

文章编号: 0255-8297(2007)05-0466-03

共面波导馈电印刷单极天线的频带阻断

延晓荣^{1,2}, 钟顺时¹, 陈旷达¹

(1. 上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072; 2. 中国海洋大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266071)

摘 要: 提出一种具有频带阻断特性的小型化渐变共面波导馈电矩形单极天线. 通过在辐射贴片上开 U 形缝隙, 来获得对于无线局域网(WLAN)频段的频带阻断, 并详细分析了缝隙各参数对频带阻断特性的影响. 分析表明, 频带阻断特性可通过控制 U 形缝隙的位置来实现, 而通过调整缝隙的长度和宽度可改变所阻断频带的位置. 实验结果表明, 所提出的天线实现了 5.07 ~ 5.85 GHz 的阻带特性, 且具有阻抗带宽达 15:1 的超宽带特性.

关键词: 频带阻断; U 形缝隙; 矩形单极天线; 渐变共面波导; 超宽带

中图分类号: TN82

文献标志码: A

Band-Notch for CPW-Fed Printed Monopole Antenna

YAN Xiao-rong^{1,2}, ZHONG Shun-shi¹, CHEN Kuang-da¹

(1. School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China;

2. College of Information Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266071, China)

Abstract: A compact rectangular monopole antenna fed by a tapered coplanar waveguide (CPW) with a band-notch function is proposed. A U-shaped slot is cut in the radiation patch to obtain the band-notch function and its parameters studied in detail. It is shown that the band-notched function can be realized by controlling location of the U-shaped slot. The notched band can be changed by adjusting the length and the width of the slot. Experimental results show that the proposed antenna has a stop-band of 5.07 GHz to 5.85 GHz and a super-wideband characteristic, with impedance bandwidth reaching 15:1.

Keywords: band-notch; U-shape slot; rectangular monopole antenna; tapered coplanar waveguide; super-wideband

平面单极天线具有超宽带阻抗特性及结构简单、全向辐射等优点, 适合用于超宽带(UWB)通信系统^[1-6]. 其中, 共面波导(CPW)馈电天线由于其单面结构及更易于与其他电路或固态器件集成而受青睐.

为了避免 UWB 系统对 5.15 ~ 5.825 GHz 频段无线局域网系统(WLAN)的干扰, 在 UWB 系统前端附加窄带的带阻滤波器是必要的. 然而, 这样势必会增加 UWB 系统的复杂程度. 因此, 设计在特定频段上具有带阻特性的 UWB 天线对简化 UWB 系统很有意义.

在以往的文献中, 我们已经看到了一些具有一定阻带特性的 UWB 天线^[7-9]. 例如在微带馈电的凹

口矩形贴片上开 U 形缝隙^[7]及圆盘贴片上开弧形缝隙^[8]等达到适当的带阻特性.

本文提出一种具有带阻特性的 CPW 馈电矩形平面单极天线, 通过在贴片上开一个合适的 U 形缝隙来实现期望的阻带特性. 以下将给出具体设计及实验结果, 并详细分析各参数对带阻特性的影响.

1 天线设计

本天线主要由矩形单极贴片和共面波导馈电部分组成, 二者都蚀刻在 $L \times D_{\text{sub}}$ 介质板的同侧, 结构

收稿日期: 2007-04-12; 修订日期: 2007-06-26

基金项目: 国家自然科学基金(60571053); 上海市重点学科建设基金(T0102)资助项目

作者简介: 延晓荣, 博士生, 研究方向: 微带天线与计算电磁学, E-mail: yanxr2003@163.com; 钟顺时, 教授, 博导, 研究方向: 现代天线理论与技术等, E-mail: shshzhong@163.com

