

应用激光技术制作聚酰亚胺锥形微带天线

叶匀分¹, 朱荣林²

(1. 复旦大学 化学系, 上海 200433; 2. 上海航天测控通信研究所, 上海 200092)

摘 要: 介绍一种利用激光的高能量, 使沉积有金属铜的聚酰亚胺局部受热分解, 而制作锥形微带天线的新方法, 并对工艺条件进行了探讨。

关键词: 激光技术; 聚酰亚胺; 微带天线

中图分类号: TN 249; TN 822

文献标识码: A

随着卫星通讯和运载火箭等技术的发展, 单一极化方式的天线已远难满足要求, 圆极化天线的应用就显得十分重要。在电子对抗中, 使用圆极化天线可以干扰和侦察敌方的各种极化及椭圆极化方式的无线电波; 在剧烈摆动或翻飞的飞行器上装置圆极化天线, 除可减少信号漏失外, 还可消除由电离层法拉第旋转效应引起的畸变影响; 在电视广播中采用圆极化天线可望克服重影。

聚酰亚胺是目前有机聚合物中最耐高温的品种之一。其在空气中的连续使用温度可达到 250 ℃。由于聚酰亚胺的芳香结构, 该聚合物具有良好的耐辐射性能。经钴-60 累积剂量为 3.56×10^9 伦琴的 γ 射线辐照后, 其拉伸强度仍可保持 88%。此外, 聚酰亚胺具有良好的电性能, 例如高的介电强度、低的介电系数以及低的介电损耗^[1], 因而被广泛用作外空间微带天线的基体材料。因此, 在聚酰亚胺基体上制作锥形微带天线, 具有十分重要的现实意义。

目前圆极化天线的制作, 公开报道的方法主要有传统的掩膜法和金属线粘贴法^[2]。对于表面可展开为平面的天线, 如: 圆柱体、锥体等可用掩膜光刻的方法; 但用这一方法制作的天线存在着掩膜拼接错位, 定位不准等问题。而表面展开不是平面的一些圆极化天线; 通常使用金属线粘贴的方法, 这种方法所制得的微带天线, 成品率低、一致性差; 一旦使用过程中金属线剥离, 则将严重影响通讯信号。我们采用激光技术来制作曲面微带天线, 弥补了上述方法的不足, 获得了性能较好的微带天线。

1 微带天线的制作方法

1.1 锥形微带天线的形式

锥形微带天线目前报道的只有锥体上绕有金属螺旋线这一形式。锥形微带天线的差异仅反映在基体材料、基体大小、锥体锥角和金属螺旋线的数量、宽度、缠绕角等参数上面。锥体上的螺旋线形式, 如图 1 所示。

其螺旋线的方程为:

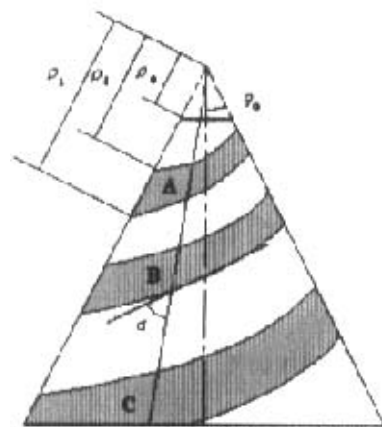


图 1 锥形微带天线示意图

Fig. 1 The schematic drawing of the cone-shaped microstrip antenna

收稿日期: 2002-12-31

作者简介: 叶匀分(1961—), 男, 副教授。

$$\rho = \rho_0 \exp\left(\frac{\sin\theta_0}{\operatorname{tg}\alpha} \varphi\right) \quad (1)$$

由于实际使用的螺旋线具有一定的宽度,故实际的金属螺旋线是下述二个螺旋线方程(2)和(3)所围成的图形.

$$\rho_1 = \rho_0 \exp\left(\frac{\sin\theta_0}{\operatorname{tg}\alpha} \varphi\right) \quad (2)$$

$$\rho_2 = \rho_0 \exp\left(\frac{\sin\theta_0}{\operatorname{tg}\alpha} (\varphi - \delta)\right) \quad (3)$$

在上述公式中: θ_0 为 $1/2$ 圆锥角; ρ_0 为圆锥顶点到天线顶部的矢径长; ρ_1 、 ρ_2 分别为圆锥顶点到螺旋线上边缘和下边缘的矢径长; α 为天线的缠绕角; δ 为相位差.

当 ρ_0 、 α 、 θ_0 确定后,锥形天线上的螺旋线宽度由相位差 δ 决定. 因此,当基体材料、锥体尺寸及螺旋线各参数确定后,微带天线的形式和性能就被确定下来.

1.2 聚酰亚胺锥形微带天线制作工艺

采用激光技术来制作聚酰亚胺锥形微带天线,其具体工艺流程如图 2 所示.

