

文章编号: 0258-7025(2003)04-0361-03

# 激光在曲面微带天线制作中的应用

叶匀分<sup>1</sup>, 朱荣林<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 复旦大学化学系, 上海 200433; <sup>2</sup> 上海航天测控通信研究所, 上海 200092)

**摘要** 应用激光技术, 在聚四氟乙烯、聚酰亚胺和环氧树脂曲面基体上制作出了符合实用要求的微带天线。

**关键词** 激光技术; 微带天线; 曲面; 局部电沉积

**中图分类号** TN 249; TN 822 **文献标识码** A

## Application of Laser in the Execution of Microband Antenna on Curved Surface

YE Yun-fen<sup>1</sup>, ZHU Rong-lin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Fudan University, Shanghai 200433, China

<sup>2</sup>Shanghai Spaceflight T. T. & C and Telecommunication Institute, Shanghai 200092, China

**Abstract** A novel technology by using laser microband antenna on curved surface of teflon, polyimide and epoxide resins is introduced in this paper.

**Key words** laser technique; microband antenna; curved surface; local plating

### 1 引 言

随着航空、航天、通信技术的发展, 单一极化方式的天线已难满足使用要求, 圆极化天线的应用就显得十分重要。目前圆极化天线的制作, 公开报道的方法只见于传统的掩膜法<sup>[1]</sup>和金属线粘贴法。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。中国某代表团赴俄罗斯考察时所得资料显示, 其曲面微带天线就是采用这一方法制作的。但采用金属线粘贴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。因此, 对曲面微带天线的制作工艺作进一步的研究, 具有十分重要的意义。

本文着重介绍一种在聚四氟乙烯、聚酰亚胺和环氧树脂基体上, 利用激光技术制作曲面微带天线的新工艺。

### 2 曲面微带天线的图形制作设备

曲面微带天线是在高分子材料的曲面基体上, 附着一定图形的金属层而构成。如何准确地曲面上实现局部的金属化, 是制作曲面微带天线的关键。利用激光具有高能量的特性, 使激光束对基体表面进行局部处理, 可获得所需的图形。但要求激光束象笔一样在曲面上绘出一定的图形, 难度较大; 而固定激光束, 移动曲面基体的方式能较好地实现图形的制作。

要使曲面的所有区域均能成为激光束的靶面, 必须解决曲面基体在三维空间的平动和转动。根据微带天线的曲面形状和金属图形的特征, 需设计不同的三维工作台。如: 锥形微带天线的制作, 只要解决一维转动和 X-Y 方向的平动即可; 而球面微带天线的制作则必须解决二维的转动和 X-Y 方向的平动。

曲面微带天线的图形制作可采用微机控制 X-Y 平台的移动和旋转台的转动, 以及声光开关的动作来实现。整个图形制作系统如图 1 所示。

收稿日期: 2002-02-05; 收到修改稿日期: 2002-04-28

作者简介: 叶匀分(1961—), 男, 复旦大学化学系副教授, 硕士, 主要从事表面精饰方面的研究。E-mail: yfyef@fudan.edu.cn

主要设备和参数如下:1) 15 W 钨盘氩离子激光器;2) X-Y 平台,行程 100 mm×200 mm,运动速度

11.2 mm/s;3) 旋转工作台的微分电机驱动器分辨率 10,000 步/转;4) 激光束的靶面光斑直径 10 μm。

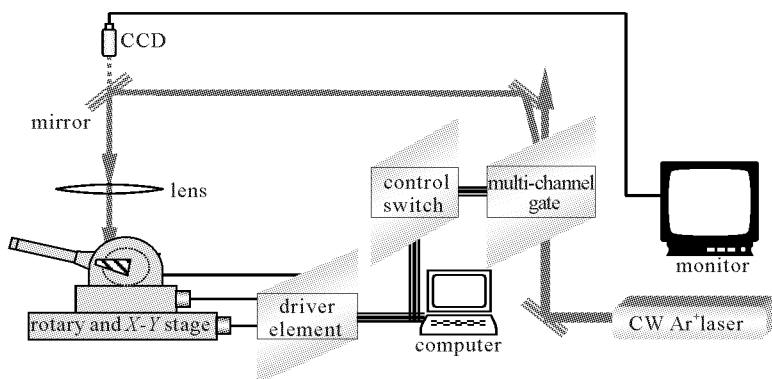


图 1 微带天线制作系统示意图

Fig. 1 Experimental arrangement for making microband antenna

### 3 曲面微带天线的制作工艺

#### 3.1 聚四氟乙烯锥形微带天线的制作

聚四氟乙烯具有耐酸碱、不易腐蚀、机械加工方便、绝缘性好等特性,而常被用作曲面微带天线的基体材料;但聚四氟乙烯的表面很难镀上金属,即便沉积上了金属,由于基体与金属层的结合力差,也无法满足使用要求。为此,通常需对聚四氟乙烯表面进行活化,然后再进行化学沉铜,以实现聚四氟乙烯表面的金属化。

作为曲面微带天线,并非要求整个聚四氟乙烯的表面全部被金属层所覆盖,而是需要在聚四氟乙烯的表面形成一定的金属图形,即实现局部的金属化<sup>[2]</sup>。如何按设计要求在聚四氟乙烯的表面制作出金属图形,是曲面微带天线制作工艺的关键。

根据聚四氟乙烯表面需经过活化后,才能沉积金属的特性;在自制的三维转台上,按微带天线的设计要求,把不需要金属化的区域,利用激光的高能量将其上的活化物质刻蚀掉;然后通过化学沉铜和电镀金,便得到了所需的曲面微带天线(见图 2)。

