

文章编号: 2095-4980(2019)03-0430-05

## 单馈点宽带圆极化交叉偶极子天线

商 锋, 韩娇娇

(西安邮电大学 电子工程学院, 陕西 西安 710121)

**摘要:** 基于传统交叉偶极子天线, 设计了一款应用于全球定位系统(GPS)的宽带圆极化天线。该天线用一个  $50\ \Omega$  的同轴线给交叉偶极子馈电, 通过一对四分之一空置印刷环使振子臂之间形成  $90^\circ$  相位差以产生圆极化辐射。为了拓展阻抗带宽和轴比(AR)带宽, 在耦合贴片上进行切角、开缝处理。Ansoft HFSS 仿真结果显示, 阻抗带宽( $|S_{11}| < -10\ \text{dB}$ )为  $66.7\%$  ( $1.141\sim 2.283\ \text{GHz}$ ),  $3\ \text{dB}$  轴比带宽为  $33.3\%$  ( $1.347\sim 1.885\ \text{GHz}$ )。在工作频段内最大圆极化增益为  $8.2\ \text{dBi}$ , 圆极化特性良好, 实现了带宽展宽的目的。

**关键词:** 交叉偶极子; 宽带; 圆极化; 耦合贴片

**中图分类号:** TN820.1

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11805/TKYDA201903.0430

## Single fed wideband circularly polarized crossed dipole antenna

SHANG Feng, HAN Jiaojiao

(School of Electronic Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an Shaanxi 710121, China)

**Abstract:** Based on the traditional crossed dipole antenna, a wideband circular polarization antenna used in Global Positioning Systems(GPS) is designed. The crossed dipole is fed with a  $50\ \Omega$  coaxial line. The crossed dipole can produce circularly polarized performance because of the orthogonal arms of dipoles with the phase difference of  $90^\circ$  due to a pair of vacant-quarter print rings. To achieve a broader impedance bandwidth and Axial Ratio(AR) bandwidth, the coupling patch is cut and slotted. Simulation results in Ansoft HFSS show that the antenna has an impedance bandwidth( $|S_{11}| < -10\ \text{dB}$ ) of  $66.7\%$  ( $1.141\sim 2.283\ \text{GHz}$ ) and a  $3\ \text{dB}$  bandwidth of  $33.3\%$  ( $1.347\sim 1.885\ \text{GHz}$ ). It has the maximum circular polarization gain of  $8.2\ \text{dBi}$  at the operating bandwidth. It has good circular polarization characteristics and the bandwidth can be expanded.

**Keywords:** crossed dipole; wideband; circular polarization; coupling patch

和线极化相比, 圆极化有一些重要的特征。一方面, 圆极化波能够克服多径效应<sup>[1]</sup>, 另一方面, 圆极化波相比于线极化波能提供更优质的传播特性。由于这些特征, 圆极化天线成为当前乃至未来无线通信系统中的一个关键技术, 如卫星通信<sup>[2]</sup>、全球定位系统(GPS)<sup>[3]</sup>、无线射频识别<sup>[4]</sup>、无限局域网<sup>[5]</sup>等。

近年来, 交叉偶极子天线采用单点馈电<sup>[6-7]</sup>, 通过自相移实现圆极化的技术被广泛应用, 但其带宽较窄。关于此类天线如何获得更宽的阻抗带宽和轴比带宽也是一个值得研究的问题。交叉偶极子天线扩展带宽的方法有: 加宽振子臂<sup>[8]</sup>、在振子臂附近加寄生单元<sup>[9-10]</sup>、引入振子臂的不连续结构<sup>[11]</sup>、行波辐射单元<sup>[12]</sup>、采取层叠结构<sup>[13]</sup>等多种方式, 文献[9]中即采用在振子臂附近加耦合贴片以拓展带宽。本文通过对振子臂附近的耦合贴片进行切角、开缝处理以获得更宽的阻抗带宽和轴比带宽。

