

基于贴片加载的超宽带陷波天线设计^{*}

黄天赠¹, 于 坚¹, 游佰强², 方 永¹, 赖恒建¹

(1. 中国人民解放军 73683 部队, 福建 福州 350003; 2. 厦门大学电子工程系, 福建 厦门 361005)

摘 要: 文章设计一种基于贴片加载的开槽超宽带陷波天线, 天线采用微带线-槽线馈电, 通过加载贴片实现陷波功能。经过仿真与实测, 结果显示该天线在 3.03 GHz ~ 15.88 GHz 的频带内电压驻波比(VSWR)小于 2, 其中在 5.14 GHz ~ 5.93 GHz 具有陷波特性, 增益抑制最大值达到 9.3 dB, 仿真结果与实测结构匹配良好。

关键词: 超宽带天线; 陷波; 贴片; 槽线

中图分类号: TN82 **文献标识码:** B **文章编号:** CN 32-1289(2013) 01-0049-03

Patch Loaded Based Ultra-wideband Notch Antenna Design

H U A N G T i a n - z e n g ¹, Y U J i a n ¹, Y O U B a i - q i a n g ², F A N G Y o n g ¹, L A I H e n g - j i a n ¹

(1. Unit 73683 of PLA, Fuzhou 350003, China;

2. Department of Electronic Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The slotted ultra-wideband notch antenna was designed based on the patch loaded. The antenna with a line-slot line feed, achieves notch by loading patch. Simulation and experimental results show the antenna band VSWR < 2 within 3.03 GHz ~ 15.88 GHz, with a notch at 5.14 GHz ~ 5.9 GHz, and the maximum gain suppression of 9.3 dB. Simulation results match well with the experimental results.

Key words: ultra-wideband antenna; notch; patch loading; line-slot

作为一种被广泛应用在遥感和雷达中的传输技术,近年来超宽带 UWB(Ultra-Wideband) 技术受到了无线通信行业的极大关注。超宽带天线具有 GHz 量级的带宽,语音及数据通信将可能带来一种全新的方式。UWB 的主要优势是带宽极宽、传输速率高、保密性好、抗干扰能力强、能耗低等,在军事领域、通信领域和雷达系统等诸多领域都具有重要的理论价值和广泛的应用前景^[1]。

在 FCC 分配的 3.1 GHz ~ 10.6 GHz 频段内,还存在着其它的通信频段,比如 IEEE 802.16 WiMAX (3.3 GHz ~ 3.7 GHz)、C 波段卫星通信系统(上行: 3.7 GHz ~ 4.2 GHz,下行: 5.925 GHz ~ 6.425 GHz)和无线局域网 IEEE 802.11a 5 GHz-WLAN(5.15 GHz ~ 5.825 GHz)等频段,而这些频段与超宽带频段之间的共存,使得超宽带系统可能会干扰到相应设备的正常工作,因此有必要对这些频段的干扰进行抑制,更加有效地进行宽带工作期间的功率分配。为了达到这个目的,需要超宽带天线在干扰的频段内呈现较大的反射系数,以降低在重叠频段内的增益,使其具有屏蔽这些干扰频段的功能,即陷波功能。具有陷波功能的超宽带天线设计是近年来一个研究热点,陷波功能的实现主要是通过一些特定的结构来改变天线上的电流分布。目前常见的陷波技术有开槽^[2]、加载寄生单元^[3]、添加枝节^[4]和分形技术^[5]。

本文根据文献[6]对微带线-槽线馈电的理论分析,设计了一款基于贴片加载的十字形辐射贴片的超宽带陷波天线,该天线陷波频段为 5.14 GHz ~ 5.93 GHz,极大地减小了对无线局域网的电磁干扰。

* 收稿日期: 2012-09-20; 修回日期: 2012-12-10

作者简介: 黄天赠(1985-),男,硕士,助理工程师。

1 天线结构

1.1 无陷波的十字形超宽带天线

如图1所示,整个天线印刷在介电常数 $\epsilon_r = 3.2$,厚度 $h = 1.5\text{ mm}$,损耗正切为0.002的介质基板两侧。天线的正面是一个十字形的金属面,它与特性阻抗为 $50\ \Omega$ 的微带线馈电相连进行馈电,其金属边的宽度均为 w_0 ;天线的背面是 $W \times L$ 大小的一个金属平面,中间开一个三角形缝隙和矩形缝隙。具体尺寸如表1所示。

