

# 一种具有谐波抑制功能的宽带缝隙天线

苏毅 丁君 郭陈江

(西北工业大学电子信息学院, 西安 710129)

yilouissu@gmail.com

**摘要:** 本文提出一种新型微带缝隙天线, 该天线具有谐波抑制和宽带性能。为了获得这种性能, 本文使用了一个叉子型微带馈线并且在地上连接一个 T 型的金属贴片。这种天线的带宽 (以 -10dB 为标准) 达到了 1100MHz (工作频率为 2.5-3.6GHz), 并且其二次谐波和三次谐波的输入阻抗的实部为零。在仿真的 E 面和 H 面方向图中可以看出二次谐波和三次谐波小于 -30dB, 这意味着该天线可以有效地抑制谐波。

**关键词:** 缝隙天线, 谐波抑制, 宽带天线

## A broadband fork-shaped wide-slot Antenna with harmonic suppression

SU Yi, DING Jun, GUO ChenJiang

(School of Electronic and Information, Northwestern Polytechnical, Xi'an 710129)

**Abstract:** A modified fork-shaped wide-slot antenna is proposed to achieve both harmonic suppression and wide bandwidth. To obtain these characteristics, a modified fork-shaped microstrip-line-fed slot antenna and T-shaped conductor line connected with the ground plane are applied. For the proposed antenna, the measured -10 dB return loss bandwidth could reach 1100 MHz (2.5GHz-3.6GHz), and the real parts of the simulated input impedance at the second- and third-harmonic frequencies are nearly zero. In the simulated radiation patterns in E- and H-plane, the second- and third-harmonic suppressions are observed to be approximately less than -30dB, which means that the harmonics of the proposed antenna is effectively suppressed.

**Keywords:** Slot Antenna; Suppression of Harmonics; Wideband

## 1 引言

近几年, 国内外学者对于有源集成天线进行了大量的研究, 并且发表了很多的关于有源集成天线的文章。有源集成天线的定义是将有源器件诸如功率放大器或者低噪声放大器直接与天线连接, 中间略去阻抗匹配等环节。因此, 有源集成天线具有小型化, 高效率和低制造成本等优点<sup>[1]</sup>。

在有源集成天线的设计中, 天线不仅起到了辐射作用, 还同时具有在放大器输出端滤除谐波的功能。有源的非线性器件可以在有源集成天线系统中的天线的谐振频率上产生很高等级的谐波辐射, 这将引起系统内的电磁干扰, 从而降低系统性能。为了解决这个问题, 已经有研究人员提出了诸如在微带贴片周围添加光子带隙结构来抑制谐波或者用各

种类型的微带缝隙天线来进行谐波抑制等方法<sup>[2-6]</sup>。虽然这些方法都可以解决谐波抑制这个问题, 但是这些技术通常需要加入复杂的结构或者不能提供宽的带宽。

本文提出了一种改进型的叉子型微带馈电缝隙天线, 该改进是在原有叉子型微带馈电缝隙天线的基础上, 对叉子型微带馈线和矩形缝隙做出来改变, 从而使这个改进后的天线具有了谐波抑制功能和超宽带两个特点。

## 2 天线设计

图 1 显示了本文所提出的天线的几何构造, 图 2 是天线的实物照片。该天线顶部是一个叉子型微带馈线, 如图 1 (a) 所示, 在叉子型微带线和微带

馈线的两端本文采用了一段窄的微带线进行连接，目的是使该处体现出等效电感，从而实现滤除谐波的功能。该天线的底部是一个矩形缝隙，同时又连接了一个 T 型金属片，该金属片的目的是和顶部的叉子型微带馈线一起构成一个金属-介质-金属的等效电容，与顶部的等效电感一起构成谐振回路对天线的谐波进行抑制。本文所提出的天线用 FR-4 的介质基板制作，该基板的厚度为  $H=0.8\text{mm}$ ，相对介电常数为 4.4。本文的仿真所采用的是 Ansoft 公司的仿真软件 HFSS。为了获得较宽的宽带，本文采用叉子型微带线来对天线进行馈电。因为这种馈电方式可以使天线在很宽的频率范围内达到很好的阻抗匹配，并且该类天线结构简单，易于制造。叉子型微带馈线的馈电宽度为  $1.5\text{mm}$ ，这个宽度所体现的阻抗与  $50\ \Omega$  微带线的宽度一样。本文采用了一段窄的微带馈线  $w$  和一个连接地的 T 型金属片来达到抑制谐波的目的。如图 3 所示，窄的微带馈线  $w$  等效成电感  $L$ ，并且该微带馈线与 T 型金属片一起等效成一个金属-介质-金属的电容  $C$ 。窄的微带馈线  $w$  用来调节天线的输入阻抗从而使天线达到宽带工作性能。通过改变  $L_c$  和  $W_g$ ，可以改变天线谐波抑制性能。其中  $L_c$  为 T 型金属片的长度， $W_g$  是窄微带馈线的宽度。通过仿真最终所得到的最优物理尺寸在表格 1 中给出。

