

文章编号: 1007-2861(2009)02-0130-04

·研究简报·

## 采用倒π形馈源的超宽带宽缝印刷天线

薛玲珑, 钟顺时

(上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072)

**摘要:**介绍一种采用倒π形馈源的新型超宽带宽缝印刷天线,由共面波导(CPW)馈电。对该天线的性能进行了仿真和试验研究,给出回波损失曲线和辐射方向图。试验结果表明,该天线具有约120%的阻抗带宽( $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$ ),覆盖了3.0~12.0 GHz频率范围。与文献报道的几种同类天线比较,其尺寸是最小的。

**关键词:**超宽带;小型化;缝隙天线;馈源;共面波导

中图分类号: TN 82

文献标志码: A

## Ultra-Wideband Wide-Slot Printed Antenna with Inverted π-Shaped Feed

XUE Ling-long, ZHONG Shun-shi

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

**Abstract:** A new ultra-wideband wide-slot printed antenna with an inverted π-shaped feed is introduced, which is fed by a coplanar waveguide (CPW). The characteristics of the proposed antenna are investigated both numerically and experimentally, then the return loss curve and radiation patterns of the antenna are presented. The experimental results show that the antenna has an impedance bandwidth of approximately 120% ( $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$ ), covering 3.0~12.0 GHz frequency range. Compared with some reported antennas of the same-type, it is noted that the size of the proposed antenna is the smallest among them.

**Key words:** ultra-wideband (UWB); miniaturization; slot antenna; feed; coplanar waveguide (CPW)

超宽带(UWB)天线在无线通信、无线接入和电子对抗系统中有广泛的应用。2002年,美国联邦通信协会(FCC)批准UWB用于商业通信,并规定3.1~10.6 GHz为其免授权频谱使用范围。如何在这段频段内实现天线的超宽带特性和小型化,已成为研究的热点之一。

印刷缝隙天线具有低剖面、重量轻、易集成和带宽宽等优点,在超宽带系统中得到广泛的使用。这类天线可通过微带线<sup>[1-3]</sup>或者共面波导<sup>[6-8]</sup>来馈电。我们实验室提出采用扇形微带馈源结构,获得了约106%的阻抗带宽,频率范围是1.65~5.38 GHz<sup>[2]</sup>。

文献[6]的共面波导的终端是在矩形贴片上开凹形缺口,获得了约114%的带宽,频率范围是3~11 GHz,尺寸为70 mm×70 mm。

本工作提出利用一种倒π形馈源的新型印刷缝隙天线,制作简单,便于集成,其仿真与实测阻抗带宽均满足FCC对超宽带的定义(约120%的阻抗带宽)。特别是,它比现有的缝隙天线具有更小的尺寸。

### 1 天线结构与设计

本天线结构如图1所示,主要包括带斜边的矩形槽和倒π形馈源。图中, $w_s$ 表示槽的长度, $L_s$ 表示

槽的宽度,  $S$  表示斜边的高度,  $w$  和  $L$  分别是水平枝节的长度和宽度,  $\alpha$  和  $\beta$  分别是倒  $\pi$  形馈源的 2 个张角,  $d_x$  为倒  $\pi$  形馈源内侧至中心轴的距离,  $t$  是枝节与缝隙边缘间的距离,  $L_a$  代表倒  $\pi$  形馈源顶端拉长的尺寸。

