

A Novel Ultra Broadband Planar Monopole Antenna for UHF

ZHU Yong-zhong, LI Ping

(1. National Laboratory of Antennas and Microwave Technology, Xidian University, Xi'an 710071, China;
2. Eng. College of the Chinese People Armed Police Force, Xi'an 710086, China)

Abstract: A novel simple H-shaped printed planar antenna is designed. The analysis of finite-difference time domain method and HFSS shows the novel printed antenna may obtains favorable performance by adjusting the width of the notch properly and changing the T-shaped feeding configuration. The measurement indicates its bandwidth is greater than 53% at $VSWR < 2$ and 2.88 dB can be obtained on a 0.15 cm substrate at the center frequency. This new broadband printed antenna is easy to be integrated with MMIC, and suitable for element of array due to its simple planar configuration.

Key words: monopole antenna; H-shaped; ultra broadband; VSWR; FDTD

EEACC: 5260; 5270B

一种新型超宽带平面单极子天线

朱永忠¹, 李萍²

(1. 西安电子科技大学天线与微波技术国家重点实验室, 西安 710071
2. 武警工程学院通信工程系, 西安 710086)

摘要: 设计了一种结构简单的H形双面印刷超宽带单极子天线。通过采用FDTD建模和HFSS软件仿真分析发现,适当调整天线凹槽的长宽和改变馈电结构可以调整天线的中心频率与带宽。由此设计制作了这种天线,并进行实验测试。结果表明:在厚度为0.15 cm的介质基片上,双面印刷的H型单极子天线,实测带宽可达53% ($VSWR < 2.0$),中心频率处增益达2.88 dB。

关键词: 单极子天线; H形; 超宽带; 驻波比; 时域有限差分法

中图分类号: TN820

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2007)03-0804-04

在军事通信系统中,由于现代战术保密通信的需要,对天线的物理结构与性能提出了更高的要求。现有的超高频(UHF)频段天线(主要是鞭天线)虽在水平方向上具有全方向性,但它的辐射仰角较低,在仰角 90° 附近无辐射,不适合山地通信及立体空间通信,同时鞭天线频带较窄,不利于图象传输^[7]。当其装备在车辆与舰船上,由于尺寸较大难以伪装,且易损坏。极大地降低了部队作战的机动能力和反恐处突的效果。因此研制新型小型化宽带天线成为

迫切需求。

一般来说,缩小天线尺寸,其效率与带宽就出现反向变化关系,所以就要设法找到尺寸与带宽和效率三者间的妥协点。由于天线小型化的物理极限值还没有实现,因此在天线形状及其结构选择,馈电方式,导体以外的材料运用等方面采取措施是有效的办法。文献[1-4]研究表明矩形以及其他类似平面结构的单极子天线具有一定的宽带特性,其结构对优化电小天线的设计,特别是宽频带补偿电路的设

收稿日期: 2006-06-04

作者简介: 朱永忠(1980-),男,2002年毕业于西安武警工程学院通信工程系获学士学位,2005年获西安武警工程学院军事通信学硕士学位,现为西安电子科技大学博士研究生,研究方向为微波通信、天线小型化技术,bsbs1980@taom.com;

李萍(1959-),女,2005年获西安电子科技大学博士学位,现为西武警工程学院通信工程系教授,硕士研究生导师,中国电子学会高级会员,主要从事天线和电磁场与微波技术领域的工作。

计十分有益。而印刷天线则具有重量轻、体积小、低剖面、易于共形和集成等优点,但频带较窄^[1]。本文结合这两种结构的优点,设计了一种性能优越的超宽带 H 形印刷单极子天线。

首先对这种 H 形印刷单极子天线进行了时域有限差分法(FDTD)编程分析。采用 FDTD 分析是因为矩量法对于规则结构天线的计算具有快速准确的优点,但对于不规则结构则不如时域有限差分法灵活。在此分析基础上进一步对天线的馈电结构进行了优化,通过 ANSOFT HFSS 软件仿真发现:采用合适的馈电网络(T 形结构),在相同的基片上,单极子 H 形印刷天线比普通微带振子天线具有更宽的带宽,也比同尺寸下的矩形单极子天线的带宽更好。实测带宽可达 53%(VSWR<2.0),中心频率处增益达 2.88 dB。由于天线结构简单,无须外加寄生电路和多层贴片,采用同轴线馈电,简单实用,亦可做为天线阵元,成本低,性能好。

