

0.2 ~ 2 GHz 宽带双脊喇叭天线的设计*

鲍小一, 蒋全兴

(东南大学 电磁兼容研究室, 南京 210096)

摘 要 :双脊喇叭天线作为一种重要的宽带天线,在电磁兼容性测试中的应用越来越广泛。本文采用软件仿真设计了一种 0.2 ~ 2 GHz 的双脊喇叭天线。通过仿真计算优化了天线各部分的尺寸,计算了天线的驻波比、增益和方向图等参数。对制造出的天线的参数进行实测,结果和仿真结果基本吻合。

关键词 :宽带天线 ;双脊喇叭天线 ;电磁兼容 ;设计 ;仿真

中图分类号 :TN82 **文献标识码** :A

Design of a 0.2 ~ 2 GHz Broadband Double - Ridged Horn Antenna

BAO Xiao - yi, JIANG Quan - xing

(EMC Laboratory, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract :As an important form of broadband antenna, the ridged horn antenna has been widely used in EMC measurements. A double - ridged horn which is usable from 0.2 ~ 2 GHz is designed through simulation. The antenna parameters such as VSWR, gain and radiation pattern are calculated and the dimension of the antenna is optimized based on the simulation. The antenna is manufactured and its parameters are measured, the test results agrees well with the simulation result.

Key words :broadband antenna ;double - ridged horn antenna ;EMC ;design ;simulation

1 引 言

电磁兼容性测试中广泛采用宽带天线,主要的类型有双锥天线、对数周期天线、双脊喇叭天线等。尽管以前使用过对数周期天线等线极化天线,但由于天线极化中心移动及近场/远场等问题,不能得到和双脊喇叭天线相同的结果。为了保证测试的一致性,在 GJB 152A - RE102 中明确规定,全部统一使用双脊喇叭天线。本研究室出于试验需要,设计了一副双脊喇叭天线,用以代替对数周期天线。

2 喇叭天线的设计

双脊喇叭天线的结构如图 1 所示。

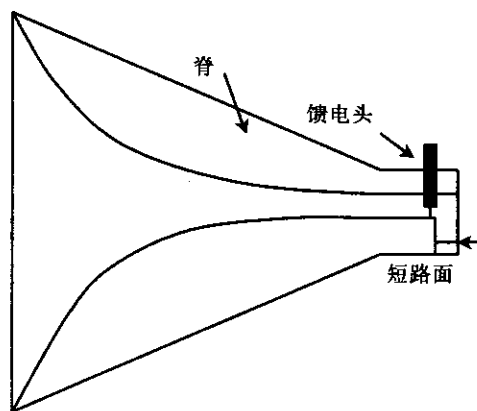


图 1 双脊喇叭结构示意图

喇叭天线的设计比较关键的是以下 3 个部分参数的设计 :①馈电部分双脊波导尺寸的选择 ;②脊曲

* 收稿日期 2005 - 10 - 08 ;修回日期 2006 - 01 - 25

线形状的设计 ;③馈电点到短路面之间距离的确定。

本喇叭的工作频率范围为 0.2 ~ 2 GHz ,必须满足天线喇叭部分的截止频率要低于 0.2 GHz ,且在上述频率范围内保证单模传输。采用和喇叭截面尺寸相同的双脊波导的截止频率和单模传输宽度来近似喇叭的截止频率和单模传输带宽^[1]。

矩形双脊波导的结构如图 2 所示。其中 A 和 B 为波导的宽和高, S 为脊的宽度, D 为两个脊之间的距离。

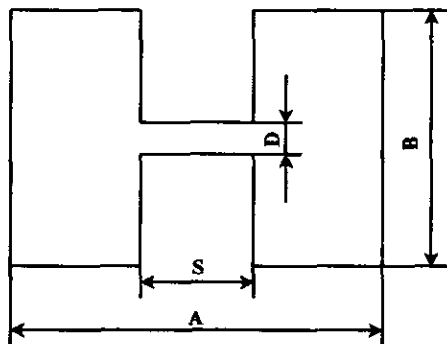


图 2 双脊波导结构示意图

对矩形波导来说,单模传输带宽可以达到 4 : 1 ,最大可用带宽(单模传输)是由 TE_{10} 模的截止波长和 TE_{20} 模的截止波长的比值决定。在此喇叭的设计中,由于是采用同轴馈电,激励点处于脊波导中心,得以抑制 TE_{20} 模,使它不被激励。双脊波导的最大可用带宽就由 TE_{10} 模的截止波长和 TE_{30} 模的截止波长的比值决定,带宽得到了扩大^[2]。这也是本喇叭带宽可以达到 10 倍频程甚至更宽的原因。