### 1 天线的设计及参数的优化分析

#### 1.1 天线的结构设计

天线的基本结构如图 1 所示。该天线由交叉偶极子、偶极子附近的耦合贴片、同轴线和—个反射板形成的空气腔组成。交叉偶极子和经过切角、开缝的 4 个耦合贴片被放置在一个介质基板 RO4003 的双面上, 基板介电常数为 3.38, 损耗角正切为 0.002 7, 厚度为 0.508 mm。该天线采用一个  $50\ \Omega$  的同轴线进行馈电, 通过一对四分

之一空置印刷环(其中四分之一空置印刷环为图 1 中与相同颜色的振子臂相连的部分)使振子臂之间形成 90°相位差以产生圆极化辐射,同轴线穿过空气腔,外导体与介质基板底部的臂相连,馈线的内导体穿过基板和顶部的臂相连。高度为  $H_c$  的空气腔作为天线的反射器,反射器 reflector 是以  $a$  为边长的正方形铜片,以产生一个单向辐射模式。表 1 为天线的参数。

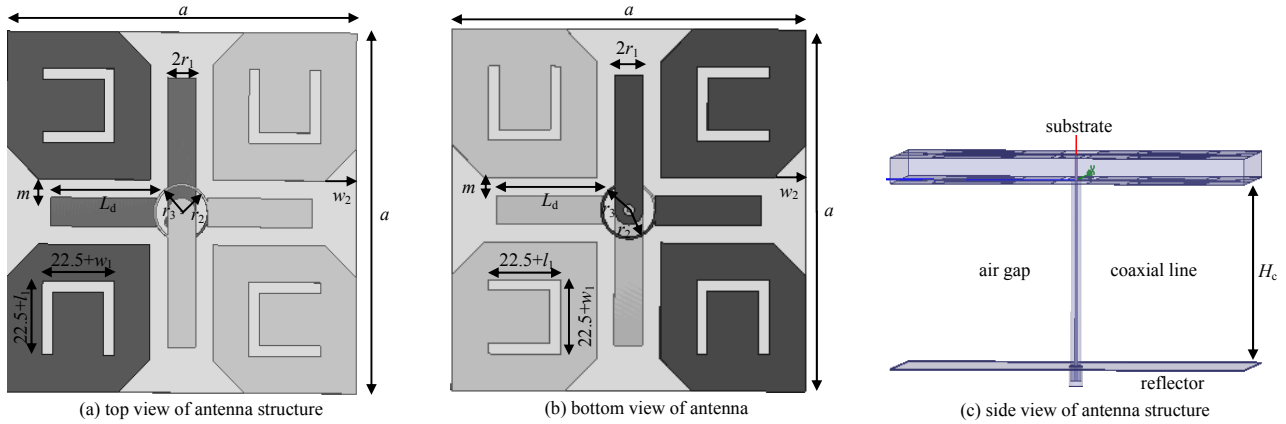


Fig.1 Basic structure of the antenna

图 1 天线的基本结构

表 1 天线参数(单位: mm)

Table1 Antenna parameters(unit: mm)

$r_1$	$r_2$	$r_3$	$L_d$	$H_c$	$a$	$m$	$w$	$w_1$	$w_2$	$l_1$
3.0	5.3	5.9	34	36	50	5	3	-2	8	1

### 1.2 天线参数的优化分析

基础结构选取加有反射板的交叉偶极子天线,为将该交叉偶极子天线与改进后的天线进行可靠的对比,采用相同的介质基板、空气腔、同轴线馈电,中心频率均在 1.6 GHz 左右。基础交叉偶极子的参数为  $r_1=3\text{ mm}, r_2=6\text{ mm}, r_3=6.9\text{ mm}, L_d=34\text{ mm}, H_c=36\text{ mm}$ , 仿真结果如图 2 所示。

