

文章编号 1005-0388(2005)05-0623-04

# UWB 通信中赫兹磁偶极子天线 发射特性研究\*

姜 兴 李小明

(桂林电子工业学院, jx@gliet.edu.cn, 广西 桂林 541004)

**摘要** 在 UWB 通信中, 利用赫兹磁偶极子天线的微分特性, 由输入方波的上升沿产生窄脉冲。对不同尺寸的赫兹磁偶极子天线的发射信号进行了测试及分析, 由测试结果表明, 该天线作为发射天线具有良好的微分特性, 实现了宽带辐射。天线的尺寸对发射脉冲的宽度和幅度有较大的影响, 天线的尺寸越大, 其辐射的脉冲信号幅度越高, 但其脉冲宽度也越宽。

**关键词** 赫兹磁偶极子, UWB 系统, 窄脉冲, 辐射特性

**中图分类号** TN822<sup>+</sup>.8      **文献标识码** A

## Research of emitting characteristic of Herz dipole antenna

JIANG Xing LI Xiao-ming

(Guilin Institute of Electronic Technology, jx@gliet.edu.cn, Guilin Guangxi 541004, China)

**Abstract** For a UWB communication system, by using differential characteristic of Herz magnetic dipole antenna, the narrow pulse can be produced from the rise edge of input square-wave signal. In this paper, the emitting signals of Herz dipoles with different dimension are tested and analyzed. The measured results show the width and attitude of the emitting pulse depends on the dimensions of dipole, the larger of the Herz dipole's dimension, the higher of the emitting signal attitude and the wider of the emitting pulse width.

**Key words** Herz magnetic dipole, UWB system, narrow pulse, radiating characteristic

## 1 引言

在现代通信中, 尤其是无线通信中, 为保证通信的有效性, 希望通信系统具有较强的抗干扰能力。极窄脉冲或称 UWB(Ultra-wide band)超宽带具有低截获率、抗多径能力强、对障碍物具有良好的穿透能力、低成本、易维护等优点, 并可同时实现通信、雷达和跟踪定位三大功能, 是目前通信、雷达及探测领域的研究热点之一。

二十世纪八十年代, 其主要应用为雷达领域, 九

十年后, 开始对赫兹磁偶极子天线在通信领域中的应用进行了推广研究。从美国的有关信息报导中获悉, 目前该研究已取得了较为重要的阶段性成果。

实现 UWB 系统中极窄脉冲的发射有两种机理。一是由发射端产生窄脉冲信号, 由宽带天线发射出去, 国内外对用于 UWB 的宽带天线和超宽带天线进行了大量的研究<sup>[1], [2], [3]</sup>; 二是由发射端产生相应的方波信号, 方波信号通过具有微分性质的电偶极子或赫兹磁偶极子天线<sup>[4], [5]</sup>, 由方波的前后沿产生相应的脉冲信号, 辐射到自由空间中; 由于电偶

\* 收稿日期: 2004-10-08.

基金项目: 广西自然科学基金(桂科基 0342045); 广西教育厅科研项目(桂教科研(2002)22)

极子是具有两个振子的电小天线,不能允许大电流流过,而赫兹磁偶极子的结构适合于大电流通过,因此,一般选择赫兹磁偶极子作为第二种方法的发射天线。在此方法中,赫兹磁偶极子天线是脉冲的产生及辐射部分,作者对该天线的辐射特性进行分析研究。

## 2 赫兹磁偶极子天线

赫兹磁偶极子环天线结构如图 1 所示,为使辐射远区场为线极化,选择方形环结构,该方形环结构亦可认为是由四段电偶极子所组成,由于四个电偶极子中相对的两段上的电流幅度相同、方向相反,因此,所产生的远区场的方向相反,其合场会因此而抵消。为使远区辐射场不被抵消,选择天线如图 2 所示。由于希望获得线极化的远区场,因此,选择 b 和 d 两部分结构相同,同时为避免后部馈电振子对前面振子辐射场的影响,选择 c 段的直径较细,而辐射面 a 的尺寸较大。这样使得远区辐射场可以得到很好的线极化。

