

# 多波段天线罩毫米波透过率测量

程刚 王仁珊 谷咸平

(中国科技大学电子工程系, 合肥 230027) (陕西青华机电研究所, 西安 710065)

**摘 要** 某飞行器的设计要求研制一种既透红外又透毫米波的天线罩。我们选择了一种材料, 其红外透射性能比较好, 熔点高、硬度及压缩强度高, 适合制作天线罩。据报导, 该材料也可透过毫米波但未见具体透过率数据。利用 Wiltron562 型网络分析仪、6669B 扫频信号源测试多波段天线罩和 CVD 材料样品在毫米波频段的透过率, 为多波段天线罩的设计提供依据。

本文介绍了多波段天线罩毫米波透过率测试系统, 测试方法和测试内容。将透过率随频率变化规律绘成曲线, 同时测试已知透过率的毫米波天线罩, 以此验证多波段天线罩透过率测试数据是可信的。测试了三种不同厚度的 CVD 材料的透过率, 找出了透过率最高的频段, 根据单层天线罩设计理论, 分析计算结果与实际结果相符合。

**关键词** 天线罩; 透过率; 毫米波

## 0 引言

现代飞行器以超音速、大机动性飞行, 对天线罩的要求越来越高, 不但要求轻质高强, 还要求高效率的透过多波段。所以天线罩设计的首要任务是选定材料。某飞行器设计要求研制一种既透射红外又透过毫米波的天线罩。根据国内外有关资料报导, 我们选择了一种材料, 其红外透射性能比较好, 硬度及压缩强度高, 适合制作天线罩。据报导, 该材料也可透过毫米波, 但未见具体透过率数据。我们利用标量网络分析仪与扫频信号源测试用该材料制作的天线罩和 CVD 材料样品在 8mm 波段的透过率, 对镀膜和无镀膜的天线罩在不同频段上的透过率进行了比较, 根据单层天线罩的设计理论, 分析计算了天线罩的最佳厚度。为多波段天线罩的设计研制提供依据。

## 1 天线罩测试系统

天线罩毫米波透过率的测量使用了标量网络分析仪器系统和微波暗箱等仪器设备。该测试系统由 Wiltron562 型网络分析仪、6669B 扫频信号源、收发天线、检波器、打印机、微

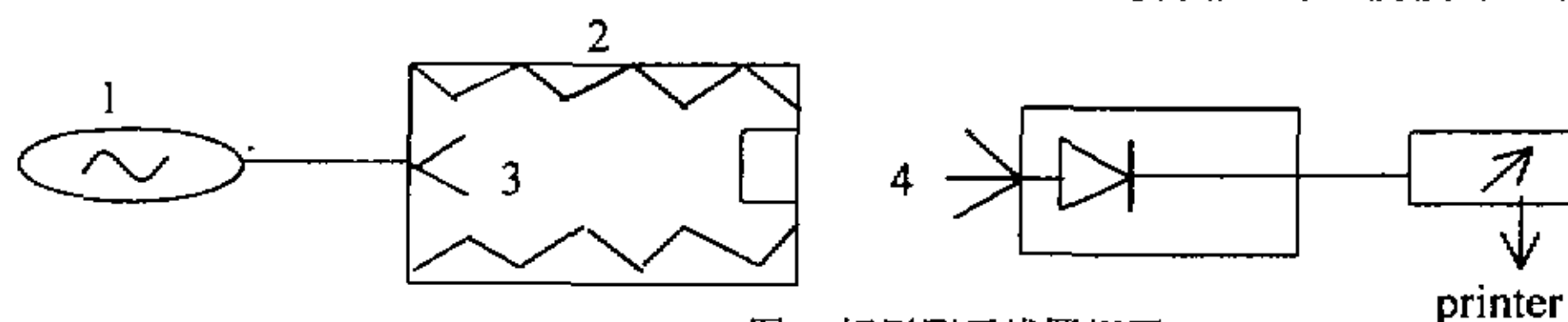


图 1 标网测天线罩框图

\* 收稿日期: 2000-03-23

其中 1—6669B 扫频信号源; 2—微波暗箱; 3、4—标准喇叭天线;  
5—检波器; 6—562 型标量网络分析仪主机。

波暗箱、天线支架等组成, 系统框图如图 1 所示。

## 2 测试方法和测试内容

### 2.1 测量方法

天线罩毫米波透过率的测试是将发射天线放在微波暗箱中, 扫频信号源的输出功率通过发射天线向外传播, 由接收天线接收该信号功率, 并通过检波器检波后输出到 Wiltron562 标量网络分析仪, 经网络分析仪分析输出接收功率值, 由打印机打印输出。将天线罩安装在微波暗箱的口部, 测量安装天线罩和不安装天线罩时的检波输出功率, 通过比较两个值, 求出透过率。计算公式如下:

$$T = P_2 / P_1 \times 100\%$$

式中  $P_1$ —无天线罩的检波输出功率;  $P_2$ —有天线罩的检波输出功率;  $T$ —透过率。

### 2.2 测量内容

我们已经研制了一种适用于毫米波段的聚胺酯泡天线罩, 该天线罩已达到技术指标要求。同时测量多波段天线罩和聚胺酯泡沫天线罩的透过率, 将多波段天线罩的透过率与已知的聚胺酯泡沫天线罩的透过率比较来验证用这种测试方法测量得到的透过率数据的可信度。具体测试内容如下。

