

# Design of an UWB Compact Circular Polarized Antenna

Wenjie Zhang<sup>1</sup>, Hang Li<sup>1</sup>, Yang Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Xi'an Aerospace Remote Sensing Data Technology Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Space Star Technology Co., Ltd., Beijing

Email: wenjie103@163.com

Received: Aug. 2<sup>nd</sup>, 2019; accepted: Aug. 16<sup>th</sup>, 2019; published: Aug. 23<sup>rd</sup>, 2019

---

## Abstract

An UWB compact circular polarized antenna is presented in this paper. The H slot is used as aperture to couple energy to patch antenna. This antenna has some advantages as wideband, small volume and performance in circularly polarizing, so it has broad appliance prosperity. This antenna operates from 2.2 GHz to 2.4 GHz, the relative bandwidth is 28.9% and the maximum gain is 5.74 dB. This antenna can be used not only a single antenna but element antenna in the array antenna. It can be used in navigation and satellite communication.

## Keywords

Compact, UWB, Circular Polarization, Aperture-Coupled

---

# 超宽带小型圆极化天线的设计

张文杰<sup>1</sup>, 李航<sup>1</sup>, 刘洋<sup>2</sup>

<sup>1</sup>西安航天天绘数据技术有限公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>航天恒星科技有限公司, 北京

Email: wenjie103@163.com

收稿日期: 2019年8月2日; 录用日期: 2019年8月16日; 发布日期: 2019年8月23日

---

## 摘要

本文提出了一种H缝隙耦合馈电的超宽带小型化圆极化天线。该超宽带天线具有频带较宽、体积较小、圆极化性能较好等特点, 应用范围很广。本次设计的天线工作频率范围是2.2 GHz~2.4 GHz, 驻波相对带宽达28.9%, 频带内最大增益值为5.74 dB。该天线可以单独使用, 也可用作相控阵天线的单元天线使用, 适用于导航和卫星通信领域。

文章引用: 张文杰, 李航, 刘洋. 超宽带小型圆极化天线的设计[J]. 天线学报, 2019, 8(1): 1-7.

DOI: 10.12677/ja.2019.81001

## 关键词

小型化, 超宽带, 圆极化, 耦合馈电

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

天线作为移动通信系统中的一环已受到越来越多的关注, 天线作为一种能量转换器, 将传输线或者波导中的能量和自由空间中的电磁波进行转换。天线技术随着通信技术的发展不断地向着更高的层次演进: 由全向性向特定方向、由单一极化向双极化、由单频段向多频段、由单天线向多天线、由单波束向多波束、由机械扫描向电控相扫、由低速低容量向高速高容量等方向发展。在众多的天线形式中微带天线具有低剖面、易加工、容易集成等特性, 本文设计的天线采用微带天线的形式, 工作于 S 频段, 作为某种相控阵雷达天线的单元天线来使用。微带天线最初由 Deschamps 在 1953 年提出[1] [2]。圆极化天线广泛地应用在导航、卫星通信等领域, 圆极化天线相对线极化天线可以有效降低极化失配并可以抑制多径干扰。本文中天线采用双 H 缝隙耦合馈电技术来实现天线的工作带宽宽带化, 在文献[3]中对不同缝隙的情况做了说明。

## 2. 天线单元设计

如图 1 所示为天线结构模型的示意图。天线的结构模型由三部分组成, 辐射贴片部分、馈电网络部分和金属腔体部分, 前两者通过四个紧固螺钉安装在金属腔体上。其中辐射贴片部分由高介电常数的板材组成, 这样做的目的是使天线的尺寸变小。馈电网络部分由两部分组成, 位于底层的 Wilkinson 功分器和位于顶层的双 H 缝耦合馈电槽。Wilkinson 功分器输出两路等幅, 相位相差  $90^\circ$  的信号[4]。之后通过 H 形耦合馈电槽给上部的圆形微带天线进行馈电, 产生一个宽带的圆极化天线[5] [6]。

