

文章编号: 2096-1618(2019)01-0027-04

一种宽带平板天线的设计与仿真

代孝俊, 杜国宏, 邓伟

(成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225)

摘要:设计仿真了一种宽带平板定向天线,该天线采用平板偶极子形式,在偶极子臂上方加入平行金属板,采取耦合的方式扩展天线带宽,通过长度约为中心频率 $\lambda/4$ 的巴伦实现天线阻抗的匹配,并利用金属反射板实现天线的定向辐射。仿真结果表明该天线在0.84 ~ 1.68 GHz频率范围内天线反射系数 $S_{11} \leq -10$ dB,天线相对带宽66.7%,频带内天线增益大于14 dBi,可用于超短波信号的定向侦察,具有广阔的应用前景。

关键词:定向天线;宽带;增益;平板天线

中图分类号:TN92

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2019.01.006

0 引言

随着现代无线通信技术的进步与快速发展,通信系统信道容量以及信号传输速率的不断提升,宽带天线在移动通信系统、电子侦察、雷达跟踪等方面得到了广泛的运用。这不仅要求天线具有良好的辐射效率、保密性以及抗干扰能力,还需要具有良好的高增益,因此如何扩展天线的频率带宽以及提高增益是亟待解决的问题^[1-2]。

近几年,为扩展天线的带宽提出了一系列陷波技术,常见的有开槽技术、耦合方法以及在馈电部分增加谐振器的技术。Ta等^[3]采用印刷偶极子天线形式,通过巴伦实现天线的匹配,其天线相对带宽为40%;高健等^[4]采用平板偶极子天线,通过在平板反射器上采用周期结构从而扩展天线的工作带宽,但这种天线反射面结构较复杂,其天线相对带宽为47%;刘楠楠等^[5]利用套筒天线,通过端部加载的方式实现天线的宽频带;文献[6]采用开口谐振环(Split-Ring Resonator)结构有效拓展了天线的带宽;童波等^[7]采用开槽的形式形成双陷波扩展带宽,但这种方法通常用于微带天线;Othman等^[8]采用蝶形结构实现超宽带,通过阵列天线的形式提高增益。

文中设计的宽带平板天线,结构简单,通过在天线底部增加一块金属反射板实现天线的定向辐射,采用耦合的形式增加天线的谐振点从而拓展天线的带宽,而天线阻抗匹配方法采用巴伦实现宽带匹配^[9-11],通过天线阵列的形式有效提高天线的增益。文中基于有

限元方法,分析该天线的辐射特性及阻抗特性,并分析了天线结构中的关键参数对天线性能的影响。

1 天线设计

仿真设计的宽带平板天线三维仿真模型如图1所示,主要由偶极子臂、耦合板以及巴伦组成,天线除馈电部分整体全部为金属,考虑到实际使用的情况,天线材质选取金属铝。根据天线理论,偶极子臂长 $l = \lambda_1/4$,其中 λ_1 为自由空间中偶极子天线的谐振频率 f_1 对应的波长,偶极子臂采用部分渐变的形式,渐变规律 $k = (w_1 - w_2)/L_3$,天线部分能量通过空间耦合作用到顶部耦合板,耦合板长度 $L_2 = \lambda_2/4$, λ_2 为自由空间中耦合板的谐振频率 f_2 对应的波长。文中采用同轴线馈电方式,天线端为平衡端口,为避免可能会出现电流的不平衡导致天线的辐射特性受到影响,从而引入巴伦,为使在 $\beta l = \pi/2$ 的频率上谐振,通过下部1/4波长巴伦实现天线的非平衡-平衡的转换,天线通过偶极子臂作用的谐振频率 f_1 以及耦合板作用的寄生谐振频率 f_2 共同作用从而拓展天线的带宽。天线整体尺寸为99.4 mm × 85.4 mm × 55 mm,所有铝板厚度均为1.5 mm,铝板倒角半径为2 mm,天线结构图如图2、图3所示,结合实际使用情况,图3中偶极子臂表面开孔半径为3 mm。天线馈电方式采取同轴馈电,天线馈电方式如图4所示,同轴电缆穿过左侧巴伦到偶极子左臂上表面,同轴线的外导体连接到偶极子左臂馈电点,同轴线内导体连接到偶极子右臂馈电点,巴伦高度为1/4波长。经仿真优化,最终天线结构各参数数值如表1所示。

