

一种新型双频段磁电偶极子天线

张迪¹, 高军¹, 张敏², 曹祥玉¹, 李文强¹

(1.空军工程大学信息与导航学院,西安,710077;2.95880部队,北京,100843)

摘要 提出了一种新型双频段磁电偶极子天线。通过一对印刷在介质板上的金属贴片与金属地板垂直相连形成磁偶极子,2组尺寸不同的印刷振子形成电偶极子并产生2个谐振频段,构成了双频段磁电偶极子天线。采用微带线-平行双线巴伦的馈电方式实现了不平衡到平衡馈电的转化,以便于给磁偶极子和电偶极子同时馈电,该馈电方式可使天线的整体尺寸更小、结构更加紧凑,有利于天线结构和馈电结构一体化设计。实测和仿真结果表明:在2.29~3.13 GHz和4.70~5.85 GHz的工作频带内,天线具有良好的方向性、稳定对称的辐射方向图、低交叉极化和低后瓣特性。

关键词 磁电偶极子;双频段;结构紧凑;低交叉极化;低后瓣

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2015.05.011

中图分类号 TN82 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2015)05-0043-04

A Novel Dual-band Magneto-electric Dipole Antenna

ZHANG Di¹, GAO Jun¹, ZHANG Min², CAO Xiangyu¹, LI Wenqiang¹

(1.Information and Navigation College, Air Force Engineering University, Xi'an710077, China;

2.Unit 95880, Beijing 100843, China)

Abstract: This paper proposes a novel dual band magneto-electric dipole antenna. Two groups of printed electric dipoles with different sizes excite two resonant bands and a pair of metal patches printed on a substrate, which are connected to the metal ground plane, to form the magnetic dipoles. A microstrip-to-parallel-stripline balun is employed to transfer the unbalanced feed to balance feed so that the electric and magnetic dipoles could be excited simultaneously. The use of this feed method can make the antenna smaller, more compact and beneficial for the integration of the antenna and the feed structure. The results of measurement and simulation indicate that within operating bands 2.29~3.13 GHz and 4.70~5.85 GHz the antenna shows a good directivity, stable and symmetrical radiation pattern, and low cross polarization and low back radiation.

Key words: magneto-electric dipole; dual-band; compact structure; low cross polarization; low back radiation

随着无线通信技术的快速发展,双频天线的应用日益广泛,受到了越来越多的关注。相比于单频

天线,使用双频天线可以有效减少天线单元数量和占地面积^[1]。文献[2]提出了一种印刷单极子天线,

收稿日期:2014-12-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61271100;61471389);陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2012JM8003)

作者简介:张迪(1991-),男,河北保定人,硕士生,主要从事磁电偶极子天线,人工电磁材料等研究.E-mail:dee19910330@163.com

*通信作者:高军(1962-)男,教授,主要从事天线与电磁兼容,电磁超材料等研究.E-mail:gjg9694@163.com

引用格式:张迪,高军,张敏,等.一种新型双频段磁电偶极子天线[J].空军工程大学学报:自然科学版,2015,16(5):43-46. ZHANG Di, GAO Jun, ZHANG Min, CAO Xiangyu, et al. A Novel Dual-band Magneto-electric Dipole Antenna[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2015, 16(5): 43-46.

由分别印刷在介质板两侧的十字形贴片和对称挂钩形贴片组成,通过微带线馈电实现了 2.20~2.64 GHz 以及 5.10~5.84 GHz 的双频段通信;文献[3]提出了一种基于皮亚诺分形的双频段天线,采用共面波导馈电,获得了 1.91~3.11 GHz 以及 4.51~5.91 GHz 的通信频段;文献[4]提出了一种双频段平面天线,分别由印刷于介质板上的 T 型和 F 型贴片产生 2 种谐振模式,实现了双频工作,2 个频段分别为 2.27~2.58 GHz 以及 4.92~5.49 GHz。然而,这些天线增益低,辐射方向图近乎全向。与此同时,现代移动通信服务比如 2G、3G、LTE、Wifi 和 WiMAX 等大大提高了对定向天线的需求,同时对天线的性能也提出了很高的要求,比如很小的交叉极化,稳定的增益和方向图等^[1]。

