

一种宽带双极化印刷振子基站天线单元的设计

王 灿, 葛悦禾

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 设计一种可用于 W-CDMA,TD-SCDMA 等 2G/3G/4G-LTE 通信标准网络的宽带双极化印刷振子基站天线单元. 天线由两个双层贴片结构十字交叉组成,在馈电巴伦底部采取梯形弯曲结构,提高了双端口的隔离度,便于组装;在贴片双臂上端附加短路 T 形贴片结构,展宽了带宽. 实测结果表明:天线两端口电压驻波比 ≤ 1.5 的带宽均达到 66.7%(1.65~3.30 GHz),带宽内隔离度大于 25 dB,带内增益为 4.1~8.3 dBi.

关键词: 印刷偶极子; 宽带; 双极化; 基站天线

中图分类号: TN 828.6 **文献标志码:** A

双极化天线作为提高通信容量的手段,被广泛应用于移动通信系统. 文献[1]使用两个 L 形相互正交的探针进行电磁耦合馈电,实现宽带双极化. 文献[2]的宽带双极化天线使用了印制贴片分形天线技术,但其结构较复杂. 文献[3]设计了一种双 Γ 形电磁馈电结构的 $\pm 45^\circ$ 双极化天线,实现了 65.9%的阻抗带宽(电压驻波比小于 2)和高于 36 dB 的隔离度. 文献[4]采用新型印刷金属圆弧耦合馈电的圆环天线(低频)与交叉微带印刷振子(高频)嵌套构成双频阵列,具有宽频带、低剖面的优点. 文献[5]提出一种双贴片结构的线极化印制振子天线,实现了 50%的阻抗带宽,并且双层贴片抑制了交叉极化. 文献[6]对传统的微带馈电的印刷偶极子天线馈电结构做了调整,使偶极子由上端开槽馈电变为下端馈电,以便实现双极化,但是其天线带宽相对较窄,只有 40%. 此外,还有很多专家在对印制偶极子天线的宽带化设计等方面做了相关研究^[7-11]. 但在使用这些印制偶极子单元制作双极化天线的时候,由于天线单元之间的耦合作用,存在如何实现体积小、宽频带、高隔离度双极化天线等问题. 本文设计了一副梯形带状线巴伦结构馈电的宽带、双极化、高隔离度印刷振子基站天线单元.

1 双极化天线的结构

图 1 为文中提出的单极化双层介质板印刷振子天线结构. 该双极化天线单元主要由两个馈电巴伦高低不同的印刷振子天线和反射板组成,使两个线极化的双层介质板印刷振子天线十字正交地嵌在一起,构成双极化. 在底部馈电点处由 SMA 接头对梯形印制馈电巴伦馈电,振子馈电中心高度设置在距反射板 $1/4$ 波长高度的附近,底部金属反射板可实现定向辐射,减小天线后瓣电平. 印刷振子顶部短接两个对称的 T 形小贴片,用以展宽天线的带宽.

该双极化天线采用普通的 FR4 基板,介电常数为 4.4,厚度为 1.5 mm,介质板的长为 88 mm、高为 58 mm,印制贴片的高为 55 mm,双臂总长为 68 mm,反射板采用 160 mm \times 160 mm、厚为 2 mm 的铝

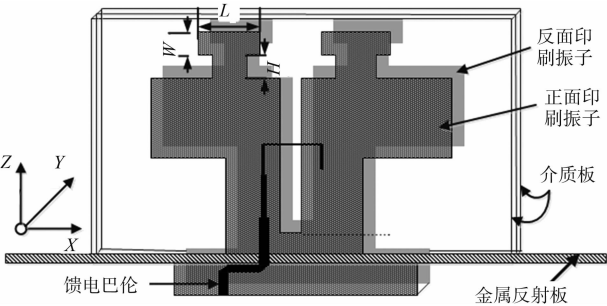


图 1 双层印刷振子天线结构图

Fig. 1 Geometry of the proposed double-layered printed dipole

板. 适当调节 T 形小贴片结构参数如长度、宽度和高度, 可以调节频带高端的谐振频率, 展宽带宽.

2 双极化天线的设计与特性分析

通常印刷振子天线带宽较窄, 在带宽内可通过调整振子两臂的长和宽改变谐振频率. 在构成双极化天线时, 由于两个 90° 交叉排列的印刷振子间的电磁耦合, 使得两振子天线的公共带宽较窄. 为满足实际的工程带宽需求, 可通过改变贴片的形状使之产生多谐振结构, 展宽带宽; 同时将馈电巴伦设计成梯形结构, 馈电巴伦采用多级阻抗变换结构, 能够改善阻抗匹配. 此外, 梯形结构能够增加两天线端口距离, 减少双端口能量耦合, 可以有效的增大隔离度.

