

文章编号: 2095-4980(2021)03-0438-05

## 超宽带双极化交叉偶极子天线设计

陈盛嘉, 陈 星

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610064)

**摘 要:** 提出一种结构简单的新型超宽带双极化天线。采用交叉偶极子天线实现双线极化; 每只偶极子天线由两个八边形环振子构成, 同时在八边形环内部加载寄生枝节, 引入新谐振点增加天线带宽; 天线结构紧凑, 尺寸仅为  $0.3\lambda_L \times 0.3\lambda_L$  ( $\lambda_L$  为低频截止频率对应的空间自由波长)。对天线进行加工测试, 测试结果表明, 该天线在 1.24~4.42 GHz 能够实现电压驻波比(VSWR) $<2$ , 相对带宽达到 125%, 方向图带宽为 95%(1.24~3.60 GHz)。天线定向辐射性能良好, 在方向图带宽内增益大于 7 dB。

**关键词:** 双极化; 超宽带; 交叉偶极子天线; 定向辐射

**中图分类号:** TN821+.4

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11805/TKYDA2021009

## Design of cross dipole antenna with ultra-wide band and dual-polarization properties

CHEN Shengjia, CHEN Xing

(School of Electronic and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

**Abstract:** A new type of ultra-wide band dual-polarized antenna with simple structure is presented. The antenna uses cross dipole antennas to generate dual polarization, each dipole antenna is composed of two octagonal rings. The stubs are loaded inside the octagonal ring to introduce new resonance frequency points, which greatly increases the bandwidth. The presented antenna has a compact structure with a planar size of only  $0.3\lambda_L \times 0.3\lambda_L$ , where  $\lambda_L$  is the wavelength corresponding to the lowest frequency within the whole working frequency band. An antenna sample has been fabricated and tested. The measured results show that the antenna can achieve Voltage Standing Wave Ratio(VSWR) $<2$  in 1.24–4.42 GHz. The relative bandwidth is 125% and the pattern bandwidth is 95%(1.24–3.60 GHz). The directional radiation performance is good, and the gain in the pattern bandwidth is greater than 7dB.

**Keywords:** dual-polarization; ultra-wide band; cross dipole antenna; directional radiation

随着无线通信技术的发展, 在基站、陆地移动无线电设备、数据采集与监控系统、应急通信以及其他众多通信领域, 对天线设计提出了苛刻的要求, 需要定向天线同时具有超宽带、双线极化和结构紧凑等特性。但大多数超宽带天线, 如平面双锥天线<sup>[1]</sup>、喇叭天线<sup>[2]</sup>和对数周期天线<sup>[3]</sup>等, 都难以同时满足上述严苛性能要求。交叉偶极子天线是一类性能优异的天线, 能够同时实现高增益定向、宽带、多类极化和结构紧凑等严苛性能。

交叉偶极子天线将两只偶极子天线正交放置后产生不同的辐射特性: 当两只幅度相等的偶极子天线相位相差  $90^\circ$  馈电时, 可以产生圆极化<sup>[4-5]</sup>辐射; 当两只偶极子天线采用独立的端口馈电时, 产生双极化辐射<sup>[6]</sup>。大多数交叉偶极子天线的相对带宽为 60%左右, 文献[7]采用交叉偶极子天线形式, 实现了 96%的阻抗带宽, 但由于该天线是通过同时在辐射贴片内部加载寄生枝节和在外加载寄生方环来拓宽天线阻抗带宽, 因此天线结构比较复杂; 文献[8]利用了交叉偶极子的形式构建双极化天线, 分别在天线辐射臂下方加载方环和在辐射臂上方加载方形金属片拓展天线带宽, 最终天线的带宽只有 44.5%, 且天线结构比较复杂; 文献[9]在垂直极化辐射单元上方放置水平极化辐射单元从而实现天线的双极化, 虽然实现了比较宽的阻抗带宽, 但其耦合馈电结构比较复杂

收稿日期: 2021-01-07; 修回日期: 2021-02-22

基金项目: 民用航天技术预先研究基金资助项目(D010201)

作者简介: 陈盛嘉(1994-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为电磁场与微波技术。email:110928276@qq.com

杂且天线增益也比较低；文献[10]提出磁电偶极子天线形式实现双极化，采用Γ型耦合馈电结构，实现了 65.9% 的阻抗带宽；文献[11]中提出 3D 打印磁电偶极子天线实现双极化，实现了 54%的阻抗带宽并且获得了良好的定向辐射特性，但其采用的“十字形”探针馈电结构比较复杂，且制作比较困难。

