

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.12.015

# 一种基于倒“T”形贴片结构的 WLAN 天线\*

吴迪\*\*,李九生

(中国计量学院 信息工程学院,杭州 310018)

**摘要:**提出了一种基体背面有电磁带隙结构的倒“T”形双频微带天线。研究发现该天线具有双频带特性,其双频工作频率分别为2.4 GHz和5.2 GHz,相应的带宽为805 MHz (2.099 ~ 2.944 GHz) 和 831 MHz (4.568 ~ 5.409 GHz),增益达到3.1 dBi。仿真和测试结果基本吻合,表明该天线可以很好地满足 WLAN 工作频段标准要求,具有很好的应用前景。

**关键词:**无线局域网;双频微带天线;电磁带隙;倒“T”形贴片

**中图分类号:**TN823      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-893X(2013)12-1620-04

## A Microstrip Antenna Using Inverted T-shaped Patch for WLAN Application

WU Di, LI Jiu-sheng

(College of Information Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** An inverted T-shaped patch microstrip antenna using electromagnetic band gap (EBG) structure on the ground plane is presented. The measured 10 dB bandwidth for return loss reaches 805 MHz (2.099 ~ 2.944 GHz) and 831 MHz (4.568 ~ 5.409 GHz), which covers both the 2.4 GHz/5.2 GHz WLAN (Wireless Local Aerea Network) bands. Furthermore, the 3.1 dBi of relative high gain is achieved. The measured data is in good agreement with the simulated. The study indicates that the proposed antenna can satisfy the WLAN band standards and has a good prospect of application.

**Key words:** WLAN; dual-frequency microstrip antenna; electromagnetic band gap; inverted T-shaped patch

### 1 引言

随着无线通信技术的快速发展,通信系统对无线终端产品也提出了更高的要求:体积小、携带方便、性能稳定。微带天线以其体积小、重量轻、易于集成等优势而被广泛应用于便携式无线设备上。由于微带天线的性能与其贴片结构密切相关,而且天线都会产生表面波,但是表面波会影响天线辐射到空间中能量的效率,造成了天线的辐射效率降低。电磁带隙结构具有高阻抗特性,能够有效抑制表面波,这样电磁能量不会被束缚于贴片表面,从而提高

天线的辐射效率<sup>[1-2]</sup>。Qu<sup>[3]</sup>采用高阻抗表面电磁带隙结构代替金属接地板来抑制微带贴片天线的表面波,与普通贴片天线相比,该天线的增益提高到了3.1 dBi,阻抗带宽达到了24.69%。Pavlickovski<sup>[4]</sup>采用高阻抗表面电磁带隙结构抑制微带贴片天线表面波使天线增益由1.2 dBi提高到了4.4 dBi,验证了高阻抗表面电磁带隙结构可以显著提高天线的增益和辐射效率。Zhu<sup>[5]</sup>设计了一种采用电磁带隙结构作基板的共面贴片天线,该天线的工作频段为2.4 GHz和5 GHz,增益达到了3 dBi。Alam 等人<sup>[6]</sup>

\* 收稿日期:2013-07-04;修回日期:2013-11-20      Received date:2013-07-04;Revised date:2013-11-20

基金项目:浙江省钱江人才计划项目(2013R10065)

Foundation Item: Zhejiang Qianjiang Talent Project(2013R10065)

\*\* 通讯作者: vzaiwudi@126.com      Corresponding author: vzaiwudi@126.com

采用双频段单平面电磁带隙结构反射器和倒三角形贴片使天线能够覆盖更宽的频段,天线在两个频段的增益分别提高了 2.1 dBi 和 1.4 dBi。Pandey<sup>[7]</sup> 等人设计了一种采用蘑菇型电磁带隙结构的阶梯形单极天线,实现了覆盖 2.3 ~ 11 GHz 的带宽。

本文提出一种可应用于 WLAN 的新型微带天线。天线的正面贴片采用“T”形结构,在接地板上设计电磁带隙结构,通过电磁带隙结构来抑制表面波。利用软件对天线结构进行仿真设计,获得天线最终优化结构参数,并完成加工与测试,获得该天线的工作中心频率为 2.4 GHz 和 5.2 GHz,工作带宽分别为 805 MHz 和 831 MHz,能够很好地覆盖 WLAN 在 2.4 GHz (2 400 ~ 2 484 MHz) 和 5.2 GHz (5 150 ~ 5 350 MHz) 频段标准。