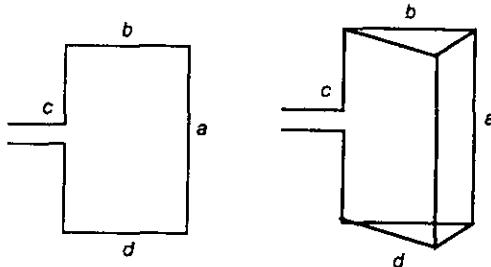


图 1 赫兹磁偶极子环天线 图 2 变形赫兹磁偶极子环天线

赫兹磁偶极子天线所产生的远区电场和磁场分别为<sup>[4]</sup>:

$$\mathbf{E} = -\frac{Z_0 s}{4\pi c r} \frac{di}{dt} \frac{\mathbf{s}}{s} \quad (1)$$

$$\mathbf{H} = \frac{s}{4\pi c} \left[ \frac{1}{r} \frac{di}{dt} + \frac{c}{r^2} i \right] \frac{\mathbf{s} \times \mathbf{r}}{sr} \quad (2)$$

式中  $i$  为流过赫兹磁偶极子环天线的电流;

$c$  为电磁波在自由空间中传播的速度;

$r$  为天线到场点的矢距;

$s$  则为赫兹磁偶极子天线的辐射面的长度,  $s$  的方向为该面上电流流动的方向。

由(1)式可以看出,远区辐射场与电流的时间变化率成正比。当通过该天线的电流发生变化时,即电流的时间导数存在时,则有辐射场产生。

对于方波信号,当上升沿的斜率很大时,在天线上将会有一较大的输出,当信号处于高电平时,电流

万方数据

不随时间而变,故无信号输出。即在方波的上升沿,由天线可得到一个窄脉冲信号。窄脉冲的频谱很宽,获得了一个宽带而与频率无关的天线。

在实际应用中,天线总是具有一定的尺寸,因此,该天线实际是与频率有关的。选择天线的尺寸较小,在 0~2GHz 的范围内,可保证天线在此波段的辐射仍满足赫兹磁偶极子的辐射。

利用赫兹磁偶极子天线作为信号的接收器,电场与天线上的感应电流之间的关系为<sup>[4]</sup>:

$$E_0 = \frac{Z_0}{s_i \cos \gamma} \left\{ \frac{s_i^2}{6\pi c^2 i_s} \left[ \frac{di_s}{dt} \right]^2 + \frac{s_i^2}{6\pi c r_i} \frac{di_s}{dt} + \frac{Z_L i_s}{Z_0} \right\} \quad (3)$$

上式中  $E_0$  为空间外来电场,  $Z_0$  为传输线的特性阻抗,  $i_s$  为天线中的感应电流,  $Z_L$  为接收系统的负载阻抗,  $c$  为自由空间中的电磁波传播的速度,  $r_i$  为距离,  $s_i$  则为接收天线的辐射面的长度,  $\gamma$  为外电磁波与天线所成的夹角。

实验系统采用 Agilent 脉冲信号发生器作为方波发生器,接收端直接接到示波器 50Ω 的负载上,故对于上式括号第三项中,  $Z_L = Z_0 = 50(\Omega)$ , 分子分母可约去,只剩下  $i_s$ ; 由脉冲发生器所产生的方波的电压上升沿为 3.5ns, 则  $\frac{di}{dt} = \frac{1}{Z_0} \frac{dV}{dt}$  约在  $10^{-7}$  的数量级上,对于上式中的前两项电流导数系数的分母中,有  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ , 分子上的  $s_i < 0.1 \text{ m}$ , 也是较小的量,因此,括号中的前两项为  $< 10^{-3}$  的较小的数,与第三项相比为高阶无穷小项,可略去不计,即在本实验条件下,赫兹磁偶极子天线所接收的电场为:

$$E_0 \approx \frac{R_L i_s}{s_i \cos \gamma} \quad (4)$$

即天线中所得到的电流为

$$i_s = \frac{E_0 s_i \cos \gamma}{R_L} \quad (5)$$

(5)式表明在本实验状态下,接收电流与外来电场成正比,故在利用赫兹磁偶极子天线作为接收天线时所得到的信号即为空间辐射场信号。

## 3 实验测试与分析讨论

对不同尺寸的赫兹磁偶极子发射天线进行了测试,利用 Agilent81110A 脉冲信号发生器产生方波序列信号,直接通过赫兹磁偶极子天线发射出去,利用 Agilent54846A 示波器记录发射天线端的辐射信号。方波序列信号的重复频率为 10MHz, 方波的宽度为 20ns, 上升沿和下降沿均为 3.5ns 左右, 如图 3