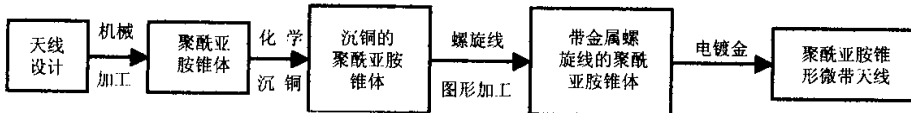


图 2 聚酰亚胺锥形微带天线的制作工艺流程

Fig.2 Flowchart of making cone-shaped microstrip antenna on the surface of the polyimide

这一工艺过程的核心是采用激光,将不需要的铜层去掉. 因为聚酰亚胺在受到激光的辐照时,局部会产生高温而热分解^[3];其主要历程如图 3 所示.

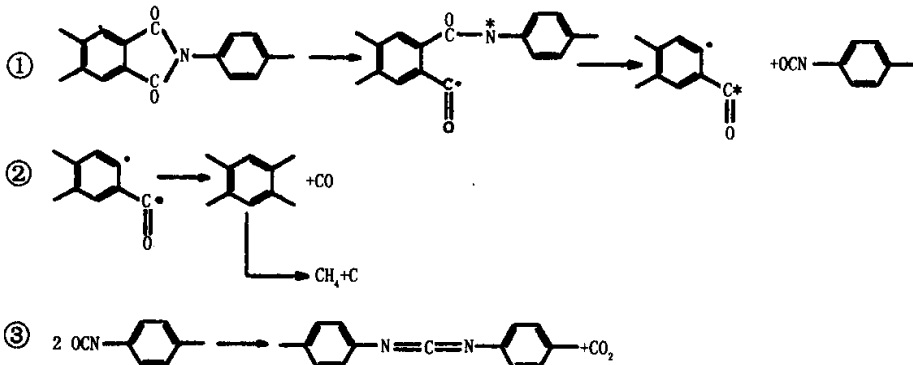


图 3 聚酰亚胺的热解

Fig.3 Pyrolysis of the polyimide

由于聚酰亚胺局部受热分解,使附着在该处聚酰亚胺表面上的铜得以脱离. 因此,用激光束扫描螺旋线以外的区域,就可在基体表面得到金属图形,而获得锥形微带天线.

1.3 锥形微带天线的图形制作

在锥体上制作螺旋线图形,是微带天线制作的关键步骤,为了成功地获得理想的图形,我们设计了一套微带天线图形制作设备,其工作情况如图 4 所示.

根据微带天线的设计要求,确定螺旋线的各参数,然后输入计算机,通过锥形螺旋线微带天线制作软件的运行来控制 X-Y 平台的移动、旋转工作台的转动以及声光开关的开闭,最终获得所需的螺旋线图

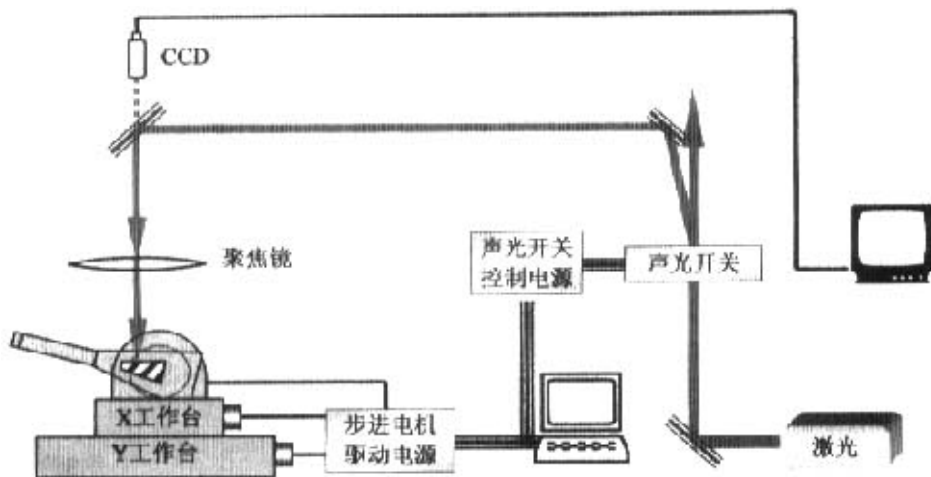
形^[4]

图4 微带天线激光刻蚀工艺示意图

Fig.4 Experimental arrangement for making microstrip antenna with Laser

2 讨论

2.1 工艺条件对金属图形的影响

由大量的实验获知,激光的功率密度、金属层的厚度以及激光的扫描速度,这三者间存在着一定的依赖关系。在金属层厚度为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 时,当激光的功率密度小于 10 W/mm^2 ,激光的扫描速度大于 $10\text{ }\mu\text{m/s}$ 时,聚酰亚胺基体几乎不分解。当激光的功率密度大于 300 W/mm^2 ,激光的扫描速度小于 $2.5\text{ }\mu\text{m/s}$ 时,则金属图形的边缘出现明显的锯齿形,使得微带天线的电性能变差。所以要获得较理想的微带天线,需选择合适的工艺条件。一般金属层的厚度不要超过 $1\text{ }\mu\text{m}$,激光的功率密度在 $100\sim 200\text{ W/mm}^2$ 间,激光的扫描速度控制在 $2.5\sim 5\text{ }\mu\text{m/s}$ 。在激光功率足够大时,尽可能使靶面的激光斑点增大,这样可消除金属图形边缘的锯齿形。

