

# 一种谐波抑制圆极化微带天线的设计

江 超 杨雪霞

(上海大学通信与信息工程学院,上海 200072)

**摘 要:** 本文设计了一种基于缺陷地结构的谐波抑制圆极化微带天线。采用对方形贴片切角的方式激励圆极化, 利用双“哑铃”型缺陷地结构单元抑制二次谐波。天线二次谐波的回波损耗测试值在-4dB 以内, 最大增益可达到 7dBi, 波瓣前后比为-13dB, 3dB 轴比带宽为 85MHz。该天线用于射频前端, 在一定程度上可实现射频前端的小型化。

**关键词:** 微带天线, 圆极化, 谐波抑制, 缺陷地结构

# Design of A Circularly Polarized Microstrip Antenna with Harmonic Suppression

Jiang Chao    Yang Xuexia

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

**Abstract:** A circularly polarized microstrip antenna with harmonic suppression based on defected ground structure is presented in this paper. Angle-cutted rectangle patch excites circularly polarization. The second harmonic is suppressed by two dumbbell-shaped DGS units. The measured S11 is -4dB at the second harmonic, the gain is 7dBi and the front-to-back ratio is -13dB with 85MHz CP bandwidth (axial ratio < 3dB). The antenna is applied to RF front-end and realizes the miniaturization in some degree.

**Keywords:** microstrip antenna; circularly polarization; harmonic suppression; defected ground structure

## 1 引言

缺陷接地结构(DGS)是由韩国学者J.I.Park 等人在研究光子带隙结构基础上提出的<sup>[1]</sup>。DGS 能使得微带线具有带隙特性和慢波特性和,从而可以应用在抑制天线高次谐波<sup>[2]</sup>、低通滤波器<sup>[3]</sup>、功分器<sup>[4]</sup>等方面。相比光子带隙结构,DGS 结构更简单,更适于微波毫米波电路的应用。

文献[5]使用了双圆形缺陷地板和圆形辐射贴片,很好地解决了交叉极化的辐射电平,但没有实现圆极化。文献[6]在矩形辐射天线中加入了平行耦合微带线滤波器,具有良好的二次谐波抑制效果,其缺点就是整个天线单元占用面积过大。文献[7]中提出了一种新型的矩形微带天线结合双开环滤波单

元, 二、三次谐波得到了滤除, 谐波抑制在-5dB 左右。文献[8]中采用了 TDGS 的天线结构, 二、三次谐波的抑制达到了-3dB 以内, 但 TDGS 占用面积较大。

本文设计了具有二次谐波抑制功能的圆极化天线,用于射频前端可减小其体积。

## 2 天线结构设计

## 2.1 天线圆极化的实现

贴片天线采用微带线边缘馈电,如图 1 所示,方形贴片的边长可由公式(1)确定。

基金项目：上海市大学生创新基金项目（CXXJ08-034）

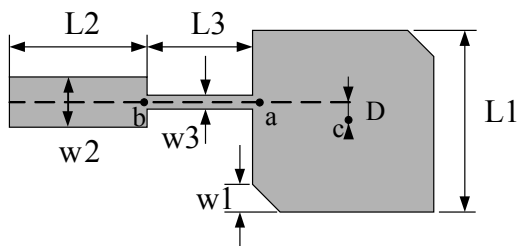


图1 贴片结构图

$$L = \frac{c}{2 \times f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

切角方形贴片能够激励  $TM_{01}$  模和  $TM_{10}$  模，从而实现圆极化，结构如图1所示。通过软件仿真，得到贴片输入端口点a的输入阻抗为  $200\Omega$ 。用  $\lambda/4$  阻抗变换器将  $200\Omega$  转换成  $50\Omega$ ，便于测量和加载DGS单元。 $\lambda/4$  波长变换器的特性阻抗为  $Z_c$ 。

$$Z_c = \sqrt{Z_i \times Z_0} \quad (2)$$

根据公式(2)可以计算出变换线的特性阻抗为  $100\Omega$ 。

## 2.2 DGS 的设计

这里采用结构简单的哑铃型DGS。该DGS结构在  $50\Omega$  微带线的另一侧，即接地板上，结构如图2所示，哑铃半径为  $r$ ，哑铃握柄宽为  $g$ ，单元间距为  $d$ ，哑铃握柄长为  $L$ 。