表1 十字形超宽带天线结构参数(mm)

| 参数 | W | w_0 | w_1 | w_2 | w_{01} | w_{02} | w_{03} | L | h | h_1 | h_2 | L_{01} | L_{02} | h_3 |
|----|-----|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-----|-----|-------|-------|----------|----------|-------|
| 数值 | 20 | 2 | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 24 | 12 | 1 | 1.8 | 1 | 10 | 7 |

由图2可知,天线在7.3 GHz时实现非常好的阻抗匹配,其回波损耗达到-56 dB,而回波损耗小于-10 dB的阻抗带宽为3.03 GHz~15.88 GHz,绝对带宽达到12.85 GHz,相对带宽为136.3%,实现了较好的宽带特性。

1.2 基于贴片加载的超宽带陷波天线

实现超宽带天线的陷波功能,其原理是在天线电流分布较强区域开一缝隙,如其长度与阻带中心频点对应的介质波长 λ_e 的1/2或者1/4相当,此时电流主要分布在缝隙周围,缝隙将产生强烈谐振,整个天线变成一RLC谐振回路,不能产生有效的辐射。

天线结构如图3所示,根据天线的贴片加载长度与阻带中心频点对应的介质波长 λ_e 的1/2可得:

$$L_{\text{总}} = \lambda_e / 2 = \frac{c}{f_{\text{notch}} \cdot 2(\epsilon_r + 1)} \quad (1)$$

其中 f_{notch} 为陷波频段的中心频率,本天线取 $f_{\text{notch}} = 5.5\text{ GHz}$, $\epsilon_r = 3.2$ 。则

$$d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = \frac{3 \times 10^8}{5.5 \times 10^9 \cdot 2 \times (3.2 + 1)} = 18.8\text{ mm} \quad (2)$$

通过仿真优化,可得其具体参数, $d_0 = 0.8\text{ mm}$, $d_1 = 6\text{ mm}$, $d_2 = 1.4\text{ mm}$, $d_3 = 6.5\text{ mm}$, $d_4 = 5.5\text{ mm}$ 。

2 天线仿真与实测结果分析

添加贴片后天线电压驻波比(VSWR)仿真值与未添加贴片时的对比结果如图4所示。从仿真结果可以看出,在5.14 GHz~5.93 GHz之间,陷波天线的电压驻波比大于2,而在2.96 GHz~9.53 GHz的其他频带内,其电压驻波比均小于2,与未添加贴片时相类似,说明添加贴片后

