

文章编号:1007-2861(2008)06-0577-04

· 研究简报 ·

## 小型超宽带宽缝天线及其带阻功能设计

吕扬准, 王子华

(上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072)

**摘要:** 提出一种新型的小型超宽带(UWB)宽缝天线,并对其进行带阻功能设计. 该天线采用椭圆结构的调谐支节,并由共面波导进行馈电. 为获得超宽带工作特性,将其辐射缝隙设计为对称多边形. 对该天线的性能进行仿真和实验研究,实测结果表明,该天线的-10 dB反射损耗频率范围为3.2~10.1 GHz. 另外,通过在椭圆支节上开W形槽,使天线实现对无线局域网(5.150~5.825 GHz)频段的带阻功能.

**关键词:** 超宽带天线;宽缝天线;带阻特性

**中图分类号:** TN 82      **文献标志码:** A

## Compact Ultra-Wideband Wide Slot Antenna and the Design of Its Band-Notched Function

LU Yang-zhun, WANG Zi-hua

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

**Abstract:** A novel compact wide-slot planar antenna and its extended design with band-notched function are proposed for ultra-wideband (UWB) applications. The antenna is fed by coplanar wave guide (CPW) with an elliptical tuning stub. A symmetric polygonal wide-slot configuration is used to obtain ultra-wideband characteristics. The characteristics of the proposed antenna are investigated both numerically and experimentally. Experimental results show that the impedance bandwidth of the antenna reaches up to 3.2 ~ 10.1 GHz for  $S_{11} \leq -10$  dB. In addition, by inserting W-shaped slots on the elliptical stub, band-notched function of the antenna is achieved for WLAN (5.150 ~ 5.825 GHz) applications.

**Key words:** ultra-wideband antennas; wide slot antenna; band-notched

2002年2月美国联邦通信委员会批准将3.1~10.6 GHz频段分配给超宽带无线通信业务使用. 超宽带无线通信以占空比很低的冲激脉冲串作为载体来传递信号,该技术在短距离室内无线通信的应用方面受到了人们广泛的关注. 超宽带(UWB)天线的

设计则是超宽带通信的关键技术之一,对超宽带天线的设计要求包括超宽的匹配带宽、全向性辐射特性以及结构的小型化和对时域脉冲信号有良好保真度. 近年来出现了许多新型的超宽带平面天线,从结构上主要可分为超宽带平板单级天线<sup>[1-2]</sup>、超宽带印

刷单极天线<sup>[3-4]</sup>和超宽带宽缝天线<sup>[5-7]</sup>. 超宽带宽缝天线因为自身的优点,如结构简单、便于加工、制作成本低、天线可集成在一个平面内、便于和微波毫米波电路中的元器件相连接等,而得到更多的重视. 同时提出了多种结构的超宽带宽缝天线,如文献[5]提出对矩形宽缝进行圆角化以获得更宽频带,天线的 $-10$  dB反射损耗的频率范围为 $2.08 \sim 8.25$  GHz. 文献[6]中天线采用叉状结构调谐支节和矩形宽缝,工作带宽为 $116.2\%$ . 文献[7]中天线以共面波导馈电,调谐支节和宽缝都为圆形,工作带宽达到了 $143.2\%$ ,天线的长和宽都大于 $100$  mm,尺寸较大. 另一方面,超宽带天线的频率范围覆盖了无线局域网(WLAN) $5.2$  GHz( $5.15 \sim 5.35$  GHz)和 $5.8$  GHz( $5.725 \sim 5.825$  GHz)的工作频段. 为了防止超宽带系统和无线局域网潜在的相互干扰,需使超宽带天线在该频段上产生阻断,即具有带阻功能. 文献[8]在单极子天线的贴片上开槽引入半波长谐振结构,以获得带阻功能. 文献[9]在天线的接地板上开槽获得带阻功能.

本工作提出一种新型超宽带宽缝天线,为获得超宽带频率特性,天线的馈电单元采用椭圆调谐支节,宽缝设计为对称的多边形结构. 通过数值仿真和实验测量,对天线的工作特性进行了研究. 天线不但具有超宽带性能,而且体积小、结构简单、易于制作. 在带阻功能方面,我们采用在椭圆支节上开W形槽以获得天线的带阻功能.

