

文章编号: 1671-7449(2009)05-0412-04

应用于无线通信的小型化极化分集天线

王雯雯, 张文梅

(山西大学 物理电子工程学院, 山西 太原 030006)

摘要: 给出一种应用于无线通信的极化分集天线。该天线结构简单紧凑, 由两个方向垂直的T形天线单元实现线性极化分集。通过在接地板上开L形的槽, 实现了天线的小型化, 同时提高了两个端口的隔离度。仿真和测量结果表明, 所实现的天线工作在2.4 GHz, 在两个端口上, 回波损耗小于-10 dB的带宽大于30%, 两端口隔离度基本在-20 dB以下。测量结果与仿真结果基本吻合。

关键词: 极化分集; 小型化; 带宽; 隔离度; 回波损耗

中图分类号: TN821⁺.1 文献标识码: A

The Miniaturized Polarization-Diversity Antenna for Wireless Communication

WANG Wenwen, ZHANG Wenmei

(College of Physics and Electronics Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: This paper presents a polarization diversity antenna for wireless communication. The antenna has a simple and compact structure, and it has two vertical T antenna elements, which can provide polarization diversity. To further increase the isolation between the two ports, two L-shape slots are etched on the ground, which also achieve the miniaturized antenna. The results show that the proposed antenna works at 2.4 GHz, and has a bandwidth of over 30% with return loss less than -10 dB, and the isolation is less than -20 dB. Good agreement between the simulated and measured results is achieved.

Key words: polarization-diversity; miniaturization; bandwidth; isolation; return loss

目前, 随着用户的快速增长以及Internet的发展和移动计算设备的应用, 无线通信技术迅猛发展。第三代移动通信是面向多种业务的通信系统, 其业务包括了传真、话音、图像和视频的传输, 这就对系统的容量和质量提出更高的要求。无线通信中最主要的两个问题是由于传播环境所引起的多径衰落和来自其它用户的同频干扰。分集技术是一项主要的抗衰落技术, 它可以大大提高多径衰落信道下的传输可靠性, 相应的技术有: 频率分集、时间分集、角度分集和极化分集^[1-2]。极化分集是利用同一地点两个极化方向相互正交的天线发出的信号, 可呈现不相关的衰落特性进行分集接收。文献[3-13]提出了一些分集天线, 但这些天线还不能满足通信的需要。

* 收稿日期: 2009-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60771052); 国家博士后基金特别资助项目(200801424); 山西省自然科学基金资助项目(2006011029); 太原市科技资助项目(0703004)

作者简介: 王雯雯(1984-), 女, 硕士生, 主要从事微带天线、分集天线研究

通信作者: 张文梅(1969-), 女, 教授, 博导, 主要从事微波/射频通信等研究。

1 天线的几何模型及分析

本文提出的 T 形天线如图 1 所示,天线的两个辐射单元是由两个方向相互垂直的 T 形辐射贴片组成,这样可以得到垂直极化和水平极化两个极化分量,这两个贴片在板材为 FR_4 的介质板的一侧,用 50Ω 微带线进行馈电。接地板在介质板的另一侧,为了提高两端口的隔离度并且增加天线带宽,在接地板上开了两个倒 L 形的槽。

通过对天线结构的分析,发现天线的工作频段由 T 形贴片和倒 L 形缝隙共同决定,本文以贴片 1 为例,分析了二者对天线的影响,结果见图 2 所示。其中, $x=48\text{ mm}$, $y=39\text{ mm}$, $h=0.8\text{ mm}$, $g_1=24.5\text{ mm}$, $g_2=24\text{ mm}$, $m=1.526\text{ mm}$, $n=1.01\text{ mm}$, $a=11\text{ mm}$, $b=4\text{ mm}$, $c=8\text{ mm}$, $d=5.5\text{ mm}$ 。当研究某一参数的影响时,其它参数保持不变。

在图 2(a) 中,随着 a 的长度由 9 mm 变为 13 mm,天线的工作频率逐渐增大, S_{11} 逐渐变差。在图 2(b) 中, b 的长度由 2 mm 变为 6 mm,频率逐渐增大, S_{11} 逐渐变差。在图 2(c) 中, c 的长度由 6 mm 变为 10 mm,频率逐渐增大, S_{11} 逐渐变差。在图 2(d) 中, d 的长度由 3.5 mm 变为 7.5 mm,频率逐渐减小, S_{11} 逐渐变好。

