

文章编号: 2095-4980(2019)06-1023-04

新型超宽带双极化电磁偶极子天线

何 彬, 陈 星

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610064)

摘 要: 设计了一款新型的超宽带双极化电磁偶极子天线。采用阶梯型馈电结构代替传统电磁偶极子的 Γ 形馈电结构, 半椭圆电偶极子代替传统矩形电偶极子, 从而获得了更宽的阻抗带宽。对该天线加工制作了天线样品并进行了测试, 仿真和测试吻合良好。该天线的 2 个极化馈电端口阻抗带宽(驻波比 $SWR < 2$)分别达到 90.8%(2.06~5.37 GHz)和 84.4%(2.08~5.12 GHz); 并在整个工作频段范围内, 该天线呈现良好的定向辐射特性和稳定增益, 2 个馈电端口增益分别为 (8.6 ± 0.8) dBi 和 (8.85 ± 0.85) dBi。

关键词: 超宽带; 电磁偶极子; 双极化

中图分类号: TN827⁺.4

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201906.1023

A novel ultra-wideband dual-polarized magneto-electric dipole antenna

HE Bin, CHEN Xing

(School of Electronic and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

Abstract: A novel magneto-electric dipole antenna with ultra-wideband and dual-polarized characteristics is proposed. In comparison with traditional magneto-electric dipoles, this antenna achieves a wider bandwidth by replacing the traditional “ Γ ” feeding structure with a stair-shaped one, and meanwhile using semicircle radiators rather than the commonly used rectangular ones. Such an antenna is designed, fabricated and measured. The measurement and simulation results agree well with each other, and demonstrate encouraging properties. For its two feeding ports, the impedance bandwidths with the Standing-Wave Ratio($SWR \leq 2$) impedance are up to 90.8%(2.06–5.37 GHz) and 84.4%(2.08–5.12 GHz) respectively, and moreover, over the whole working frequency band, the proposed antenna possesses both good directional radiation patterns and stable gains, e.g. the gains are (8.6 ± 0.8) dBi and (8.85 ± 0.85) dBi respectively for the two feeding ports.

Keywords: ultra-wideband; magneto-electric dipole; dual polarization

随着无线通信技术的快速发展, 天线是其中必不可少的组件。相对于单极化天线, 双极化天线具有减少安装成本和空间的优势, 尤其是双极化技术可以增加信道容量, 减少多径衰减效应。而宽带天线具有更宽的频段覆盖范围, 因此得到了广泛研究和关注。常用于实现双极化的天线有缝隙天线、偶极子天线、微带天线等^[1-4], 但这些天线通常存在工作带宽较窄的问题^[5-8]。

2006 年, LUK^[9]将矩形平板电偶极子和等效为磁偶极子的短路板组合起来, 采用 Γ 型馈电条带同时对电偶极子和磁偶极子激励, 设计出线极化电磁偶极子天线。由于电偶极子和磁偶极子的互补特性, 该天线的交叉极化低, 增益稳定, 定向辐射良好, 且几乎具有同样的 E 和 H 面方向图, 因此得到广泛关注, 但该天线只具有 43.8% ($SWR < 2$) 的阻抗带宽。因宽带双极化天线具有优良的特性: 如减少安装成本和空间占有, 减少多径衰减效应, 因此有学者研究了宽带双极化的电磁偶极子天线^[10-15]。如, WU 等^[13]利用 1 对矩形贴片和 1 对 Γ 型馈电条, 设计出一款双极化电磁偶极子天线, 获得 65.9% 的阻抗带宽($SWR < 2$) 和稳定的辐射方向图。XUE 等^[14]利用差分驱动设计出一款双极化电磁偶极子天线, 获得 68% 的阻抗带宽($SWR < 2$)。这些文献中的阻抗带宽都不超过 70%。本文提出用一种新型的阶梯形馈电结构代替传统的 Γ 形馈电结构, 采用半椭圆形电偶极子代替传统的矩形。相比于 Γ 型

馈线, 阶梯型馈线条带大大提高了调节该双极化天线阻抗匹配的自由度; 相比于矩形电偶极子, 半椭圆形电偶极子增加了电流的流动路径, 实现了宽带双极化电磁偶极子天线设计。

1 天线结构与 设计

设计的宽带双极化电磁偶极子天线结构如图 1 所示, 该天线由 1 对成正交放置的线极化电磁偶极子天线组成, 包含 2 对平面电偶极子、2 对垂直方向折叠的短路贴片、1 对正交的阶梯型馈线条带和 1 个矩形反射板。天线结构的具体参数见表 1。