本文提出一种结构简单的新型超宽带双极化天线，利用交叉偶极子天线形式实现双线极化。在八边形环辐射贴片内加载寄生枝节，为天线实现超宽带提供可能；同时，加载的寄生枝节增加了电流流动路径，在高频端产生新的谐振点，从而增加了天线阻抗带宽。利用金属反射腔改善高频辐射方向图特性。

### 1 天线结构设计

该天线由 3 部分构成：辐射贴片、介质基板和金属反射腔。图 1 为天线外形及正反面图，图 2 为天线结构俯视图。天线辐射单元主要由两只内部加载寄生枝节的偶极子天线构成，金属辐射贴片分别印制在介质基板的两面。介质基板选用厚度为 0.2 mm，相对介电常数为 4.4 的 FR4 材料。采用同轴馈电，同轴线内导体焊接偶极子天线其中的一个振子，外导体焊接另一个振子。天线馈电结构如图 2 所示，为了防止两只偶极子天线馈电结构交叉，将馈电交叉导体处的介质基板进行金属化过孔。辐射贴片距离金属反射腔高度为 50 mm，随着频率升高，对应波长变短，而天线的结构尺寸没有变，导致高频方向图发生裂瓣，因此本文利用金属反射腔改善方向图裂瓣问题。天线结构参数如表 1 所示。

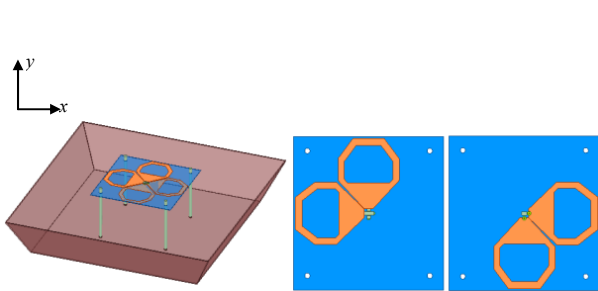


Fig.1 Antenna shape, front and back views  
图 1 天线外形及正反面图

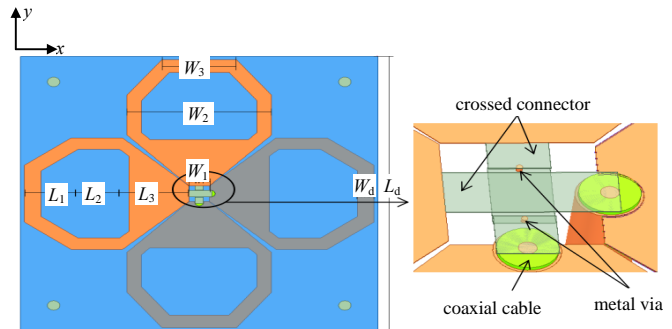


Fig.2 Top view of antenna structure  
图 2 天线结构俯视图

### 2 天线仿真及原理

对未加载枝节的偶极子天线结构进行仿真分析(即对八边形环振子偶极子天线进行仿真)，其驻波比曲线如图 3(b)所示。在 1.21~3.24 GHz 实现  $V_{SWR} < 2$ ，相对带宽为 90%。但从驻波曲线上可观察到其阻抗带宽可得到进一步改善，因为在 1.21~4.47 GHz 频带内，在 3.20~3.70 GHz 频段的驻波大于 2，其他频段都小于 2，可以推测出，在 3.20~3.70 GHz 频带内可能还需引入新的谐振点。因此，可以通过在八边形环振子内加载枝节来增加电流通路，引入新的谐振点。图 3(c)为加载了枝节天线  $f=3.40$  GHz 表面电流分布图，与未加载枝节的天线  $f=3.40$  GHz 处电流分布图 3(a)相比，可以看到加载枝节上有电流分布，相当于增加了电流流动路径。加载了枝节后的天线的驻波曲线如图 3(d)所示，在 3.20~3.70 GHz 频带内的驻波得到了改善，天线的阻抗带宽为 1.24~4.42 GHz，带宽得到了拓宽，相对带宽达到了 125%，天线实现超宽带工作。