## 2 天线结构设计

本文提出的倒“T”形贴片天线结构如图 1 所示。基体材料采用 FR-4,基体正面是在一个矩形辐射贴片底端两边加载了矩形振子的贴片,贴片形状是一个倒“T”形,基体背面采用电磁带隙结构。图 1 中  $w_1$  为电磁带隙结构单元的长度, $w_2$  为单元间距, $w_3$  为贴片宽度, $w_4$  为矩形振子的宽度, $w_5$  为微带馈线的宽度, $L_1$  为接地金属板的长度, $L_2$  为微带馈线的长度, $L_3$  为贴片长度, $L_4$  为矩形振子的长度, $r$  为孔半径。

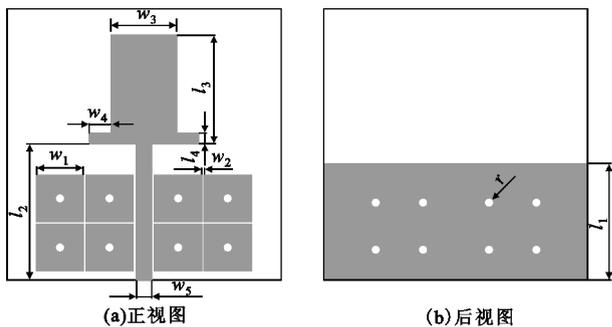


图 1 倒“T”形贴片结构的微带天线

Fig. 1 Schematic diagram of the proposed antenna with inverted “T” patch

设天线辐射中心频率为  $f$ ,介质板厚度为  $h$ ,等效介电常数为  $\epsilon_e$ ,那么矩形贴片的宽度  $w_3$  和长度  $L_3$  可近似计算为<sup>[8]</sup>

$$\begin{cases} W_3 = \frac{c}{2f} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \\ L_3 = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta l \end{cases} \quad (1)$$

式中,等效介电常数  $\epsilon_r$  为相对介电常数, $c$  为真空中光速。

所设计的双频微带天线的中心频率可表示为

$$\begin{cases} f_1 = \frac{c}{2w_3\sqrt{\epsilon_r}} \\ f_2 = \frac{c}{2l_3\sqrt{\epsilon_e}} \end{cases} \quad (2)$$

将电磁带隙结构等效为 LC 谐振电路,其等效电路如图 2 所示。通过对等效电路模型的分析得出电路中的谐振频率,从而可以得到相应的电磁带隙结构尺寸的参数。

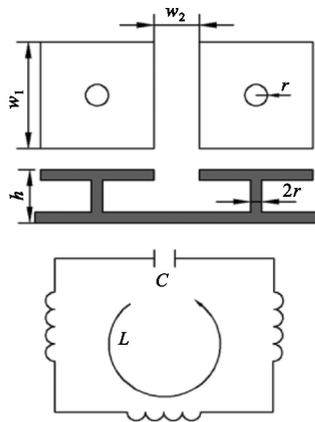


图 2 电磁带隙结构的等效模型电路

Fig. 2 Equivalent circuit model of electromagnetic band gap structure

本文中等效电路模型的电感和电容计算式为

$$\epsilon_e = \frac{1 + \epsilon_r}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + \frac{10h}{W_3} \right)^{-1/2} \quad (3)$$

假设天线的中心工作频率为 2.4 GHz 和 5.2 GHz,根据式(2) ~ (3) 可以初步得到天线结构的基本尺寸参数为: $w_1 = 8.5$  mm, $w_2 = 0.6$  mm, $w_3 = 12$  mm, $w_4 = 4$  mm, $w_5 = 2.73$  mm, $L_1 = 22.5$  mm, $L_2 = 25$  mm, $L_3 = 20$  mm, $L_4 = 2$  mm, $r = 0.7$  mm。

## 3 仿真与测试

由于电磁带隙结构个数对天线辐射和工作频段产生影响,故先分析获得所需工作频率对应的电磁带隙结构单元的数目。本文在仿真中采用 CST (CST MICROWAVE STUDIO) 软件进行计算,得到电磁带隙结构单元个数对天线性能的影响,如图 3 所示。从图中可以看出,微带天线结构中没有添加电磁带隙结构时,天线中心工作频率为 1.9 GHz 和 4.9 GHz,不能满

足 WLAN 工作频段标准的要求。随着电磁带隙单元个数的增加,低频段和高频段的中心频率点均发生改变。当天线中电磁带隙结构单元达到 4 个时,天线中心工作频率变为 2.2 GHz 和 4.8 GHz;当天线中电磁带隙结构单元达到 8 个时,天线中心工作频率变为 2.4 GHz 和 5.2 GHz,相应的反射系数降低了 3 dB,这是因为电磁带隙结构通过其自身耦合作用能有效抑制表面波,从而降低了微带天线的反射系数。根据图 3 计算结果,本文最终确定所设计的倒“T”形贴片天线的电磁带隙结构单元个数为 8 个,此时该倒“T”形贴片天线的中心工作频段为 2.4 GHz 和 5.2 GHz,带宽分别为 805 MHz 和 831 MHz。