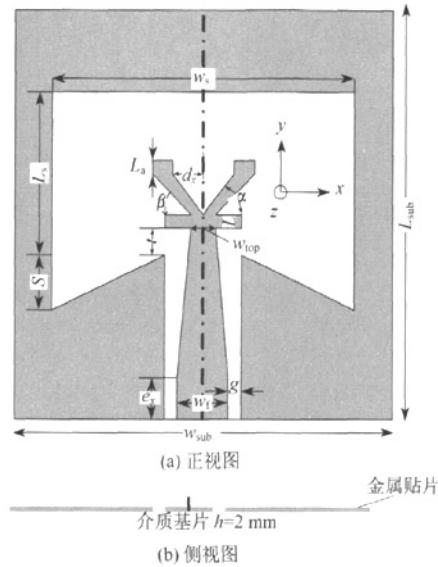


图1 天线结构

Fig. 1 Antenna structure

采用阻抗为  $50 \Omega$  的共面波导馈电, 两金属地板之间的间距 ( $2g + w_t = 5.0 \text{ mm}$ ) 不变, 保持  $e_r = 2.0 \text{ mm}$  的一段中心导带宽度  $w_t = 3.0 \text{ mm}$  不变, 然后渐变到  $w_{top} = 1.5 \text{ mm}$ . 天线的尺寸如下:  $w_s = 21.0 \text{ mm}$ ,  $L_s = 10.0 \text{ mm}$ ,  $S = 2.0 \text{ mm}$ ,  $L = 0.5 \text{ mm}$ ,  $d_x = 1.5 \text{ mm}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ ,  $L_a = 1.5 \text{ mm}$ ,  $t = 1.0 \text{ mm}$ , 其中张角  $\alpha$ 、倒  $\pi$  形馈源内侧至中心轴的距离  $d_x$ 、矩形槽斜边高度  $S$  及间距  $t$  等对天线的阻抗带宽影响较大。

利用商业微波仿真软件 CST Microwave Studio 对本天线进行了仿真, 以分析各参数对天线输入阻抗与阻抗带宽的影响。

分别计算了张角  $\alpha$  为  $50^\circ$ ,  $60^\circ$  和  $70^\circ$  时天线的回波损失, 如图 2 所示。张角  $\alpha$  增大有助于减小中高频段损失, 但同时对阻抗带宽的低频端性能有重要影响。可以看到,  $\alpha$  适当取小值可明显降低带宽下限, 并相当于减小了天线尺寸。当  $\alpha = 60^\circ$  时, 阻抗带宽最宽 ( $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$ )。图 3 所示为距离  $d_x$  对阻抗带宽的影响, 其展宽带宽的效果与张角  $\alpha$  相似。

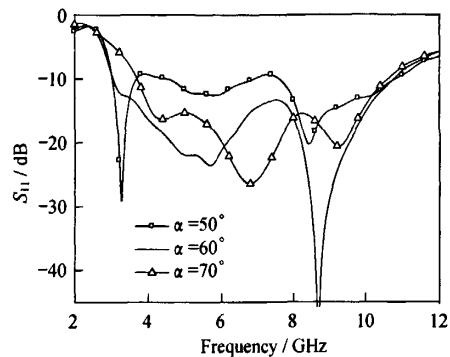
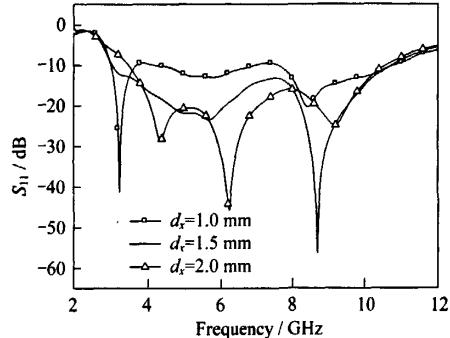
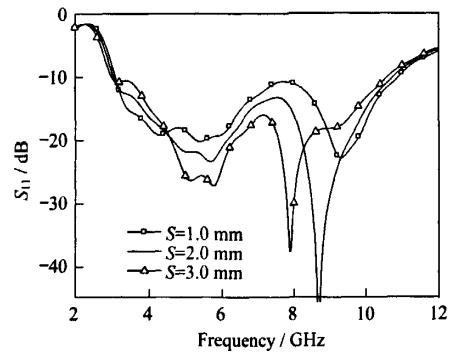
图2 张角  $\alpha$  对  $S_{11}$  的影响Fig. 2  $S_{11}$  for various angle  $\alpha$ 图3  $d_x$  对  $S_{11}$  的影响Fig. 3  $S_{11}$  for various parameter  $d_x$ 

图 4 所示为不同的斜边高度  $S$  值对应的天线回波损失值。可以看到,  $S$  的变化影响整个频带内的回波损失大小。当  $S = 2.0 \text{ mm}$  时, 天线在阻抗带宽内的回波损失曲线最好。

图4  $S$  对  $S_{11}$  的影响Fig. 4  $S_{11}$  for various parameter  $S$ 

枝节与缝隙边缘的间距  $t$  主要影响  $4 \sim 8 \text{ GHz}$  范围的回波损失大小。由图 5 可以看出,  $t$  值越大, 回波损失

越小,但最高频率减小,当  $t=1.0$  mm 时有最大的带宽.