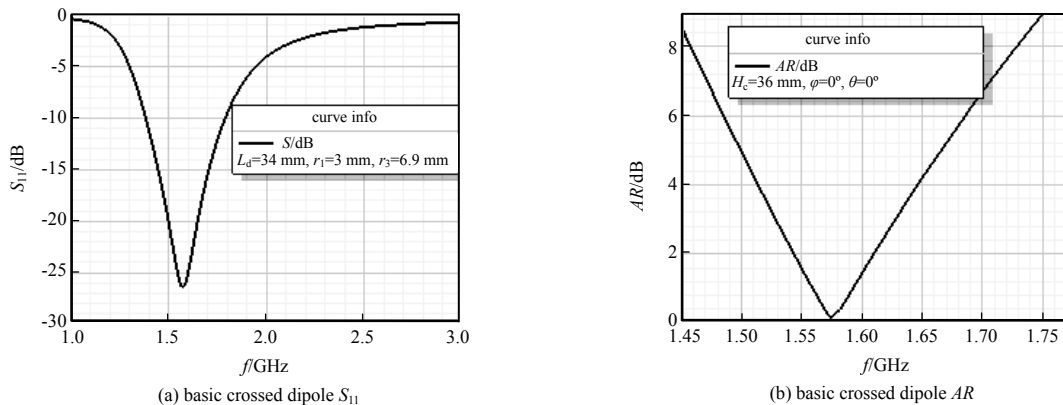


Fig.2 Basic crossed dipole  $S_{11}$  and AR

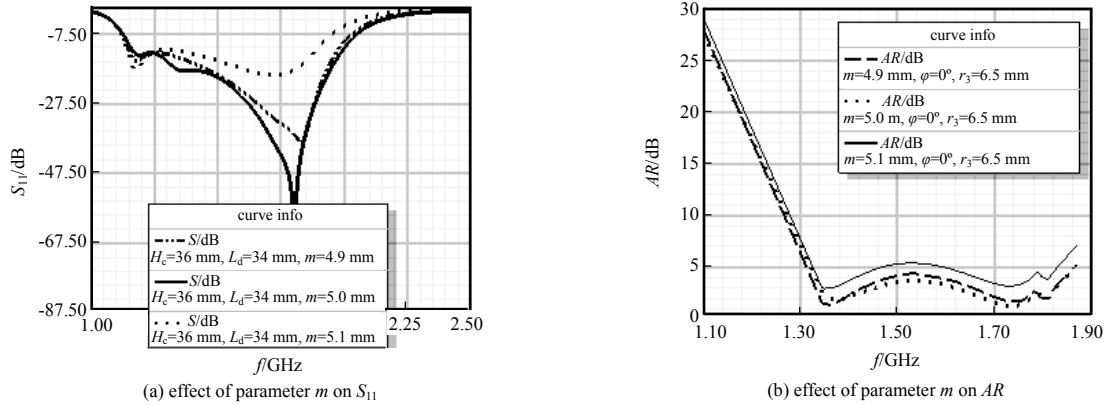
图 2 基础交叉偶极子回波损耗和轴比

#### 1.2.1 耦合贴片与振子臂间距 $m$ 的分析

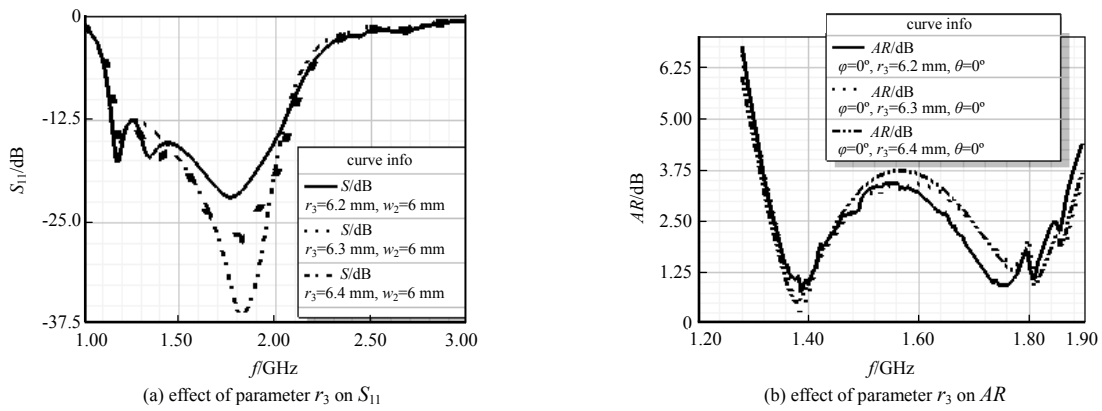
在交叉偶极子的基础上加耦合贴片后,耦合贴片产生另一个谐振点和轴比最小点,阻抗带宽和轴比带宽都得到了展宽。微调  $r_2, r_3$  和  $m$  以使 2 个谐振点重合,通过仿真发现振子臂与耦合贴片之间的距离  $m$  对轴比和回波损耗的仿真结果有影响。通过选择不同的  $m$  值以使阻抗带宽和轴比带宽达到最优,图 3 为  $m$  取不同值时随频率变化的回波损耗和轴比曲线。从图中可以看出,  $m$  对于阻抗带宽影响不大,但对带宽内的轴比影响很大,当  $m=5$  时,结果最好。此时阻抗带宽( $|S_{11}| < -10\text{ dB}$ )为 55.1%(1.146~2.019 GHz),轴比带宽为 26.3%(1.401~1.825 GHz)。