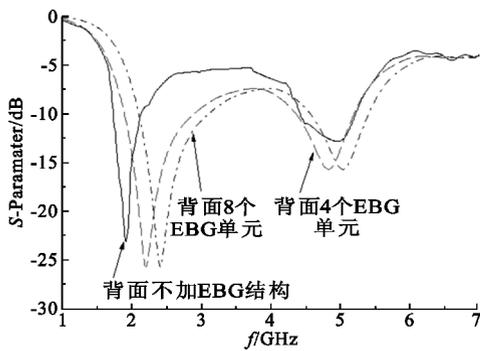
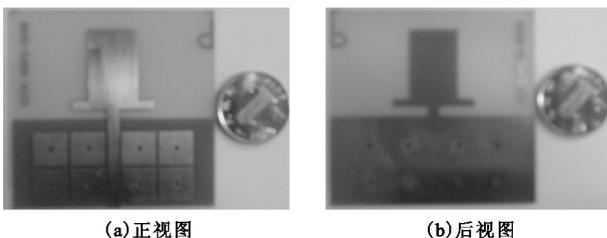


图3 回波损耗与电磁带隙结构单元个数的关系  
Fig. 3 Relationship between return loss and electromagnetic band gap units cell numbers

本文加工制作的倒“T”形贴片天线如图 4 所示。利用微波网络分析仪 R3765CH 对所加工天线进行测试分析,结果如图 5 所示。天线的第一个中心频率点为 2.4 GHz,频带宽度为 761 MHz (2.113 ~ 2.874 GHz);第二个中心频率点为 5.2 GHz,频带宽度为 945 MHz (4.553 ~ 5.498 GHz),可以有效覆盖 WLAN 频段标准。测试曲线与仿真曲线之间存在少许差异,主要由于馈点焊接不够准确从而导致阻抗不匹配,并且测试环境存在干扰,难以实现仿真中的理想环境。



(a) 正视图 (b) 后视图

图 4 倒“T”形贴片结构天线的实物照片  
Fig. 4 Photography of the proposed antenna

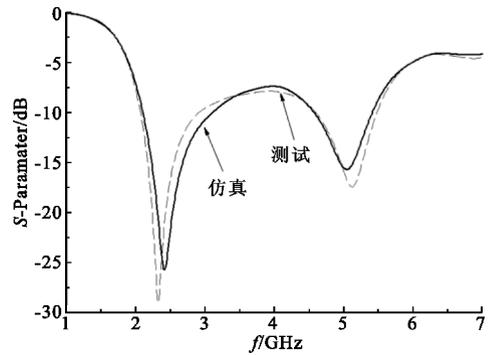
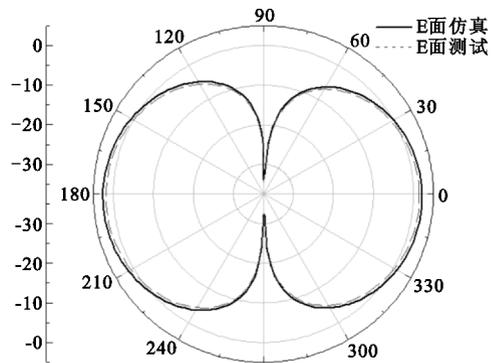
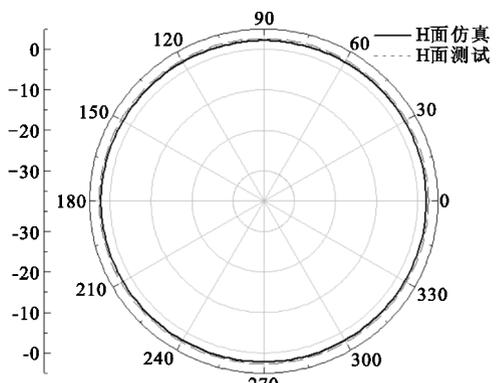


图 5 测试与仿真结果  
Fig. 5 Measurement and simulation results

图 6 和图 7 分别为该天线在  $f=2.4$  GHz 和  $f=5.2$  GHz 时的 E 面和 H 面场图。从图中可以看出,当工作频率点  $f=2.4$  GHz 时,天线的最大增益和半功率波束宽度分别为 2.6 dBi 和  $82.2^\circ$ ;当工作频率点  $f=5.2$  GHz 时,天线的最大增益和半功率波束宽度分别为 3.1 dBi 和  $56^\circ$ 。仿真与测试结果基本吻合。