建立双脊波导的仿真模型,计算 TE_{10} 模和 TE_{30} 模的截止频率,使在 0.2 ~ 2 GHz 带宽内保证单模传输。事实上,波导真正的使用频率并没有这么宽,通常使波导的使用频率高于截止频率 15% ~ 25% ,在建模仿真的时候应予以注意。

脊曲线的设计是喇叭设计的关键部分。喇叭的脊起到一个阻抗渐变的作用,它使馈电点处的阻抗从 50 Ω (或者更低)逐渐变化到口面处的 377 Ω 。脊的形状直接影响喇叭天线的性能,如 VSWR 等。脊曲线是一指数曲线,为了改善喇叭天线在低频端的性能,在指数曲线上叠加一个小的线性部分^[3]。曲线方程可表示为

$$y = ae^{kx} + bx \quad (1)$$

求解曲线需要的 3 个点坐标确定方法如下:脊曲线的起点和终点分别对应馈电点处和喇叭口面处

间距的一半,馈电点处间距也就是上文确定的双脊波导的脊间距,而喇叭的口面距离可按照一般喇叭的设计方法确定^[4]。国外的文献^[2]指出:如果脊曲线是一条使中间部分的阻抗为两端阻抗平均值的指数曲线,它就能保证有很好的阻抗匹配特性。取脊曲线中间处喇叭的截面,建立和此截面尺寸一样的双脊波导的模型。由于阻抗是已知,就可求得此处脊间距离,此距离的一半就可以作为求解方程的最后一个点的坐标,从而确定了方程(1)中 a 、 k 、 b 的值,得到脊曲线的方程。

对于馈电点到短路面之间的距离,一般选取 TE_{30} 模对应波长的一半^[2],或者更小一点。至此就得到了双脊喇叭的基本设计参数,据此建立仿真模型。通过不断的微调 a 、 k 、 b 的值得到不同的脊曲线,再调整馈电点到短路面的距离,得到不同的仿真模型,从中选择综合性能(VSWR、增益、方向图等)最好的仿真结果作为最后的设计尺寸。

3 仿真及测试结果

按此步骤仿真计算并制造的双脊喇叭天线如图 3 所示。图 4 是仿真计算的驻波比和实测的驻波比的对照图,图 5 给出了增益的仿真计算和实测的增益曲线。增益的实测值和仿真值的变化趋势基本一致,但要低 1 ~ 5 dB。这是由于仿真是在不计损耗并满足远场条件的情况下计算得到的,而实际情况却复杂得多。天线本身的一些结构缝隙、测试场地的反射等都有可能造成增益的下降。