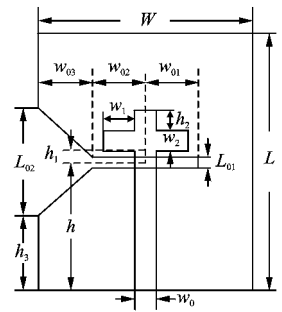


图1 十字形超宽带天线

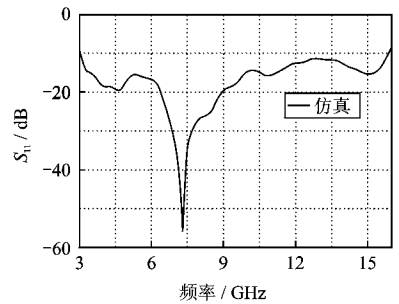


图2 天线回波损耗 S_{11} 仿真图

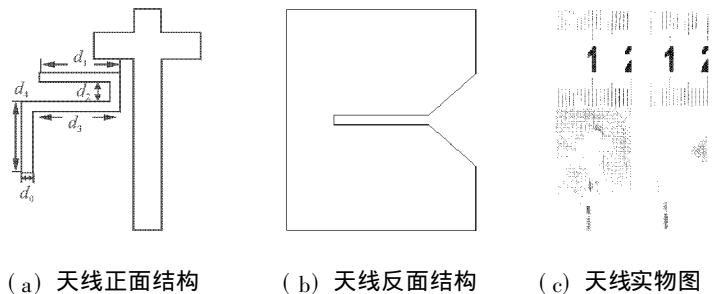


图3 添加贴片的超宽带陷波天线结构示意图

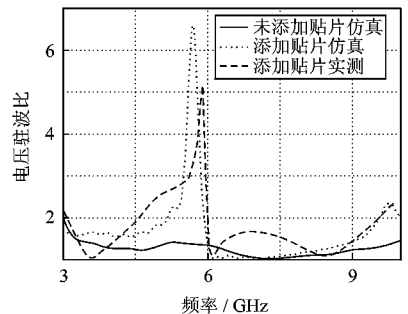


图4 超宽带陷波天线驻波比的仿真和实测图

的天线有效阻断超宽带通信可能产生干扰的频段, 并且保证了其他频段的正常通信。但经过实测得到的电压驻波比大于 2 的频段为 4.59 GHz ~ 5.97 GHz, 比仿真值略大, 这可能与测试环境以及 SMA 接头的焊接精度有关, 影响测量的精度, 但基本符合要求。同时添加贴片之后, 阻抗带宽大幅减小 (2.96 GHz ~ 9.53 GHz), 这是因为添加贴片, 改变天线的电流方向, 影响高频段的天线性能。

图 5(a) 为 5.7 GHz 时未添加贴片与添加贴片时天线表面电流分布情况。可以看出, 在陷波频点, 添加贴片后天线表面电流分布发生根本性变化, 此时主要集中在贴片周围, 使其天线辐射性能急剧下降, 回波损耗减少, 达到陷波目的。而在其它频段内, 表面电流分布与原天线类似, 图 5(b) 为 8 GHz 时原天线与添加贴片的表面电流分布情况, 天线表面电流分布类似, 电流强度也差不多, 这说明添加贴片只改变陷波频段上天线表面电流分布。

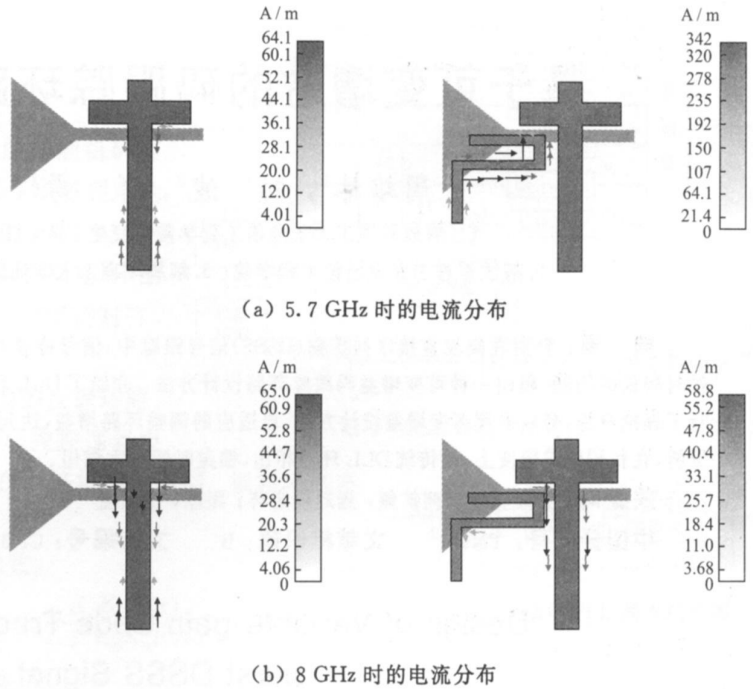


图 5 不同工作频段下的电流分布

图 6 为原天线与缝隙天线的增益对比图, 由图可以看出, 在陷波频段的增益急剧下降, 中心频点 5.73 GHz 的增益抑制达到 9.3 dB, 具有很好的频带抑制效果。

为了验证陷波频段内天线的干扰抑制能力, 选取 11 个频率点, 对天线的辐射效率和增益进行仿真计算, 得到结果如图 7 所示。可以看出, 通带内的增益比陷波处增益要高 9.3 dB 以上, 天线效率在 83% ~ 94% 之间, 表明天线的辐射效率较高, 其原因是采用了较低介电常数的低损耗基板, 同时有良好的阻抗匹配。在陷波频段 5.14 GHz ~ 5.93 GHz 频段内的增益和辐射效率均很低, 由此可以验证天线在通带内正常工作, 而在陷波频段内几乎不工作, 达到解决 UWB 天线与 WLAN 之间干扰的目的。