#### 1.2.2 耦合贴片切角 $w_2$ 的分析

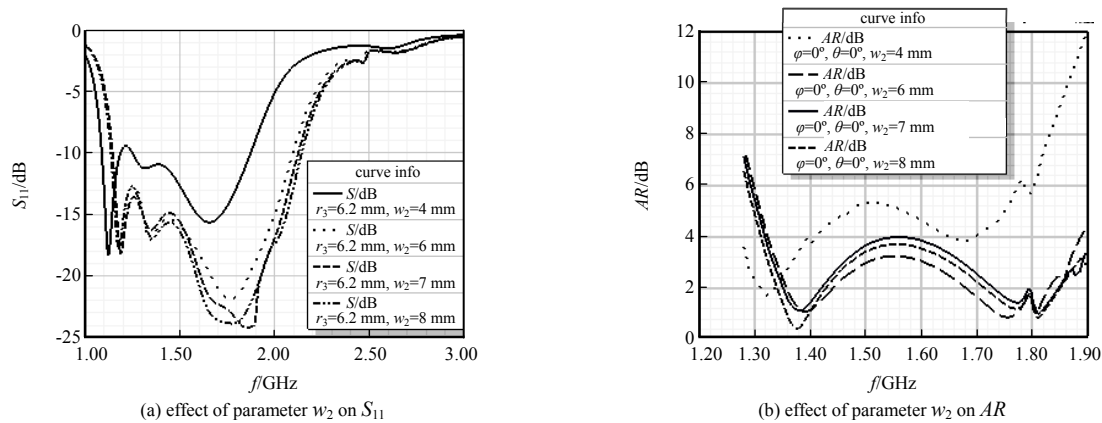
给耦合贴片进行切角处理,此时继续微调  $r_3$ ,得到最优轴比,如图 4 所示,发现带宽内的轴比在  $r_3=6.2\text{ mm}$  时有最优值。接着研究不同的切角尺寸  $w_2$  对阻抗带宽及带宽内轴比的影响,在不同的  $w_2$  取值下,随频率变化的回波损耗和轴比曲线如图 5 所示。由图可以看出,此时  $w_2=6\text{ mm}$  轴比最小,但是随着  $w_2$  的增大,轴比带宽有展宽的趋势,阻抗带宽有明显的展宽。



(a) effect of parameter  $m$  on  $S_{11}$  (b) effect of parameter  $m$  on  $AR$   
 Fig.3 Effect of parameter  $m$  on  $S_{11}$  and  $AR$   
 图 3 参数  $m$  对回波损耗和轴比的影响



(a) effect of parameter  $r_3$  on  $S_{11}$  (b) effect of parameter  $r_3$  on  $AR$   
 Fig.4 Effect of parameter  $r_3$  on  $S_{11}$  and  $AR$   
 图 4 参数  $r_3$  对回波损耗和轴比的影响



(a) effect of parameter  $w_2$  on  $S_{11}$  (b) effect of parameter  $w_2$  on  $AR$   
 Fig.5  $r_3=6.2$  mm, effect of parameter  $w_2$  on  $S_{11}$  and  $AR$   
 图 5  $r_3=6.2$  mm, 参数  $w_2$  对回波损耗和轴比的影响