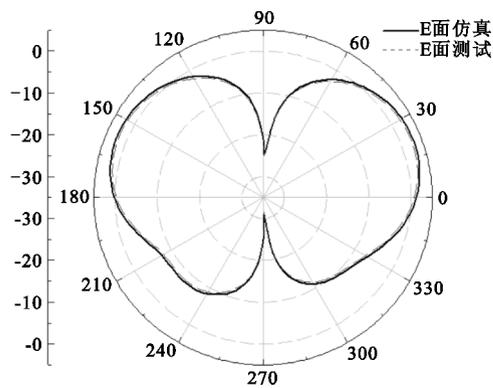


(a) E 面场

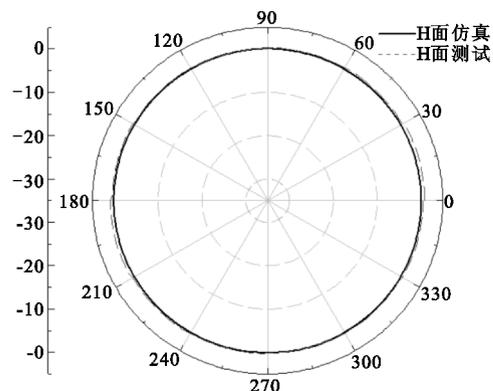


(b) H 面场

图 6  $f=2.4$  GHz 的天线场图  
Fig. 6 Radiation pattern of antenna when  $f=2.4$  GHz



(a) E 面场



(b) H 面场

图 7  $f=5.2$  GHz 的天线场图Fig. 7 Radiation pattern of antenna when  $f=5.2$  GHz

## 4 结 论

本文提出一种可应用于 WLAN 的倒“T”形贴片结构的双频微带天线,并对其进行了仿真与加工测试。研究表明,该天线的第一个中心频率为 2.4 GHz,频带宽度为 805 MHz (2.099 ~ 2.944 GHz),辐射角为  $82.2^\circ$ ,天线增益为 2.6 dBi;第二个中心频率为 5.2 GHz,频带宽度为 831 MHz (4.568 ~ 5.409 GHz),辐射角为  $56^\circ$ ,天线增益为 3.1 dBi。该天线能很好地覆盖 WLAN 频段标准,在 WLAN 通信中具有广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] Yazdi M, Komjani N. Design of a band-notched UWB monopole antenna by means of an EBG structure [J]. IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters, 2011 (10):170-173.
- [2] Yang F, Samii Y R. Microstrip antennas integrated with electromagnetic band-gap (EBG) structures; A low mu-

tual coupling design for array applications [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2003, 51 (10):2936-2946.

- [3] Qu D, Shafai L. The performance of microstrip patch antennas over high impedance EBG substrates within and outside its bandgap[C]// Proceedings of 2005 IEEE International Symposium on Microwave Antenna, Propagation and EMC Technology for Wireless Communications. Beijing:IEEE,2005:423-26.
  - [4] Pavlickovski D, Waterhouse R B. Shorted Microstrip Antenna on a Photonic Bandgap Substrate[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2003, 51 (9): 2472-75.
  - [5] Zhu S Z, Langley R. Dual-band wearable textile antenna on an EBG substrate[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009,57(4):926-935.
  - [6] Alam M S, Islam M T, Misran N. Inverse triangular-shape CPW-fed antenna loaded with EBG reflector[J]. Electronics Letters, 2013,49(2):86-88.
  - [7] Pandey G K, Singh H S, Bharti P K, et al. Design of stepped monopole UWB antenna with WLAN band notched using modified mushroom type EBG structure[C]// Proceedings of 2013 IEEE International Conference on MAPE. Chengdu:IEEE,2013.
  - [8] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- ZHONG Shun-shi. Theory and application of microstrip antenna[M]. Xi'an: Xidian University Press, 1991. (in Chinese)

## 作者简介:



吴迪(1989—),男,江苏南京人,2012年于南京理工大学获学士学位,现为中国计量学院硕士研究生,主要研究方向为天线理论与设计;

WU Di was born in Nanjing, Jiangsu Province, in 1989. He received the B. S. degree from Nanjing University of Science and Technology in 2012. He is now a graduate student. His research concerns antenna theory and design.

Email:vzaiwudi@126.com

李九生(1976—),男,广西桂林人,博士,中国计量学院教授,主要研究方向为太赫兹技术与应用。

LI Jiu-sheng was born in Guilin, Guangxi Zhuang Autonomous Region, in 1976. He is now a professor with the Ph. D. degree. His research concerns technology and application of Terahertz.

Email:981524973@qq.com