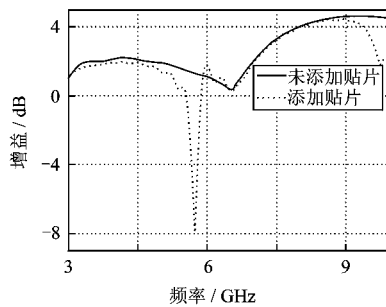


图 6 原天线与缝隙天线的增益对比图

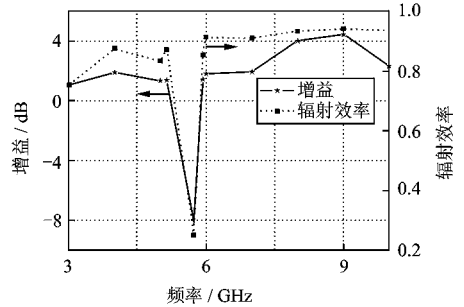


图 7 天线的辐射效率和增益示意图

3 结束语

本文根据微带线-槽线馈电的基本原理, 设计了一款十字形超宽带天线, 尺寸只有 $20 \times 24 \times 1.5 \text{ mm}^3$, 该天线回波损耗小于 -10 dB 的阻抗带宽为 3.03 GHz ~ 15.88 GHz, 绝对带宽达到 12.85 GHz, 相对带宽为 136.3%。在此基础上, 通过在辐射贴片上加载贴片的方法, 实现 5.15 GHz ~ 5.825 GHz 频段的陷波功能, 对于干扰频段的增益抑制最大值达到 9.3 dB, 并且具有小尺寸、低成本、易集成和较好的辐射效率特性的优点, 可以作为短距离无线通信系统的收发天线。

(4) Link-16 一直受到多名航迹和航迹连续性差等问题的困扰,直接影响到指挥人员做出正确的判断和决策。导致这一问题的深层次原因很多,比如导航精度、数据配准算法、相关/解相关算法、航迹质量计算、时钟统一等方面都存在这样或那样的问题。美军仍在致力于提高Link-16生成的CTP质量,具体的工作主要集中在两个方面:一方面通过改进Link-16本身的互操作能力以提高CTP质量,即在报告职责机制基础上改进有关的算法,并确保算法实现的一致性;另一方面,美军寄希望于实现SIAP能力,由SIAP向CTP延伸改善其质量。

参考文献:

- [1] 梅文华,蔡善法. JTIDS/Link-16 数据链[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [2] Department of Defense. MIL-STD-6016B—2002 Tactical Data Link(TDL) 16 message standard[S]. Falls Church, USA: Military C2 Standards Division,2002.
- [3] 张海翔. Link-16 数据链发展的主要问题[J]. 国防信息化,2005(2):33-36.
- [4] 陈 晖. Link-16 数据链发展述评[J]. 空军装备研究,2009,3(3):62-65,69.
- [5] Stewart J, Pierre L, James P, et al. Data fusion and the coalition common operating picture[EB/OL]. (2001-05-03) [2011-6-15]. ftp://62.23.200.70/pubFullText/RTO/MP/RTO-MP-064/MP-064-24.pdf.
- [6] Friedman N. The naval institute guide to world naval weapon systems[M]. 5th ed. Annapolis, USA: Naval Institute Press,2006:111-112.
- [7] Quinlan R. DoD interoperability and advanced engineering environments[EB/OL]. (2002-07-03) [2008-12-11]. http://www.dite.mil/ndia/2002sba/garber.pdf.
- [8] Department of Defense. Department of defense report to congress: network centric warfare[EB/OL]. (2001-07-27) [2008-11-20]. http://www.dodccrp.org/ncw.htm.
- [9] Single Integrated Air Picture System Engineering Task Force. Single Integrated Air Picture(SIAP) block 1 issues[R]. Arlington, USA: SIAP SE T F,2002.

(上接第51页)

参考文献:

- [1] Powell J, Chandrakasan A. Differential and single ended elliptical antennas for 3.1-10.6 GHz ultra wideband communication[C]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. Menterey, Canada: IEEE Press,2004:2935-2938.
- [2] Liao X J, Yang H C, Han N, et al. Aperture UWB antenna with triple band-notched characteristics[J]. Electronics Letters,2011,47(2):77-79.
- [3] Yazdi M, Komjani N. Design of a band-notched UWB monopole antenna by means of an EBG structure[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters,2011,10(1):170-173.
- [4] Samadi T M M, Hassani H R, Nezhad S M A. UWB printed slot antenna with bluetooth and dual notch bands[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters,2011,10(1):255-258.
- [5] Lui W J, Cheng C H, Zhu H B. Compact frequency notched ultra-wideband fractal printed slot antenna[J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters,2006,16(4):224-226.
- [6] 边 莉. Vivaldi 超宽带天线设计及FDTD研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006:37-39.