为了获得方向性好,低交叉极化,低后瓣等优良天线性能,文献[5~7]提出了一种同时激励电偶极子和磁偶极子的互补型天线,这种天线在整个工作频带内展现了稳定的性能以及近乎相同的 E 面、H 面辐射方向图。基于互补型天线的理念,文献[8~13]给出了几种磁电偶极子天线,这些天线展现出了良好性能,如较宽的工作频带(45~118%, $VSWR < 2$),稳定的增益,低后向辐射,低交叉极化等。

本文以印刷介质板的结构代替传统的纯金属结构,提出了一种新型的双频段磁电偶极子天线,结构设计更加快速灵活,更有利于实现天线的多样化设计以及加工制作。测试结果表明,在 2.29~3.13 GHz 以及 4.70~5.85 GHz ($S_{11} < -10$ dB)的工作频段,天线具有稳定、对称的辐射方向图以及低交叉极化,低后瓣等特性。

1 天线结构

图 1 所示为天线的结构图,其中黄色部分为偶极子贴片,最上层是电偶极子,由 2 组(共 6 片)尺寸不同的贴片组成,可以产生 2 个谐振频带;垂直贴片与金属地板相连形成磁偶极子。天线中央红色和蓝色部分为微带线-平行双线馈电巴伦,巴伦顶部与电偶极子和磁偶极子相连接,底部连接同轴线接头,能够同时激励电偶极子和磁偶极子,实现了由不平衡馈电向平衡馈电的转换,与传统的 L 型馈线相比,采用这种形式的馈电结构尺寸更小,结构更加紧凑,有利于进一步实现天线的小型化。天线的介质基板选用相对介电常数,损耗角正切 $\tan\delta=0.001$ 的聚四氟乙烯。天线各部分的尺寸列于表 1 中。

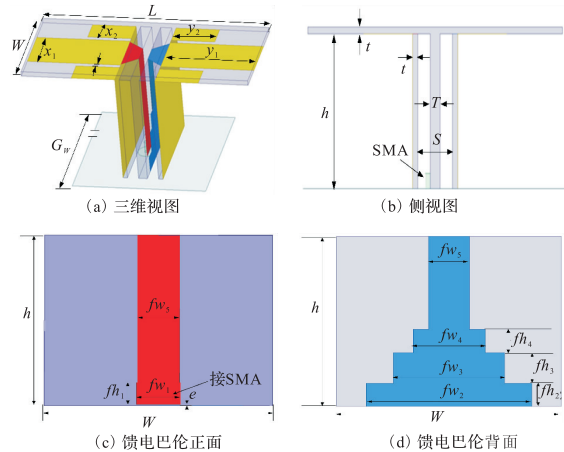


图 1 天线结构图

Fig.1 The antenna structure

表 1 天线参数

Tab.1 The value of each parameter mm

t	T	L	W	x_1	y_1	x_2	y_2	fh_1	fh_2	fh_3
1	2	51	21.8	9.8	21	5	9.8	3	3.2	4.2
fh_4	fw_1	fw_2	fw_3	fw_4	fw_5	k	s	G_w	h	
3.2	4.2	16.1	10.8	7	4	1	7	120	22.4	

2 天线仿真与分析

天线的工作原理参考文献[1]。由于电偶极子与磁偶极子在 E 面、H 面的方向图互补,即电偶极子的 E 面、H 面方向图分别与磁偶极子的 H 面、E 面方向图相同,这样将电偶极子与磁偶极子以适当的形式组合起来,使其方向图在空间叠加,得到在 2 个极化面内方向图近乎一致的磁电偶极子天线。

图 2 为电偶极子贴片长度 y_1 、 y_2 对天线匹配性能的影响。从图中可以看出,天线的低频段的匹配性能对贴片长度 y_1 的变化很敏感,并且随着 y_1 的增大,低频谐振频率逐渐降低;而天线的高频段的匹配性能对贴片长度 y_2 的变化很敏感,并且随着 y_2 的减小,高频谐振频率逐渐升高。由此可以说明 y_1 和 y_2 分别控制天线的低频段和高频段的阻抗匹配性能,仿真结果进一步解释了天线的 2 个工作频段的产生机理。