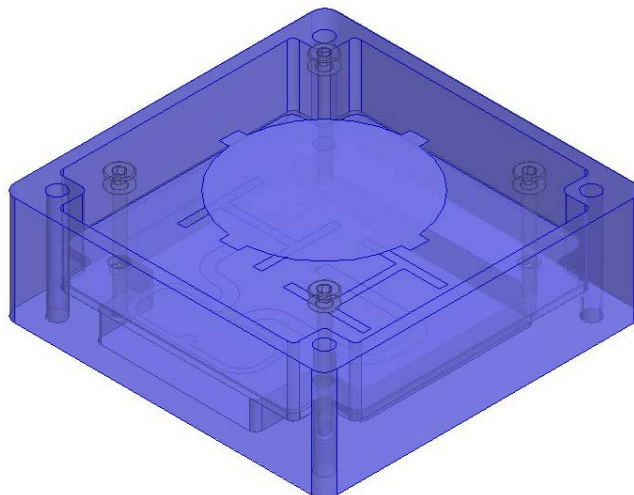


Figure 1. The structure of antenna

图 1. 天线结构模型

相比于矩形贴片，圆形贴片有时更具有优势。比如在三角形栅格排列的阵列天线中，圆形天线更能保持单元边界条件的一致性。一般利用腔体模型来分析圆形贴片[2]，其中圆形贴片的半径可以由以下公式给出：

$$r = \frac{r_{\text{有效}}}{\sqrt{1 + 2H/\pi a \epsilon_r \left[ \ln\left(\frac{\pi a}{2H}\right) + 1.7726 \right]}} \quad (1)$$

其中为有效半径，可由公式(2)给出：

$$r_{\text{有效}} = \frac{X'_{np} c}{2\pi f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

式中， $X'_{np}$  为  $n$  阶贝塞尔函数  $J_n(x)$  导数的零次项。对于最低次模  $TM_{11}$ ，利用  $X'_{11} = 1.84118$  产生类似于方形贴片的线极化场。对于  $TM_{01}$ ，利用  $X'_{01} = 3.83171$  产生类似于单极子形式的方向图。

图 2 中标示出了天线主要结构的尺寸，辐射贴片和馈电网络采用螺钉紧固于金属腔体内，这样起到保护天线和便于装配在其他载体之上。馈电网络采用了威尔金森功分器，在功分网络的两路输出端得到等幅，相位差为  $90^\circ$  的信号，之后信号通过 H 缝隙对辐射贴片进行耦合馈电，实现了右旋圆极化的辐射特性。这样馈电相比探针馈电的好处是：避免了探针馈电引入的电抗性以及探针形成的辐射场对微带天线辐射场的影响，耦合馈电的方式还可以有效地将天线的带宽进行展宽，本文中所设计的天线工作频带为：2.15 GHz~2.45 GHz，相对带宽为：22.8%，带内最大增益值为：5.68 dB。