1 H 形印刷单极子天线的 FDTD 分析

对一长度为($L=\lambda/4$)、宽度为($W=\lambda/6$) (为中心频率的波长)的矩形平板单极子天线进行切曲开槽,使之形成 H 形对称结构(铜片厚度为 0.05 cm),并将其正反印制在介质板上,如图(1)所示。初步确

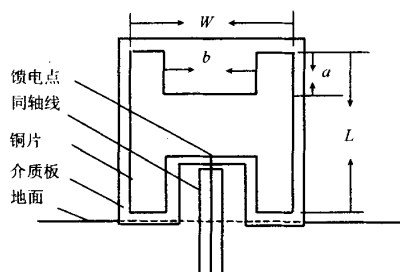


图1 双面印刷的 H 形单极子天线正面图

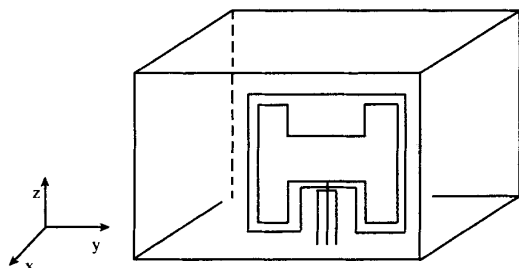


图2 天线 FDTD 网格模型

定凹槽的长宽为 b 和 a 。天线(指铜片)的最下端距离地面为 0.2 cm。采用同轴线馈电($50\ \Omega$)，馈电点在下方凹槽的中部(介质板两侧的铜片仅与同轴线的内芯都有接触)。

采用时域有限差分法(FDTD)分析这一天线的特性,考虑大金属平板上的 H 形印刷单极子天线由同轴馈电,同轴线外导体与接地板相连,设同轴线的尺寸为 $b/a=2.3$ (a, b 分别为内外导体半径),其特性阻抗为 $50\ \Omega$ 。天线阻抗由同轴内的电压电流计算。由于同轴内导体较细,难于用于网络模拟。将内导体看成细线计算其上电荷和电流,并与麦克斯韦方程式联立,得到 FDTD 迭代方程式。由于同轴线的内导体穿过地板与天线贴片相接,整个结构分成两个区域。同轴线区将同轴线中的电磁场定义一个矩阵;天线区定义为另一矩阵。设天线在两个区域的分界面是一个网格单元面,分界面上下半个网格面的场分量位于此面上。在每一时间步上,分界面区域的电、磁场在两个区域内被分别计算。在网格中按初始条件插入 Gaussian 脉冲为入射波。网格分辨率为每两个半脉冲 40 个空间单元。这样才能正确激励所需要的相位模式。在计算过程中 Yee 网格尺寸为 $d_x = 2\text{ mm}$, $d_y = 2\text{ mm}$, $d_z = 2\text{ mm}$;总网格尺寸为 $100\ d_x \times 95\ d_y \times 150\ d_z$ 。利用 FDTD 的分析得出的 S_{11} 曲线与 HFSS 仿真值较为吻合(图 3),证明了建模的正确性。开槽后天线的频带上移,绝对带宽有一定的增加。

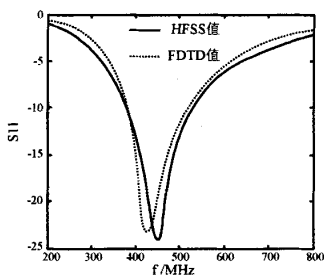


图3 两种计算方法的 S 参数比较

改变凹槽尺寸计算了一组数据,从图 4 到图 5 可以看出天线凹槽尺寸的改变对抗特性的影响明显,凹槽长度越大,电阻越大,而在 300~400 MHz 时电抗随凹槽长度的增加逐渐增大,在 400~550 MHz 时凹槽的长度越小,电抗随频率的变化越小。图 6 和图 7 说明阻抗随凹槽宽度的增加而增大,而凹槽的宽度越大,电抗随频率的变化越明显。从图 8 和图 9 可以看出, H 形天线的绝对带宽随凹槽长度的增加逐渐增大,中心频率上移;随凹槽宽度的增加逐渐减小,中心频率基本不变;但下限频率均随凹槽长宽的增加而逐渐上升。由上可见,矩形天线开槽后,天线的阻抗特性发生了很大的变化。只要开槽适当,天线的带宽相对矩形有一定的增大,但天线的下限频率也变化明显。这可以认为:其一是凹形槽口的