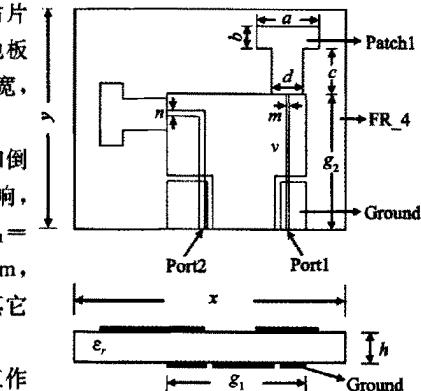


图 1 T 形极化分集天线的几何模型

Fig. 1 Configuration of the T-shape polarization-diversity antenna

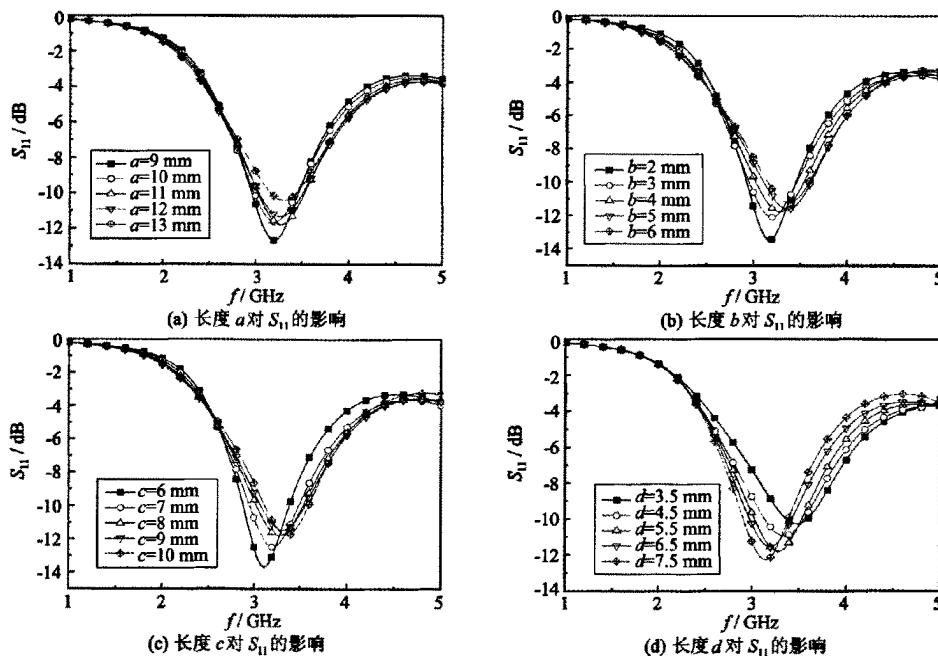


图 2 贴片 1 对 S_{11} 的影响

Fig. 2 The effect of patch1 on S_{11}

L 形缝隙既影响天线的工作频率、带宽,还影响两个端口的隔离度,图 3 给出了有无 L 形槽时两个端口的 S 参数的影响。从图 3(a)、(b) 可看出,加载 L 形的槽使天线的工作频率从 4.2 GHz 下降到 2.4 GHz,天线体积减小到未加槽时的 57%。同时 S_{11} 和 S_{22} 也得到了很大的改善,回波损耗小于 -10 dB 的 S_{11} 的带宽从 24.71% 增加到 58.33%, S_{22} 的带宽从 18.29% 增加到 35.42%。在图 3(c) 中,当天线没有 L 形槽时,天线的隔离度在 -15 dB 与 -17 dB 之间,当有 L 形槽时,由于两个 L 形缝隙把两个馈线下的接地板分为三个部分,阻断了端口之间的电流通路,因此,在整个频段内隔离度基本在 -20 dB 以下。