## 1 天线结构与性能

天线的结构如图1所示. 它的辐射单元通过在接地板上开一个多边形宽缝实现,天线的馈电采用了椭圆形调谐支节. 其工作原理是由于宽缝和馈电支节相结合产生多个谐振模式,多个相邻谐振模式的叠加使天线具有超宽阻抗带宽. 天线制作在相对介电常数为 $3.48$ ,厚度为 $0.508$  mm,损耗角正切为 $0.004$ 的Rogers Ro4350介质板上. 采用特性阻抗为 $50 \Omega$ 的共面波导进行馈电,金属导带的宽度为 $R$ ,缝宽为 $G$ . 图1中, $W_s$ 表示宽缝的长度, $L_s$ 表示宽缝的宽度,多边形上边宽度为 $L$ ,下边宽度为 $K$ , $A$ 表示椭圆形支节长轴,椭圆轴比为 $r$ ,调谐支节和宽缝底部之间的馈电间隙宽度为 $S$ . 不同的宽缝形状和馈电支节都会影响它们之间的电磁耦合,继而改变天线输入端的阻抗匹配. 所以利用仿真软件或根据设计经验对结构参数进行优化是有效的设计方法. 根

据仿真软件优化确定天线边框尺寸为 $40$  mm  $\times$   $40$  mm, $L_s = 26$  mm, $W_s = 19$  mm, $L = 16$  mm, $K = 22$  mm, $\alpha = \beta = 45^\circ$ , $A = 15$  mm, $r = 0.5$ , $S = 1$  mm, $R = 4$  mm, $G = 0.25$  mm, $d = 13$  mm,其中多边形上边宽度 $L$ 和馈电间隙宽度 $S$ 对天线的阻抗带宽影响较大.

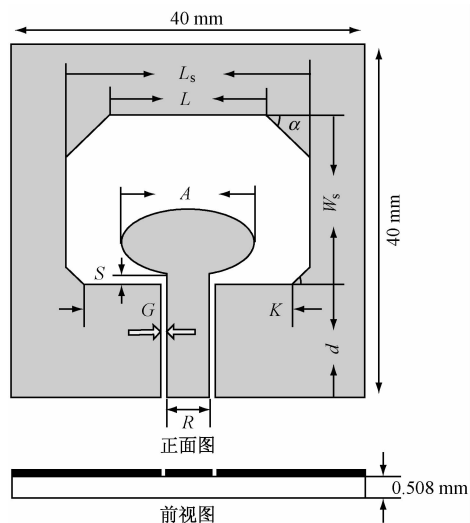


图1 天线结构示意图

Fig. 1 Geometry of antenna

本工作采用基于有限元法的电磁场仿真软件HFSS 10.0对该天线进行仿真分析,主要考察了多边形宽度上边 $L$ 和馈电间隙 $S$ 对天线输入端反射性能的影响. 图2显示了当馈电间隙 $S = 1$  mm时,天线输入端的反射损耗随多边形上边宽度 $L$ 变化的频率特性曲线. 从图2可以看出, $L$ 的大小主要影响频带中间部分的输入反射特性. 当 $L = 16$  mm时,天线在 $3.3 \sim 12.6$  GHz频段上回波损耗小于 $10$  dB. 图3显示了当多边形上部的宽度 $L = 16$  mm时,天线的反射特性随馈电间隙 $S$ 变化的频率特性曲线. 由

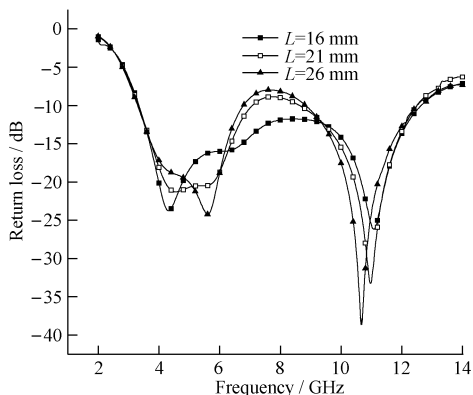


图2 回波损耗随 $L$ 的变化特性

Fig. 2 Return loss for various  $L$

图3可以看到,  $S$  影响整个频带的反射特性, 随着  $S$  取值的增大, 天线的谐振频率向低频方向移动. 当  $S = 1 \text{ mm}$  时, 天线在整个频带的反射特性相对最好.