切除破坏了天线的电流特性,引起天线在低频段的电抗急剧变化.其二是天线底部凹槽的顶端离地面有一段距离,它与地面形成的分布电容也影响了天线的阻抗特性,其三是同轴线外导体接地后,内导体孤立的延伸这段长度会对天线底边靠近馈电区处产生散射,馈线内的高频电流在其周围产生绕射场,绕射场在天线边缘上激励电流影响天线的输入阻抗带宽,也影响辐射功率带宽.

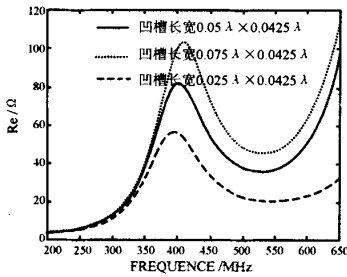


图 4 阻抗随凹槽长度的变化

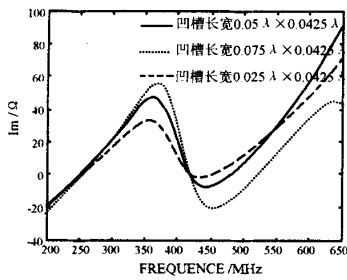


图 5 电抗随凹槽长度的变化

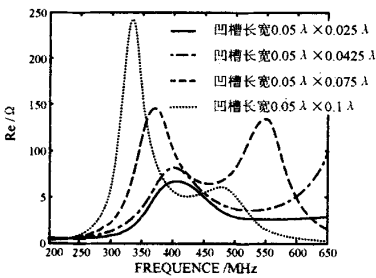


图 6 阻抗随凹槽宽度的变化

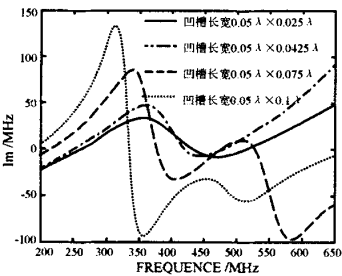


图 7 电抗随凹槽宽度的变化

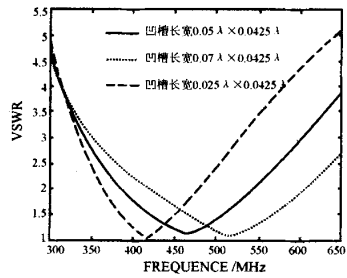


图 8 驻波随凹槽长度的变化

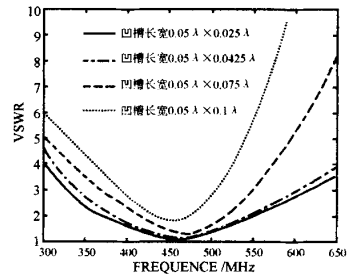


图 9 驻波随凹槽宽度的变化

2 H 形天线的优化设计

通过 FDTD 建模分析发现,矩形天线开槽后,馈电位置为天线的底部凹槽的中点.根据馈电位置的特殊性,设计的加大馈电处外导体直径,使天线馈电边缘与地面之间保持一定距离.使中馈槽内对地分部电容与天线底边保持一致.仍然采用一般的同轴线馈电结构已经不能满足要求,不能有效的降低低端的驻波.有必要采用宽带匹配网络来优化天线的性能.我们对天线的优化主要表现在两方面:① 优化天线的高度与天线的凹槽大小,找到最佳的尺寸;② 增加挡板,改变天线底部凹槽的分布电容,减少同轴线引起的绕射影响.考虑到馈电结构比较复杂,采用 HFSS 仿真软件进行优化.最终确定天线的高度为 0.205λ ,凹槽的尺寸为 $a=0.046\lambda$, $b=0.06\lambda$ (λ 为中心频率的波长).增加挡板以后,天线的带宽有了很大的改善.尤其在频带的下端,天线的阻抗特性变化明显.挡板的存在改变了 H 形天线的电抗.仿真中发现,挡板的半径大小、厚度与相距天线底部凹槽顶端的距离对天线的带宽也有一定影响.挡板越薄,天线的阻抗带宽越好.挡板与天线下方凹槽的顶端相距越短,天线的阻抗带宽也越好.但是挡板的半径对天线带宽的影响并不是线性关系,因此需要 HFSS 优化出最佳尺寸.根据仿真结果,我们实际制作了一副天线.驻波测试结果如图 10,实测相对带宽为 53%,测得天线增益在中心频率处是 2.88 dB.