1.2.3 耦合贴片开缝长宽的分析

在图 5 中发现阻抗带宽和轴比带宽都有所拓展,但在轴比曲线中两谐振点并没有重合。继续给耦合贴片进行开缝处理,通过开缝处理可以改变电流路径,使路径变长从而谐振点向低走。图 6 为开缝长度  $l_1$  不同时随频率变化的回波损耗和轴比曲线,图 7 为开缝宽度不同时随频率变化的回波损耗和轴比曲线。结合图 6 和图 7 得到,在  $l_1=1$  mm,  $w_1=-2$  mm 时,阻抗带宽和轴比带宽都达到了最大。

1.3 仿真结果

图 8 为最终优化后的天线的回波损耗、轴比参数。从图中可以看出,阻抗带宽 ( $|S_{11}| < -10$  dB) 为 66.7% (1.141~2.283 GHz), 3 dB 轴比带宽 33.3% (1.347~1.885 GHz)。在耦合贴片上开缝、切角后阻抗带宽拓展了 11.6%, 3 dB 轴比带宽拓展 7%。

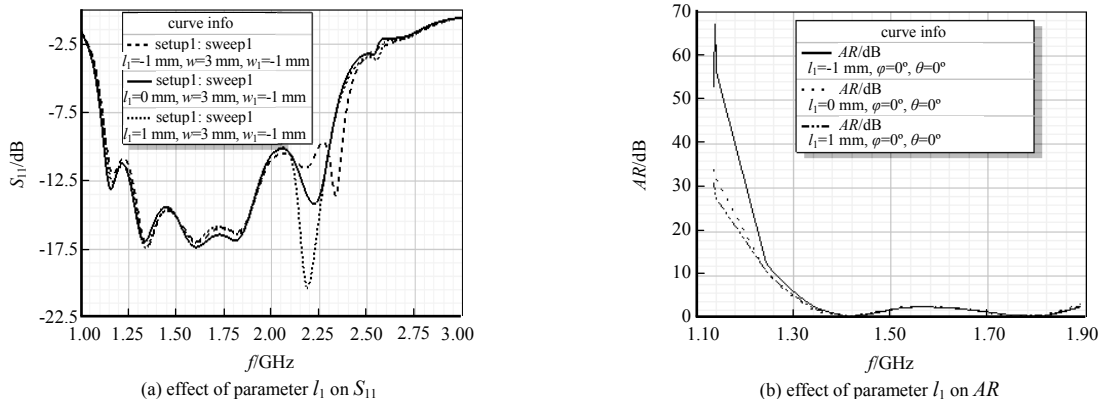


Fig.6 Effect of parameter  $l_1$  on  $S_{11}$  and  $AR$   
图 6 参数  $l_1$  对回波损耗和轴比的影响

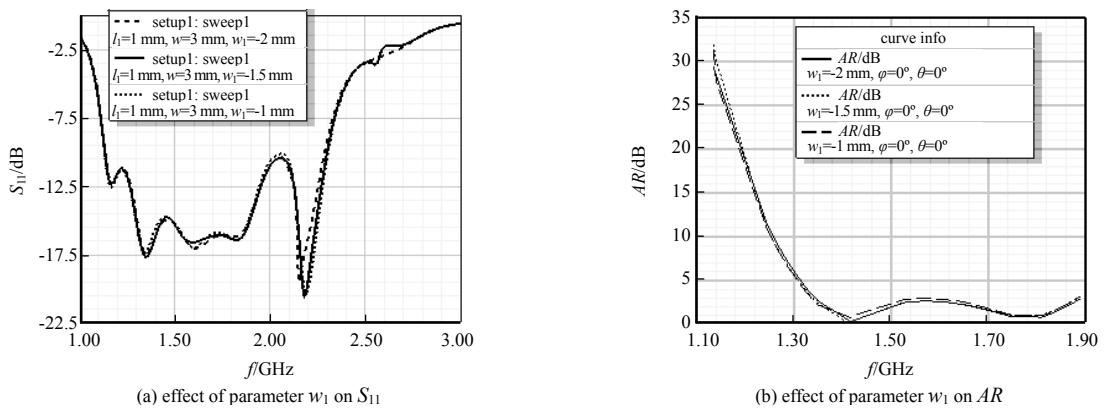


Fig.7 Effect of parameter  $w_1$  on  $S_{11}$  and  $AR$   
图 7 参数  $w_1$  对回波损耗和轴比的影响