文中提出在振子顶部添加两个对称的短路 T 形小贴片(图 1), 通过调整该 T 形短路小贴片结构来调整天线带宽. 为了验证该短路贴片对扩展天线带宽的作用, 以及分析 T 形短路贴片结构对高频段阻抗带宽的影响, 给出有无 T 形短路贴片结构对天线带宽性能的影响, 如图 2 所示.

由图 2 可见: 加入 T 形贴片后, 印刷振子的谐振频率由 3 个变成了 4 个, 且高频段带宽扩展比较明显. 电压驻波比 (VSWR) < 1.5 天线带宽显著增加了, 由原来的 $1.6 \sim 2.8$ GHz 扩展到 $1.4 \sim 3.5$ GHz. 这表明 T 形贴片的加入可以使振子在高频段产生附加谐振, 可以由馈电巴伦激起更多的高频谐振点, 从而扩展了带宽.

考察 T 形贴片的长度(L)、宽度(W)和高度(H)对天线电压驻波比(VSWR)的影响, 如图 3 所示. 从图 3(a)可知: 对于 $VSWR \leq 1.5$ 阻抗带宽, 改变 L 值将对高频段第 3, 4 个谐振点的阻抗特性产生影响; L 过短或过长都会使带宽减小. 从图 3(b)可知: 随着 W 的增大, 第 2 个谐振点与第 3 个谐振点阻抗特性产生变化, 第 3 个谐振点与第 4 个谐振点之间阻抗特性变化较小. 从图 3(c)可知: H 对天线第 2, 3, 4 整个谐振频段的阻抗匹配影响较大.

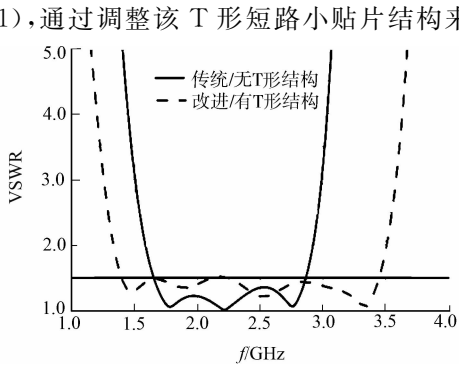


图 2 T 形贴片结构对天线驻波比的影响

Fig. 2 Effect of the T-shaped patches on the VSWR of the antenna

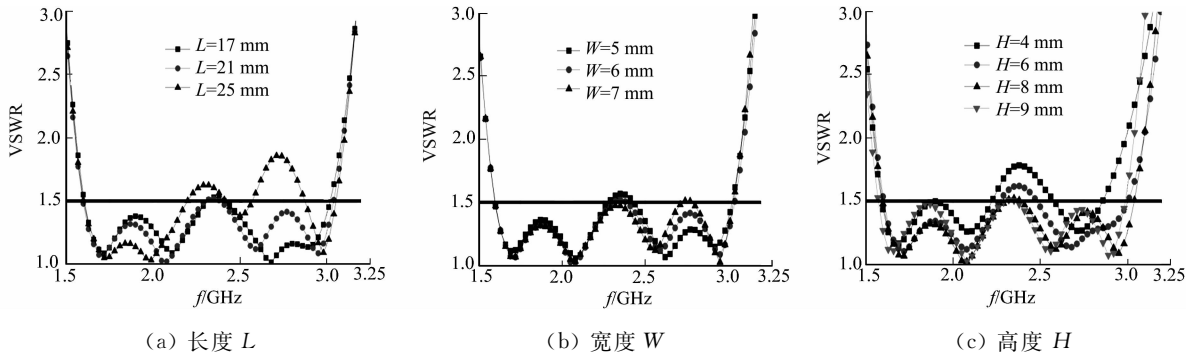


图 3 T 形短路贴片结构参数对天线电压驻波比的影响

Fig. 3 Effects of T-shaped short patch structure parameters on the VSWR of the antenna

通过对上述 T 形短路贴片结构参数对双极化天线带宽影响的分析, 可以观察到 T 形短路贴片对 $1.60 \sim 2.25$ GHz 频段内阻抗特性影响较小, 而这部分的带宽也正是主要由振子两臂的长和宽决定的. 但是, T 形短路贴片对 $2.25 \sim 3.00$ GHz 频段内影响很大, 甚至说直接决定了天线带宽性能的扩展, 这也验证了添加 T 形短路贴片对双极化天线带宽的扩展的有效性.

