

文章编号:1007-2861(2008)06-0560-04

· 研究简报 ·

新型小型化双频缝隙微带天线的设计

陈雷, 沈文辉, 赵国华

(上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘要: 提出一种新的应用于无线局域网的小型化双频缝隙微带天线. 该天线结构紧凑, 馈电方式简单, 满足无线局域网中小型化双频天线的技术要求. 通过灵活调节 F 形槽的尺寸, 可以使该天线的谐振频率工作在 2.4/5.8 GHz 无线局域网的应用频段. 辐射方向图表明, 该天线全向性能较好, 增益在 3.8 ~ 4.5 dBi 范围内.

关键词: 小型化; 微带天线; 双频天线; 耦合馈电

中图分类号: TN 82 文献标志码: A

Design of Novel Compact Dual Frequency Microstrip Slot Antenna

CHEN Lei, SHEN Wen-hui, ZHAO Guo-hua

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: A novel compact microstrip slot antenna for wireless communication is presented. The antenna has a compact structure and a simple feed method to satisfy technical requirements of the WLAN application. An adjustable F-shaped slot is employed to excite appropriate resonant frequencies at 2.4/5.8 GHz for WLAN. This antenna is characterized by its omni-directional radiation pattern. The gain of the antenna is 3.8 ~ 4.5 dBi.

Key words: miniaturization; microstrip antenna; dual-frequency antenna; coupling feed

随着 IEEE 802.11a(5.15 ~ 5.35 GHz, 5.725 ~ 5.825 GHz) 和 IEEE 802.11 b/g(2.40 ~ 2.48 GHz) 标准的提出, 无线局域网(WLAN) 通信技术得到了迅猛的发展. 与此同时, 对 WLAN 天线的需求也逐步增多. 无论是手机、微型计算机、个人电脑的无线网卡, 还是各种各样的远程感应设备, 都需要体积小、重量轻的小型化天线. 同时, 为了适应各种复杂环境, 还要求天线具备良好的全向性能.

在诸多天线形式中, 缝隙微带天线由于其结构简单而更具优势. 和普通的微带天线相比, 缝隙微带

天线具有更宽的带宽^[1], 以及低功耗、低成本、小型化、易于共形和集成等优点. 缝隙的形状也是多种多样, 由传统的矩形槽演变成特性更好的 U 形槽、V 形槽、E 形槽等^[2-4]. 在形状多样化的同时, 缝隙微带天线的功能也日益多样化, 其中 WLAN 天线已成为当今研究的热点^[5-8]. 文献[5]在 E 形槽的基础上加载 Z 字锯齿形槽, 从而实现带宽为 29.8% ($f_{\min} = 4.96$ GHz, $f_{\max} = 6.69$ GHz) 的宽带缝隙微带天线, 但是加工工艺较为复杂. 文献[6]采用多枝节匹配技术进行设计, 但是尺寸相对较大.

收稿日期: 2007-07-10 基金项目: 上海市教委基金资助项目(217604); 上海市重点学科建设项目资助项目(T0102)

通信作者: 沈文辉(1972 ~), 男, 讲师, 博士, 研究方向为相控阵天线、微带天线等. E-mail: haomeni@163.com

本工作提出了一种新型的小型化缝隙微带天线,通过在地板上开一个F形的槽实现了双频的功能,并可通过调节槽的主要尺寸,使天线的谐振频率工作在WLAN的2.4/5.8 GHz频段, -10 dB阻抗带宽完全覆盖相对应的工作频段. 该天线结构紧凑,尺寸较谐振在相同频率的文献[6]减小了27%,较文献[8]减小了33%. 该天线馈电方式简单,便于加工制作,具有良好的全向性能. 测试结果与仿真结果吻合良好,证实了设计的有效性.

1 天线结构与参数分析

如图1所示,整个天线制作在相对介电常数 $\epsilon_r = 3.38$,厚度为0.508 mm的Rogers R04003板材上. 地板和天线的缝隙辐射单元均在介质板的同一面,另一面除了微带馈线,没有金属导体. 介质板的尺寸为 $L \times W = 50 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$. 如图1中虚线部分所示,50 Ω 微带馈线采用中心耦合馈电方式直接对天线进行馈电. 微带馈线的宽度为1.7 mm,长度为36 mm.