所示。由上节分析可知,赫兹磁偶极子接收天线具有与接收场正比的特性,故采用它作为接收天线,接收空间辐射脉冲信号。

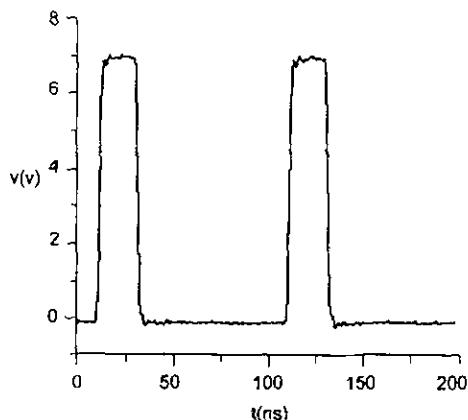


图3 输入方波信号

实验中,对 $2 \times 3 \text{cm}^2$ 、 $3 \times 5 \text{cm}^2$  和  $5 \times 10 \text{cm}^2$  的赫兹磁偶极子发射天线进行了测试,分别测试了其发射端的信号波形和由接收天线接收到的波形;相应于三种不同天线的发射端信号波形分别见图4(a)、(b)、(c);利用赫兹磁偶极子接收天线接收的相应空间脉冲信号波形分别见图5(a)、(b)、(c)。

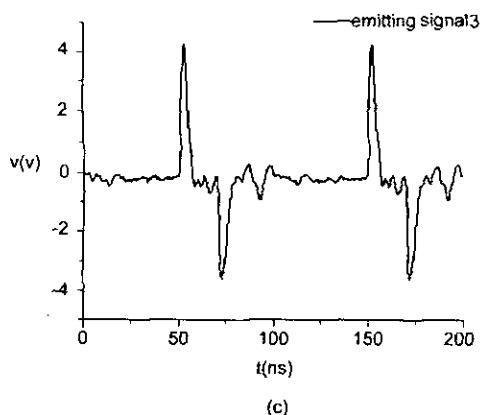
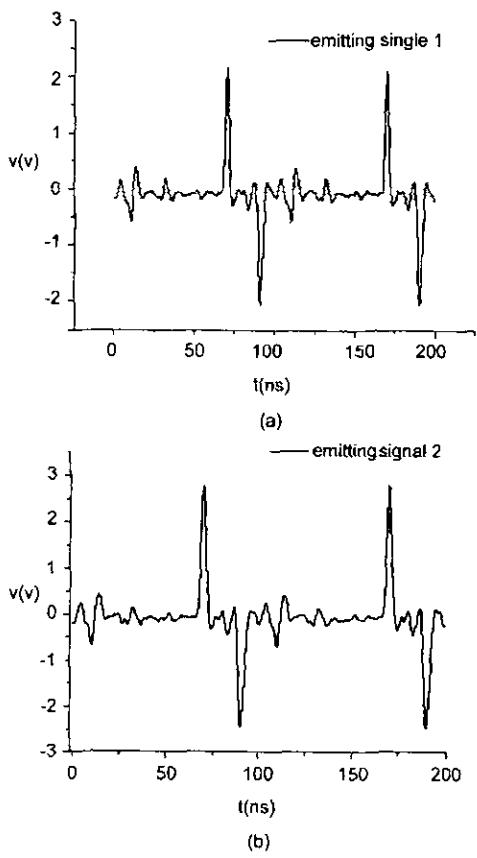
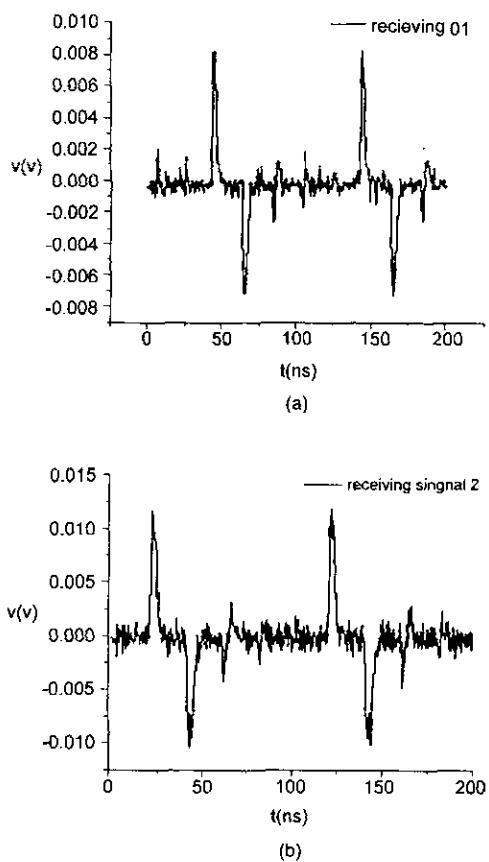