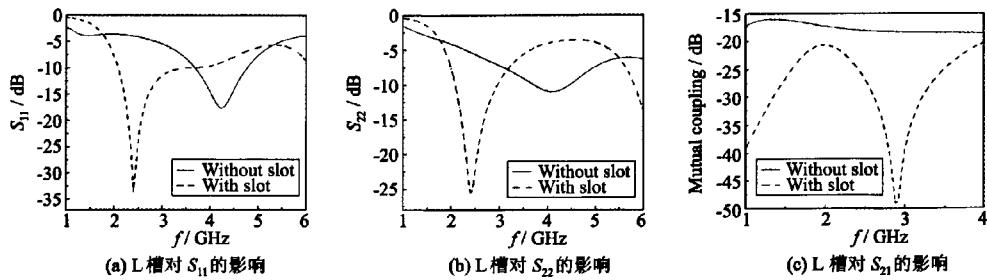


图 3 L 形槽对天线性能的影响

Fig. 3 The effect of L-shape slot on antenna performance

2 仿真和测量结果分析

通过分析,结合神经网络的算法,对天线的尺寸进行了优化,优化目标是:天线的工作频率为 2.4 GHz,在此频率下 S_{11} 、 S_{21} 和 S_{22} 优于 -15 dB。优化后的天线的尺寸如表 1 所示。T 形极化分集天线实物如图 4 所示,天线总面积为 $48 \text{ mm} \times 39 \text{ mm}$,接地板面积为 $24.5 \text{ mm} \times 24 \text{ mm}$ 。

表 1 优化后的 T 形极化分集天线几何尺寸(mm)

Tab. 1 Dimension of the T-shape polarization-diversity antenna(mm)

x	y	h	a	b	c	d	m	n	g_1	g_2
48	39	0.8	11	4	8	5.5	0.55	1.01	24.5	24

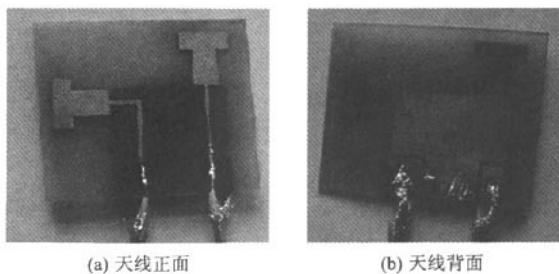


图 4 T 形极化分集天线实物图

Fig. 4 Photograph of the T-shape polarization-diversity antenna

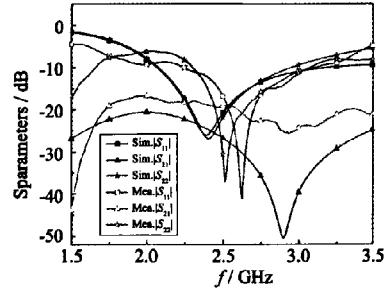


图 5 天线 S 参数仿真和测试结果

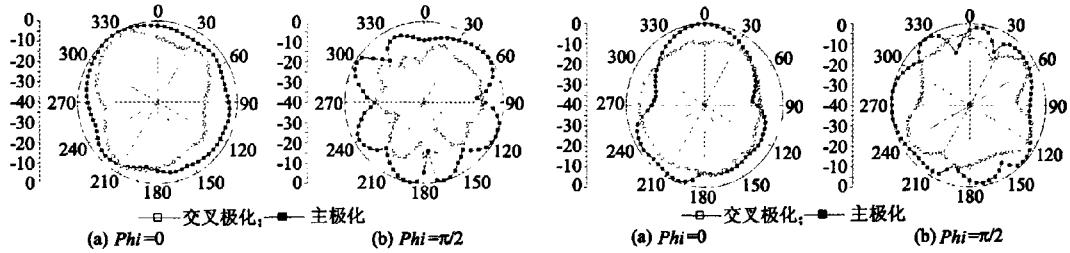
Fig. 5 Simulated and measured results of S parameter

图 6 天线端口 1 的辐射方向图

Fig. 6 Radiation patterns at port 1

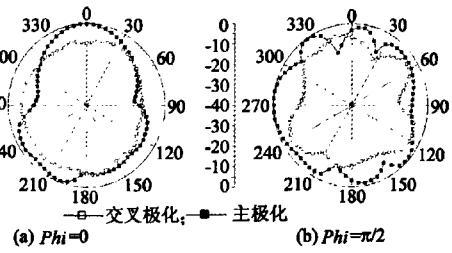


图 7 天线端口 2 的辐射方向图

Fig. 7 Radiation patterns at port 2

通过对优化后的 T 形极化分集天线的仿真和实测,并对其数据进行处理和分析,可以看到该天线的高隔离、较宽带宽等优点。图 5 给出了天线 S 参数的仿真和测试结果,仿真结果表明,两端口的回波损耗均小于 -10 dB 时,该天线带宽约为 36.7% ,两端口的隔离度小于 -20 dB。测试结果表明,两端口的回波损耗均小于 -10 dB 时,该天线带宽约为 31.7% ,两端口的隔离度约为 -19 dB。表 2 给出天线两端口在中心频率的回波损耗和隔离度的仿真和实测结果。通过比较,表明 S 参数的实测结果与仿真结果基本吻合。

