

# 一种宽带平面单极子天线设计

杨俊秀, 赵文来, 李霖

(浙江理工大学信息学院, 杭州 310018)

**摘要:** 设计了一种介质基板尺寸为  $80.0\text{ mm} \times 70.0\text{ mm} \times 1.6\text{ mm}$ , 材料是相对介电常数为 4.4 的 FR4 的宽带微带天线。基于软件 HFSS 对天线进行仿真, 结果表明: 天线工作带宽可达到  $0.79 \sim 2.81\text{ GHz}$  (回波损耗  $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10\text{ dB}$ , 驻波比  $\text{VSWR} \leq 2$ ), 相对带宽达 112%, 覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 通信波段, 同时包含无线局域网 WLAN 2.45 GHz 波段, 在工作频段内具有良好的辐射方向性和增益, 可用于手机信号屏蔽仪天线设计。结果同时表明接地面尺寸比辐射贴片尺寸改变对天线带宽的影响大。

**关键词:** 反射损耗; 超宽带; 单极子天线; HFSS; 驻波比

**中图分类号:** TN82

**文献标志码:** A

## 0 引言

手机信号屏蔽仪能实现人为的破坏或限制移动网络,“切断”基站与手机的通信,防止如情报窃取、泄露机密、考试作弊等事件的发生。商用手机屏蔽仪覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 波段,靠四幅天线完成,每个波段对应一副天线,在屏蔽仪有限的结构内设置多幅天线,硬件成本及体积增大,且操作繁琐;同时各辐射功率相互叠加,造成不必要的电磁污染<sup>[1-2]</sup>。借鉴超宽带天线的设计思路及实现方法,设计了一款微带天线,仿真结果表明天线覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 波段,同时包含了无线局域网 WLAN 波段,且比较了贴片尺寸及接地面尺寸改变对天线带宽的影响<sup>[3-4]</sup>。

## 1 天线结构

超宽带天线作为超宽带通信的关键技术之一,其设计和研究成为通信领域的一个研究热点,国内外许多天线设计者尝试了多种不同的结构和技术。拓宽天线工作带宽的传统方法有:增加介质基板厚

度、增大贴片长宽比、降低天线等效损耗电阻等,但上述方法在拓宽天线工作带宽的效果有限;通过辐射贴片或接地板尺寸采用新型结构也可以展宽天线工作频带,曾有人通过在阶梯状天线和切角处插入“倒  $\pi$ ”枝节,或将接地板结构设计成方形槽和切掉贴片两角而形成阶梯等拓宽天线工作频带,有学者采用倒“H”贴片展宽天线带宽<sup>[5]</sup>;还有通过采用附加寄生贴片或附加阻抗匹配网络扩展频带,由于结构复杂或与其它指标矛盾,不常用;大多研究者通过在辐射贴片或接地板上开缝或槽展宽天线带宽<sup>[5-8]</sup>,在不同位置开不同外形的槽等效于引入了阻抗匹配元器件,改变了天线原有的阻抗特性,从而有效拓宽频带,金属单元开槽后,改变了电流分布,路径的加长而诞生了新频率的谐振点,使天线带宽拓宽。

借鉴超宽带天线通过开缝或槽,使得电流路径改变,阻抗渐变展宽带宽的实现方法,文献[4]作者基于 HFSS 设计并制作了一款微带馈电的平面单极子天线,该天线主辐射部分由六边形辐射贴片构成,且两底端形成阻抗阶梯形结构,并在接地面顶端加入对称的分形结构,实际测试结果表明该天线频带

收稿日期: 2014-09-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(1104688-A);浙江省教育厅项目(13036068-F)

