

矩形切角超宽频带微带天线*

邵远, 车仁信, 陈宏然

(大连交通大学 电气信息学院, 辽宁 大连 116028)

摘要: 采用在接地板开窗和在贴片上切矩形角的方法设计了一种 Ku 波段超宽频带微带天线以实现超宽频带, 并对不同尺寸的切角对频带的影响做了比较。仿真结果表明, 在中心工作频率 12 GHz 处, 相对带宽到达 78.3% ($V_{SWR} \leq 2$)。

关键词: 微带天线; 超宽频带; 开窗; 矩形切角

中图分类号: TN822+.4

文献标识码: A

Ultra-broadband microstrip antenna with rectangle truncated corners

SHAO Yuan, CHE Ren Xin, CHEN Hong Ran

(School of Electrical & Information Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

Abstract: There is a design of Ku-band, ultra-broadband microstrip antenna, which has slots on the ground plate and cut rectangle truncated corners on the patch to reach to ultra-broadband. Compare the impact of rectangle truncated corners in different size for the band. The simulated experiment proves that the relative bandwidth was 78.3% ($V_{SWR} \leq 2$), when the centric frequency is 12GHz.

Key words: microstrip antenna; ultra-broadband; slot; rectangle truncated corners

微带天线具有体积小、重量轻、剖面低、制作简单等优点, 近年来在移动通信、卫星导航、导弹遥测和电视直播等方面都得到了广泛应用。但是微带天线也有阻抗频带窄、增益低等固有缺点, 一般的单层矩形微带贴片天线的带宽只有 2%~5% 左右。近年来, 随着信息与电子技术的快速发展, 无线移动通信系统对天线的带宽提出了更高的要求, 例如全球移动通信系统 GSM 需要 7.6% 的带宽, 数字通信系统 DCS 需要 9.5% 的带宽, DBS 天线需要 16.7% 的带宽, 较高的带宽要求使得微带天线在工程实际中的应用受到了一定的限制。

参考文献[1]中给出了许多展宽频带的方法: 采用厚基板、附加阻抗匹配网络、采用较小的相对介电常数、采用较大的 $\tan\delta$ 基板、采用楔形或阶梯形的基板、采用非线性调整元件、采用非线性基板材料、采用附加无源贴片、采用多层结构、在贴片或接地板上“开窗”等。近些年来, 许多专家学者都致力于微带天线宽频带技术的研究, 取得了很多成果, 例如缝隙天线^[2-5]、采用脊形接地板的贴片天线^[6-7]、在仿真计算中加入遗传算法^[8]、采用多层介质基板^[9]等。本文设计了一种新型 Ku 波段超宽频带微带天线, 采用两种不同介电常数的介质基板, 通过在接地板开窗和在贴片上切矩形角的方法实现超宽

频带。仿真结果表明, 在谐振频率 12 GHz 处, 驻波比 $V_{SWR} \leq 2:1$ 时, 工作频带覆盖了 11.4 GHz~20.8 GHz, 相对带宽为 78.3%, 并且获得了 5.8 dB 的增益。该方法可有效地展宽天线的高频带宽, 设计的天线结构简单便于实现, 有利于降低加工难度。

1 天线设计及仿真分析

基板参数是影响天线带宽的一个重要的因素, 根据参考文献[1]的相关理论, 使用较小介电常数的基板和增加基板的厚度是展宽微带天线频带的两个重要手段。理论上来说, 空气的介电常数最小, 但是以空气为介质将严重地降低天线的强度, 将对使用造成影响, 而介电常数小于 2 的基板又不易制造, 所以选择了介电常数为 2.2 的介质基板。虽然增加基板的厚度可增加天线的带宽, 但是较厚的基板会引起明显的表面波激励, 从而降低了天线的辐射效率及增益, 所以选用的基板厚度为 1.5 mm。

本文设计的天线以基本的线极化矩形贴片天线为基础加以改进。天线的谐振频率为 12 GHz, 根据参考文献[1]中矩形贴片微带天线的设计方法, 由以下公式确定贴片的基本尺寸:

$$L = \lambda_g / 2 \quad (1)$$

* 基金项目: 辽宁省教育厅科学技术研究项目(2008109)

网络与通信

Network and Communication

$$\lambda_g = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_g} \quad (2)$$

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

$$W = \frac{c}{2f} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$L' = L - 2\Delta L \quad (5)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \times \frac{(\epsilon_g + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_g - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (6)$$

式中 L 、 W 为贴片的长和宽，参数 λ_g 为介质内波长， λ_0 为自由空间波长， ϵ_g 为有效介电常数， c 是光速， f 为天线的谐振频率， ΔL 为边缘场影响而产生的偏移量。