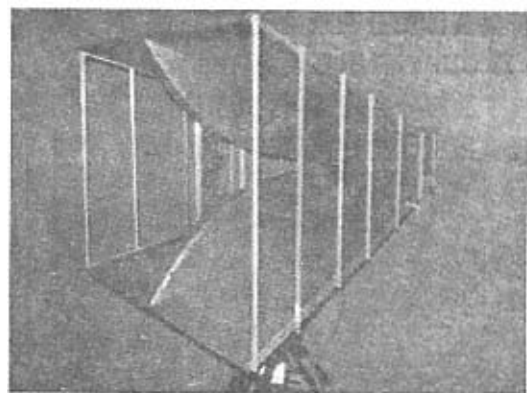


图 3 制造的喇叭天线

图 6 ~ 图 13 给出了在不同的频率点上喇叭天线仿真和实测的 E 面和 H 面方向图的对比。从图中可以看出,频率变高时,仿真计算的方向图与实测

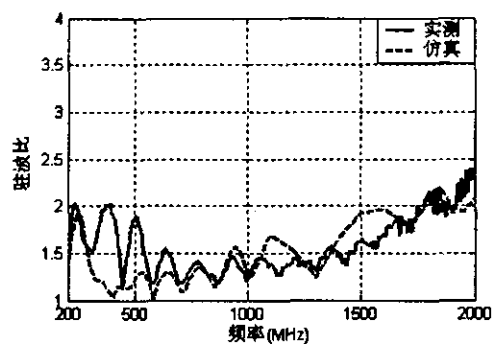


图 4 驻波比计算和实测结果对比

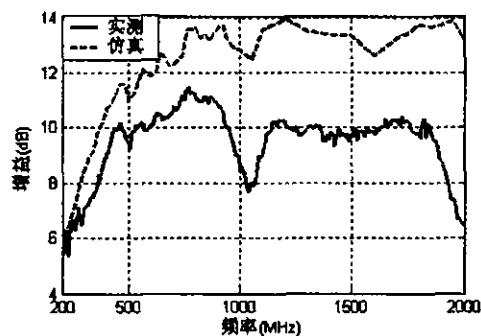


图 5 增益计算和实测结果对比

相比变得更窄,这和增益的对比结果一致。图 12 和图 13 是 2 GHz 时天线的方向图,虽然实测和仿真的结果有一定的差异,但都表达出同样一个信息:波瓣分裂。实测中波瓣分裂非常严重,这也是实测增益在高频时急剧下降的原因。在电磁兼容性测试中,波瓣的分裂应当引起重视,会带来测量结果的偏差。对于本设计中的双脊喇叭天线,当频率高于 1.5 GHz 时出现波瓣分裂现象,应慎重使用。对于市售的 1~18 GHz 双脊喇叭天线,在 12~15 GHz 左右也已出现了波瓣分裂现象^[5],但在任何厂商的说明书上都没有指出,应当引起我们的重视。