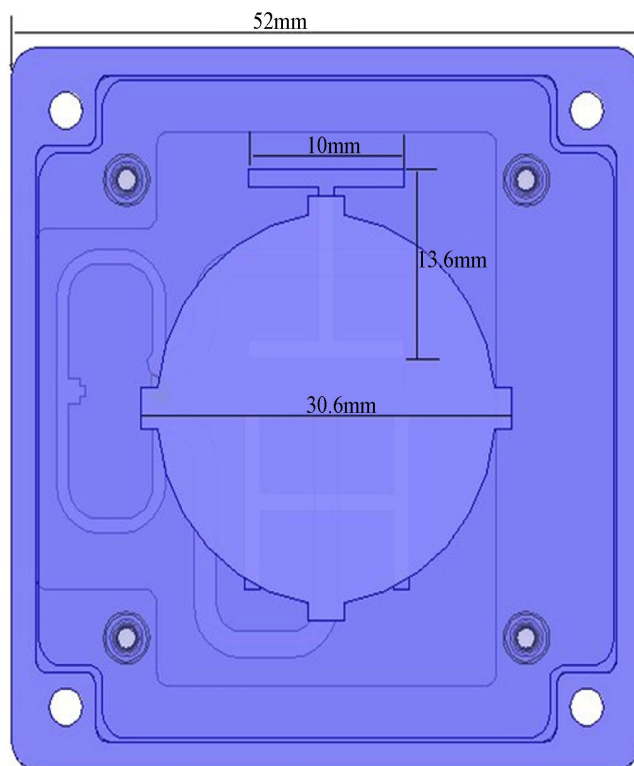


Figure 2. The size of the structure  
图 2. 天线结构尺寸

### 3. 功分网络设计

本次天线的馈电部分采用的是威尔金森(Wilkinson)功分器, 此类功分器的常见形式有微带线和带状线, 本文采用的形式为微带线。两种形式的功分器各有特点: 微带线形式的功分器具有结构简单、易于调试、成本低等特点; 带状线形式的功分器具有易于屏蔽电磁干扰、成本较高等特点。由于本文所设计的天线工作频率处于 S 频段, 相对来说没有高频段天线对结构等敏感, 所以本文采用了微带线的形式。Wilkinson 功分器具有各个端口匹配、具有无耗的特性并且在输出端口实现了隔离的特性。输入端口的能量通过 Wilkinson 功分器对两个 H 形缝进行馈电, 能量最终耦合至顶部的辐射贴片进行辐射。功分器的两个输出端口输出幅度相等、相位相差  $90^\circ$  以实现天线的圆极化辐射特性。

本文设计了一个等功分相位相差  $90^\circ$  的 Wilkinson 功分器[7] [8], 如图 3 所示为该功分器的简化电路模型。其中  $Z_1 = Z_2 = 70.7 \Omega$ ,  $Z_0 = 50 \Omega$ ,  $R = 100 \Omega$ , 其中  $Z_1$  和  $Z_2$  的电长度为四分之一介质波长( $90^\circ$  电长度)。当设计不同功率分配比的功分器时, 两支路中的阻抗值  $Z_1$  和  $Z_2$  的取值决定于功率分配比, 一般要在他们和  $Z_0$  之间增加一段阻抗变换段进行匹配。

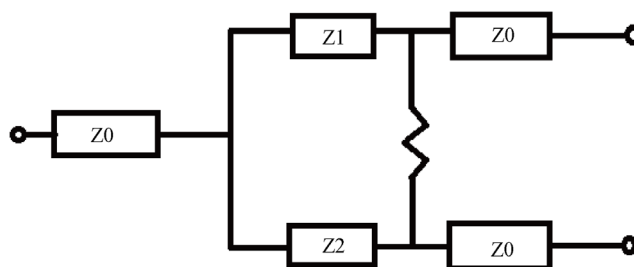


Figure 3. The circuit model of the Wilkinson  
图 3. Wilkinson 功分器电路模型

### 4. 天线仿真与测试

如图 4 所示为天线的实物加工图(俯视图), 为了便于安装在载体上, 天线的接插件位于金属壳体的底部。天线具有结构紧凑, 体积小以及便于集成装配的特点, 适用于组阵为大规模阵列天线。通过测试该天线具有较宽的带宽, 可以省去调试的过程并基本达到了免调的状态, 为该天线大批量地应用于阵列天线提供了便利性。图 4 中天线上的四孔通孔是将天线固定于金属底座上预留的螺钉孔, 金属底座上的四个孔是将整个天线单元固定于载体上预留的螺钉孔。图 5 为天线的馈电网络加工图, 为了提高空间利用率, 网络的接插件使用了体积更小的 SMP 接头。PCB 板上的覆铜层使用了镀金工艺, 并在焊接电阻处使用了阻焊绿油以防止焊接式焊锡侵入电路上, 馈电网络板四周都加载了金属化通孔来形成良好的接地。