由于天线是基于电偶极子与磁偶极子方向图互补的工作原理,因此必须实现同时对 2 种偶极子进行激励。但是同轴线馈电属于非平衡馈电,需要设计合适的巴伦将非平衡馈电转换为平衡馈电,对天线进行激励。巴伦一侧的地板采用阶梯状结构,宽度由 fw_2 逐渐变化为与另一侧微带线相同的宽度 fw_5 ,共同构成平行双线。此时,由同轴线馈入到微带传输线上的不平衡的电场经过渐变传输后已变为平衡的电场^[14]。为了说明天线所采用馈电结构

的有效性,图 3 给出了天线馈电巴伦在 2.8 GHz 及 4.9 GHz 频点处的表面电流分布图。从图中可以看出,由同轴线传输来的电磁能量,经过巴伦的转化,最终由平行双线馈送给天线,能够同时激励电偶极子和磁偶极子,实现非平衡馈电向平衡馈电的转换,与传统的 L 型馈线相比,平面巴伦结构尺寸更小,使得天线整体更加紧凑。同时由于结构的对称性,有利于获得较低的交叉极化。

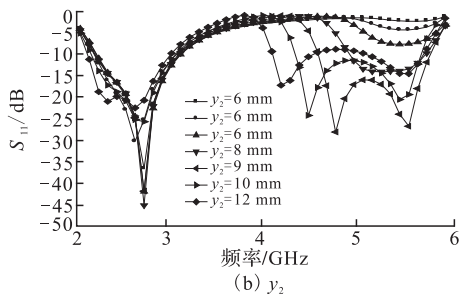
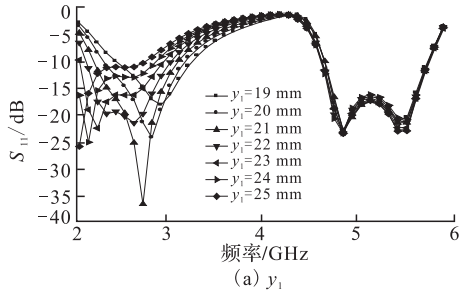


图 2 y_1 、 y_2 对天线阻抗匹配带宽的影响

Fig.2 The impact on impedance bandwidth of y_1 and y_2

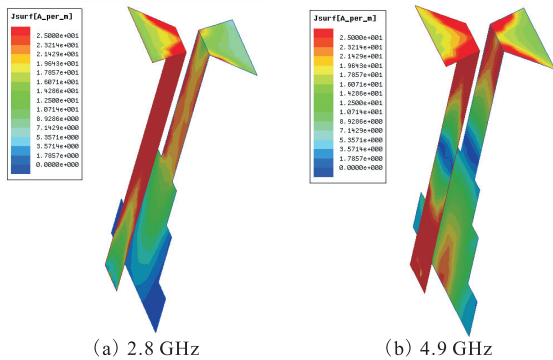


图 3 巴伦表面电流分布图

Fig.3 Distribution of surface current of the feeding Balun

接地板作为磁电偶极子天线重要的组成部分,一方面与垂直贴片共同组成磁偶极子,另一方面影响天线的辐射特性。图 4 所示为不同尺寸的接地板对方向图的影响。从图中可以看出,随着地板尺寸的增大,方向图的前后比也逐渐增大,为了在获得较高的前后比的同时,天线整体尺寸不致过大,最终确定地板边长为 120 mm。

为了研究介质板厚度对馈电巴伦工作性能的影响,对厚度 T 进行了参数扫描,天线的阻抗匹配性能与 T 的关系曲线见图 5。从图中可以看出,印刷

有巴伦的介质板的厚度对天线的阻抗匹配性能影响很大,尤其是对 2 个谐振频带内的参数影响更为显著。在 $T = 2$ mm 时,在 2 个工作频带内均出现了明显的谐振点,且阻抗匹配带宽较宽,谐振深度较深,因此取 $T = 2$ mm。

