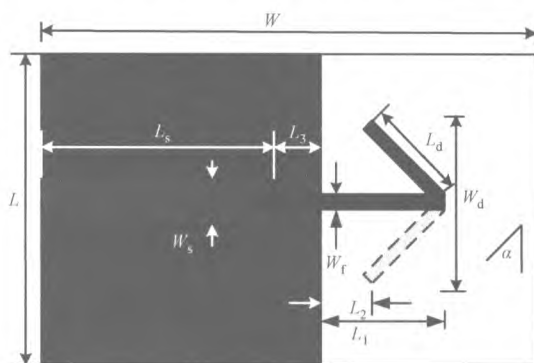


图 1 天线结构图

印刷振子天线的工作频率和匹配等特性主要由辐射振子和反射器部分决定。输入端为  $50\ \Omega$  微带线对应的线宽为  $W_s = 3.1\text{ mm}$ ,振子两臂由平行双线馈电,平行双线的宽度为  $W_f = 0.8\text{ mm}$ ,阻抗为  $Z_f = 158\ \Omega$ 。微带线到平行双线的过度部分线长  $L_3 = 5.5\text{ mm}$ ,阻抗为  $105\ \Omega$ 。平行双线起到一个宽度巴伦的作用<sup>[8]</sup>,这种分别印刷于介质板正反面的平衡巴伦结构在文献[9-10]中进行了较为详尽的讨论。微带线背面的接地面距离振子顶端 10.6 mm,实验证明,接地面起到了良好的反射作用。

振子折角分别为  $25^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  的天线 E 面方向图如图 2 所示,从图 2 可以看出振子折角角度在  $45^\circ$  时,天线的 E 面波束宽度达到最宽,振子折角分别为  $25^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  时的天线 H 面方向图如图 3 所示,从图 3 可以看出天线的 H 面方向图在振子折角为  $45^\circ$  时较宽。

折角振子天线具有较大的后向辐射,影响天线的效率,使得天线的增益偏低。在接地板外侧刻蚀长度约为四分之一工作波长的齿状扼流缝隙,该结构有效抑制了接地板外侧电流,从而提高了天线的增益,仿真结果如图 4 所示。

利用电磁仿真软件 Ansys HFSS 对该天线设计进行了优化,得出一组最佳参数,如表 1 所示。

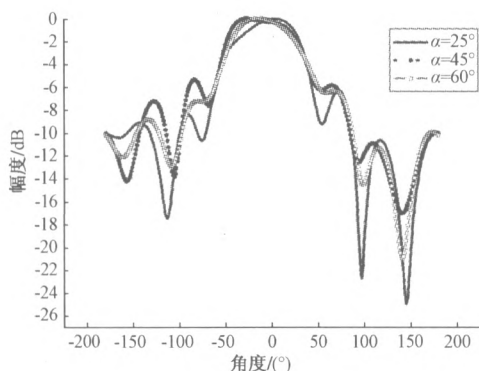


图2 仿真的 E 面方向图

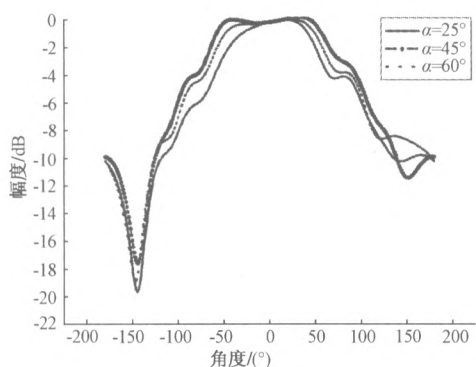


图3 仿真的 H 面方向图

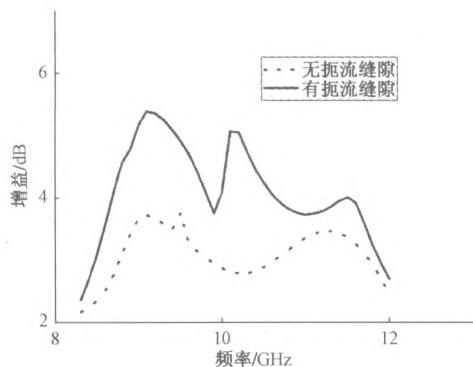


图4 天线增益对比曲线

表1 天线几何参数

参数	尺寸(mm)	参数	尺寸(mm)
$L$	24	$W_f$	0.8
$W$	56	$L_2$	3
$L_s$	37.5	$L_1$	10.6
$W_s$	3.1	$W_d$	9.6
$L_3$	5.5	$L_d$	8.8

## 2 仿真与实测结果

为验证设计的有效性,加工并测试了一副天线,如图5、图6所示。仿真和实测的天线E面辐射方向图如图7所示,图8为仿真和实测的H面辐射方向图,可以看出,仿真和实测的方向图较为吻合。实测的E面和H面3 dB波束宽度分别达到了97.9°和140°。仿真和实测的天线增益曲线如图9所示,从图9可以看出在工作频带内天线的增益比较平稳,且大于4.2 dBi。实测的天线增益比仿真值低,主要是由于天线的馈电网络和天线罩的损耗引起的。图10为测试的天线驻波曲线,实测结果表明天线的驻波小于2的频率范围为7.0 GHz~10.6 GHz,阻抗带宽为40.9%。实测结果和仿真结果吻合良好。