图 6 和图 7 给出了天线 1 端口和 2 端口在 2.4 GHz 时的辐射方向图。由图可见,对端口 1 来说, $Phi = 0$ 时天线的主极化各方向的辐射一样大, $Phi = \pi/2$ 时天线的主极化在垂直方向辐射最大;对端口 2 来说, $Phi = 0$ 时天线的主极化在垂直方向辐射最大, $Phi = \pi/2$ 时天线的主极化各方向的辐射一样大。这正是极化分集的特点,因此可以认为该天线保持了良好的辐射特性。图 8 给出了天线的增益图,可以看出该天线获得了较高的增益,在 2.5 GHz 的时候达到了最高,为 4.345 dBi。

表 2 天线 S 参数

Tab. 2 S parameter of the antenna

		S_{11}	S_{22}	S_{12}/S_{21}
天线仿真 S 参数	频率/GHz	2.4	2.4	2.4
	S 参数/dB	-25.94	-26.94	-24.75
天线测试 S 参数	频率/GHz	2.62	2.51	2.62
	S 参数/dB	-41.12	-37.15	-20.88

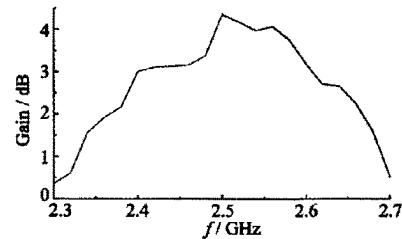


图 8 天线的增益
Fig. 8 Gain of the antenna

3 结 论

该天线利用两个 T 形辐射贴片在方向上的相互垂直放置得到彼此垂直的两个极化分量,获得了较宽的带宽和较高的隔离。通过大量的仿真和最终的实测结果表明,该天线两端口的回波损耗均小于 -10 dB 时,其阻抗带宽可达 30% 以上,两端口的隔离度小于 -20 dB,同时保持了良好的辐射特性。本文提出的这种极化分集天线设计结构简单,易匹配易加工,可以很好地满足无线通信的应用需求。

参考文献:

- [1] Zheng Yili, Zheng Weidu, Ke Gong. A novel wideband printed diversity antenna for mobile phone application[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2008, 1-4.
- [2] Charles T, Cyril D, David C, et al. Diversity antennas efficiencies enhancement[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007, 1064-1067.
- [3] Sibile A, Bories S. Spatial diversity for UWB communications [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2003, 367-370.
- [4] Oliver S, Sven K H, Rolfs I, et al. Impact of sievenpiper high impedance surfaces on the performance of planar cross-dipole polarization diversity antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007, 118-121.
- [5] Satish K S, Jacob N, Shafai L. Investigations on low profile wide band slot antennas for wireless communications [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 390-393.
- [6] Takafumi O, Noriaki O, Shuichi S, et al. A method to improve the correlation coefficient and the mutual coupling for diversity antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 1A: 207-510.
- [7] Yuan Ding, Zheng Weidu, Ke Gong, et al. A novel dual-band printed diversity antenna for mobile terminals[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007, 55(7): 2088-2096.
- [8] Row J S. Design of aperture-coupled annular-ring microstrip antennas for circular polarization [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 53(5): 1779-1784.
- [9] Naobumi M, Hiroyuki A. A polarization diversity antenna by printed dipole and patch with a hole[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2001, 3: 368-371.
- [10] Ko S C K, Murch R. Compact integrated diversity antenna for wireless communications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2001, 49(16): 954-960.
- [11] Mavridis G A, Christodoulou C G, Sahalos J N, et al. A planar two-branch diversity for wireless applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2006: 4713-4716.
- [12] Mavridis G A, Karapistoli E D, Christodoulou C G, et al. Spatial diversity performance of printed dual band antennas for WLAN operations[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 1A: 491-494.
- [13] Xuan Wang, Zheng Weidu, Ke Gong. A compact wideband planar diversity antenna covering UMTS and 2.4 GHz WLAN bands[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2008, 7: 588-591.

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>