如图1所示。

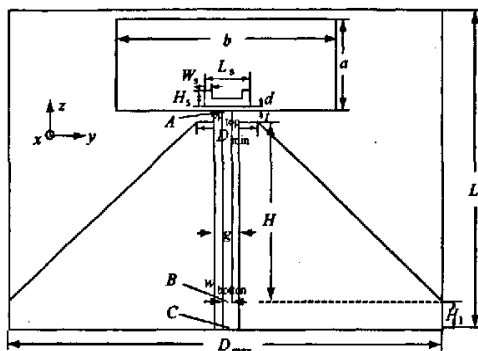


图1 天线结构图

Fig.1 Geometry of proposed antenna

共面波导的金属地板为等腰梯形加一段矩形结构.等腰梯形顶边宽度为 D_{\min} ,底边宽度为 D_{\max} ,高度为 H ,矩形结构高度为 H_1 ,金属地板与矩形单极贴片的间隙为 g .根据分析,特性阻抗约为 100Ω 的共面波导进行馈电可获得较好的匹配^[3].然而实际应用中,天线的端口 B 处通常接 50Ω 的连接器,因此,从 A 点到 B 点需实现 100Ω 到 50Ω 的阻抗变换.采用相对介电常数 $\epsilon_r = 3.48$,厚度 $h = 1.524 \text{ mm}$ 的介质板,则导带与缝隙的总宽度固定为 $g = 3 \text{ mm}$,而导带宽度从 A 点的 $w_{\text{top}} = 1 \text{ mm}$ 线性渐变到 B 点的 $w_{\text{bottom}} = 2.6 \text{ mm}$,从而实现共面波导特性阻抗从约 100Ω 渐变到 SMA 接头 50Ω 特性阻抗的转换.另在馈电端附近引入均匀段部分(即 B 点到 C 点)是为了确保共面波导到 SMA 接头的匹配.

优化设计天线的结构参数,可以使该天线具有良好的阻抗带宽,参数的优化值见图2.在辐射贴片上开适当的 U 形缝隙就可以使天线实现阻带特性.

2 天线带阻特性分析

利用基于有限积分方法的仿真软件 CST MICROWAVE STUDIO 对上述天线模型进行仿真计算,分析 U 形缝隙的位置参数 d 、缝隙长度 L_s 以及缝隙宽度 w_s 等对带阻特性的影响.

图2给出了当缝隙长 L_s 及缝隙宽 w_s 分别固定为 14 mm 和 0.4 mm 时, VSWR 特性随缝隙位置参数 d 的变化.当 $d < 5 \text{ mm}$ 时,天线具有阻带性能,而且, d 不同,阻带宽度不同.当缝隙靠近贴片下端时,阻带更宽.由图2也可看出,缝隙的存在对阻带以外的频段也有较小的影响.

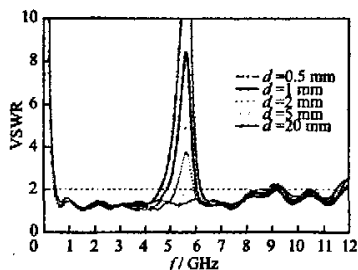


图2 缝隙的不同位置对 VSWR 随频率特性的影响

Fig.2 Simulated VSWR vs frequency of different slot location (parameters: $a = 30 \text{ mm}$, $b = 70 \text{ mm}$, $D_{\max} = 140 \text{ mm}$, $D_{\min} = 9 \text{ mm}$, $t = 2.3 \text{ mm}$, $H = 70 \text{ mm}$, $H_1 = 5 \text{ mm}$, $w_{\text{top}} = 1.0 \text{ mm}$, $w_{\text{bottom}} = 2.6 \text{ mm}$)

图3给出了 L_s 取不同值时 VSWR 频率特性的变化.由图可见,缝的长度决定阻带的频率范围.随着 L_s 的增大,阻带频段向低频端移动.分析表明,调整缝隙的总长度大约为所希望阻断频率的 $1/3$ 波长时,将实现对该频率的阻断.当 L_s 为 14 mm 时,可以获得所希望的对 $5 \sim 6 \text{ GHz}$ 频带的带阻特性.

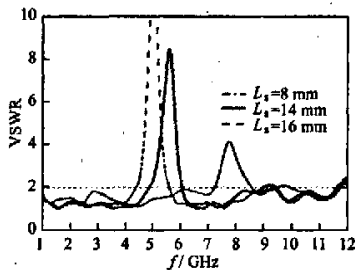


图3 不同 L_s 对 VSWR 频率特性的影响

Fig.3 Simulated VSWR vs frequency of different slot lengths L_s (parameters: $d = 1 \text{ mm}$, $w_s = 0.4 \text{ mm}$)

图4说明了缝隙宽度 w_s 对带阻特性的影响.通过调整缝隙的宽度,缝隙的外周长和内周长随之改变,而且分别控制着阻带的频率低端和高端.分析表

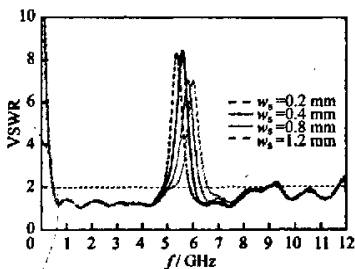


图4 不同缝隙宽度 w_s 对 VSWR 频率特性的影响

Fig.4 Simulated VSWR vs frequency of different slot width w_s (parameters: $d = 1 \text{ mm}$, $L_s = 14 \text{ mm}$)

明,随着缝隙宽度的增大,阻带的带宽随之增宽.因此可以推断,综合改变缝长及缝宽可以实现特定的阻带带宽.