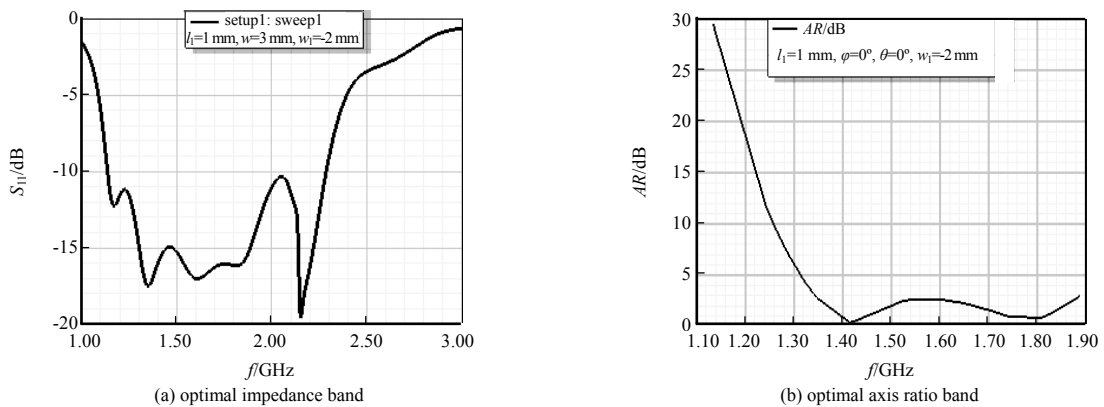


Fig.8 Optimal impedance band and optimal axis ratio band  
图 8 最优阻抗带宽和最优轴比带宽

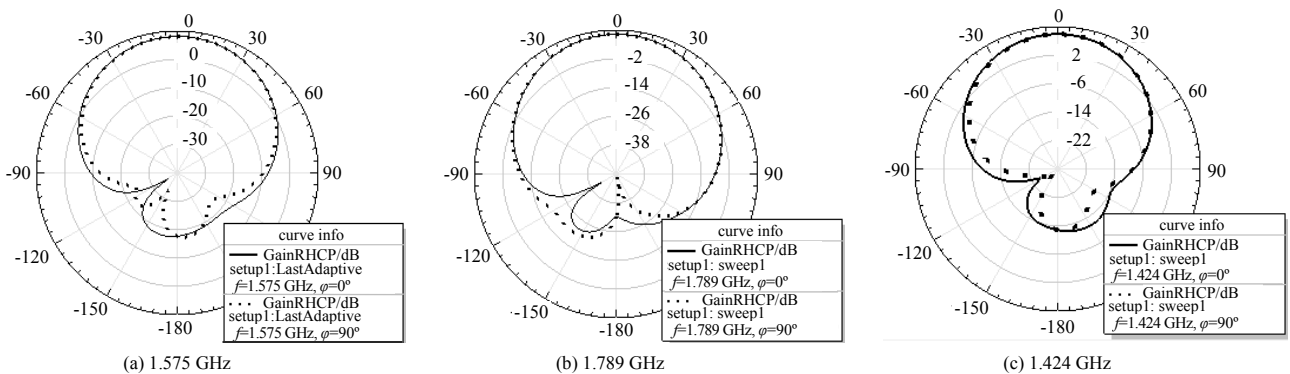


Fig.9 Radiation pattern of antenna at 1.575 GHz, 1.789 GHz and 1.424 GHz  
图 9 天线在 1.575 GHz, 1.789 GHz, 1.424 GHz 处的辐射方向图

图 9 为该天线在 1.575 GHz,1.789 GHz,1.424 GHz 处的辐射方向图。在工作频段内, 该天线在  $x$ - $z$ , $y$ - $z$  两个面产生稳定的圆极化辐射。