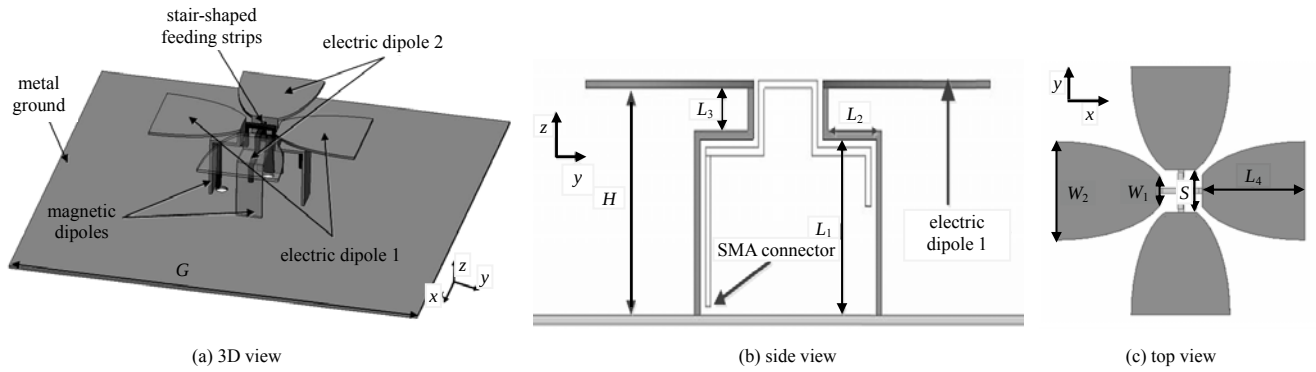


Fig.1 Geometry of magneto-electric dipole antenna

图 1 电磁偶极子天线结构图

表 1 天线结构参数(单位: mm)

Table1 Structural parameters of the proposed antenna(unit:mm)

L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	W_1	W_2	W_3	W_4	H	S	G
16.6	7.2	4.0	25.0	5.8	4.6	4.8	7.6	24.0	3.2	1.3	21.6	10.4	120.0

为获得双极化辐射特性, 2 对尺寸为 W_1, W_2 和 L_4 的截断半椭圆形的电偶极子正交放置。与传统电偶极子相比, 可以获得更宽的阻抗带宽。它们通过 4 个折叠的矩形片与地板相连, 间距为 S 。通过改良的正交 Γ 型结构进行馈电的双极化天线, 安装在尺寸为 $120\text{ mm}\times 120\text{ mm}$ 的矩形地板上, 以获取更稳定的增益和辐射特性。2 个新型 Γ 型馈线正交放置在天线中心, 与 2 对折叠的垂直短路贴片相距 0.8 mm 。同时为了减小 2 个馈线之间的耦合作用, 获得更好的隔离度, 2 个 Γ 型馈线在垂直方向上相距 1.2 mm 。

为获得更好的阻抗带宽, 在传统的 Γ 型馈电结构的基础上, 对垂直短路片进行弯折, 得到如图 2 所示的新型正交馈电结构。阶梯型馈线包括两部分: 传输部分和耦合部分。耦合部分主要将电能耦合到电偶极子和磁偶极子, 天线的输入阻抗主要由耦合部分的长度控制, 这部分等效为感抗; 传输部分, 则由线性渐变的、2 个不同尺寸的 L 型和长度为 L_7 的金属条带组成, 长度为 L_7 的金属条带可以等效为开路传输线, 呈现容性。选择合适的长度可以补偿耦合部分的感抗, 实现天线良好的阻抗匹配特性。半椭圆电偶极子相对传统的矩形电偶极子, 增加了电流流动路径的多样化, 从而获得了更宽的阻抗带宽。宽度渐变和阶梯的馈线、弯折的短路贴片和半椭圆电偶极子多个创新点的结合, 可以获得更好的阻抗匹配特性及更宽的带宽。