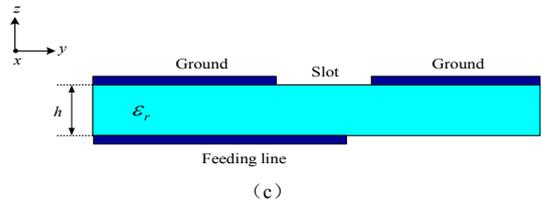
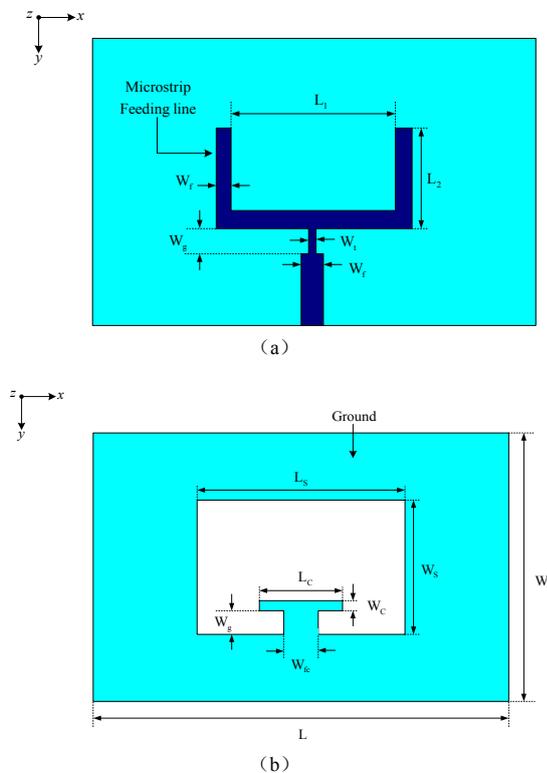


图 1 天线的几何模型：(a) 顶部 (b) 底部 (c) 侧面图

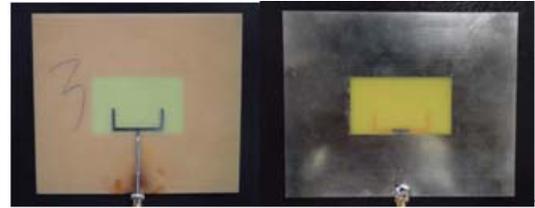


图 2 天线的实物照片：(a) 顶部 (b) 底部

表 1 天线的最优物理尺寸

参数	数值 (mm)	参数	数值 (mm)	参数	数值 (mm)
$h$	0.8	$L_c$	8	$L_2$	8
$L_s$	40	$W_c$	1.2	$W_t$	1
$W_s$	25	$W_g$	1.25	$W_f$	1.5
$L$	100	$W_{fc}$	2		
$W$	80	$L_1$	31		

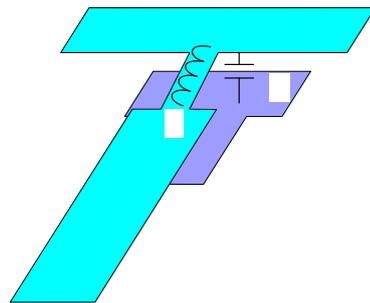


图 3 输入馈电部分的谐波抑制原理图

### 3 结果与讨论

图 4 显示出本文所设计的天线在仿真软件 HFSS 中和其实物在矢量网络分析仪中得到的回波损耗，同时图 4 还给出了没有改进的叉子型微带馈电缝隙天线的实物测量的结果。从图中看出，本文所提出的天线的测量结果和仿真结果非常吻合。仅在谐波处出现些许偏差，实际天线的回波损耗在谐波处略低于仿真时的回波损耗，其原因是介质板所引起的损耗或者 SMA 接头焊接时所引入的误差。

图 5 显示了仿真得到的输入阻抗。可以从图中看出，在二次谐波和三次谐波及其附近很宽的范围内，输入阻抗的实部均为零，这就意味着本文所提

出的天线可以在二次谐波和三次谐波频率上稳定地提供一个纯电抗。这个特性对于有源集成天线非常重要，是有源集成天线所必须拥有的性能，因而该天线可以应用于有源集成天线中。