图4 不同发射天线的发射信号

由图4中的测试结果可以看出,对于输入方波信号,在赫兹磁偶极子发射天线上可以得到很好的脉冲波形,相对应于方波的上升沿得到的是正脉冲,而相对于方波的下降沿得到的是负脉冲,说明赫兹磁偶极子发射天线具有良好的微分特性。由图5中的测试结果可以看出,由赫兹磁偶极子接收天线接收的信号与发射天线的信号相比,其相应的的脉冲信号的宽度与幅度成正比,即在对应方波上升沿相应为正脉冲信号,相应于方波信号下降沿的位置为负脉冲信号。



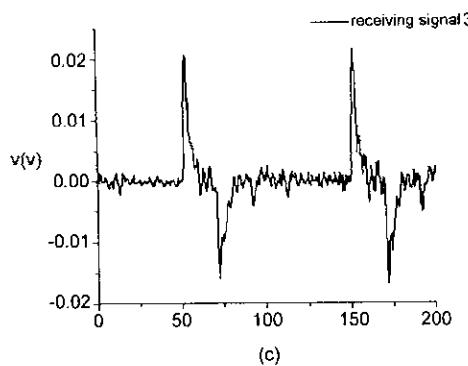


图5 不同发射天线的接收信号

表1综合了上述测试信号波形特性参数,由表中可看出,在相同方波输入的情况下,不同的发射天线所得到的脉冲信号也不同,发射天线的尺寸越大,所得到的脉冲信号的幅度越大,但同时脉冲信号的宽度也越宽;接收空间脉冲信号的幅度与脉冲宽度均与发射信号成正比,即与发射天线的尺寸相关。

表1 不同天线测试参数的比较

	发射天线		接收天线	
	脉冲宽度 *(ns)	脉冲峰值 (V)	脉冲宽度 *(ns)	脉冲峰值 (mV)
发射天线 $2 \times 3\text{cm}^2$	4.5	2.17	4.9	8.22
发射天线 $3 \times 5\text{cm}^2$	5.97	2.78	6.8	12
发射天线 $5 \times 10\text{cm}^2$	7	4.29	9.47	20.7

\*上表中的脉冲宽度是整个脉冲的宽度,测试距离为3m。

#### 4 结论

本文对赫兹磁偶极子作为发射天线的辐射特性进行了分析,对不同尺寸的发射天线进行了测试,结果表明,赫兹磁偶极子发射天线具有良好的微分特性即宽带辐射特性;实测结果表明天线尺寸的大小影响发射功率、效率及信号的波形。

#### 参考文献

- [1] Narayan Prasad Agrawall, Girish Kumar, and K P Ray, Wide-band planar monopole antenna[J]. IEEE Trans. Antennas and Propag., 1998, 46(2): 294~295.
- [2] Kamran Ghorbani and Rod B Waterhouse. Ulrabroadband Printed (UBP) Antenna[J]. IEEE Trans. Antennas and Propag., 2002, 50(12): 1697~1704.
- [3] 何 芒,徐晓文.一种宽频带圆柱共形微带天线的全波分析和设计[J].电波科学学报,2004, 19(1):27~31.  
M He, X W Xu. Full-wave analysis and design of a wideband cylindrically conformal microstrip antenna [J]. Chinese Journal of Radio Science, 2004, 19(1):27~31.
- [4] Harmuth H F. Antennas and Waveguides for Nonsinusoidal Waves [M]. ACADEMIC PRESS, INC. 1984.
- [5] Wang Stanley, Prof Robert W Brodersen. Ultra-Wideband Antenna Simulations[EB/OL]. Berkly Wireless Research Center, January 8, 2002.

姜 兴 (1962—),女,河北人,桂林电子工业学院,副教授,通信与信息工程系副主任,主要研究方向:天线、电磁计算。

李小明 (1973—),男,山东人,桂林电子工业学院在读硕士,主要研究方向:天线、电磁计算。

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>