#### 2.2.1 测试多波段天线罩透过率

多波段天线罩外形为球缺。测试多波段天线罩镀膜与无镀膜的透过率。

#### 2.2.2 测量聚胺酯泡沫天线罩透过率

聚胺酯泡沫天线罩边缘厚中间逐渐变薄, 形状为抛物面形。

#### 2.2.3 测量 CVD 材料的透过率

用 CVD 材料制成三种不同厚度的样品进行毫米波透过率测量。

## 3 测量结果

### 3.1 多波段天线罩透过率

将镀膜和无镀膜天线罩透过率测试数据绘成曲线如图 2 所示。

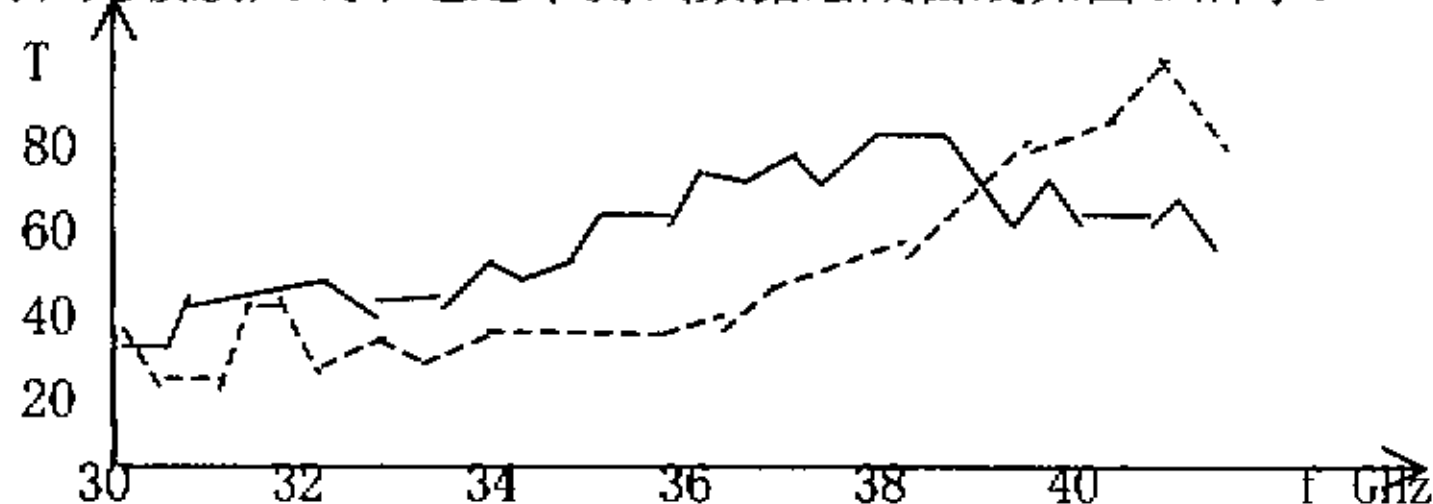


图 2 镀膜无镀膜天线罩透过率曲线

—— 实线为无镀膜天线罩; - - - - 虚线为镀膜天线罩

由图可见, 在中频段多波段天线罩镀膜的比不镀膜的透过率低。

测试频率在中间范围内,镀膜天线罩透过率变化不大,无镀膜天线罩透过率变化较大。

### 3.2 聚胺酯毫米波天线罩透过率

聚胺酯毫米波天线罩透过率测试数据为 90~95%,符合给定的技术指标。

通过对多波段天线罩和聚胺酯毫米波天线罩透过率的对比测量,我们认为采用这种方法测量多波段天线罩透过率的测量值是可信的。因为聚胺酯天线罩透过率的测量值和厂方给的透过率是基本一致的。