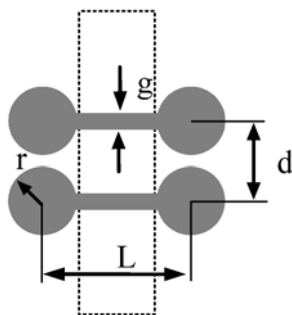


图2 双哑铃结构

用HFSS分析DGS的频响特性，图3是仿真的S参数曲线，可以看出此DGS结构在10G—12G的高频带内，回波损耗好于-2dB。这种DGS结构结合天线使用，可以弥补在低频通带内的不足。

## 3 天线仿真和实验

DGS 对天线特性有影响，所以对这种天线需要

综合分析。天线的结构如图4所示，介质板厚1.5mm，介电常数为2.65。长宽分别为44mm和40mm。馈线和天线共面，而DGS在接地板上。缺陷地的几何尺寸分别为  $r=1.7\text{mm}$ ,  $g=0.8\text{mm}$ ,  $d=4\text{mm}$ ,  $L=4\text{mm}$ 。

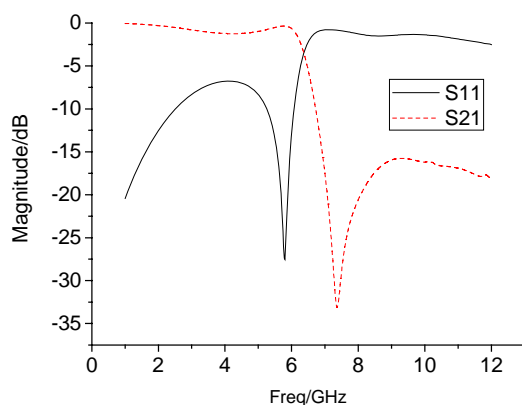


图3 双哑铃型DGS的S参数的特性

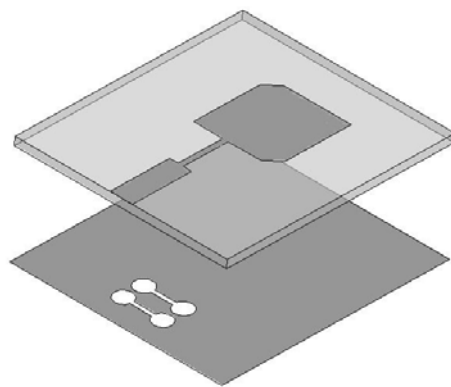


图4 天线结构

### 3.1 天线仿真

对DGS单元的截止频率影响最显著的是哑铃半径  $r$  和哑铃握柄宽  $g$ 。哑铃的面积越小，截止频率越高； $g$  越窄，截止频率越低。而  $L$  参数和  $d$  参数则同样可以引起截止频率的改变，如图5所示， $L$  越长，截止频率越小；如图6所示， $d$  越大，滤波器的选通性就越强。

圆极化性能决定性因素是方形贴片的切角。图6是馈线偏移量  $D$  对圆极化的性能的影响。因为切角之后的方形贴片改变了贴片表面电流的流向，使其沿着贴片边缘旋转，而贴片边缘的一段馈线在一定程度上导致了表面电流分布的不均匀，所以通过改变边缘馈电位置使得表面电流流动的平衡，完成最佳圆极化效果。增益和轴比的仿真图，如图7所示。