在仿真软件中按计算出的尺寸进行仿真并优化，得到如图 1 所示的天线模型。为了达到最佳匹配并考虑实际问题，将基板的介电常数做了部分修改，采用 2 种介电常数的混合介质基板，利用在接地板上开窗以及在贴片上切一矩形角的方法实现宽频带。开窗尺寸通过仿真优化得出。

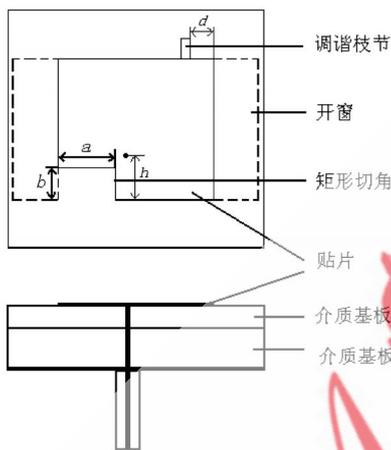


图 1 天线结构图

接地板厚度为 0.018 mm；介质基板 1 厚度为 0.5 mm，介电常数 $\epsilon_r=2.2$ ，介质基板 2 厚度为 1 mm，介电常数 $\epsilon_r=2.35$ ，大小为 $10.2 \times 10.2 \text{ mm}^2$ ；矩形切角大小 $a \times b = 2.3 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ；调谐枝节大小为 $0.4 \times 0.9 \text{ mm}^2$ ，距右侧 $d=0.9 \text{ mm}$ ；接地板开窗(图 1 中虚线部分)为 $6 \times 1.8 \text{ mm}^2$ ；馈电点距贴片下侧边缘 $h=1.7 \text{ mm}$ 。

在软件中将图 1 的天线模型进行仿真，得到如图 2 所示的回波损耗曲线。从 S_{11} 曲线可以看出，当 $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$ ($VSWR \leq 2$) 时，天线的工作频段为 $11.4 \text{ GHz} \sim 20.8 \text{ GHz}$ ，其中 12 GHz 是天线的谐振频率，相对带宽为 78.3%，最大衰减达到 -52.3 dB 。

天线的方向图如图 3 所示，实线为 E 面方向图，虚线为 H 面方向图。由图可知，天线的增益约为 5.8 dB，波瓣宽度大约为 80° ，频带的展宽并没有牺牲增益。

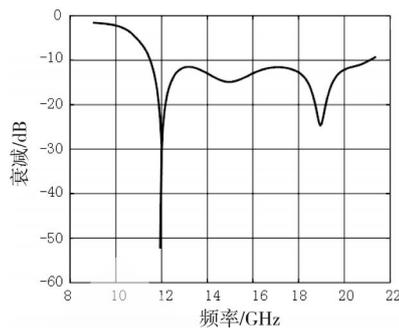


图 2 回波损耗曲线图

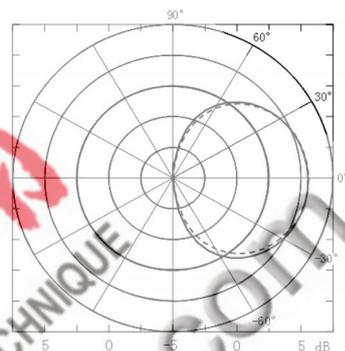


图 3 方向图

2 矩形切角大小对频带的影响分析

本文对不同尺寸的矩形切角分别做了仿真实验，具体数值如表 1 和表 2 所示，对应的回波损耗曲线分别如图 4 和图 5 所示。

表 1 矩形切角对频带的影响 (固定 $a=2.3 \text{ mm}$)

编号	b 值/mm	谐振频率/GHz	最大衰减/dB	工作频带(相对带宽%)
1	0~0.9	11.7	-42.1	11.2~12.8 (13.7%)
2	1~1.2	11.8	-43.2	11.3~20.0 (73.7%)
3	1.9~2.1	12.1	-37.9	11.6~21.5 (81.8%)
4	2.6~3.0	12.4	-41.2	11.7~22.4 (86.3%)
5	3.1~4.0	12.7	-33.1	12.0~23.3 (89.0%)
6	4.1	19.3	-35.5	12.2~23.8 (60.1%)

表 2 矩形切角对频带的影响 (固定 $b=1.8 \text{ mm}$)

编号	a 值/mm	谐振频率/GHz	最大衰减/dB	工作频带(相对带宽%)
1	0~1.6	11.4	-25.5	11.0~12.1 (9.6%)
2	1.7~2.6	11.9	-26.4	11.3~21.6 (86.6%)
3	2.7	19.3	-37.1	11.7~21.2 (49.2%)