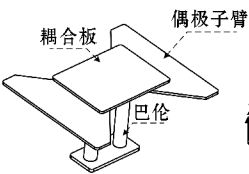


图1 天线单元3D仿真模型图

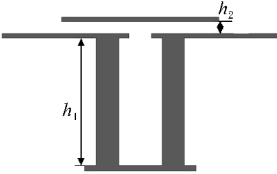


图2 天线结构主视图

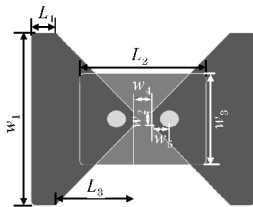


图3 天线辐射结构图

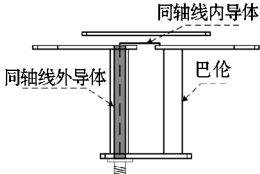


图4 天线馈电示意图

表 1 平板天线结构参数数值表

参数	取值/mm	参数	取值/mm
L_1	10.9	w_1	85.4
L_2	56.3	w_2	6.6
L_3	34.7	w_3	45
h_1	45.6	w_4	8.1
h_2	5.9	w_5	7.7

2 天线结果与讨论

为得到天线最佳的带宽,需要对天线中各个参数进行详细的仿真分析,分析各参数对天线电性能的影响。通过高频电磁仿真软件进行优化,最终天线反射系数及电压驻波比结果如图 5 所示,从仿真结果可以看出天线在0.84 ~ 1.68 GHz频率范围内天线反射系数 $S_{11} \leq -10$ dB,0.88 ~ 1.59 GHz频率范围内 $VSWR \leq 1.5$ 。下面主要对耦合板 L_2 、 w_3 的尺寸及 L_3 、 w_2 、 w_4 、 w_5 、 h_2 参数进行分析,分析其对天线反射系数的影响。

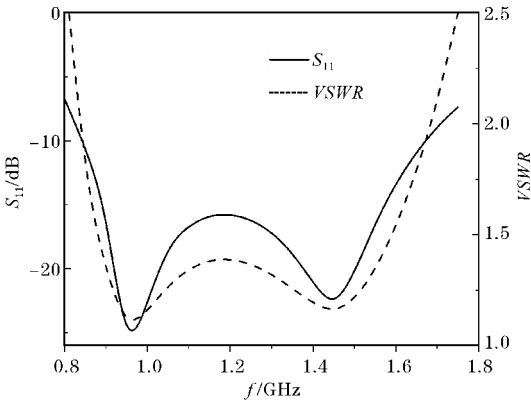


图 5 天线反射系数及驻波比

天线偶极子臂的部分能量通过空间耦合作用至顶部金属板,该金属板的加入对低频端谐振点几乎没有影响,但使天线产生寄生谐振,增加了天线谐振点,寄生谐振与最初的谐振相结合,从而产生更宽的带宽。从图 6 仿真结果可以看出,随着耦合金属板与偶极子臂之间的距离 h_2 的变化,对天线引入的寄生谐振频率点有明显影响。随着距离 h_2 的增加,天线的寄生谐振点往高端偏移。由于顶部金属板的尺寸决定了耦合板激励的谐

振点,长度越小,谐振频率越高,从图 7 仿真结果看出,随着耦合金属板的长度 L_2 的增加,天线谐振往低端偏移。从图 8 可以看出,耦合板金属的宽度 w_3 对激励的谐振频点影响很小,但其对该点的反射系数有明显的影 响,宽度 w_3 增加,在该谐振点的匹配情况越好。