由于天线结构的对称性，对天线其中一个端口进行参数分析。图 4 为改变参数  $W_1$ (振子馈电处宽度)，其他结构参数均保持不变时，天线端口  $V_{SWR}$  的变化情况。从图中可以看出，随着参数  $W_1$  的变大，低端截止频率移动并不明显，高频逐渐向右移动，同时，驻波曲线凸起的部分也降到了 2 以下，高频得以拓宽。从图 5 可以看出，随着结构参数  $W_2$ (振子末端宽度)增大，天线带宽变化并不明显，但驻波曲线凸起的部分降到了 2 以下。图 6 为无加载枝节的八边形环交叉偶极子天线和加载枝节后的八边形环交叉偶极子天线同一端口驻波曲线的对比，从图 6 可以明显看到，在八边形环交叉偶极子天线内部加载枝节后，原来驻波大于 2 的部分降到了 2 以下，说明在高频引入了新的谐振点，频带得以拓宽。

表 1 天线结构参数(单位: mm)

Table 1 Structural parameters of the proposed antenna(unit:mm)								
parameter	$L_d$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_d$
value	82.00	11.20	11.50	16.00	4.95	35.00	18.00	3.97

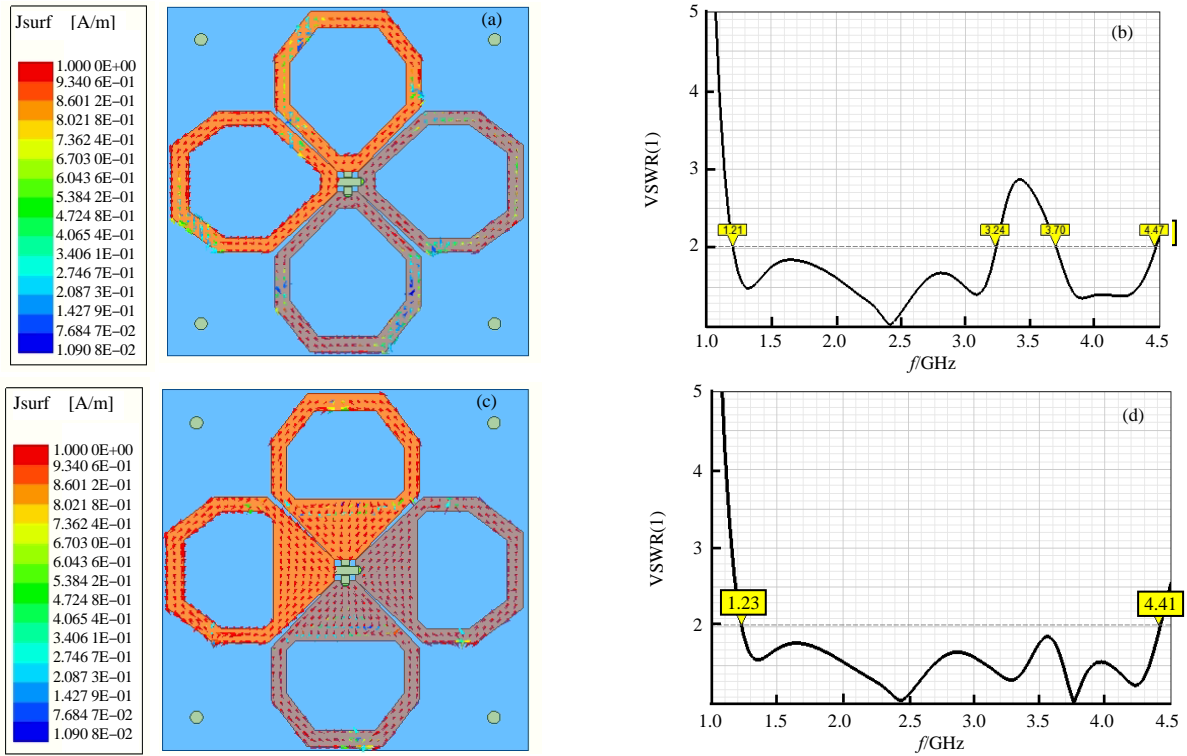


Fig.3 (a) current distribution diagram at 3.4 GHz of unloaded stub antenna, (b) VSWR of unloaded stub antenna, (c) current distribution diagram at 3.4 GHz of loaded stub antenna, (d) VSWR of loaded stub antenna