3 实验结果与分析

天线双端口电压驻波比(VSWR)、增益(G)和隔离度(S_{21})的仿真实验, 如图 4 所示. 从图 4(a)可知: 天线电压驻波比的实测值与理论数值较吻合, 但在 2 GHz 左右, 理论值和实测结果有差别. 主要原因是在装配紧固双层贴片结构时, 在双层结构中间有空气缝隙改变了有效介电常数. 从图 4(b)可知: 天线双端口增益的理论值和实测值基本吻合.

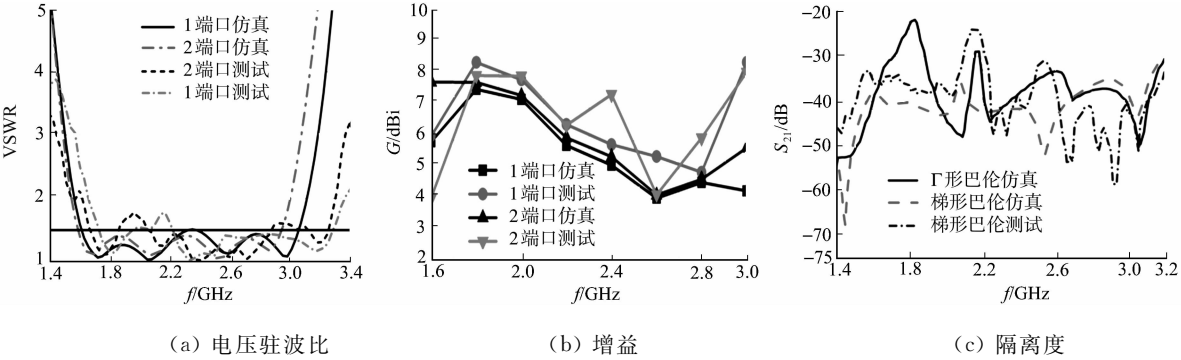


图 4 天线的驻波比、增益和隔离度仿真和实测比较

Fig. 4 Simulated and measured VSWR, gain and isolation of antenna

从图 4(c)可知:与应用双 Γ 形馈电巴伦结构相比,采用梯形馈电巴伦隔离度提高了 5 dB 以上,且大部分工作带宽的隔离度小于 -40 dB,证明了采用梯形折弯结构的馈电巴伦提高了双端口隔离度.当端口距离较近时,端口处耦合能量较强,端口隔离度较差.由于在端口附近采用了弯曲结构,加大了两端口的距离,使端口相互耦合的能量减弱,提高了端口隔离度.由于实际操作过程中,在焊接 SMA 接头至双层介质板单元 S 带状线巴伦底部时,由于双贴片的翘起,使得双层介质板空气缝隙较大.所以,同双端口的驻波比一样,在 2.1 GHz 频段内实测隔离度相对要差,性能只有 -25 dB.

在不同频段内,双极化天线双端口远场测试的 E 面和 H 面方向图,如图 5 所示.