2 天线加工与 测试

对设计的宽带双极化电磁偶极子进行加工和测试。加工实物如

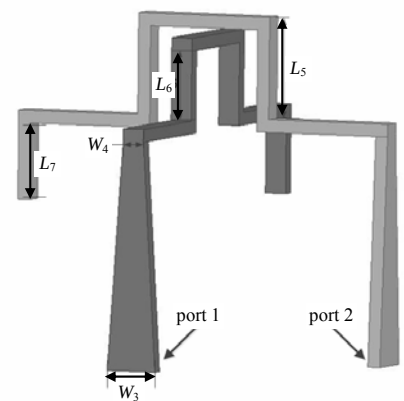


Fig.2 Geometry of stair-shaped strip probe

图 2 阶梯型馈电结构

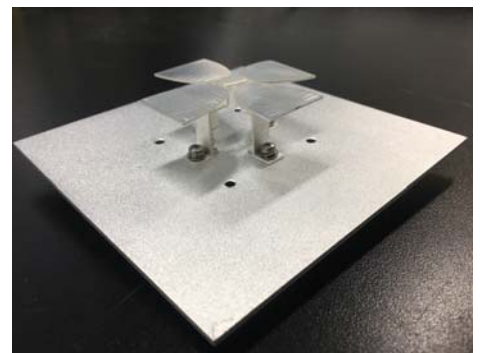


Fig.3 Prototype

图 3 天线加工实物

图 3 所示, 图 4 为仿真与测试的 SWR 和增益曲线, 由于测量环境的限制, 在 4 GHz 左右更换另外一个喇叭天线, 测量频点少, 导致此处测量增益有些许误差与波动。端口 1 的阻抗带宽在 2.06~5.37 GHz 范围内为 90.8%(SWR<2), 端口 2 的阻抗带宽在 2.08~5.12 GHz 范围内为 84.4%(SWR<2)。端口 1 和端口 2 的测试增益分别为 7.8~9.4 dBi, 8~9.7 dBi。2 个端口的频率范围有轻微的差别, 这是由 2 个阶梯型馈电结构的高度差异造成。

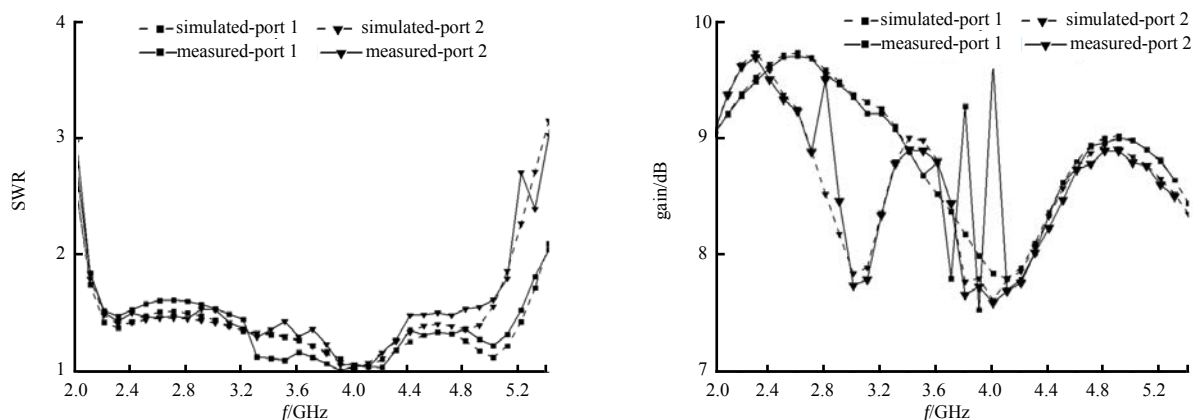


Fig.4 Simulated and measured SWR and gain
图 4 仿真与测试的 SWR 与增益

图 5 为在频率分别为 2.1 GHz, 2.6 GHz, 3.1 GHz 时, 该天线端口 1 和端口 2 的辐射方向图。在整个工作频段范围内, 天线拥有几乎对称和良好的定向辐射方向图。