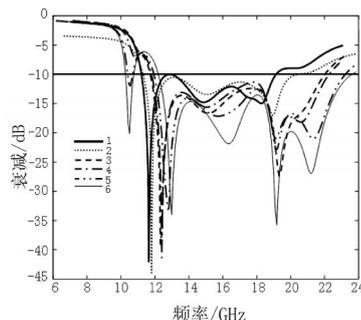
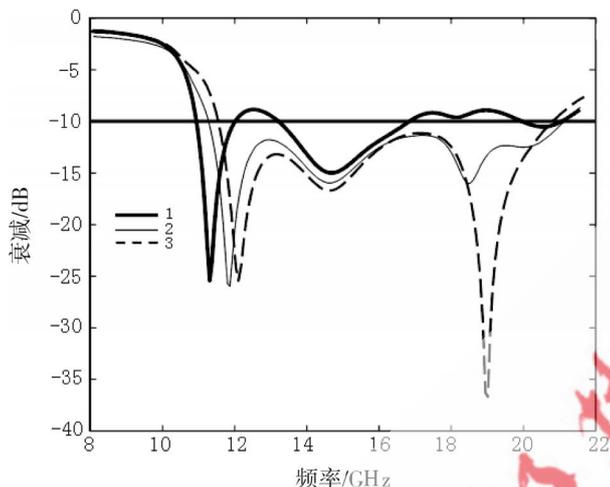


图 4 不同 b 值的 S_{11} 曲线

图5 不同 a 值的 S_{11} 曲线

从图4和表1可以看出,当固定 $a=2.3$ mm时,随着 b 的增加,带宽随之增加,而高频的谐振点也越加明显,当 $b=4.1$ mm时,高频谐振点的衰减深度超过了低频谐振点,因而导致了相对带宽的降低;从图5和表2可以看出, a 值的变化对天线的频带影响不是很明显, a 值在 1.7 mm~ 2.6 mm变化时,天线的频带没有任何变化,但当 $a \geq 2.7$ mm时,高频谐振点的衰减深度明显加强,而且频带开始降低,相对带宽也迅速降低。

阻抗带宽窄一直限制微带天线的发展,如何展览微带天线的频带也一直是专家学者们关注的话题。在本文中,从简单易行的角度出发,采用在贴片上切矩形角及在接地板上开窗的方法,设计了一种新型Ku波段超宽频带微带天线,在 $V_{SWR} \leq 2:1$ 时,其工作频带覆盖了 11.4 GHz~ 20.8 GHz,在谐振点 12 GHz处获得了 5.8 dB增益。切矩形角的方法可等效成引入阻抗匹配元件,在接地板开窗也改变了天线的阻抗特性,运用这种方法能有效地提高天线的高频带宽,降低了设计难度。

参考文献

- [1] 杨明忠,张钧.微带天线理论与工程[M].北京:国防工业出版社,1988.
- [2] 李鹏程,何国瑜.超宽带渐变缝隙天线[J].遥测遥控,2007,28(5):1-5.
- [3] 张俊文,钟顺时.V形微带缝隙天线[J].微波学报,2007,23(2):44-46.
- [4] RAFIQ H,SHAFALL. Broadband microstrip patch antenna with V-slot[J].IEEE Proc. Antennas and Propagation,2004,151(5):435-440.
- [5] YUAN Yao,ZHENG He Feng.A novel band-notched ultra-wideband microstrip-line fed wide-slot antenna [J].2006 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, APMC, 2006:1976-1978.
- [6] WANG Yang Zhi,ZHANG Lin Xi,WEI Gao.Designing novel broadband microstrip antenna by using HFSS [J].Journal of System Simulation, 2007, 19(11):2603-2606.
- [7] ZHANG Jun Wen,ZHONG Shun Shi,WU Qiang.Large-bandwidth patch antenna with RIDGE-shaped ground plate[J].Microwave and Optical Technology Letters,2006,48(3):487-488.
- [8] 陈文俊,黎滨洪,谢涛.遗传算法在优化设计宽频微带天线中的应用[J].微波学报,2005,21(4):34-36.
- [9] 董玉良,田步宁,纪奕才.宽频带双层微带天线的研究[J].微波学报,2002,18(1):43-45.

(收稿日期:2009-10-27)

作者简介

邵远,男,1984年生,硕士,主要研究方向:微带天线的数值计算及工程应用;

车仁信,女,1956年生,教授,主要研究方向:微带天线的数值计算及工程应用;

陈宏然,男,1985年生,硕士,主要研究方向:微带天线的数值计算及工程应用。