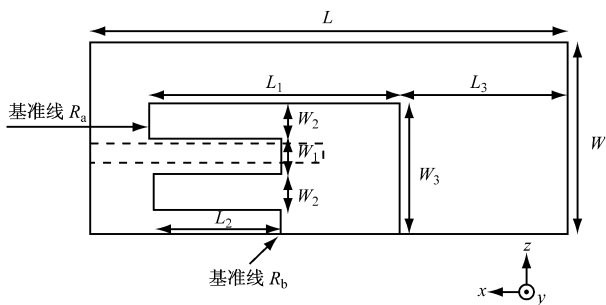


图1 天线结构图
Fig.1 Geometry of the slot antenna

在不减弱天线辐射性能的前提下,为了使天线可以方便地置入系统内部,本工作采取开一个“F”形槽来增加天线的电长度,满足天线的小型化要求,同时实现天线的双频功能. 对于微带天线来说,其谐振频率可以表示为

$$f \cong \frac{c}{2L \sqrt{\epsilon_r}}$$

式中, c 为光速, L 为辐射单元的长度, ϵ_r 为介质板的相对介电常数. 我们取天线的水平槽 L_1 的长度约为26 mm,使其谐振在2.4 GHz频段. 取天线的水平槽 L_2 的长度约为13 mm,使其谐振在5.8 GHz频段.

采用Ansoft公司的电磁仿真软件HFSS 10.0对天线进行仿真. 由于 L_1, L_2 控制着频率的谐振点,在

此着重讨论它们的变化. 如图1所示,以 R_a 为基准线,调节 L_1 的长度(其他尺寸保持不变),低频频段发生了较为明显的变化,而高频部分只发生了轻微的偏移,如图2所示.

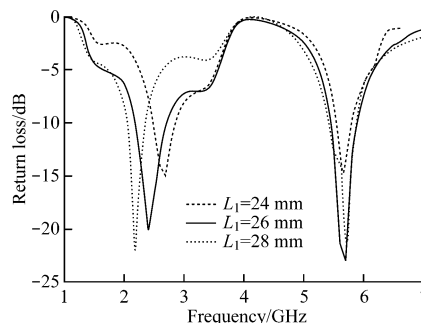


图2 回波损耗随长度 L_1 变化曲线图
Fig.2 Simulated return loss of the antenna for various lengths L_1

当 $L_1 = 26 \text{ mm}$ 时,低频部分恰好能谐振在2.4 GHz频段. 以 R_b 为基准线,调节 L_2 的长度(其他尺寸保持不变),我们发现 L_2 的变化使得高频部分的频率产生了较为明显的偏移,而低频部分基本不变,如图3所示.

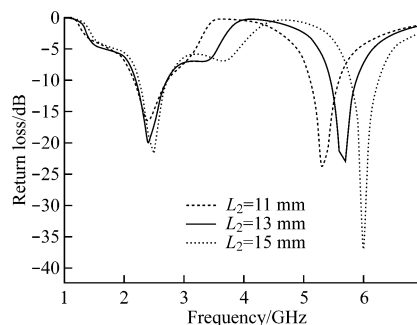


图3 回波损耗随长度 L_2 变化曲线图
Fig.3 Simulated return loss of the antenna for various lengths L_2

当 $L_2 = 15 \text{ mm}$ 时,高频部分谐振在5.2 GHz频段;当 $L_2 = 13 \text{ mm}$ 时,高频部分谐振在5.8 GHz频段. 与此同时,在调试的过程中我们发现,两水平槽之间的距离对天线的阻抗带宽有着较大的影响,如图4所示. 最终优化取 W_1 的宽度为3 mm,使天线能够覆盖要求的频段. 其他尺寸的最终优化结果见第二节. 通过调节优化主要尺寸,可以得到谐振在不同频率的天线,它们的中心频率、带宽BW、频率比如表1所示.

表1 天线的双频性能

Table 1 Dual-frequency performance of the proposed antenna

| | L_1/mm | L_2/mm | f_1/MHz , BW/% | f_2/MHz , BW/% | f_2/f_1 |
|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| 天线 1: 2.39/5.75 GHz | 26.0 | 13.4 | 2 385, 12.58 | 5 750, 6.09 | 2.41 |
| 天线 2: 2.42/5.23 GHz | 26.2 | 15.8 | 2 421, 12.39 | 5 225, 6.70 | 2.16 |
| 天线 3: 2.44/5.82 GHz | 26.5 | 13.0 | 2 440, 12.30 | 5 815, 6.02 | 2.38 |
| 天线 4: 2.47/5.31 GHz | 27.0 | 15.0 | 2 470, 12.15 | 5 310, 6.59 | 2.15 |