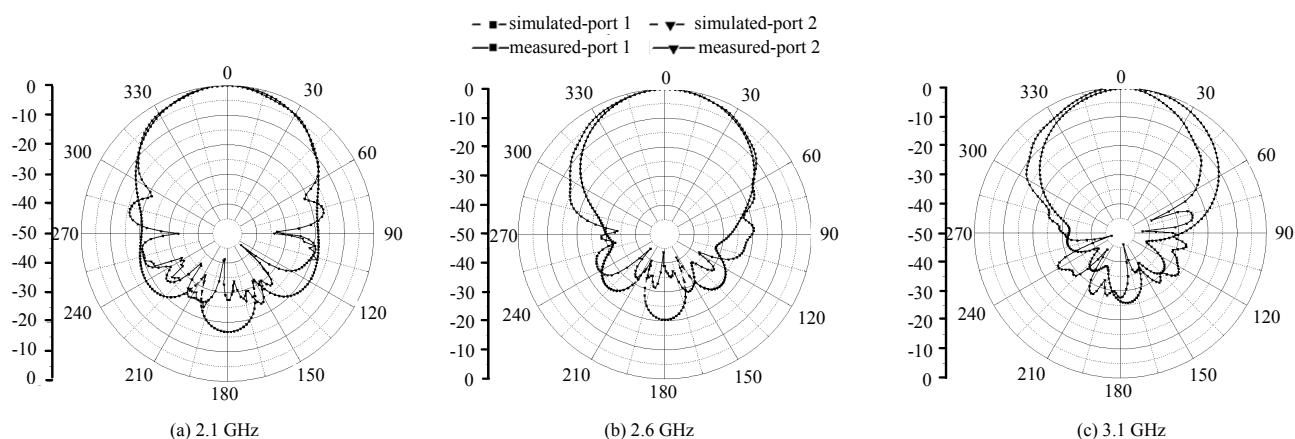


Fig.5 Simulated and measured directivity patterns
图 5 仿真与实测方向图

3 结论

本文使用 1 对阶梯型结构代替传统的 Γ 型结构, 对折叠的 1 对电磁偶极子天线进行馈电, 设计出宽带双极化电磁偶极子天线。对天线样品的仿真和测试表明, 天线阻抗带宽达到 84.4%(SWR<2), 端口 1 和端口 2 的增益分别为 (8.6 ± 0.8) dBi 和 (8.85 ± 0.85) dBi, 且 E 面和 H 面具有几乎一样的方向图与较低的后瓣辐射。

参考文献:

- [1] LI B, YIN Y Z, HU W, et al. Wideband dual-polarized patch antenna with low cross polarization and high isolation[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2012(11):427-430.
- [2] PARYANI R C, WAHID P F, BEHDAD N. A wideband, dual-polarized, substrate-integrated cavity-backed slot antenna[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2010(9):645-648.
- [3] ZHOU S G, TAN P K, CHIO T H. Low-profile, wideband dual-polarized antenna with high isolation and low cross polarization[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2012(11):1032-1035.

- [4] CUI Y, LI R L, WANG P. A novel broadband planar antenna for 2G/3G/LTE base stations[J]. IEEE Transactions on Antennas & Propagation, 2013, 61(5): 2767–2774.
- [5] JIANG X L, ZHANG Z J, TIAN Z J, et al. A low-cost dual-polarized array antenna etched on a single substrate[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2013(12): 265–268.
- [6] HUANG H, NIU Z Q, BAI B, et al. Novel broadband dual-polarized dipole antenna[J]. Microwave Optical Technology Letters, 2011, 53(1): 148–150.
- [7] GOU Y S, YANG S W, ZHU Q J, et al. A compact dual-polarized double E-shaped patch antenna with high isolation[J]. IEEE Transaction on Antennas and Propagation, 2013, 61(8): 4349–4353.
- [8] ZHANG J, SONG L. Dual-polarized complementary structure antenna based on Babinet's principle[J]. Progress In Electromagnetics Research Letters, 2016(64): 29–36.
- [9] LUK K M, WONG H. A new wideband unidirectional antenna element[J]. International Journal of Microwave and Optical Technology, 2006, 1(1): 35–44.
- [10] SIU L, WONG H, LUK K M. A dual-polarized magneto-electric dipole with dielectric loading[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009, 57(3): 616–623.
- [11] FENG B T, LI S F, AN W X, et al. A differentially driven dual-polarized dual-wideband complementary antenna for 2G/3G/LTE applications[J]. International Journal of Antennas and Propagation, 2014(1): 1–10.
- [12] GE L, LUK K M. Linearly polarized and dual-polarized magneto-electric dipole antennas with reconfigurable beamwidth in the H -plane[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2016, 64(2): 423–431.
- [13] WU B Q, LUK K M. A broadband dual-polarized magneto-electric dipole antenna with simple feeds[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2009(8): 60–63.
- [14] XUE Q, LIAO S W, XU J H. A differentially-driven dual-polarized magneto-electric dipole antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2013, 61(1): 425–430.
- [15] LI M J, LUK K M. Wideband magnetoelectric dipole antennas with dual polarization and circular polarization[J]. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 2015, 57(1): 110–119.

作者简介:



何 彬(1992–), 男, 湖南省衡阳市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为电磁场与微波技术.email:hebinscu@outlook.com.

陈 星(1970–), 男, 四川省巴中市人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电磁场与微波技术.

(上接第 1005 页)

- [14] 王林, 胥中南. 改进的 KCF 算法在车辆跟踪中的应用[J]. 计算机测量与控制, 2019, 27(7): 195–199. (WANG Lin, XU Zhongnan. Application of improved KCF algorithm in vehicle tracking[J]. Computer Measurement & Control, 2019, 27(7): 195–199.)
- [15] 韩卓. TensorFlow 平台目标检测模型的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2019. (HAN Zhuo. Design and implementation of object detection model on TensorFlow[D]. Beijing, China: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2019.)

作者简介:



刘默涵(1993–), 男, 成都市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为图像识别.email: 568792723@qq.com.

侯 崑(1992–), 男, 成都市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为电子对抗与电子通信.