作者简介: 杨俊秀(1976—),女,河南开封人,硕士,主要从事电磁场理论及射频通信方面的研究。

通信作者: 赵文来, E-mail: zhwlai@126.com

宽度达到 3.0~13.1 GHz( $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10$  dB), 相对带宽达 125%, 达到超宽带天线的范围(3.1~10.6 GHz)。基于相同设计思想, 以对称梯形贴片和矩形地板结构的平面单极子天线为原型, 基板材料为聚四氟乙烯 FR4, 相对介电常数为 4.4, 厚度为 1.6 mm, 对于单极子天线, 若采用正方形贴片, 矩形地板, 则贴片大小与低点谐振频率关系为:

$$f_L = \frac{72}{L+g+h}$$

其中:  $L$  为正方形贴片边长,  $g$  为贴片到接地板的间隙, 取 5 mm;  $h$  为介质板厚度 1.6 mm。当下限频率为 0.8 GHz 时, 则真空中  $L=83.4$  mm, 介质中  $L=\frac{83.4}{\sqrt{4.4}} \approx 39$  mm; 厚度为 1.60 mm、宽度为 2.98 mm 的 FR4 微带线对应特性阻抗为  $50\Omega$ , 取  $W_1=3$  mm; 微带线在 0.8 GHz 时  $1/4$  介质波长对应的长度约为 44.7 mm, 即取  $L_2=45$  mm。则天线结构如图 1 所示, 天线具体尺寸见表 1<sup>[9-10]</sup>。

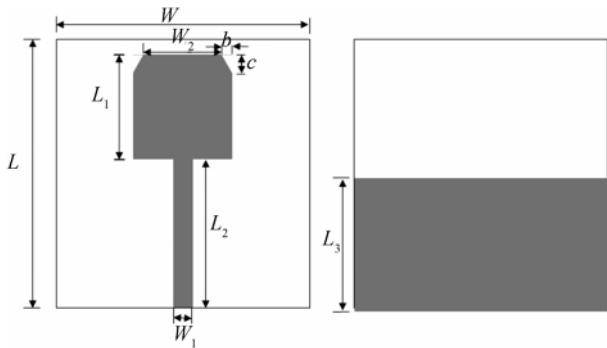


图 1 天线结构

表 1 天线尺寸 1 (mm)

$L$	$W$	$W_1$	$W_2$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$b$	$c$	$h$
90	70	3	35	39	45	40	2	4	1.6

## 2 分析与仿真

设天线系统输入端口为 1, 由于天线与前端传输线特征阻抗不匹配会造成加到传输线的功率不能全部被天线吸收并辐射,  $S(1,1)$  即表征了系统入射端口的损耗, 也称为反射损耗或回波损耗, 分贝表示为  $\text{dB}(S(1,1))=20\lg S(1,1)$ , 通过仿真软件 HFSS 对图 1 中结构的天线进行了仿真, 回波损耗结果如图 2 所示<sup>[8-11]</sup>。

由图 2 所示满足  $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10$  dB 频率范围为 0.64~2.33 GHz, 为使频带内包含 2.45 GHz, 需将频带上移, 为此, 缩减天线尺寸优化如下图 3 所示。

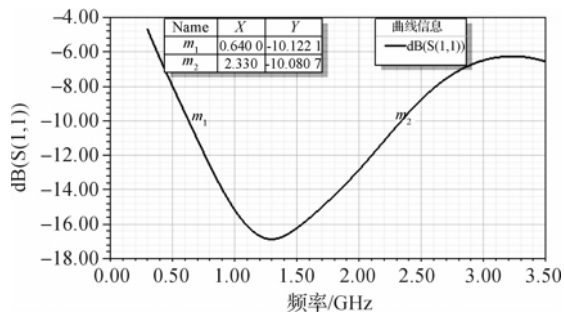


图 2  $\text{dB}(S(1,1))$  随频率的变化曲线

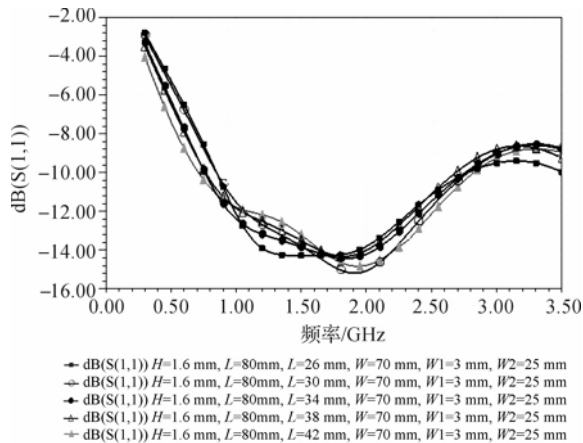


图 3 不同  $L_1$  对应的  $\text{dB}(S(1,1))$  曲线

为兼顾天线尺寸与带宽, 优化天线结构如下表 2 所示, 回波损耗如图 4 所示, 驻波比如图 5 所示。

表 2 天线尺寸 2 (mm)