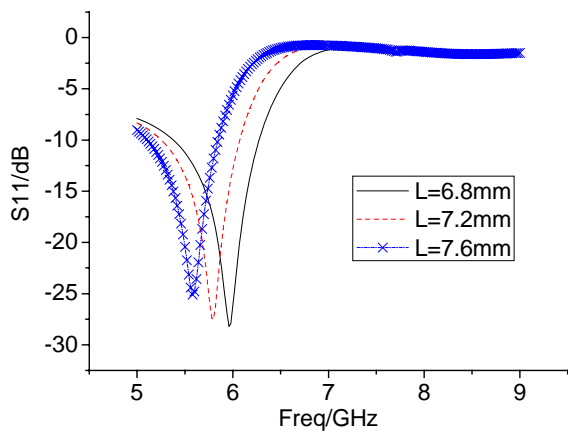


图 5 L 对 S 参数的影响

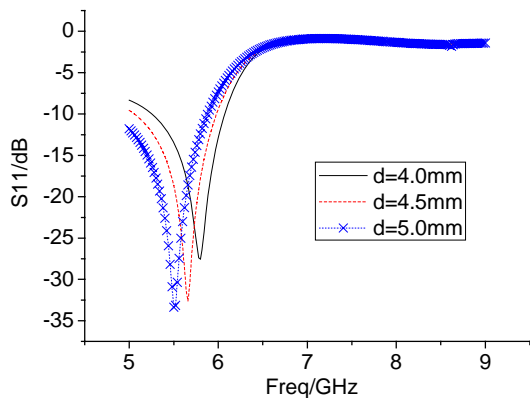


图 6 d 对 S 参数的影响

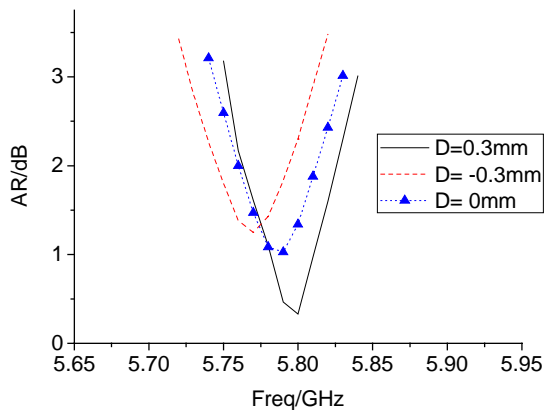


图 7 随 D 影响的轴比带宽

### 3.2 测试结果

经过优化仿真,天线几何尺寸参数为  $L_1=14\text{mm}$ ,  $L_2=11.5\text{mm}$ ,  $L_3=8.7\text{mm}$ ,  $w_1=2.2\text{mm}$ ,  $w_2=4.2\text{mm}$ ,  $w_3=1\text{mm}$ 。S11 频响特性如图 9 所示, DGS 和无 DGS 二次谐波的仿真值分别为 -2dB 和 -17dB,有 DGS 二次谐波的测试值为 -4dB。由于 DGS 对加工尺寸较敏感,从而导致了测试误差。S11<-15dB 带宽为