由图 11 可以看出方向图(俯仰图 E 面)与理想地面上的线性单极子的方向图不同,按无限大地面计算时,场方向图仅仅是偶极子天线方向图的一半,存在于上半空间,最大辐射方向在水平方向.而实测 H 形天线的方向图几乎是一个全方向的,且最大辐射方向偏离水平方向.这主要是因为:①地面对天线的方向图影响很大,在下半空间也存在场,而且波瓣也向上翘起,这是由于电磁波的绕射引起的.②以凹槽馈电点所在的水平线为界,天线上下两侧的电流是反向的,这不同于一般的单极子天线,因此在下半空间也产生了场.比较此频段现用的鞭天线,鞭天线的方向图在 E 面为一个 ∞ 字形的一半,适应于地面通信,在天线的上空位置存在盲区.这不利于现代化立体空间作战通信(地对空联系).H 形天线弥补了这一不足.

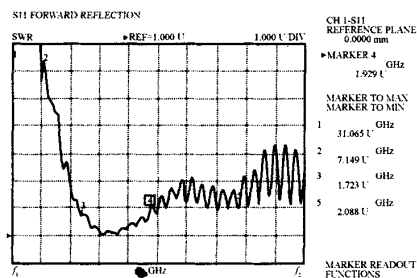


图 10 实测驻波曲线

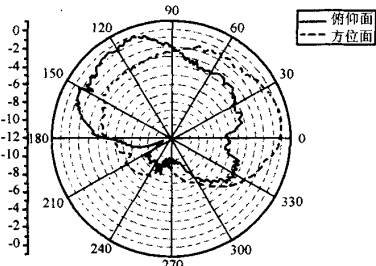


图 11 中心频率处的方向图

3 结论

将平面天线的宽带特性与印刷天线的小型化相结合,采用适当的宽带匹配网络和导体材料,能有效提高天线的性能.本文设计的天线的高度仅为下限频率波长的 $1/6$,宽度不到 $1/10$ 波长,相对带宽却达到 53%,达到了天线宽带小型化的设计目标.

参考文献:

- [1] Ammann M J. The Pentagonal Planar Monopole for Digital Mobile Terminals, Bandwidth Considerations and Modeling [C]//IEEE International Conference on Antennas and Propagation, 2001. 82-85.
- [2] Antonino-Daviu E, Cabedo-Fabre's M, Ferrando-Bataller M, et al. Wideband double-fed planar monopole antennas[J]. Electronics Letters, 2003, 39(23): 1635-1636.
- [3] Kamal Sarabandi, Rreza azadegan. Design of an Efficient Miniaturized UHF Planar Antenna[J], IEEE Antennas and Propagation, 2001, 51(6): 446-448.
- [4] John Huang. Miniaturized UHF Microstrip Antenna for a Mars Mission[C]//IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2001, 4(7). 486-489.
- [5] Katehi P B, Alexopoulos N G. On the Effect of Substrate Thickness and Permittivity on Printed Circuit Dipole Properties[J]. IEEE Trans Antenna Propagation, 1983, 31(1): 34-39.
- [6] Palanisamy V, Garg R. Rectangular ring and H-shaped microstrip antennas-alternatives to rectangular patch antenna [J]. Electronics Letters, 1985, 21(8): 874-876.
- [7] 李萍, 张殿富, 杨松龄. 超短波印刷天线研究[J], 电波科学学报, 1996, 11(2): 67-69.
- [8] 李萍, 朱永忠, 袁涛. 超高频天线宽带小型化技术的新进展[J], 雷达科学与技术, 2005, 3(2): 119-122.
- [9] 李萍, 梁昌洪, 张殿富. UHF 雷达天线馈源的研究[J] 西安电子科技大学学报, 2004, 31(2): 234-237.
- [10] 王新稳, 李萍. 微波技术与天线[M], 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [11] 蒋芹, 洪伟. 一种新型宽带印制天线[J], 微波学报, 2001, 17(3): 17-23.

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>