$L$	$W$	$W_1$	$W_2$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$b$	$c$	$h$
80	70	3	25	29	45	40	2	4	1.6

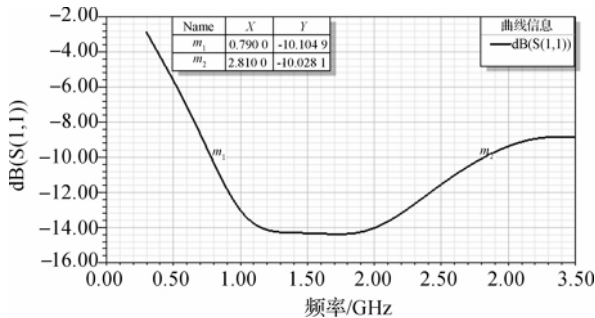


图 4  $\text{dB}(S(1,1))$  随频率的变化曲线

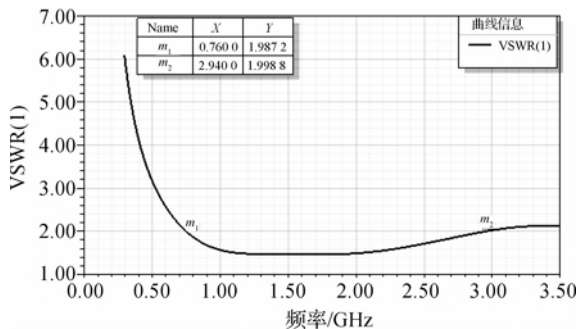


图 5 驻波比随频率的变化曲线

由图 4、图 5 及标识点可看出,满足  $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10 \text{ dB}$  且驻波比  $\text{VSWR} \leq 2$  的频率范围为  $0.79 \sim 2.81 \text{ GHz}$ ,相对带宽达  $112\%$ ,大大拓展了微带天线带宽,且覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 通信波段,同时包含了无线局域网 WLAN 波段  $2.45 \text{ GHz}$ 。为了解其空间辐射方向性,仿真其 E 面及 H 面的辐射方向图及三维辐射方向图分别如下图 6 所示。