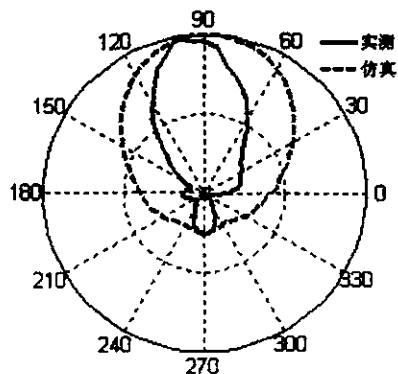


图 6 200 MHz 时 E 面方向图

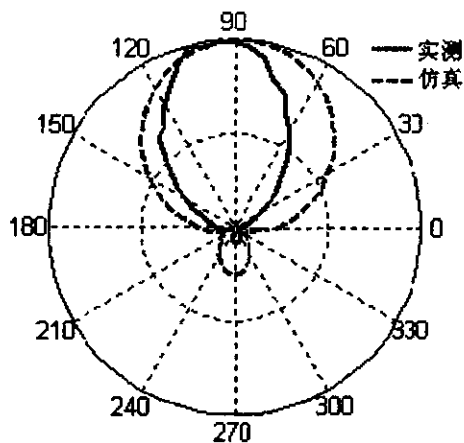


图 7 200 MHz 时 H 面方向图

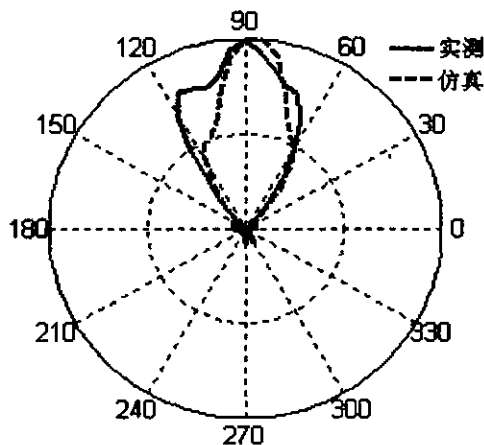


图 8 1 GHz 时 E 面方向图

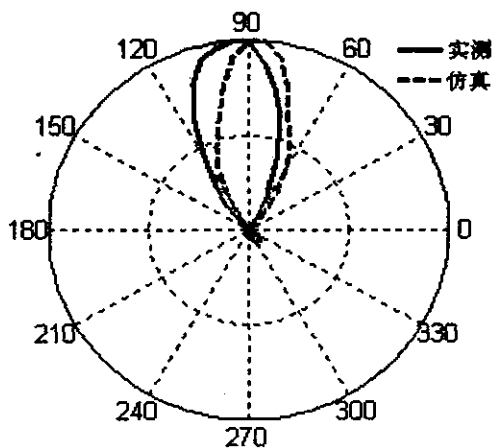


图 9 1 GHz 时 H 面方向图

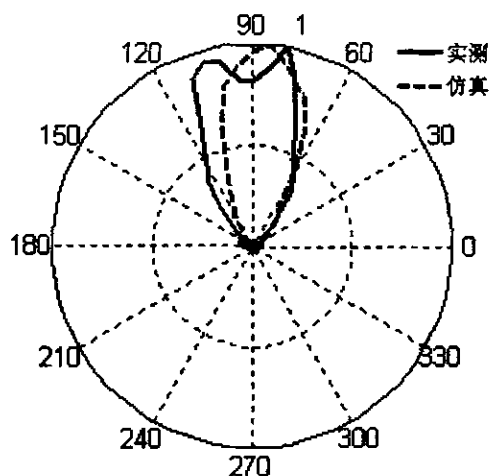


图 10 1.5 GHz 时 E 面方向图

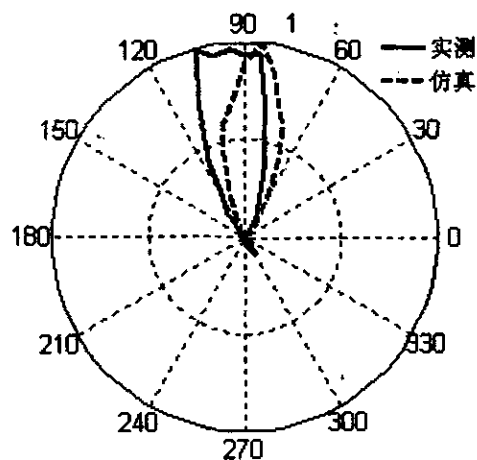


图 11 1.5 GHz 时 H 面方向图

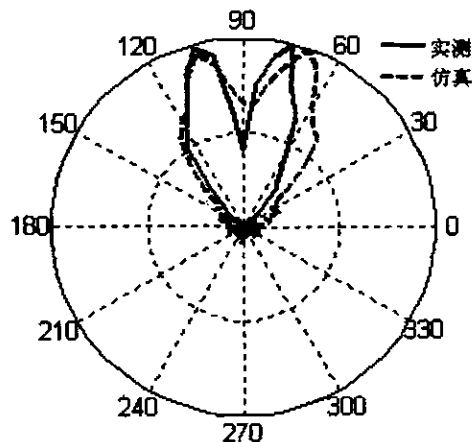


图 12 2 GHz 时 E 面方向图

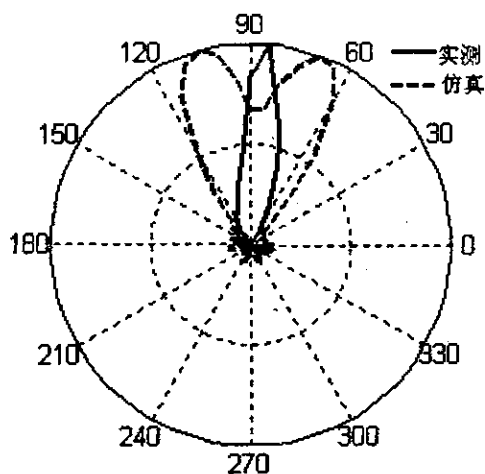


图 13 2 GHz 时 H 面方向图

4 结 论

利用仿真并按此制造的双脊喇叭天线,在 0.2 ~ 2 GHz 的频率范围内能保证驻波比 $VSWR \leq 2.5$ 。它的增益不很高,意味着它的波瓣宽度不会很窄,尤其是在高频段部分。这对电磁兼容性测试在一定程度上来说是有利的,以满足电磁兼容性测试对照射面的口径要求。

参考文献:

- [1] W J Getsinger. Ridged waveguide field description and application to directional couplers[J]. IRE Trans MTT, 1962, 10: 41-50.
- [2] K L Walton, V C Sundberg. Broadband ridged horn design[J]. Microwave J, March 1964: 96-101.
- [3] J L Kerr. Short axial length broad-band horns[J]. IEEE Trans Antennas Propag, 1973, 21(9): 710-714.
- [4] 魏文元,等. 天线原理[M]. 北京:国防工业出版社, 1985.
- [5] C Bruns, P Leuchtman, R Vahldieck. Analysis and simulation of a 1-18GHz Broadband double-ridged horn antenna[J]. IEEE Trans Electromagn Compat. 2003, 45(1).

作者简介:



鲍小一(1981-),男,东南大学硕士研究生,研究方向为电磁兼容性设计;

蒋全兴(1942-),男,东南大学教授(电子信箱)qxjiang@seu.edu.cn。

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)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)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、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),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>