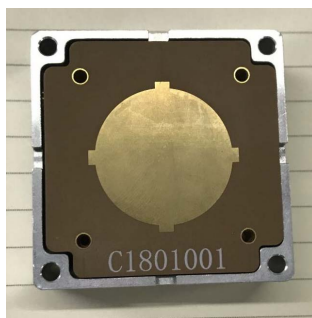


Figure 4. The material of object  
图 4. 天线实物图



Figure 5. The net of feed  
图 5. 馈电网络实物图

超宽带天线(UWB Antenna)一般要求相对带宽大于 20%，或者绝对带宽大于 500 MHz，并且具有很高的传输速率和较低的功耗等特点。下图 6 所示为天线总输入端口的驻波仿真和测试曲线，从图中可知在频率 2040 MHz~2730 MHz 范围内，完全满足天线工作与 S 频段的要求。天线端口的驻波比小于 2，其相对带宽达 28.9%，绝对带宽达到 690 MHz。

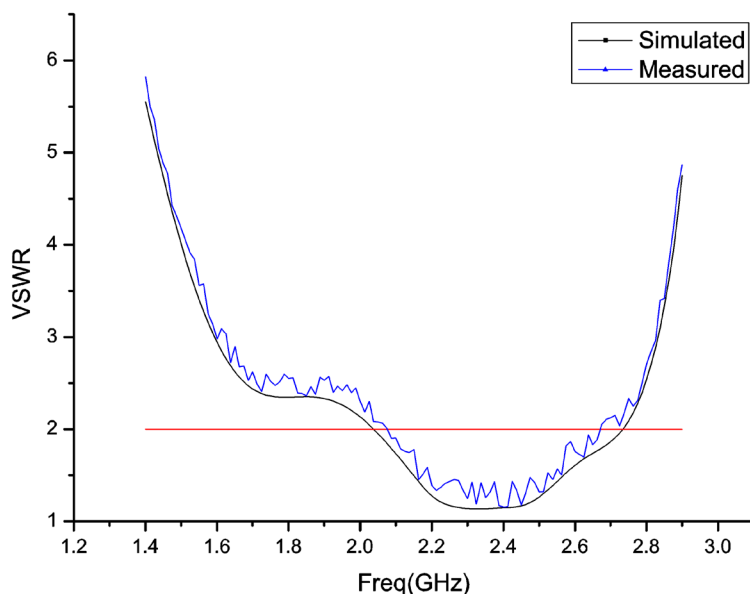


Figure 6. The S11 of antenna  
图 6. 天线端口驻波

下图 7 所示为天线总输入端口的驻波仿真和测试曲线，从图中可知在频率 1965 MHz~2595 MHz 范围内，天线的轴比小于 3，其相对带宽达 27.6%，绝对带宽达到 630 MHz。

下图 8 为天线在  $\varphi = 0^\circ$  和  $\varphi = 90^\circ$  时的仿真值曲线，天线的主极化和交叉极化方向图曲线。在本次设计中，主极化为右旋圆极化，交叉极化为左旋圆极化。出图中可以看出，天线方向图的对称性较好且极化隔离度较好，在增益最大值方向上极化隔离度达到了 26 dB。

下图 9 为增益随频率变化的曲线，从图中可以看出增益值在 2.3 GHz 左右达到最大值。增益大于 3 dB 的相对带宽为 20.6%，绝对带宽为 480 MHz。