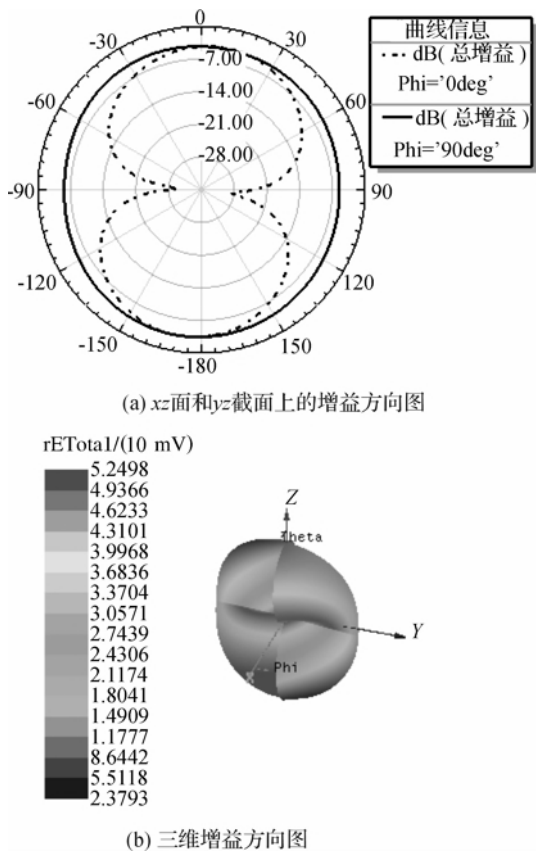


图 6 辐射增益方向图

天线辐射表面电流分布如下图 7 所示。

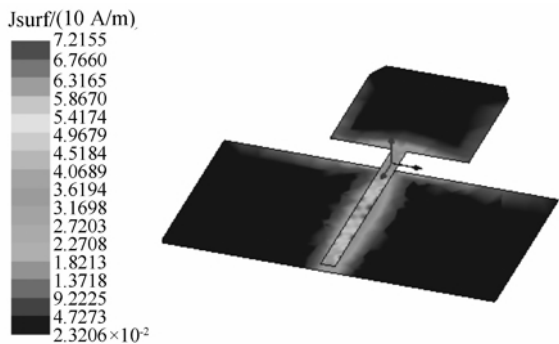


图 7 天线表面电流分布

由图 7 可看出,辐射贴片切角处电流分布较小,下面观察贴片形状完整时各参数随频率的变化,以比较贴片尺寸对天线的影

表 3 天线尺寸 3 (mm)

L	W	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	b	c	h
80	70	3	25	29	45	40	0	0	1.6

通过仿真软件 HFSS 对表 3 中结构的天线进行仿真,回波损耗仿真结果如图 8 所示,驻波比结果如图 9 所示。

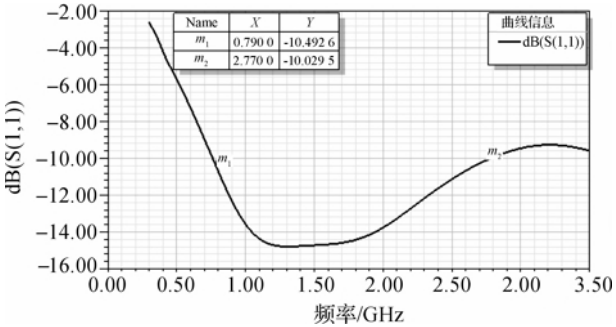


图 8  $\text{dB}(S(1,1))$ 随频率的变化曲线

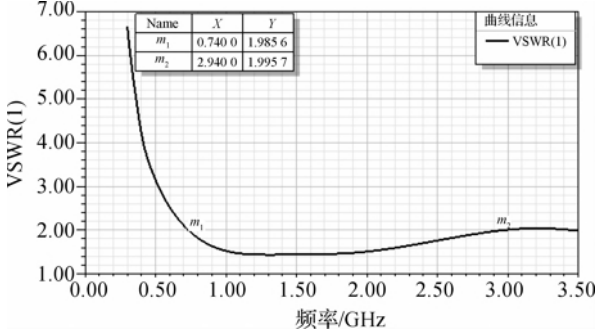


图 9 驻波比随频率的变化曲线

由图 8 图 9 及标识点可看出,辐射贴片完整时满足  $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10 \text{ dB}$  且驻波比  $\text{VSWR} \leq 2$  的频率范围为  $0.79 \sim 2.77 \text{ GHz}$ ,相对带宽达  $111\%$ ,同样覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 通信波段,且包含了无线局域网 WLAN 波段  $2.45 \text{ GHz}$ 。比较图 3、图 4 可知,辐射贴片切除顶端某确定尺寸时,天线带宽稍微扩展,但影响不大。同时,贴片完整时天线在 E 面及 H 面的辐射方向图及贴片电流分布分别如下图 10、图 11 所示。