图3 (a)未加载枝节天线3.4 GHz处电流分布图,(b)未加载枝节天线VSWR,(c)加载枝节天线3.4 GHz处电流分布图,(d)加载枝节天线VSWR

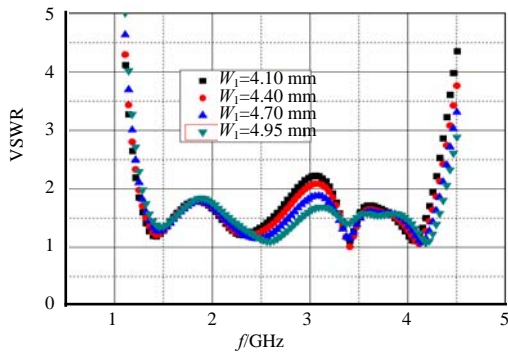


Fig.4 VSWR vs.  $W_1$   
图4 驻波比随 $W_1$ 变化曲线

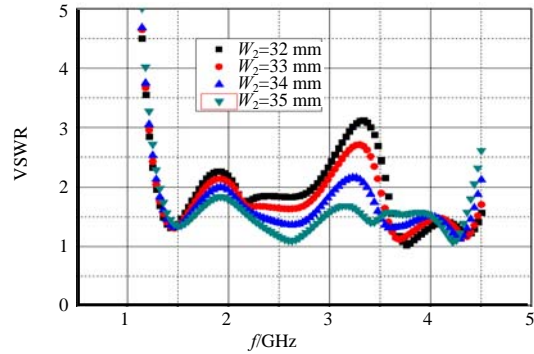


Fig.5 VSWR vs.  $W_2$   
图5 驻波比随 $W_2$ 变化曲线

### 3 天线仿真与测试对比

按照天线模型，对天线进行加工测试，天线实物如图 7(a)所示。天线放置于金属反射腔体上方，并采用尼龙支撑柱支撑，高度为 50 mm。图 7(b)为仿真 VSWR 曲线和测试 VSWR 曲线，由于实际加工精确度以及天线焊接的影响，实测结果中有个别频点处驻波大于 2。可以看到，仿真与测试结果大致吻合。该天线在 1.24~4.42 GHz 的 VSWR 值基本都小于 2，相对带宽达到 125%。

通过软件仿真可以观察到天线的方向图带宽为 1.24~3.60 GHz，这是由于随着频率升高，对应波长变短，而天线的结构尺寸没有变，导致高频方向图发生裂瓣。图 8(c)和图 8(f)分别为 3.50 GHz 处天线采用金属反射面和金属反射腔的 XOZ 面和 YOZ 面仿真辐射方向图，可以看到金属反射腔对天线高频方向图有明显汇聚作用。测试了天线工作在 1.25 GHz, 2.40 GHz 和 3.40 GHz 的 XOZ 面和 YOZ 面方向图，图 8 为 3 频点处仿真与测试方向图对比。图 8 可以看出，在 1.24~3.60 GHz 工作频段内，测试结果与仿真结果基本一致，并且定向辐射性能良好。图 9 为天线测试增益曲线和仿真增益曲线对比图，两者基本吻合，在 1.24~3.60 GHz 工作频段内，增益大于 7 dB。

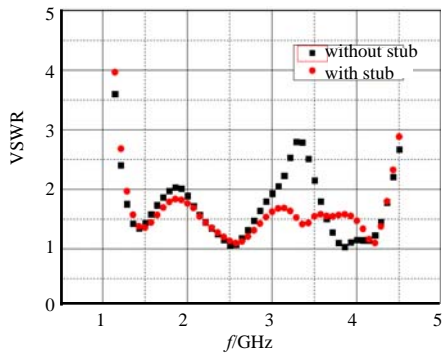


Fig.6 Comparison of VSWR with and without loading branches  
图6 有无加载枝节驻波对比

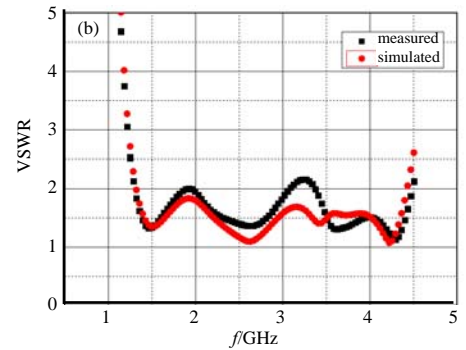
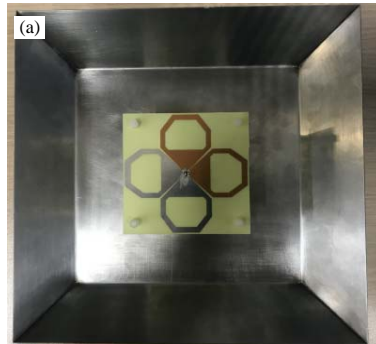
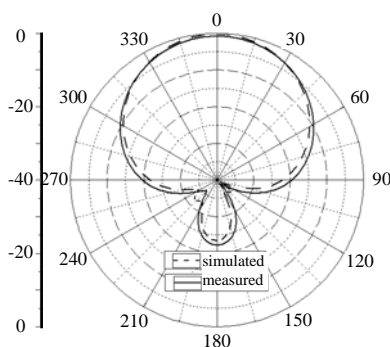
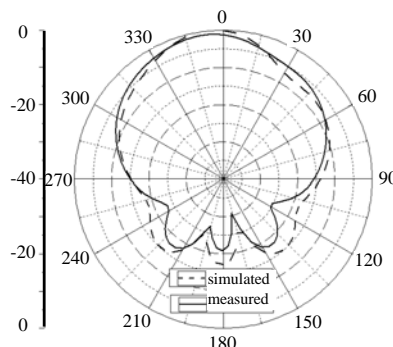