## 2 结论

本文基于传统交叉偶极子天线, 设计了一款单点馈电的宽带圆极化交叉偶极子天线。同轴线在交叉偶极子中心馈电, 并通过一对四分之一空置印刷环使振子臂之间形成  $90^\circ$  相位差以产生圆极化辐射。传统交叉偶极子天线的阻抗带宽为 25.7%, 3 dB 轴比带宽为 6%。通过对耦合贴片进行切角、开缝处理, 所设计天线阻抗带宽为 66.7%, 3 dB 轴比带宽为 33.3%。相对于传统交叉偶极子天线, 阻抗带宽展宽了 41%, 轴比带宽展宽了 27.3%, 且天线在工作频段内产生稳定的圆极化辐射, 达到了设计目标。

### 参考文献:

- [ 1 ] ARNIERI E,BOCCIA L,AMENDOLA G,et al. A compact high gain antenna for small satellite applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007,55(2):277–282.
- [ 2 ] BAO X L,RUVIO G,AMMANN M J,et al. A novel GPS patch antenna on a fractal hi-impedance surface substrate[J]. IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters, 2006,5(1):323–326.
- [ 3 ] CHEN C C,CHEN B S,SIM C Y. Broadband circularly polarized stacked patch antenna for UHF RFID applications[C]// IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium. Honolulu,HI,USA:IEEE, 2007:1189–1192.
- [ 4 ] WONG K L,HSIAO F R,TANG C L. A low-profile omnidirectional circularly polarized antenna for WLAN access point[C]// IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium. Monterey,CA,USA:IEEE, 2004:2580–2583.
- [ 5 ] 薛睿峰,钟时针. 微带天线圆极化技术概述与发展[J]. 电波科学学报, 2016,17(8):331–336. (XUE Ruifeng,ZHONG Shizhen. Survey and progress in circular polarization technology of microstrip antennas[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2016,17(8):331–336.)
- [ 6 ] TA S X,CHOO H,PARK I,et al. Multi-band,wide-beam,circularly polarized,crossed,asymmetrically barbed dipole antennas for GPS applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2013,61(11):5771–5775.
- [ 7 ] KWAME O G,ELLIS M S,JOHN K J. A wideband single fed circularly polarized slot antenna for multi-band applications[C]// 2013 2nd International Symposium on Instrumentation and Measurement,Sensor Network and Automation(IMSNA). Toronto, ON,Canada:IEEE, 2014:620–623.
- [ 8 ] 张建丰,徐风清,常雷. 宽带圆极化十字交叉印刷偶极子的设计[J]. 微波学报, 2016(S1):59–62. (ZHANG Jianfeng, XU Fengqing,CHANG Lei. Design for the wideband circularly polarized printed cross dipole[J]. Journal of Microwaves, 2016(S1):59–62.)
- [ 9 ] TA S X,PARK I. Crossed dipole loaded with magneto–electric dipole for wideband and wide-beam circularly polarized radiation[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2015(14):358–361.
- [ 10 ] 花鹏成,张帅,龚书喜. 开槽宽带圆极化交叉偶极子天线[J]. 微波学报, 2016(S1):143–149. (HUA Pengcheng,ZHANG Shuai,GONG Shuxi. Slit loaded wideband circularly polarized cross-dipole antenna[J]. Journal of Microwaves, 2016(S1): 143–149.)
- [ 11 ] 刘洋,张小苗. 折尾宽波束圆极化天线的设计[J]. 现代电子技术, 2009,32(13):50–51. (LIU Yang,ZHANG Xiaomiao. Design of folded-tail wide beam circularly polarized antenna[J]. Modern Electronic Technology, 2009,32(13):50–51.)
- [ 12 ] LI Y,XUE Q,YUNG K N,et al. Circularly-polarized microstrip leaky-wave antenna[J]. Electronics Letters, 2007,43(14):739–740.
- [ 13 ] SUDHA T,VEDAVATHY T S,BHAT N. Wideband single-fed circularly polarized patch antenna[J]. Electronics Letters, 2004,40(11):648–649.

### 作者简介:



商 锋(1966–), 男, 西安市人, 教授, 主要研究方向天线理论与工程.email:476436868@qq.com.

韩娇娇(1994–), 女, 陕西省渭南市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向天线理论与工程.