160MHz, S 参数基本和仿真结果一致。5.8GHz 频率点的 H 面方向图如图 9 所示,波瓣前后比为 -13dB,方向图比较吻合。

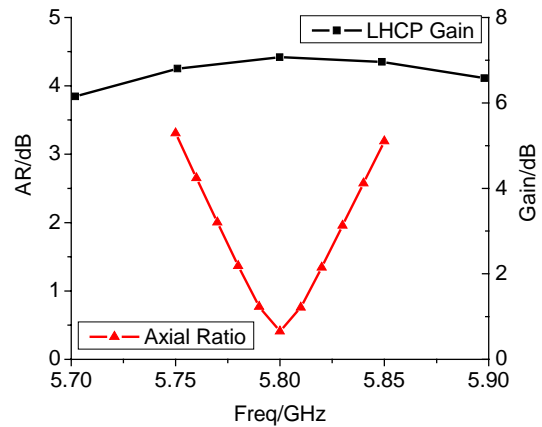


图 8 轴比和增益仿真图

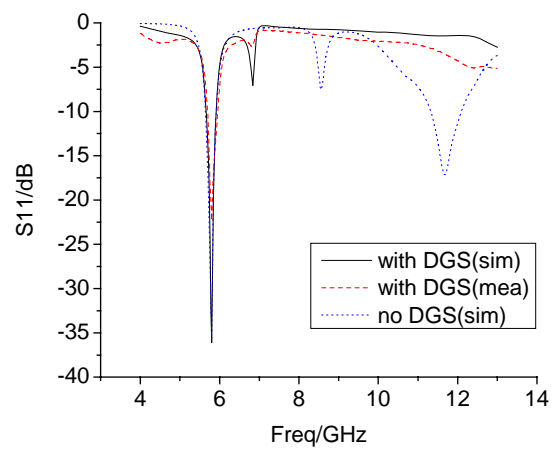


图 9 S11 仿真与实测

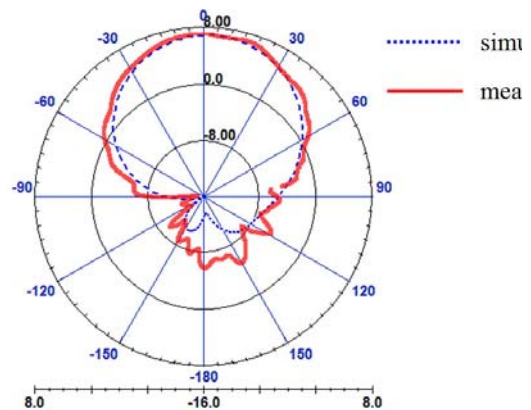


图 10 H 面仿真与实测

## 4 结论

本文设计了一种易于有源集成的圆极化微带天

线, 具有谐波抑制功能。轴比小于 3dB 的带宽和增益的仿真值分别为 85MHz 和 7.0dBi。通过实际测量, 该天线在中心频率的回波损耗低于-27 dB, 且能将二

次谐波的回波损耗抑制到-4dB 以内。 $S_{11} < -15\text{dB}$  带宽为 160MHz。方向图的实际测量值与仿真结果基本保持一致, 波瓣前后比为-13dB。

### 参 考 文 献

- [1] J.I. Park, C.S. Kim, J.Kim, et al., Modeling of a photonic bandgap and its application for the low-pass filter design, in Asia-Pacific Microwave Conf., 1999, PP: 331-334.
- [2] Y. Sung, M. Kim, and Y. Kim, "Harmonics reduction with defected ground structure for a microstrip patch antenna," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 2, no. 8, pp. 111-113, Aug. 2003.
- [3] D. Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 49, pp. 86-93, Jan. 2001.
- [4] J. S. Lim, S.W. Lee, C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A 4:1 unequal Wilkinson power divider," IEEE Microwave Wireless Comp. Lett., vol. 11, pp. 124-126, Mar. 2001.
- [5] Debatosh Guha, Manotosh Biswas, and Yahia M. M. Antar, "Microstrip patch antenna with defected ground structure for cross polarization suppression," IEEE Microw. Wireless Comp. Lett., vol. 4, pp. 455-458, 2005.
- [6] Il Kwon Kim, Jeong-Il Kim, Stephane Pinel et al. "Novel feeding topologies for 2nd harmonic suppression in broadband microstrip patch antennas," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, pp:1483-1486, July 2006.
- [7] Jiechen Ding, "A Harmonic Suppression Antenna Using Split Ring Resonators Coupled with Microstrip Line," in Proc. 7th Int. Antennas, Propagation & EM Theory, Symp. Oct. 2006. pp:1-3.
- [8] Jiang-Tao SUN, Xue-Xia YANG, Jie SHENG. Circularly polarized microstrip antenna with harmonics suppression. Microwave and Optical Technology Letters, Vol, 49, No.11, 2007, pp:2481-2483.

作者简介:

江超, 男, 研究生, 主要研究领域为微带天线。

杨雪霞, 女, 教授、博士生导师, 主要研究领域为微带天线、微波输能、计算电磁学等。

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训：

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势：

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们：

- ※ 易迪拓培训官网：<http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网：<http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店：<http://shop36920890.taobao.com>