图 6 (a), (b) 分别显示了在基波, 二次谐波

和三次谐波上该天线的 E-面和 H-面辐射方向图。在 E-面和 H-面上, 二次谐波和三次谐波的辐射均基本小于-30dB。这就意味着谐波频率的辐射基本被抑制了, 从而没有谐波辐射。仿真得到的最大增益和交叉极化分为为 2.23dBi 和-25dB。

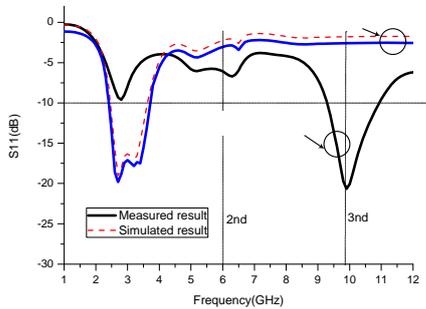


图 4 天线的回波损耗

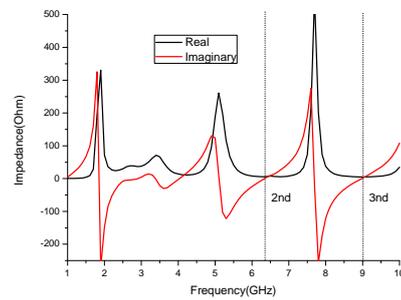
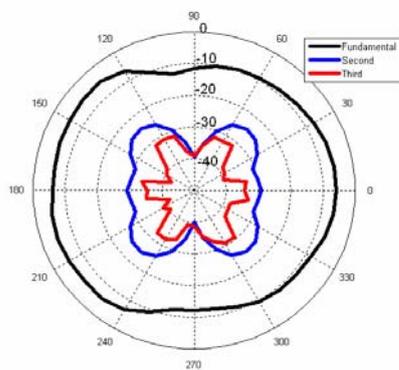
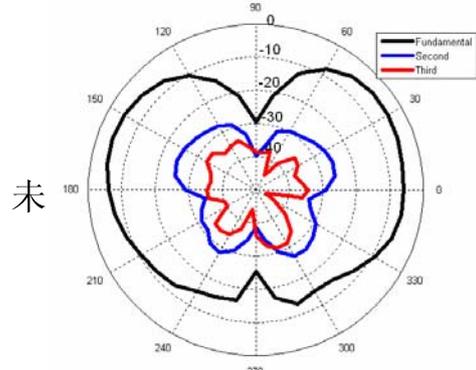


图 5 天线的输入阻抗

本文所提出的天线



(a) E-面



(b) H-面

图 6 天线的基波, 二次谐波, 三次谐波辐射方向图

## 4 结论

本文提出了一个具有宽频带和谐波抑制性能的天线。该天线由改进的叉子型微带馈电缝隙天线构成。为了同时抑制二次谐波和三次谐波, 本文应用了一个具有宽阻带性能的连接地的 T 型金属片。该

天线的-10dB 的带宽达到 1100MHz, 工作频段为 2.5-3.6GHz, 并且输入阻抗的实部在二次谐波和三次谐波及其附近很宽的范围内均为零。在 E-面和 H-面的辐射方向图上, 谐波的抑制达到了近-30dB。实验结果指出本文所提出的天线可以同时实现宽频带和谐波抑制两个性能。

## 参考文献

- [1] K. Chang, R.A. York, P.S. Hall, and T. Itoh, "Active Integrated Antenna," IEEE Trans Microwave Theory Tech, 50 (2003)
- [2] Y. Horii and M. Tsutsumi, "Harmonic control by photonic bandgap on microstrip patch antenna," IEEE Microwave GuidedWave Lett 9 (1999), 13-15
- [3] H. Kim and Y. J. Yoon, "Microstrip-fed slot antennas with suppressed harmonics," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 53, no. 9, pp. 2809-2817, Sep. 2005.
- [4] D. H. Choi, Y. J. Cho, and S. O. Park, "A broadband slot antenna with harmonic suppression," Microw. Opt. Technol. Lett., vol. 48, no. 10, pp. 1984-1987, Oct. 2006.
- [5] N. A. Nguyen, R. Ahmad, Y. T. Im, Y. S. Shin and S. O. Park, "A T-Shaped Wide-Slot Harmonic Suppression Antenna," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 6, pp. 647-650, Nov. 2007.
- [6] J. Y. Sze and K. L. Wong, "Bandwidth enhancement of a microstrip line-fed printed wide-slot antenna," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 49, pp. 1020-1024, 2001.