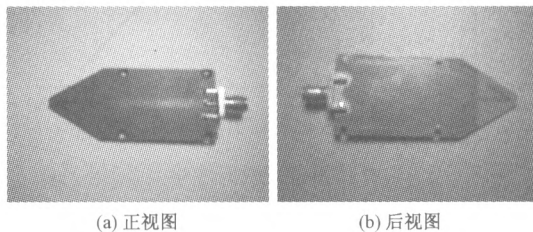


图5 天线实物照片

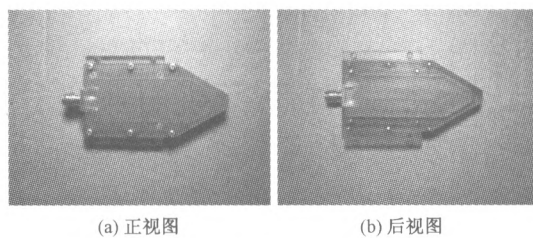


图6 带罩天线实物照片

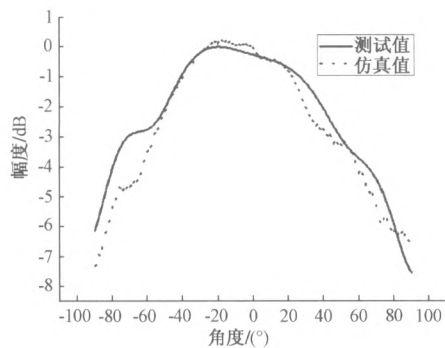


图7 仿真和实测的 E 面方向图

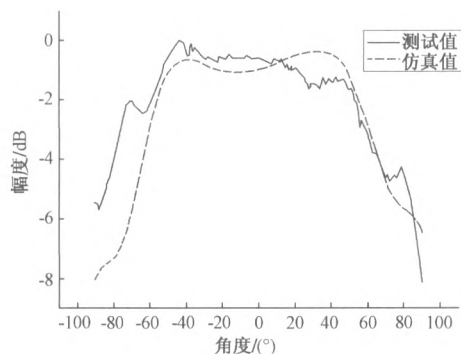


图 8 仿真和实测的 H 面方向图

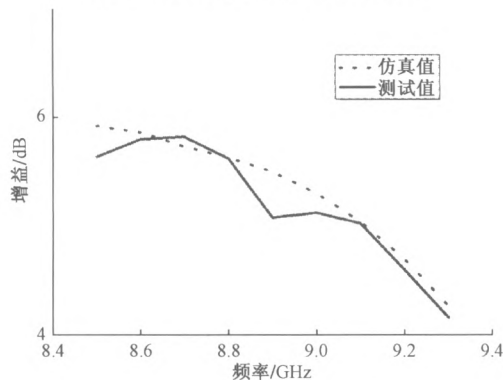


图 9 仿真和实测的天线增益曲线

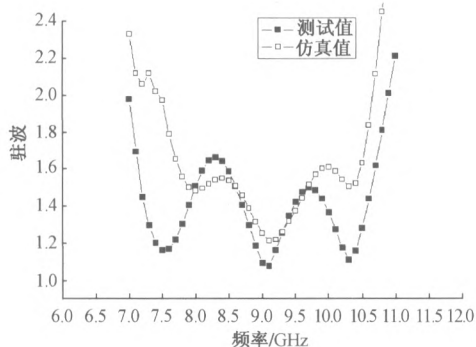


图 10 仿真和实测的天线驻波曲线

### 3 结论

本文设计并加工了一副折角端射印刷振子天线,通过优化振子臂的折角角度,展宽了天线的 E 面和 H 面波束宽度,实测的 E 面和 H 面 3 dB 波束宽度分别达到了 97.9°和 140°。在接地板外侧刻蚀齿状扼流缝隙,有效抑制了接地板外

侧电流提高了天线的增益。给出了测试和仿真结果,测试结果表明该天线不仅具有波束宽,而且还具有很宽的阻抗带宽,实测结果与仿真结果吻合良好。该天线可以广泛应用于卫星、飞船、以及导弹中。

### 参考文献

- [1] Duan Z. -S., Qu S. -B., Wu Y., Zhang J. -Q. Wide Bandwidth and Broad Beamwidth Microstrip Patch Antenna[J]. Electron Lett, 2009, 45:249-250.
- [2] 陈亚军,章传芳,徐志. 改进型准八木微带天线[J]. 现代雷达, 2009, 31(3): 60-62.
- [3] Lei Wang, Hong-chun Yang, Yang Li. Design of a New Printed Dipole Antenna Using in High Latitudes for Inmarsat[J]. IEEE Antennas Wireless Propag Lett, 2011, (10):358-360.
- [4] Ramadan A. Alhalabi, Gabriel M. Rebeiz. High-efficiency Angled-dipole Antennas for Millimeter-wave Phased Array Applications[J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2008, 56:3136-3142.
- [5] Rong Lin Li, Terence Wu, Bo Pan, Kyutae Lim. Equivalent-circuit Analysis of a Broadband Printed Dipole with Adjusted Integrated Balun and an Array for Base Station Applications[J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2009, 57: 2180-2184.
- [6] 李勇,江辉,王孝义,刘征. 一种双极化印刷振子天线的设计[J]. 电波科学学报, 2008, 23(6): 1183-1187.
- [7] L. J. Ying, T. P. Khiang. Study of Broadband Printed Dipole Antennas[J]. Microwave Opt Technol Lett, 2010, 52:184-187.
- [8] 钟顺时,天线理论与技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2011: 167-171.
- [9] A. A. Eldek, A. Z. Elsherbeni, C. E. Smith. Wide-band Modified Printed Bow-tie Antenna with Signal and Dual Polarization for C and X-band Applications[J]. IEEE Trans. Antennas Propag., 2005, 53(9):306-307.
- [10] C. Y. Chen, J. S. Sun. A printed Dipole Antenna with Microstrip Tapered Balun[J]. Micro. Opt. Tech. Lett., 2004, 40(4): 344-346.

## 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](http://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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、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](http://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>