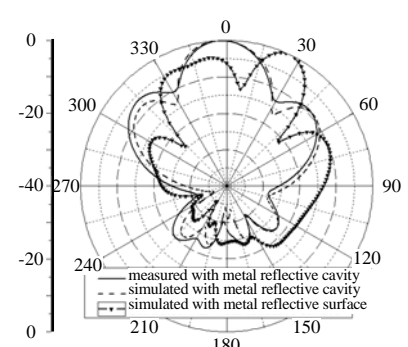
Fig.7 (a) Photo of the proposed antenna, (b) simulated and measured VSWR  
图7 (a) 加工实物图; (b) 仿真与实测驻波对比



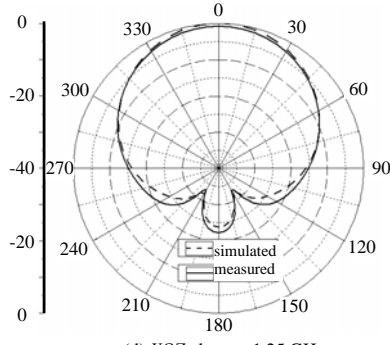
(a) XOZ plane at 1.25 GHz



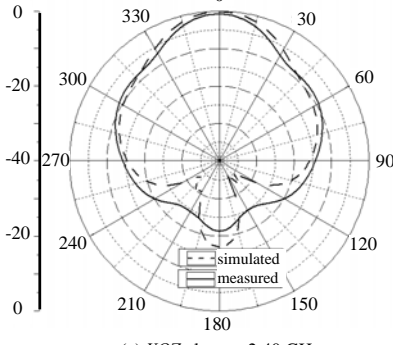
(b) XOZ plane at 2.40 GHz



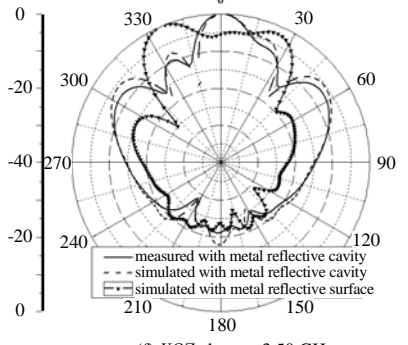
(c) XOZ plane at 3.50 GHz



(d) YOZ plane at 1.25 GHz



(e) YOZ plane at 2.40 GHz



(f) YOZ plane at 3.50 GHz

Fig.8 Radiation patterns  
图8 辐射方向图

#### 4 结论

本文提出了一种结构简单的新型超宽带双极化天线，天线结构紧凑。该天线采用交叉偶极子天线实现双线极化，每只偶极子天线由 2 个八边形环振子构成，同时在八边形环内部加载寄生枝节，引入新谐振点，增加了天线带宽，从而实现天线超宽带。该天线能够在 1.24~4.42 GHz 实现  $VSWR < 2$ ，相对带宽达到 125%，方向图带宽为 95% (1.24~3.60 GHz)，具有同时实现高增益定向、宽带、多类极化和结构紧凑苛刻性能要求。在整个方向图带宽内具有良好的定向辐射特性，增益大于 7 dB。

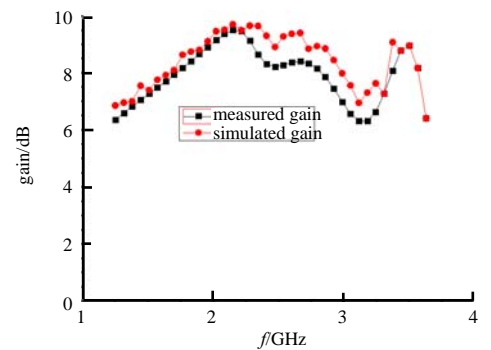


Fig.9 Comparison of test and simulation gain  
图9 测试和仿真增益对比