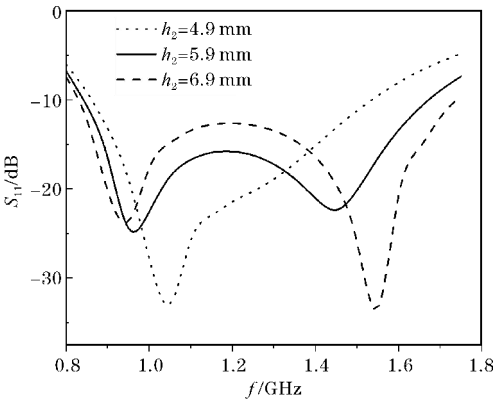


图 6 S_{11} 随参数 h_2 变化曲线图

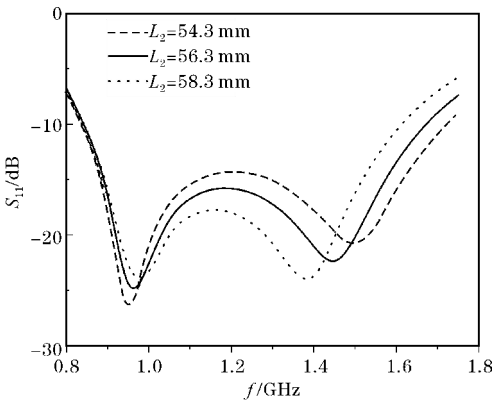


图 7 S_{11} 随参数 L_2 变化曲线图

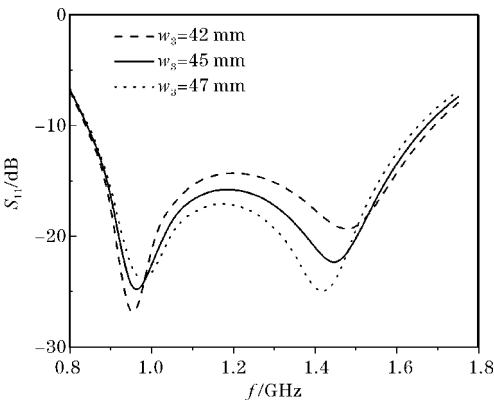


图 8 S_{11} 随参数 w_3 变化曲线图

从图 9、图 10 可以看出,通过调节偶极子臂之间的距离 w_4 可以调整天线的寄生谐振点的匹配情况,对低频端谐振点的影响不大,而1/4波长巴伦之间的距离 w_5 可以调节低频端谐振点的匹配情况,对耦合板激励的寄生谐振点的影响不大。通过在天线底部增加金属

板作为反射面,图 11 给出了天线在 0.84 GHz、1.26 GHz、1.68 GHz频点时 E 面和 H 面的天线辐射方向图,从仿真结果可以看到,在该频率天线能够定向辐射,且其增益均大于7 dBi。

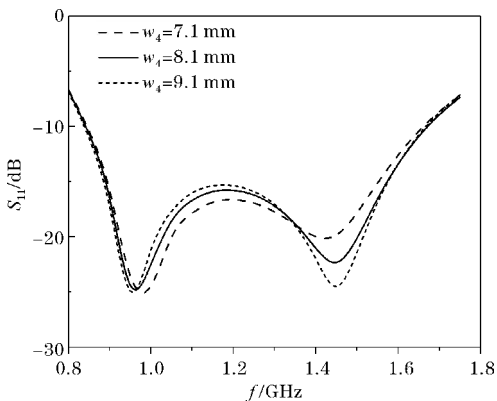


图 9 S_{11} 随参数 w_4 变化曲线图

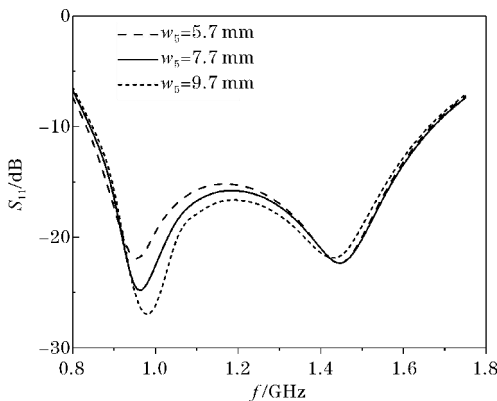
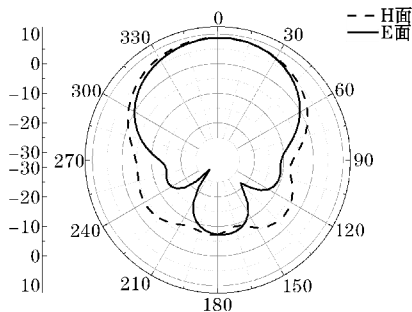
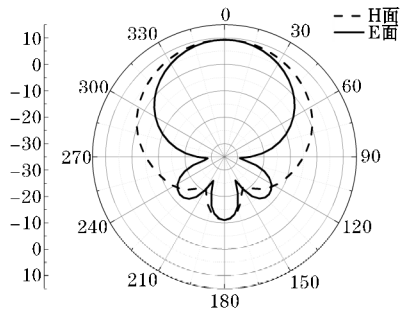


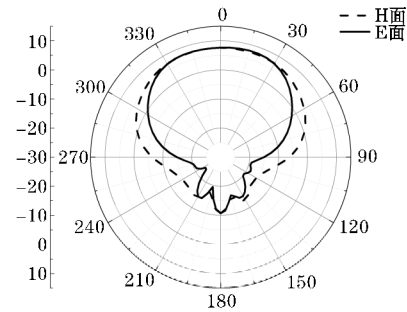
图 10 S_{11} 随参数 w_5 变化曲线图



(a) 0.84 GHz



(b) 1.26 GHz



(c) 1.68 GHz

图 11 天线辐射方向图

基于上述天线单元,仿真设计了 1×8 线性阵列天线,天线单元间距 $d=110$ mm,仿真模型如图 12 所示,该阵列天线由反射面、天线罩以及天线阵列组成,天线罩材料采用玻璃钢 ($\epsilon_r=4.0, \tan \delta=0.004$)。在反射面的作用下,有效地提升了天线阵的增益,并使天线定向辐射。反射面采用镂空的形式,在不影响天线性能的情况下有效减轻了天线整体的重量以及风阻量,反射面镂空栅格尺寸小于 $0.1 \lambda, \lambda$ 为该频率范围内自由空间中最大波长。图 13 是天线阵列的增益曲线,从图可知,在0.84 ~ 1.7 GHz频段,未加任何反射面时天线增益均在8 dBi以上,加入反射面后天线增益均在14 dBi以上,符合高增益要求,图 13 表明,反射面可以有效提高天线的增益,达到高增益的效果。