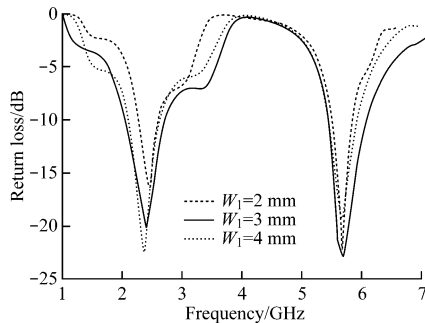


图4 回波损耗随水平槽间距 W_1 变化曲线图
Fig.4 Simulated return loss of the antenna for various lengths W_1

2 天线测试

选择工作在 2.44/5.82 GHz 频段的天线 3 进行实际加工来证明设计的有效性. 其最终优化尺寸为 $L = 50 \text{ mm}$, $W = 20 \text{ mm}$, $L_1 = 26.5 \text{ mm}$, $L_2 = 13 \text{ mm}$, $L_3 = 17.5 \text{ mm}$, $W_1 = 3 \text{ mm}$, $W_2 = 3.5 \text{ mm}$, $W_3 = 13.5 \text{ mm}$. 图 5 为天线的实际加工图. 天线尺寸较谐振在相同频率的文献[6]减小了 27%, 较文献[8]减小了 33%, 且厚度仅为 0.508 mm, 满足无线通信系统天线小型化的要求.

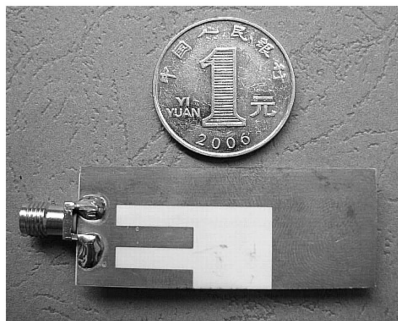


图5 天线实物图

Fig.5 Physically realized module of the proposed antenna

采用安捷伦公司的 8722ES 网络分析仪进行测

试,测试得到的两个谐振频率点分别为 2.4 和 5.8 GHz, -10 dB 阻抗带宽分别为 300 和 350 MHz. 图 6 是回波损耗的测试结果与仿真结果的比较,可见二者吻合良好. 天线在 2.44 GHz 时回波损耗为 -27 dB , 在 5.82 GHz 时为 -22.5 dB , 在两个谐振频率处均实现了较好的阻抗匹配. 该天线在两个工作频段上的辐射方向图分别如图 7 和图 8 所示,可见天线具有较好的全向性能,能够满足无线局域网天线的要求. 图 9 中,所设计天线在 2.44 GHz 时的增益为 3.8 dBi, 5.82 GHz 时的增益为 4.5 dBi.

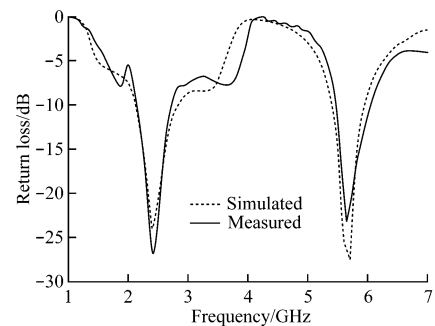


图6 仿真和实测回波损耗
Fig.6 Measured and simulated return loss of the proposed antenna

3 结论

本工作提出并设计了一种印制在 Rogers R04003 介质板上的新型双频缝隙微带天线,可覆盖 2.4/5.8 GHz 频段. 该天线设计简洁、灵活,从仿真及实测结果可以看出,通过调节 F 形槽的尺寸可以调谐两个频率的大小,从而实现不同的频率比,以满足无线局域网对双频天线的要求. 此外,该天线体积小、成本低、馈电方便,有较好的全向辐射特性,具有很好的实用价值.