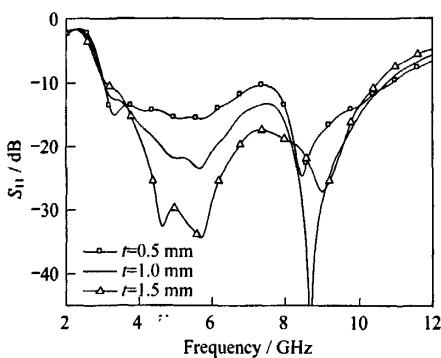


图 5  $t$  对  $S_{11}$  的影响

Fig. 5  $S_{11}$  for various parameter  $t$

## 2 仿真与实验结果

基于上述数值结果,又用 Ansoft HFSS 10.0 校核其电压驻波比(VSWR)特性,仿真结果如图 6 中虚线所示. 我们加工了一副实验天线,该天线使用相对介电常数为 3.5 的介质材料,基板尺寸为 25.0 mm  $\times$  25.5 mm  $\times$  2.0 mm,在 Agilent8722ES 矢量网络分析仪上测试. 实测的 VSWR 结果如图 6 中实线所示. 可见仿真与实验结果基本吻合,其差异估计是由于手工焊接馈电部分导致一定的误差,以及介质基板的相对介电常数不够准确造成频率偏移. 特别是高端实测值优于仿真值,这主要是由于介质材料相对介电常数实测值比仿真值更小所致. 实测的  $-10$  dB 回波损失带宽覆盖范围为 3.0 ~ 12.0 GHz, 相对带宽约 120%.

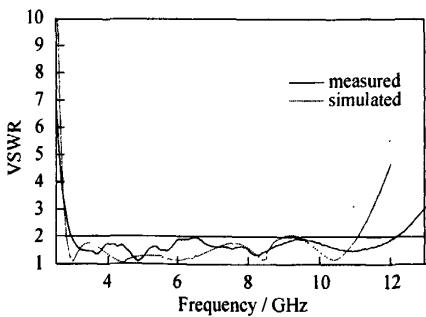
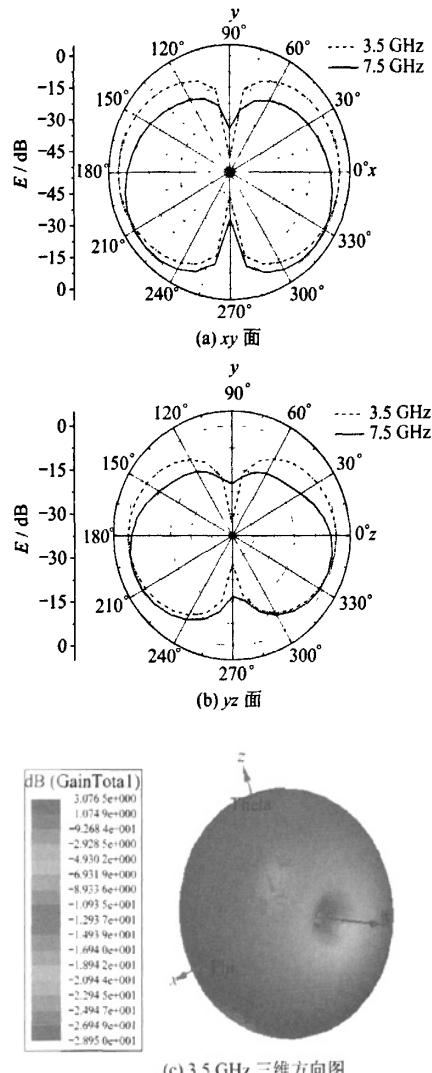


图 6 仿真和实测的 VSWR

Fig. 6 Simulated and measured VSWR

该天线在 3.5 GHz 和 7.5 GHz 的仿真方向图如图 7 所示,呈现了良好的边射特性. 图 8 为仿真的天线增益曲线,随着频率的升高增益增大,增益范围



(c) 3.5 GHz 三维方向图

图 7 仿真方向图

Fig. 7 Simulated radiation patterns

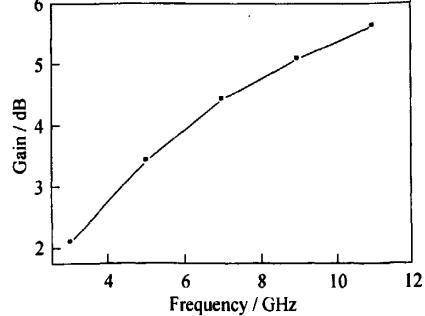


图 8 仿真增益

Fig. 8 Simulated gain

约为 $2.09 \sim 5.63$  dB.