用这一方法制得的曲面微带天线,其金属图形的边缘整齐,微带天线上的金属螺旋线与设计方程完全吻合;且定位准确,制作周期可由传统工艺的几十小时缩短至几小时。金属层与基体的平均结合力,经采用点焊拉力计测试:其平均达到了 4.9 N/mm<sup>2</sup>;且每一测试点的结合力,均超过了天线制作工艺要求 2.45 N/mm<sup>2</sup> 的指标,故完全可在航空、航天、通信等领域使用。



图 2 聚四氟乙烯锥形微带天线

Fig. 2 Helical microband antenna on the cone of teflon

#### 3.2 聚酰亚胺锥形微带天线的制作

聚酰亚胺在空气中的连续使用温度可达 250℃,是目前有机聚合物中最耐高温的品种之一。和其他塑料相比,由于聚酰亚胺的芳香结构,因此具有良好的耐辐射性能,经钴-60 累积剂量  $3.56 \times 10^9$  伦琴  $\gamma$  射线辐照后,其拉伸强度可保存 88%。此外,聚酰亚胺具有良好的电性能,如高的介电强度、低的介电系数以及低的介电损耗<sup>[3]</sup>,而被广泛用作空间微带天线的基体材料。

由于聚酰亚胺基体表面采用胶体钡活化便可沉积上金属,故不能使用与聚四氟乙烯相同的工艺,在聚酰亚胺基体上制作曲面微带天线。

根据聚酰亚胺会高温分解的特性<sup>[4]</sup>,首先在聚酰亚胺基体的表面沉积上一铜层;然后在图 1 所示

的装置上,用激光照射不需要金属的区域,利用激光的高能量产生局部的高温,使聚酰亚胺基体表面局部受热分解,让附着在其上的金属铜脱落,最后用超声波清洗,便可得到所需的微带天线。

用这一方法制得的曲面微带天线(见图 3),金属图形完整,基体未发生变形,且金属层与基体的平均结合力达到了  $4.018 \text{ N/mm}^2$ ,故完全可在航天飞行器上使用。



图 3 聚酰亚胺锥形微带天线

Fig. 3 Helical microband antenna on the cone of polyimide

### 3.3 环氧树脂半球形微带天线的制作

环氧树脂既没有聚四氟乙烯那样的热稳定性,又没有聚酰亚胺会受热分解的特性;在激光的照射下,环氧树脂材料会熔化和结焦。如果采用与聚酰亚胺相同的工艺,在环氧树脂基体上制作微带天线,则由于环氧树脂的熔化和结焦,使预先沉积的金属层进入环氧树脂基体内,导致微带天线的电性能变差,而无法使用。由于环氧树脂的这一特性,而不能采用前面提及的激光刻蚀方法,而必须采用激光成膜方式。即在环氧树脂基体的表面,首先化学沉积一金属层,然后用电镀的方法将金属层加厚,以保护环氧树脂基体,使其在激光的照射下表面不被熔化和结焦。同时,在金属层上涂一层热固化高分子材料;当激光扫描微带天线的图形时,高分子材料受热固化而形成薄膜,覆盖在金属层的表面;未被激光照射的高分子材料因没有固化,则可用乙醇

等溶剂将其擦掉,露出金属层。然后通过化学腐蚀的方法将未被掩膜的金属去掉,而在膜下的金属则被保留下来。最后用环己酮等溶剂去膜,便得到了曲面微带天线。

用这一工艺制作曲面微带天线,要求金属层的厚度、热固化高分子材料的厚度以及激光的功率密度必须相互匹配。如果热固化高分子材料涂得太薄,则有可能使形成的固化膜出现空隙,在去除金属镀层时会造成微带天线金属图形的损坏,从而影响天线的传输质量。若热固化高分子材料涂得太厚而激光的功率密度不够时,则会造成局部的热固化不完全,使形成的膜不能有效地保护金属图形,同样会影响微带天线的质量。但激光功率密度过大,又有可能使环氧树脂基体熔化,无法获得性能良好的微带天线。

通过大量的实验,得到了较合适的工艺条件是:金属层厚度  $2\sim 3 \mu\text{m}$ ,热固化高分子材料的厚度  $20 \mu\text{m}$  左右,激光功率密度为  $1.5 \text{ kW/mm}^2$ 。

## 4 结 论

1) 采用激光技术制作曲面微带天线,彻底摆脱了掩膜的束缚,可在任意曲面上制作出所需的图形; 2) 应用激光技术制作出的曲面微带天线具有良好的—致性; 3) 应用激光技术制作曲面微带天线,可大大提高制作精度和缩短制作周期。

### 参 考 文 献

- 1 Nie Yanpin, Yao Chengwen. Manufacture of the helical antenna on cone [C]. Chinese Electronic Association. Proceedings of the 4th PCB National Meeting. Suzhou in China, 1992. 508 (in Chinese)
- 2 Ye Yunfen, Zhu Ronglin, Wang Sipei. A method of making microband antenna on curved surface [P]. China, Patent open, ZL98 1 10945. 4, 98. 12 (in Chinese)
- 3 Shanghai Plastic Institute. Application of Engineering Plastics [M]. Shanghai: Shanghai People's Press, 1971. 78 (in Chinese)
- 4 G. F. L. Ehlers, K. R. Fisch, W. R. Powell. Thermal degradation of polymers with phenylene units in the chain (IV)—Aromatic polyamides and polyimides [J]. *J. Polymer Sci.*, 1970, (8):3511~3527