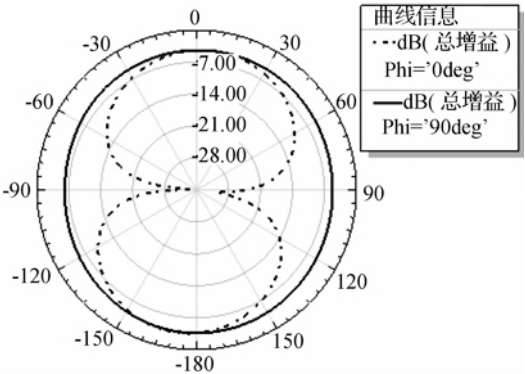


图 10  $xz$  面和  $yz$  截面上的增益方向图

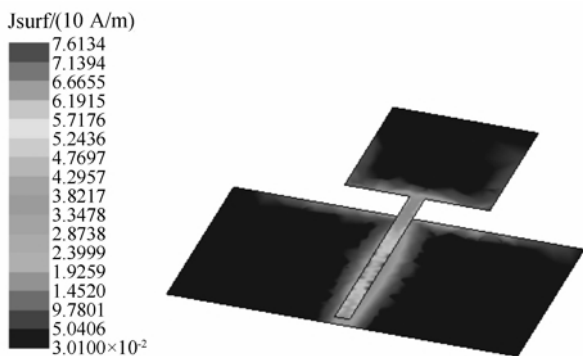


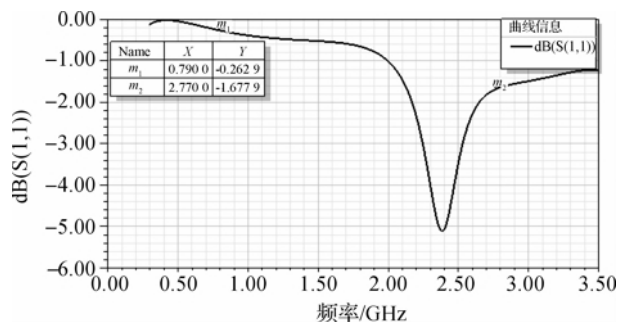
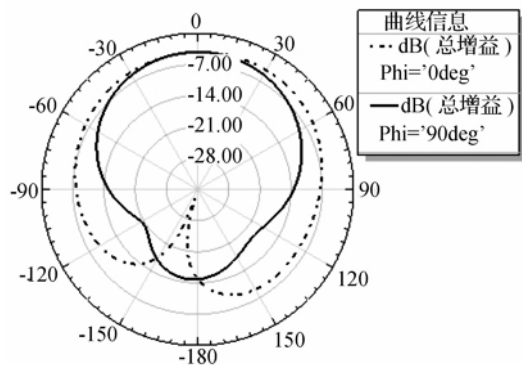
图11 天线表面电流分布

由图10可看出,辐射贴片完整及切角对辐射方向图及贴片电流一样影响较小。下面比较贴片形状完整且接地平面完整时各参数随频率的变化曲线,修改天线尺寸如下表4所示。

表4 天线尺寸4 (mm)

$L$	$W$	$W_1$	$W_2$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$b$	$c$	$h$
80	70	3	25	29	45	80	0	0	1.6

通过仿真软件HFSS对表4中结构的天线进行仿真,回波损耗仿真结果如图12所示,平面辐射方向图如图13所示。

图12  $\text{dB}(S(1,1))$ 随频率的变化曲线图13  $xz$ 面和 $yz$ 截面上的增益方向图

由图12可看出,对应表4尺寸的天线无法实现有效辐射,且对照图13及图10可知辐射方向图也

大大变样,表明接地面尺寸改变对天线辐射特性的影响较大,而天线结构贴片尺寸改变对天线带宽的影响不及天线接地面尺寸结构影响大。

### 3 结 语

商用手机屏蔽仪覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 波段,靠四幅天线完成,每个波段对应一副天线。借鉴超宽带天线的设计思路,基于 HFSS 设计了一款回波损耗  $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10$  dB 时带宽为 0.79~2.81 GHz 的宽带微带天线,仿真结果表明该天线频带内驻波比  $\text{VSWR} \leq 2$ ,相对带宽达 112%,覆盖 GSM900、CDMA800、DCS1800 及 PCS1900 通信波段,且包含了 WLAN 波段 2.45 GHz。同时表明辐射贴片顶端切角对天线带宽的影响不及天线接地面尺寸压缩对带宽的影响大。