该天线的尺寸为 $25.0\text{ mm} \times 25.5\text{ mm}$ , 即 $0.250\lambda_1 \times 0.255\lambda_1$ ( $\lambda_1$ 为最低频率时的波长). 表 1

给出几种超宽带印刷天线与本天线的比较. 表中可见, 本天线尺寸是最小的.

表 1 几种超宽带印刷天线的比较  
Table 1 Comparison of several printed UWB antennas

| 序号 | 天线类型                          | VSWR≤2 频率范围/GHz | 增益/dB       | 尺寸/ $\lambda_1^2$    |
|----|-------------------------------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1  | U 形馈源椭圆形印刷缝隙天线 <sup>[4]</sup> | 2.60 ~ 10.22    | 2 ~ 7       | $0.36 \times 0.36$   |
| 2  | CPW 饲电印刷缝隙天线 <sup>[8]</sup>   | 3 ~ 20          | 1 ~ 6       | $0.64 \times 0.40$   |
| 3  | U 形单极印刷天线 <sup>[9]</sup>      | 3.8 ~ 18.2      | 0.53 ~ 2.90 | $0.28 \times 0.37$   |
| 4  | 心脏形单极印刷天线 <sup>[10]</sup>     | 2.48 ~ 13.35    | 0.76 ~ 6.35 | $0.29 \times 0.38$   |
| 5  | 本天线                           | 3 ~ 12          | 2.09 ~ 5.63 | $0.250 \times 0.255$ |

### 3 结束语

以上介绍了一种新型的共面波导馈电采用倒π形馈源的超宽带宽缝天线, 研究了这一天线的特性, 并进行了实验验证, 其实测阻抗带宽达到约120%, VSWR实测结果与仿真结果相近. 本天线尺寸仅为 $25.0\text{ mm} \times 25.5\text{ mm}$ , 体积小, 易加工, 便于集成, 在UWB通信中具有很好的潜在应用前景.

### 参考文献:

- [1] WANG H L, ZHANG S, LIU H G, et al. Broadband double cross-shaped microstrip-fed slot antenna [C] // IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium. 2005:119-122.
- [2] YAO F W, ZHONG S S, LIANG X L. Wideband slot antenna with a novel microstrip feed [J]. Microwave Opt Tech Lett, 2005, 46(3):275-278.
- [3] SADAT S, FARDIS M. A compact microstrip square-ring slot antenna for UWB applications [C] // IEEE Antennas Propagat Symp, Albuquerque, New Mexico. 2006:4629-4633.
- [4] LI P, LIANG J, CHEN X. Study of printed elliptical circular slot antennas for ultrawideband applications [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2006, 54(6):1670-1675.
- [5] CHEN H D, CHEN J S, LI J N. Ultra-wideband square-slot antenna [J]. Microwave Opt Tech Lett, 2006, 48(3):500-502.
- [6] HSU S H, CHANG K. Ultra-thin CPW-fed rectangular slot antenna for UWB applications [C] // IEEE Antennas Propagat Symp, Albuquerque, New Mexico. 2006:2587-2590.
- [7] LIN Y C, HUNG K J. Compact ultrawideband rectangular aperture antenna and band-notched designs [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2006, 54(11):3075-3081.
- [8] SUN J S, LEEA Y C, LIN S C. New design of a CPW-fed ultrawideband slot antenna [J]. Microwave Opt Tech Lett, 2007, 49(3):561-564.
- [9] CHANG D C, LIU M Y, LIN C H. A CPW-fed U type monopole antenna for UWB applications [C] // IEEE Antennas Propagat Symp, Washington D C. 2005:512-515.
- [10] CHEN W S, WU S C, YANG K N. A study of the printed heart monopole antenna for IEEE 802.16a/UWB applications [C] // IEEE Antennas Propagat Symp, Albuquerque, New Mexico. 2006:1685-1688.

(编辑:刘志强)

## 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](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>