3 实验结果

根据仿真分析的结果,实际加工了天线,并用矢量网络分析仪 Agilent 8722ES 进行了测量,测量的 VSWR 与计算值的比较如图 5 所示.图 5 说明,在 5.15 ~ 5.825 GHz 频带内实测的驻波比大于 5.测量的阻带带宽(VSWR ≥ 2)为 5.07 ~ 5.85 GHz,而计算值为 4.87 ~ 6.06 GHz.此外,测量结果表明该天线具有阻抗带宽达 15:1 的超宽带特性,即在 0.595 ~ 8.95 GHz 频段内驻波比不大于 2.

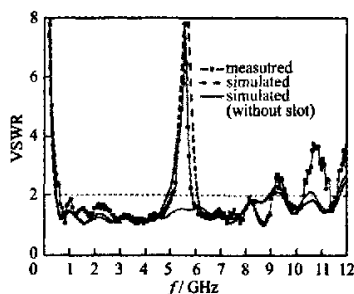


图 5 测量与仿真驻波比

Fig.5 Measured and simulated VSWR of proposed antenna
(parameters: $d = 1$ mm, $L_s = 14$ mm, $w_s = 0.4$ mm, $H_s = 3$ mm)

实测阻抗带宽与仿真结果吻合得较好,但实测阻带带宽比仿真结果稍窄.图 2 表明,缝隙位置对于阻带的带宽影响较大,由此推断主要原因是加工误差所引起.

仿真结果表明,天线的辐射呈现良好的单极特性.阻带频段的仿真增益显示了低电平,如图 6 所

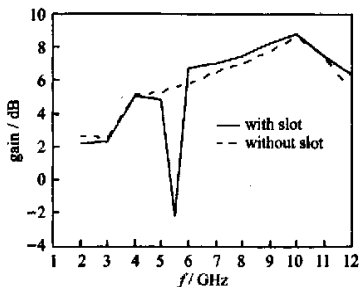


图 6 天线增益仿真值

Fig.6 Simulated antenna gain vs frequency

示.在其他频率上可获得 2 ~ 8 dBi 的增益.

4 结 语

本文提出一种具有带阻特性的超宽带矩形平面单极天线,分析了所开 U 形缝隙各参数对频带阻断特性的影响.分析表明,U 形缝隙的长度和宽度分别决定了阻带的频段及带宽,综合设计缝长及缝宽就可以实现特定的阻带带宽.实际加工的天线实现了 5.07 ~ 5.85 GHz 频带的阻带特性,且具有阻抗带宽达 15:1 的超宽带特性,即在 0.595 ~ 8.95 GHz 频段内驻波比不大于 2.

参考文献:

- [1] SUH S Y, STUTZMAN W L, DAVIS W A. A new ultra-wideband printed monopole antenna: the planar inverted cone antenna (PICA)[J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2004, 52 (5):1361 - 1365.
- [2] LIANG Jianxin, CHIAU C C, CHEN Xiaodong, PARINI C G. Study of a printed circular disc monopole antenna for UWB systems [J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2005, 53(11): 3500 - 3504.
- [3] LIANG Xianling, ZHONG Shunshi, WANG Wei. Tapered CPW-fed printed monopole antenna [J]. Microwave Opt Technol Lett, 2006,48(7):1411 - 1413.
- [4] KLEMM M, TROESTER G. Textile UWB antennas for wireless body area networks [J]. IEEE Trans Antennas Propag, 2006, 54(11):3192 - 3197.
- [5] REN Y J, CHANG K. Ultra-wideband planar elliptical ring antenna [J]. Electron Lett, 2006, 42 (8):447 - 449.
- [6] WU Q, JIN R, GENG J, DING M. Compact CPW-fed quasi-circular monopole with very wide bandwidth [J]. Electron Lett, 2007,43(2):69 - 70.
- [7] WOYOUNG Choi, JIHAK Jung, KYUNGHO Chung, JAEHOOM Choi. Compact microstrip-fed antenna with band-stop characteristic for ultra-wideband applications [J]. Microwave Opt Technol Lett, 2005, 47(1):89 - 92.
- [8] QU Xinan, ZHONG Shunshi, WANG Wei. Study of the band-notch function for a UWB circular disc monopole antenna [J]. Microwave Opt Technol Lett, 2006, 48(8):1667 - 1670.
- [9] LIU Wenchung, KAO Pingchi. CPW-fed triangular antenna with a frequency-band notch function for ultra-wideband application [J]. Microwave Opt Technol Lett, 2006, 48(6): 1032 - 1035.

(编辑:秦 巍)

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)，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>