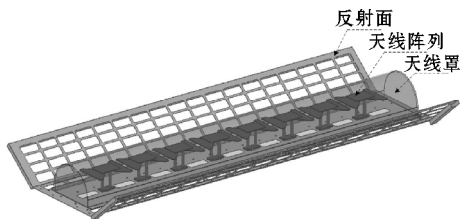


图 12 天线阵列仿真模型图

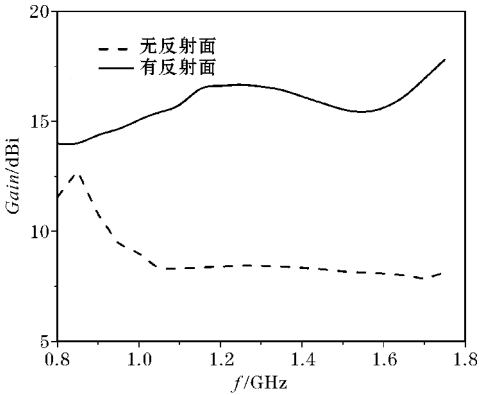


图 13 天线增益曲线图

3 结论

仿真设计了一种宽带平板天线,通过在天线偶极子臂上方增加一平行耦合板增加天线的带宽,而匹配方面采用1/4波长的巴伦实现宽带匹配,通过反射面的作用实现天线的高增益、定向辐射。并考虑实际使用情况仿真设计了 1×8 边射阵列天线,仿真结果表明该

天线在0.84 ~ 1.68 GHz频段内 $VSWR < 2$, 增益大于14 dBi, 具有良好的宽频带、高增益特性, 可以用于固定站或车载对超短波信号的定向侦察。

参考文献:

- [1] 邱景辉, 孙博, 李高飞. 超宽带定向天线的设计与仿真[C]. 2009 全国天线年会, 2009.
- [2] 南敬昌, 刘银玲, 李蕾. 紧凑型多陷波超宽带天线设计与研究[J]. 微波学报, 2018(1).
- [3] Ta S X, Park I. Broadband printed-dipole antennas for millimeter-wave applications [C]. Radio and Wireless Symposium. IEEE, 2017:65–67.
- [4] 高健, 曹卫平, 李思敏. 宽带平板天线的设计与仿真[J]. 电子器件, 2011, 34(1):112–114.
- [5] 刘楠楠, 袁斌, 彭天昊, 等. 基于端部加载技术的双套筒宽带天线的研究[J]. 微波学报, 2015, 31(4):39–42.

- [6] A Compact CPW Fed Broadband Antenna with Modified Ground Plane and Split Ring Resonator [C]. 2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics(ICICI), 2017.
- [7] 童波, 吴先良, 肖龙, 等. 基于U形槽和开口圆环的双陷波超宽带天线[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2016, 39(9):1220–1225.
- [8] Othman M A, Radzi M H, Aziz M Z A A, et al. UWB Bowtie 2×2 array antenna for UWB mobile communication system [C]. Information and Communication Technology. IEEE, 2013:336–339.
- [9] Milligan T A. Modern Antenna Design, 2nd Edition [J]. Wiley, 2005, 51(6–7):93–99.
- [10] 约翰·克劳斯, RONALDJ. MARHE. 天线(下册)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [11] 王聪敏, 高向军. 线天线的宽频带技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995.

A Broadband Flat Antenna Design and Simulation

DAI Xiaojun, DU Guohong, DENG Wei

(College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: A broadband planar antenna is proposed in this paper. The antenna is achieved by a flat dipole structure, which has a wider bandwidth by the mutual coupling. The lamed/4 length of balun is used for impedance matching. The metal reflector is adopted to realize the directional radiation of the antenna. The simulation results show that the proposed antenna can work in the frequency band of 0.84–1.68 GHz ($S_{11} \leq -10$ dB), the relative band-width of the antenna reaches 66.7% and the gain is 14 dBi. The presented antenna has broad application prospects such as VHF signal detecting.

Keywords: directional antenna; broadband; gain; flat antenna