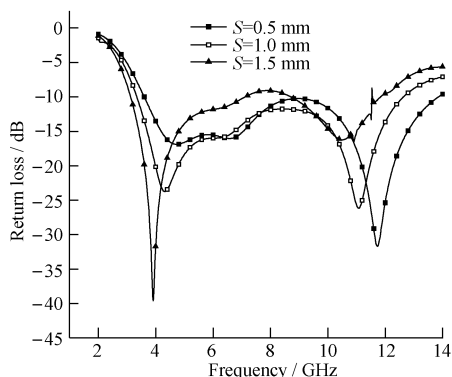


图3 回波损耗随  $S$  的变化特性  
Fig. 3 Return loss for various  $S$

最终根据仿真结果设计了天线的结构和尺寸, 并且加工了实物天线进行测量与研究. 天线输入端口的反射特性利用 HP8722ES 矢量分析仪进行测量. 测量结果与计算结果的比较如图4所示. 天线实测  $-10 \text{ dB}$  带宽为从  $3.2 \text{ GHz}$  到  $10.1 \text{ GHz}$ ,  $8 \text{ GHz}$  以下频段实验值和理论值吻合较好. 高频段的仿真与实测相差较大, 这是由于传输线和 SMA 接头对高频信号的传输损耗大引起的. 在工作频带内, 应用于超宽带通信的天线应该具有恒定的方向图或全向辐射特性. 图5和图6分别是天线在  $3.5, 6.5$  和  $9.5 \text{ GHz}$  处的 E 面、H 面仿真方向图. 可见天线在 H 面内有良好的全向性, E 面的辐射方向图与单极子的相似. 随着频率的增加天线在 E 面和 H 面内方向图变化较小, 天线在其工作频带内有稳定的辐射方向图.

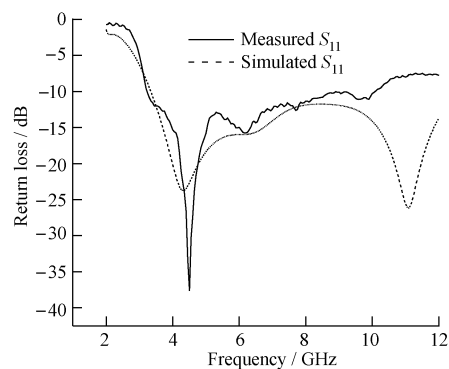


图4 仿真和实测回波损耗  
Fig. 4 Simulated and measured return loss

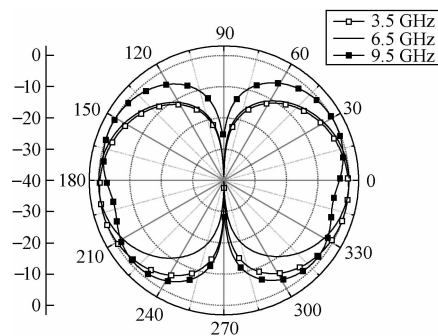


图5 E面仿真方向图  
Fig. 5 E-plane simulated radiation pattern

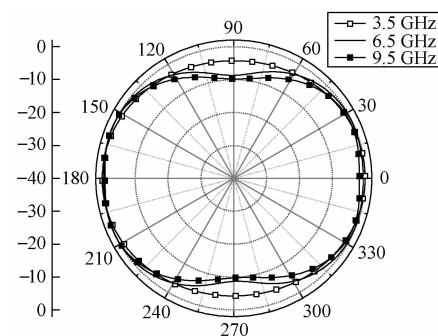


图6 H面仿真方向图  
Fig. 6 H-plane simulated radiation pattern

## 2 天线的带阻功能设计

如果进一步在上述天线的椭圆支节上开 W 形槽就可以获得天线的带阻功能. 其原理可以解释为在阻带频率上, 电流在细槽的内外边沿反向分布, 使天线工作在类似于传输线模式下, 这样就在天线的输入端口阻抗近似为  $0$ , 实现阻带功能. 天线结构如图7所示.