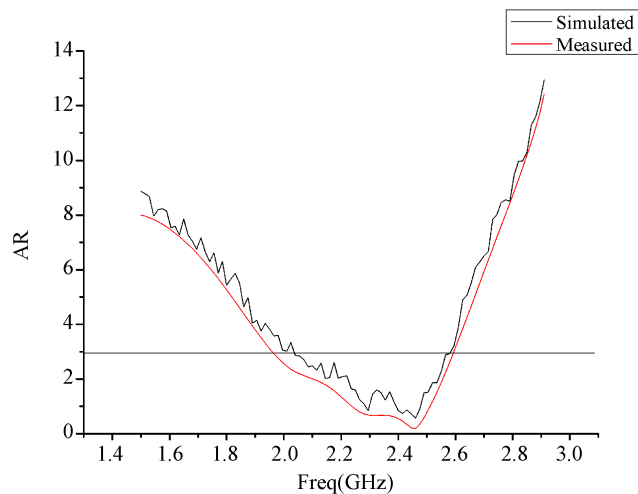


Figure 7. The AR of antenna

图 7. 天线轴比

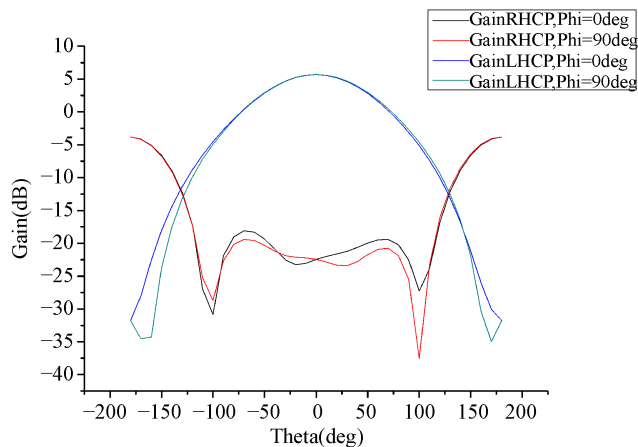


Figure 8. The Radiation pattern of antenna

图 8. 天线方向图

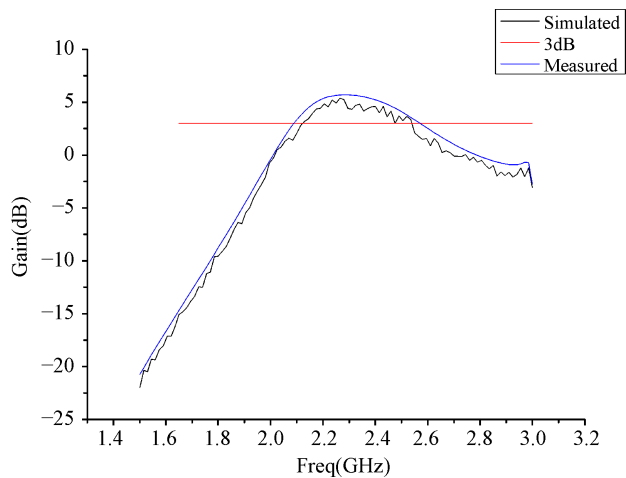


Figure 9. The value of gain with the frequency

图 9. 增益值随频率变化曲线

## 5. 结论

本文设计了一种工作在 2.2 GHz~2.4 GHz 范围内的圆极化天线, 该天线具有超宽带、小型化及结构紧凑的特点。不论天线的驻波带宽还是轴比带宽(相对带宽)都达到了 20%以上, 达到了超宽带天线的要求。通过使用高介电常数板材, 天线的尺寸也大幅度缩小。该天线可以单独使用, 也可以通过大规模组阵来实现相控阵天线, 适用于导航和卫星通信领域。

## 参考文献

- [1] Deschamps, G.A. (1953) Microstrip Microwave Antennas. USAF Symposium on Antennas.
- [2] 鲍尔. 微带天线[M]. 梁联倬, 冠廷辉, 译. 北京: 电子工业出版社, 1985.
- [3] Rathi, V., Kumar, G. and Ray, K.P. (1996) Improved Coupling for Aperture Coupled Microstrip Antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **44**, 1196-1198. <https://doi.org/10.1109/8.511831>
- [4] 王玉峰, 常雷, 何小煜. 圆极化天线技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017.
- [5] 叶云裳. 航天器天线[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2007.
- [6] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [7] Pozar, D.M. 微波工程[M]. 张肇仪, 等, 译. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [8] 魏文元, 宫德明, 陈必森. 微波工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-2227, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ja@hanspub.org](mailto:ja@hanspub.org)