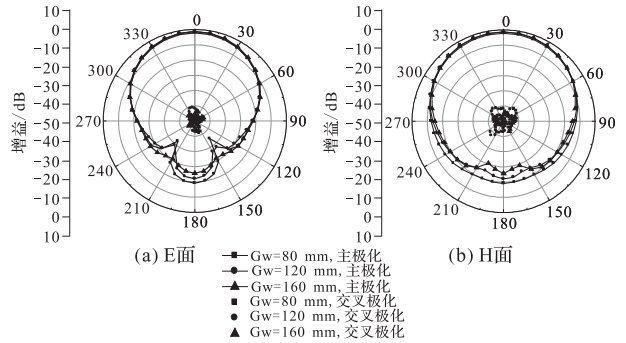


图 4 接地板尺寸对方向图的影响

Fig.4 The influence on radiation pattern of ground size

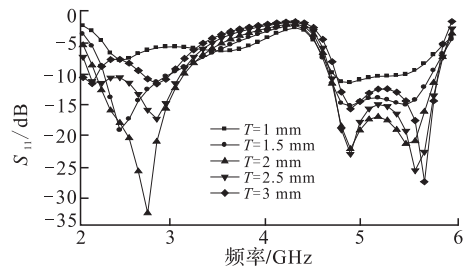
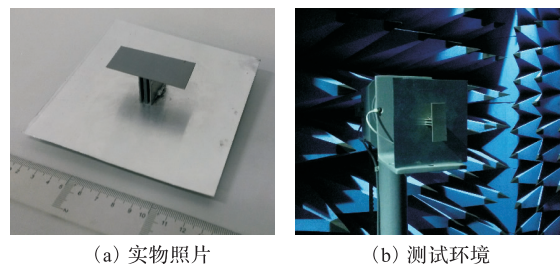


图 5 介质板厚度 T 对天线匹配性能的影响

Fig.5 Influence on impedance bandwidth of thickness T

3 天线加工与测试

根据仿真模型加工天线实物,并在微波暗室进行测试,见图 6。



(a) 实物照片 (b) 测试环境

图 6 天线实物及测试

Fig.6 Prototype and measurement of the antenna

图 7 给出仿真与实测的天线 S_{11} 曲线,从图中可以看出,实测与仿真结果吻合较好。天线的 2 个工作频带分别为 2.29 ~ 3.13 GHz 和 4.70 ~ 5.85 GHz,覆盖了 WLAN(2.4、5.2、5.8 GHz)、WiMAX(2.5 ~ 2.7 GHz)通信频段。图 8 给出天线在不同频点处 E 面、H 面的辐射方向图,从图中可以看出,测试与仿真结果吻合较好。由于结构的对称性,天线的交叉极化分量非常小,方向图也呈现出很好的对