### 3.3 CVD 材料透过率

利用改变频率的方法测量厚度为 A、B、C 三个 CVD 样品的透过率,将测试数据绘成曲线如图 3 所示。

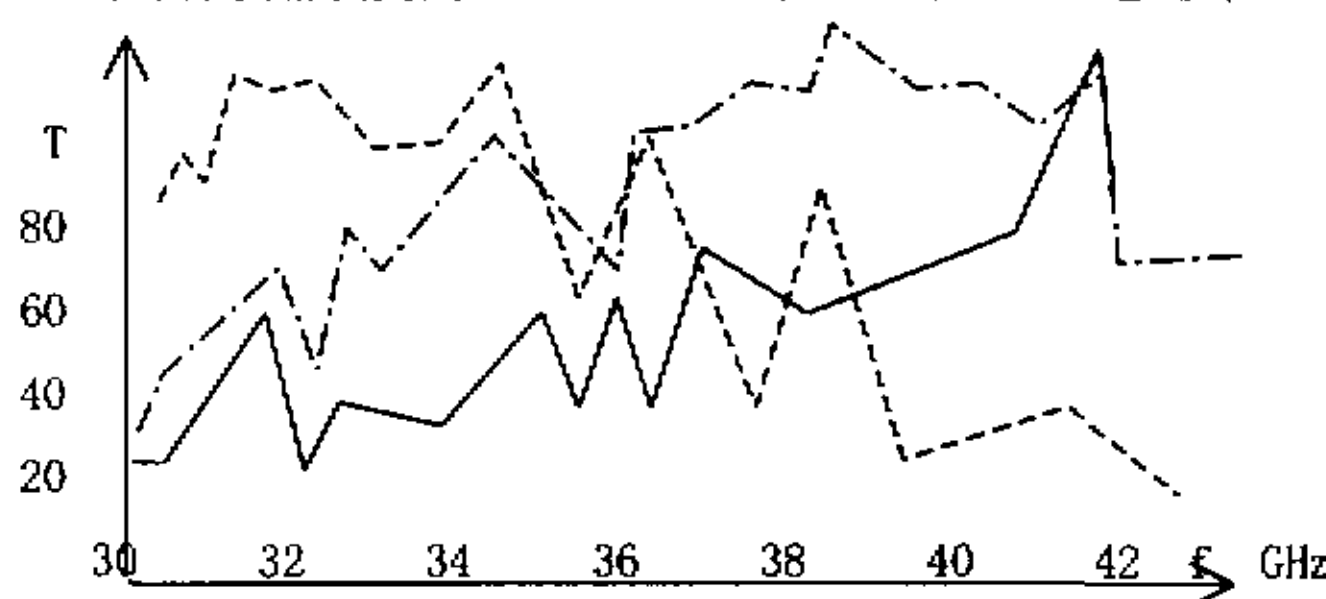


图 3 CVD 样品透过率曲线

——实线样品厚度为 A; - · - 点画线样品厚度为 B; - - - 虚线样品厚度为 C

由图可见,材料厚度为 C 的样品频率在低频段透过率高;厚度为 A 的样品频率在高频段透过率高;厚度为 B 的样品频率在中频段透过率高。

### 3.4 理论与实测数据分析

根据单层天线罩设计理论基础,当忽略介质损耗,介质平板厚度  $d$  等于下式时,反射系数为 0,即天线罩壁厚相当于介质波长一半的整数倍,称为半波长壁厚。

$$D = m \lambda / 2 \sqrt{\epsilon_r - \sin^2 \theta} \quad (1)$$

式中  $\lambda$  为波长;  $\epsilon_r$  为相对介电常数;  $\theta$  为入射角;  $m$  为正整数,取值越大电波损耗越大,通常取 1。

取入射角  $\theta = 0$  时,天线半波长壁厚  $d$  为:

$$d = m \lambda / 2 \sqrt{\epsilon_r} \quad (2)$$

将波长  $\lambda$  及 CVD 介质相对介电常数  $\epsilon_r$  代入②式,可以计算出天线罩半波长壁厚。

理论计算结果与测试结果相符合。

利用改变频率的方法选择天线罩材料厚度试验是成功的,壁厚取介质半波长整数倍的样品透过率高,壁厚越大,损耗越大,透过率变低。

## 4 结束语

天线罩毫米波透过率的测量是一个初步探讨,由于目前微波暗室尚未投入使用,暂用微波暗箱测量,条件不够严格,下一步将在微波暗室里用网络分析仪进行测量。

## 参 考 文 献

1. 彭望泽等, 防空导弹天线罩, 北京宇航出版社, 1993, 5

## The Measuring of Multi-wave Radomes MMW Transmissivity

Cheng Gang

(Electronic Engineering Department, USTC, Hefei, 230027)

Wang Renshan Gu xianping

(ShanXi Qinghua Mechanism and Electronic Institute, Xi'an, 710065)

**Abstract** A kind of radomes which can be passed through by not only the infrared ray but also the MMW is been developing for a certain aircraft. An appropriate material is chosen for making the radomes. This material has a good infrared ray transmissivity and a high melting point as well as a high hardness and compressibility. It is reported that MMW can pass through this material, but we have not found the published idiographic data. The WLTRON model-562 network analysis apparatus and the 6669B Swept signal generator are used to test the transmission of multichannel radomes and CVD material sample in the 8mm wavelength, this provides scientific basis for the multichannel radomes design.

This testing method and system for measuring the multichannel radomes MMW transmissivity are presented in this paper. The results are listed in the tables and the curves of transmissivity depend on the frequency are presented in this paper. The MMW radomes while the known transmissivity are tested in order to verify the transmissivity of the multichannel radomes. By changing the frequency, we have decided the optimum thickness and by measuring the CVD materials with three different thickness and the transmissivity in the frequency between 30GHz and 40GHz, we have found the highest transmissivity frequencylength according the single layer radomes designing theory. The computed results are compatible with the testing results.

**Key words** transmissivity; radomes; millimeter wave

## 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](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>