### 参考文献:

- [1] 魏秉国,邢建红. 手机信号屏蔽器原理剖析与使用[J]. 家电维修技术, 2009(8): 22-23.
- [2] 谢 磊. 基于阵列天线的通信屏蔽仪的设计与研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2011.
- [3] 杨 涛. 小型化宽频段天线的研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2013.
- [4] 郑 斌,胡少文,吴毅强. 一种新型的超宽带平面单极子天线研究[J]. 电子元件与材料, 2014, 33(6): 38-41.
- [5] 邓晓东. 小型化超宽带微带天线关键技术的研究与设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.
- [6] 熊 灵. 新型平面超宽带天线研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
- [7] 段吉海,蓝 创,徐卫林,等. 具有两块非对称接地面的高紧凑型超宽带天线[J/OL]. 电波科学学报: 2015, 30(2). <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.13443/j.cjors.2014042601.html>.
- [8] 李雪萍,纪奕才,卢 伟,等. 超宽带低背腔车载探地雷达收发天线的研究[J]. 电子学报, 2014, 42(8): 1577-1580.
- [9] 李明洋,刘 敏,杨 放. HFSS 天线设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 100-120.
- [10] 赵文来,杨俊秀,李 霖. 一种双频微带贴片天线的设计[J]. 浙江理工大学学报, 2012, 29(5): 698-701.
- [11] 谢拥军,王 鹏,李 磊,等. HFSS 基础及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007: 90-96.

(下转第 564 页)

- 26(13): 2006-2014.
- [9] Li J, Hao P. Transferring colours to grayscale images by locally linear embedding[C]// British Machine Vision Conf(BMVC), UK, Leeds, 2008, 8(5): 835-844.
- [10] Levin A, Lischinski D, Weiss Y. Colorization using optimization [C]//ACM Transaction on Graphics (TOG), 2004, 23(3): 689-694.
- [11] Qu Y, Wong T T, Heng P A. Manga colorization [C]//ACM Transactions on Graphics (TOG), 2006, 25(3): 1214-1220.
- [12] Luan Q, Wen F, Cohen O D, et al. Natural image colorization on[C]//Proceedings of the 18th Eurographics conference on Rendering Techniques. Eurographics Association, 2007, 32(12): 309-320.
- [13] 胡国飞, 傅 健, 彭群生. 自适应颜色迁移[J]. 计算机学报, 2004, 27(9): 1245-1249.
- [14] Horiuchi T, Hirano S. Colorization algorithm for grayscale image by propagating seed pixels[J]. Image Processing, 2003, 28(13): 516-521.
- [15] Liu S, Zhang X. Automatic grayscale image colorization using histogram regression[J]. Pattern Recognition Letters, 2012, 33(13): 1673-1681.

## Colorization Algorithm Research for Grey-Scale Image Based on Pixel Rearrangement Comparison

PANG Gai, ZHOU Ping

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Quick colorization of grey-scale image can fast automatically achieve coloring of grey-scale image. Thus, it is widely applied in medical science and microorganism recognition. This paper puts forward grey-scale image colorization algorithm based on pixel rearrangement comparison. The principle is as follows: rendering color mages and rendered grey-scale image are rearranged according to pixel value distribution, and equalization treatment is done for rearranged color images to properly weaken the proportion of excessively bright and excessively dark saturation region; color transfer algorithm is utilized for comparison and matching of pixel value to achieve colorization of grey-scale image. Experimental results of 381 grey-scale images show that this method is concise and clear; the dyeing process and effect is fast and effective. Therefore, it can be further used in automatic color enhancement for multiple targets.

**Key words:** color enhancement; color transfer; pixel rearrangement; equalization extension

(责任编辑: 陈和榜)

(上接第 546 页)

## Design of Wide Band Planar Monopole Antenna

YANG Jun-xiu, ZHAO Wen-lai, LI Lin

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** A wide band planar monopole antenna was designed, whose material was FR4 with relative permittivity of 4.4, and the magnitude of dielectric substrate was 80.0 mm×70.0 mm×1.6 mm. The antenna was simulated based on HFSS. The results show that the working bandwidth of antenna can reach 0.79—2.81 GHz ( $\text{dB}(S(1,1)) \leq -10 \text{ dB}$ ,  $\text{VSWR} \leq 2$ ); relative bandwidth reaches 112%; it covers GSM900, CDMA800, DCS1800 and PCS1900 communication bands, including the WLAN band of 2.45 GHz. The antenna has good radiation direction and gains in working frequency band, and can be considered as a good candidate for mobile signal shielding device antenna. The results also show that the size of ground plane imposes larger impacts on bandwidth of antenna than the change of ground plane dimension.

**Key words:** return loss; ultra-wide band monopole antenna; high frequency structure simulator; voltage standing wave ratio

(责任编辑: 陈和榜)