称性。2个极化面的方向图一致性良好,前后比大于-15 dB,具有很好的方向性。

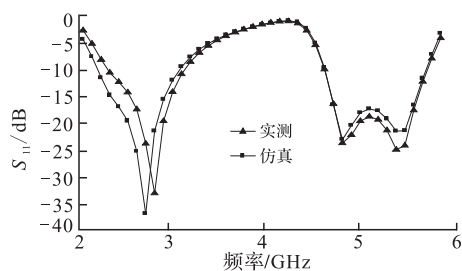


图7 天线阻抗匹配带宽

Fig.7 The impedance bandwidth of the antenna

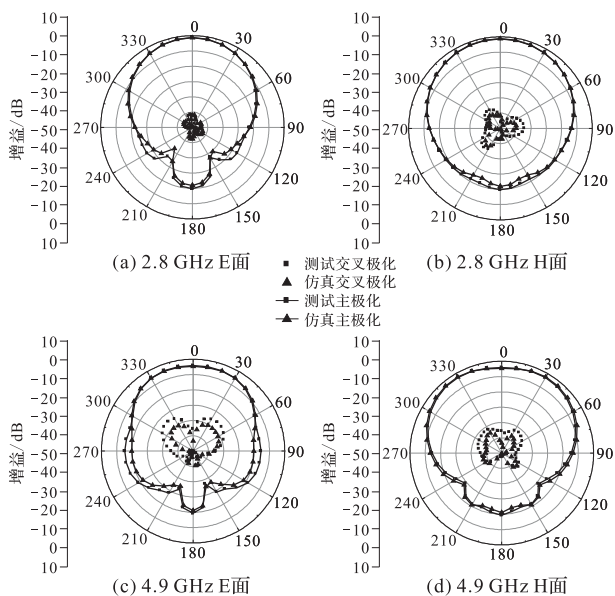


图8 辐射方向图

Fig.8 Radiation pattern

4 结语

采用印刷介质板的形式,设计了一种新型双频段电磁偶极子天线,通过2组尺寸不同的电偶极子贴片实现了天线的双频段工作。由微带线-平行双线馈电巴伦实现了不平衡馈电向平衡馈电的转化,天线整体结构更加紧凑。测试结果表明,天线的工作频段为2.29~3.13 GHz和4.70~5.85 GHz,可以用于WLAN/WiMAX通信。在工作频段内方向性良好,具有稳定、对称的辐射方向图以及低交叉极化,低后瓣等特性。

参考文献(References):

- [1] 安文星.新型宽带电磁偶极子微带天线的研究[D].北京:北京邮电大学,2012.
AN Wenxing. Research on Novel Wideband Unidirectional Magneto-electric Dipole[D].Beijing, Doctoral Dissertation of Beijing University of Posts and Telecommunications,2012.(in

Chinese)

- [2] Rahman T, Yan Zhaowen, Youcef H. A Dual Band Monopole Microstrip Printed Antenna for WLAN (2.4/5.2/5.8 GHz) Application[C]//Microwave Technology & Computational Electromagnetics(ICMTCE), 2013 IEEE International Conference on,2013:204-207.
- [3] Abdulkarim S F, Salim A J, Ali J K, et al. A Compact peano-type Fractal Based Printed Slot Antenna for Dual-band Wireless Applications[C]//RF and Microwave Conference,2013: 329-332.
- [4] Nayak P B, Endluri R, Verma S, et al. Compact Dual-band Antenna for WLAN Applications[C]//Personal Indoor and Mobile Radio Communications, IEEE 24th International Symposium on, 2013:1381-1385.
- [5] Clavin A. A New Antenna Feed Having Equal E- and H-plane Patterns[J].IRE Trans Antennas Propag,1954, 2:113-119.
- [6] Luk K M, Wong H. A New Wideband Unidirectional Antenna Element[J].Int J Microw Opt Technol, 2006, 1: 1-9.
- [7] Clavin A, Huebner D A, Kilburg F J. An Improved Element for Use in Array Antennas[J].IEEE Trans Antennas Propag, 1974,22: 521-526.
- [8] Luk K M, Wong H. A Complementary Wideband Antenna: US Patent,11/373[P], 2006.
- [9] Luk K M, Wong H. A New Wideband Unidirectional Antenna Element[J].Int J Microw Opt Technol, 2006, 1: 35-44.
- [10] Ge L, Luk K M. A Magneto-Electric Dipole Antenna With Low-Profile and Simple Structure[J].IEEE Antennas Wireless Propag Lett, 2013,12: 140-142.
- [11] Chen S,Luk K.A Dual Mode Wideband MIMO cube Antenna with Magneto-electric Dipoles[J].IEEE Transactions on Antennas and Propagation,2014,62:5951-5959.
- [12] Li Mingjian,Luk Kwai-Man. A Wideband Circularly Polarized Antenna for Microwave and Millimeter-wave Applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2014, 62: 1872-1879.
- [13] Feng Bo Tao. U-Shaped Bow-Tie Magneto-Electric Dipole Antenna with Modified Horned Reflector for Ultra-Wideband Applications[J].IET Microw Antennas Propag, 2014,8: 990-998.
- [14] 宋立众,方庆园,聂玉明,等.异面带状线馈电的宽带双极化蝶形天线[J].强激光与粒子束,2014,26(2): SONG Lizhong, FANG Qingyuan, NIE Yuming, et al. Non-Coplanar Strip Line-fed Wideband Dual Polarized Bowtie Antenna[J]. High Power Laser and Particle Beams, 2014, 26 (2):023007-1~023007-7.

(编辑:姚树峰)