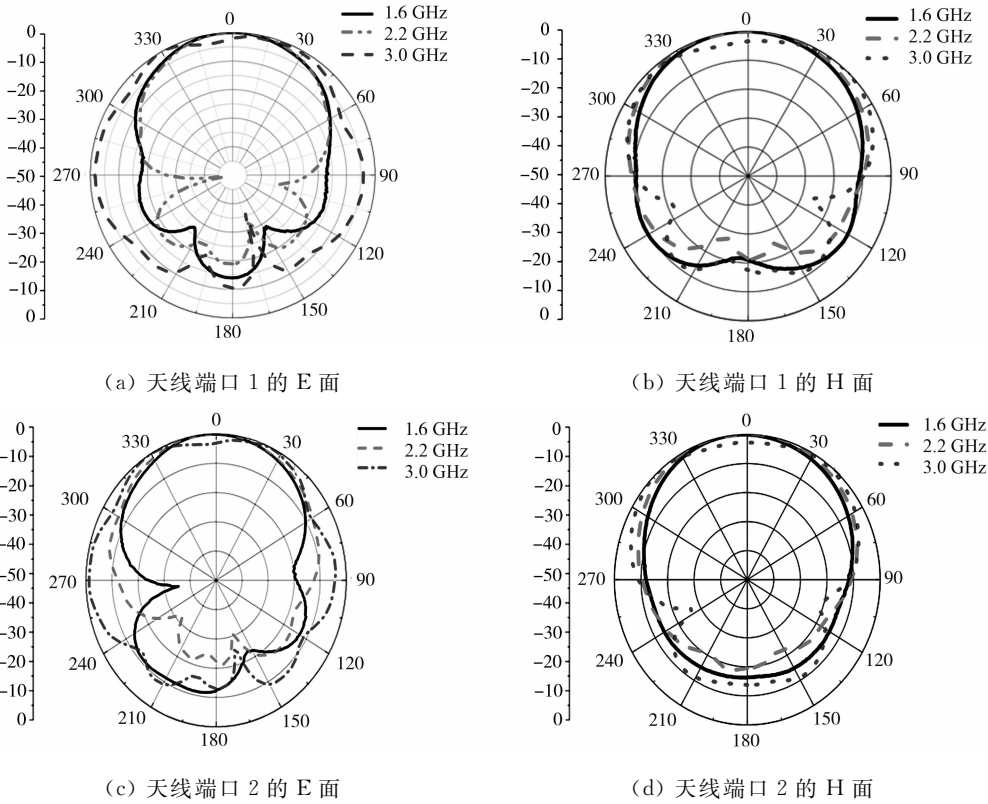


图 5 不同频段内双极化天线两个端口的远场测试方向图

Fig. 5 Far-field patterns of the dual-polarized antenna at different frequencies

4 结束语

文中设计了一副梯形带状线巴伦结构馈电的宽带、双极化、高隔离度印刷振子基站天线单元.该设计将两个采用双层介质板辐射贴片结构的线极化偶极子天线正交地嵌在一起构成双极化,并提出在辐射贴片单元双臂顶端各添加短路小 T 形短路振子结构,使之产生高频段的谐振点以扩展天线的工作带

宽. 梯形带状线馈电巴伦底部的 S 弯折结构将天线馈电点移到一侧减少了双端口的能量的耦合, 提高了双端口隔离度, 并且利于后期天线阵的安装. 该双极化天线具有结构紧凑、体积小、带宽宽、实现简单和成本低廉的优点.

参考文献:

- [1] WONG H, LAU K, LUK K. Design of dual-polarized L-probe patch antenna arrays with high isolation[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2004, 52(1): 45-52.
- [2] PERRUISSEAU-CARRIER J, HEE T W, HALL P S. Dual-polarized broadband dipole[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2003, 2(1): 310-312.
- [3] WU Bi-qun, LUK Kwai-man. A broadband dual-polarized magneto-electric dipole antenna with simple feeds[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2009, 8: 60-63.
- [4] 王红星, 刘锡国, 刘敏. 一种新型低剖面、双频、双极化宽频带阵列天线的研究与设计[J]. 微波学报, 2006, 22(6): 40-44.
- [5] ZHOU Zhan-wei, YANG Shi-wen, NIE Zai-ping. A novel broadband printed dipole antenna with low cross-polarization[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, November, 2007, 55(11): 3091-3093.
- [6] LI Rong-lin, WU Terence, PAN Bo, et al. Equivalent-circuit analysis of a broadband printed dipole with adjusted integrated balun and an array for base station applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009, 57(7): 2180-2184.
- [7] LU Xiao-peng, LI Yan. Novel broadband printed dipole[J]. Microwave and Optical Technology Letters, October, 2006, 48(10): 1996-1998.
- [8] ZHU Quan-jiang, YANG Shi-wen, HUANG Ming, et al. A double-layered printed dipole antenna with parasitic strips[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2012, 54(6): 1517-1520.
- [9] WANG Y, SUN B H, HUANG J X, et al. Design of broadband dipole for TRI-band TD-SCDMA operation[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2011, 53(8): 1821-1824.
- [10] CHU Qing-Xin, LUO Yu. A broadband unidirectional multi-dipole antenna with very stable beamwidth[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2013, 61(5): 2847-2852.
- [11] ÁVILA-NAVARRO E, ANTÓN J, BLANES JOSÉ M, et al. Broadband printed dipole with integrated via-hole balun for WiMAX applications[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2011, 53(1): 52-55.

A Novel Design of Broadband Dual-Polarized Printed Dipole Antenna for Base Stations

WANG Can, GE Yue-he

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: A broadband dual-polarized printed dipole antenna is developed for WCDMA, TD-SCDMA and some 2G/3G/4G-LTE communication standard network. The antenna is composed of two double-layered printed dipoles whose polarizations are perpendicular to each other. There is a bending stair-shaped structure adopted at the bottom of strip-line balun to improve the isolation between the two port, suitable for the integration with the antenna feed network. T-shaped patches are proposed to connect to the double-layered dipole symmetrically, to improve the bandwidth. Measurement results show that the bandwidth of the proposed antenna, achieves 66.7% for voltage standing wave ratio ≤ 1.5 (1.65-3.30 GHz). The isolation within the bandwidth is over -25 dB and the gain is within 4.1-8.3 dBi.

Keywords: printed dipole; broadband; dual polarization; base station antenna

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 吴逢铁)