2.2 激光辐照对基体的影响

采用激光技术制作聚酰亚胺锥形微带天线时,激光的辐照会使聚酰亚胺表面局部热分解,而出现碳化;这些细小的碳粒在聚酰亚胺上的附着力很差,用 300 W 的超声波清洗,可使其脱落,只要适当控制激光的功率或铜层的厚度,一般基体表面不会存在碳粒。

但是,聚酰亚胺又是一种比较特殊的材料,S. Tamir^[5]等人研究发现,在激光照射下,聚酰亚胺可以转化为聚酰胺。为此,我们用美国 Nicolet 公司生产的 MAGNA-550 傅立叶变换红外光谱仪,对激光辐照后的聚酰亚胺表面做了红外光谱分析,结果并未发现有聚酰胺存在。这可能是我们用激光辐照的时间很短,所产生的聚酰胺量很少,而无法从红外光谱上反映出来。同时,这也说明了使用该工艺方法,不会对基体材料造成很大的影响。

2.3 基体表面的粗糙度与结合力的关系

聚酰亚胺基体与铜层之间的结合力是与基体表面的粗糙度密切相关的。为了获得表面粗糙度与结合力的关系,我们对机械加工得到的聚酰亚胺锥体,用金相砂纸打磨后,接着用刚玉粉进一步打磨,以消除锥体上车刀的痕迹;然后取一些锥体放置于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的化学腐蚀液中处理 8 min ,取出洗净后与未进行化学处理的聚酰亚胺锥体一起进行化学沉铜;并做了点焊拉力试验。由测试结果得知,未进行化学腐蚀的聚酰亚胺锥体与铜层的平均结合力为 1.76 N/mm^2 ,而经过了化学腐蚀的聚酰亚胺锥体与铜层的平均结合力为

4.02 N/mm². 由此可见,对聚酰亚胺基体表面进行微腐蚀,可大大提高基体与金属层的结合力.

2.4 激光技术制作微带天线的工艺特性

采用激光技术制作的聚酰亚胺锥形微带天线(如图5所示),与传统掩膜技术制作的微带天线相比,具有整体性好、无需拼接,不存在金属线错位等问题;而且工艺简单、制作周期短,一般在数小时内即可完成微带天线的制作.

应用激光技术制作锥形微带天线,彻底摆脱了平面掩膜的束缚,为其他曲面微带天线的制作奠定了基础,具有十分广阔的应用前景.

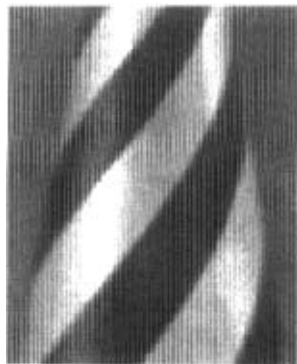


图5 聚酰亚胺锥形微带天线

Fig.5 The cone-shaped microstrip antenna on the surface of polyimide

参考文献:

- [1] 上海塑料研究所. 工程塑料的应用[M]. 上海:上海人民出版社,1971.78.
- [2] 聂延平,姚成文. 刚性非平面印制电路[A]. 全国印制电路第四届年会论文集(下)[C]. 苏州:印制电路技术专业委员会编,1992,508.
- [3] Ehlers G F L. Thermal degradation of polymers with phenylene units in the chain (IV)-Aromatic polyamides and polyimides[J]. *J Polymer Sci*, 1970, 8: 3511-3527.
- [4] 叶匀分,朱荣林,王思培,等. 一种曲面微带天线的制作方法[P]. 中国专利:98 1 10945.4,2001-11-14.
- [5] Zahavi J, Tamir S, Halliwei M. Laser-induced deposition on semiconductor and polymeric substrates[J]. *Plating and Surface Finishing*, 1988,2: 56-64.

Making Microship Antenna on Cone-shaped Surface of the Polyimide with Laser

YE Yun-fen¹, ZHU Rong-lin²

(1. Department of Chemistry, Fudan University, Shanghai 200433, China;

2. Shanghai Spaceflight T. T. & C and Telecommunication Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: Using the powerful energy of Laser to pyrolyze polyimide with plated copper in some parts of the surface, novel technique for preparing the cone-shaped microship antenna is reported. The condition of the technique is discussed also.

Keywords: Laser technique; polyimide; microship antenna

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>