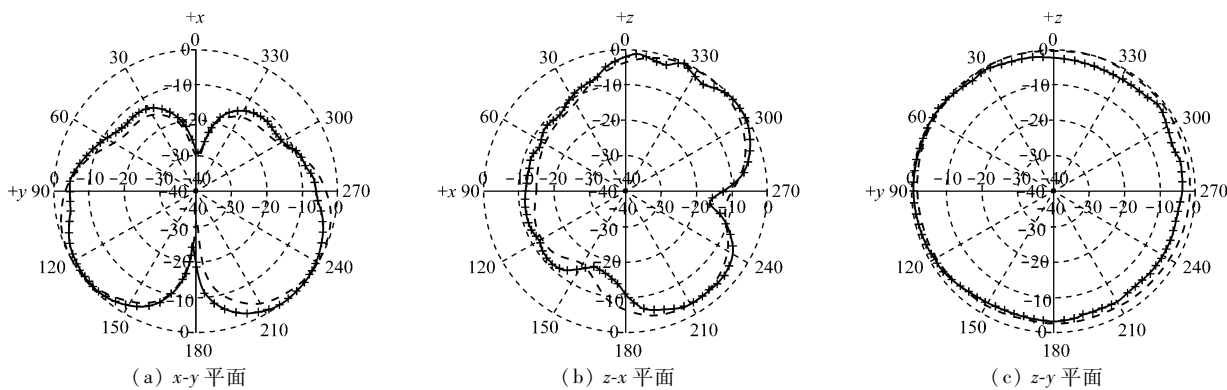


图7 天线 2.44 GHz 方向图(---:仿真;+++ :实测)

Fig.7 Measured and simulated co-polarized radiation patterns at 2.44 GHz

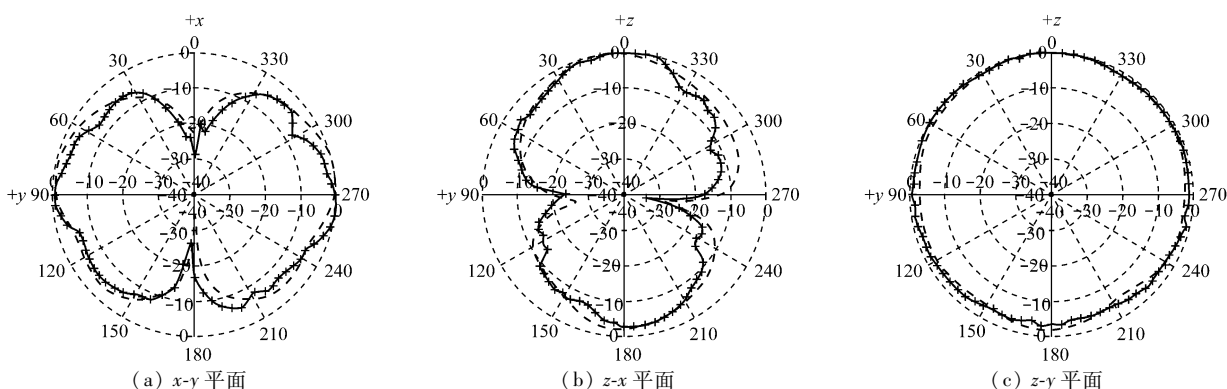


图8 天线 5.82 GHz 方向图(---:仿真;+++ :实测)

Fig.8 Measured and simulated co-polarized radiation patterns at 5.82 GHz

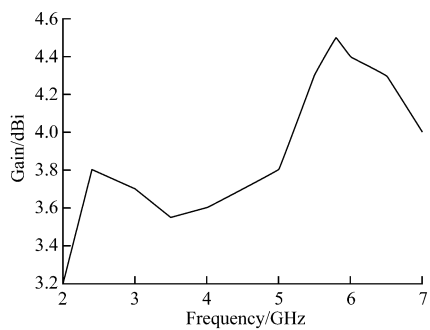


图9 天线 2.44/5.82 GHz 增益图

Fig.9 Gain of antenna at 2.44/5.82 GHz

参考文献:

[1] RAMESH G. Microstrip antenna design handbook [M]. Boston: Artech House Press, 2001:441-442.

[2] MING Y, YIN C. A novel U-shaped planar microstrip antenna for dual-frequency mobile telephone communications [J]. IEEE Transactions Antennas and Propagation, 2001, 49(6):1002-1004.

[3] RAFI G, SHAFI L. Wideband V-slotted diamond-

shaped microstrip patch antenna [J]. Electronics Letters, 2004, 40(19):1166-1167.

[4] DESHMUKH A, KUMAR G. Compact broadband E-shaped microstrip antennas [J]. Electronics Letters, 2005, 41(18):989-990.

[5] CARATELLI D, CICHETTI R, BIT-BABIK G. A perturbed E-shaped patch antenna for wideband WLAN applications [J]. IEEE Transactions Antennas and Propagation, 2006, 54(6):1871-1874.

[6] TAO J, CHENG C, ZHU H B. Compact dual-band slot-antenna for WLAN applications [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2007, 49(5):1203-1204.

[7] ZHONG Q H, LI Y X, JIANG H Y, et al. Design of a novel dual-frequency microstrip patch antenna for WLAN applications [J]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2004, 1(1):277-280.

[8] HSIAO H M, LU J H, WU J W. Y-shaped monopole antenna with dual-broadband operation for WLAN [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2006, 48(8):1476-1480.

(编辑:刘志强)