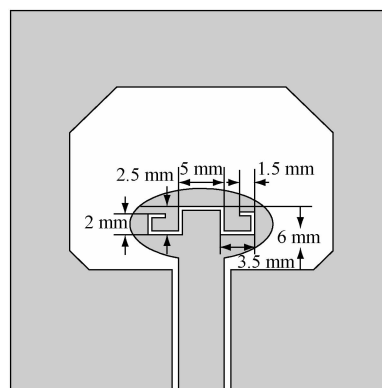


图7 带阻天线结构  
Fig. 7 Geometry of band-notched antenna

通过 HFSS 仿真分析,发现当调节槽总长度(24 mm)约为阻带中心频率波长(54 mm)的 1/2 时,天线在该频率上的回波损耗显著增加,产生阻带. 根据仿真加工天线并进行了实测,仿真和实测回波损耗曲线如图 8 所示. 除了阻带低端与仿真值有稍微偏移外,其他频段都吻合较好. 天线在 4.90 ~ 5.95 GHz 频段内回波损耗远大于其他波段,中心频率回波损耗接近于 0,具有良好的带阻特性. 图 9 为加工的天线实物图.

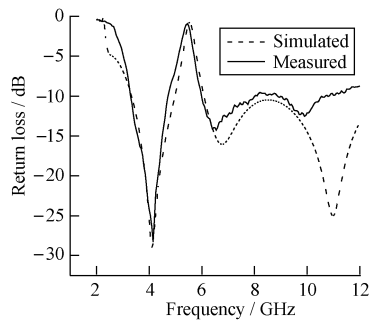


图 8 实测和仿真天线回波损耗

Fig. 8 Measured and simulated return loss of antenna

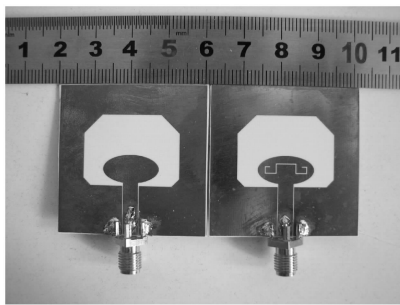


图 9 实物加工天线

Fig. 9 Manufactured antenna

### 3 结 论

本工作提出了一种新型的超宽带宽缝天线. 天线采用多边形宽缝和椭圆形调谐支节,理论仿真和实验测量结果比较吻合,实测结果表明这种天线具有超过 3.2:1 的工作带宽和良好的全向辐射特性.

另外通过在椭圆形支节上开 W 形细槽,使天线在 4.90 ~ 5.95 GHz 范围内获得带阻特性. 此天线具有较小的体积和较低的剖面尺寸,有利于实现与前端电路的集成化设计. 因此,此天线可以用作小型超宽带无线通信系统的收发天线.

### 参考文献:

- [1] BAI X F, ZHONG S S, LIANG X L. Leaf-shaped monopole antenna with extremely wide bandwidth [J]. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2006, 48(7):1247-1250.
- [2] AMMANN M J, CHEN Z N. A wide-band shorted planar monopole with bevel [J]. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2004, 51(4):901-903.
- [3] LIANG J X, CHIAU C C, CHEN X D. Study of a printed circular disc monopole antenna for UWB systems [J]. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2005, 53(11):3500-3504.
- [4] LIANG J L, CHIAU C C, CHEN X, et al. Analysis and design of UWB disc monopole antennas [C]// *Proc The IEE Seminar on Ultra Wideband Communications Technologies and System Design*. 2004:103-106.
- [5] LEE H L, LEE H J, YOON J G, et al. Broadband planar antenna having round corner rectangular wide slot [C]// *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*. 2002, 2:460-463.
- [6] SORBELLO G, PAVONE M, RUSSELLO L. Numerical and experimental study of a rectangular slot antenna for UWB communications [J]. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2005, 46(4):315-319.
- [7] DENIDNI T A, HABIB M A. Broadband printed CPW-fed circular slot antenna [J]. *Electronics Letters*, 2006, 42(3):135-136.
- [8] LEE J N, PARK J K. Impedance characteristics of trapezoidal ultra-wideband antennas with a notch function [J]. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2005, 46(5):503-506.
- [9] SU S W, WONG K L. Printed band notched ultra-wideband quasi-dipole antenna [J]. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2006, 48(3):418-420.

(编辑:刘志强)