

文章编号:1001-893X(2012)06-1035-03

Parylene 涂覆技术在天馈系统防护上的应用^{*}

敖辽辉

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:针对部分天馈器件结构复杂和腔体尺寸太小无法进行传统镀覆防护的特点,提出了真空气相沉积派拉纶(Parylene)膜层防护处理方法。采用涂覆硅烷偶联剂、优化涂覆工艺过程解决了 Parylene 涂覆层与基体的结合力、Parylene 膜层质量等关键技术,通过防护试验和电性能测试验证了防护方法的有效性和可行性。

关键词:直升机载雷达;毫米波平板裂缝阵天线;天馈系统;涂覆技术;防护;派拉纶;真空气相沉积
中图分类号:TN05;TN957 **文献标志码:**A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2012.06.042

Application of Parylene Smear Technology in Protection of Antenna-feeder Devices

AO Liao-hui

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Some antenna-feeder devices have too complicated structure or too tiny narrow path to be protected by traditional plating process. According to above characters, vacuum vapor deposition process for Parylene method is proposed. Silane process is used to improve the adhesion between Parylene film and the base. The deposition process is investigated to increase the film quality. The processed chamber has passed the anti-corrosion and EM test.

Key words: helicopter-borne radar; MMW plate slotted-array antenna; antenna-feeder device; smear technology; protection; Parylene; vacuum vapor deposition

1 引言

天线、馈源、波导是电子装备天馈系统的重要组成部分,为了降低传输损耗,常常对波导等微波元件进行镀银或镀金,但其内表面的防护问题突出,常用的镀银层易变色、发黑,引起信号传输质量降低,甚至严重影响整机性能。某些结构复杂和腔体尺寸太小的馈线,如一些毫米波频段的和差网络,由于电镀时管壁的屏蔽作用,其腔体内部很多区域没有镀层,耐腐蚀性很低,基体没有镀层保护,大大降低了其使用寿命。

近年来,随着电子设备轻量化要求的推广,铝合金材料大量用于天线、馈线的制造。由于铝合金自

身抗蚀性差和电偶腐蚀因素的存在,铝合金天馈器件的防护问题更加突出。某直升机载雷达最初采用铝合金馈线,由于馈线腐蚀不得不更换防护性更好的铜馈线,导致其重量增加 2 倍。

毫米波平板裂缝阵天线的特点是多层、空腔和薄壁,结构紧凑复杂,精度要求高。采用铝合金材料高速切削加工成型的平板裂缝阵天线,是一种用定位销和工装装配定位夹紧,真空钎焊整体焊接成形的壁厚较薄的腔体类零件^[1]。加工完成后,连最基本的化学氧化处理都不能进行,也无法进行传统的镀覆防护处理,只能依靠材料自身的耐蚀性来保障天线的防护能力,给天线系统长期工作可靠性带来隐患。

本文针对目前馈源、波导及平板裂缝阵天线防

^{*} 收稿日期:2012-03-05;修回日期:2012-05-16

护手段不足的需求,提出了一种真空气相沉积聚对二甲苯膜层防护馈线工作面的方法,开展相关工艺技术研究,并进行了性能测试验证。

2 Parylene 涂覆技术

2.1 Parylene 简介

派拉纶 (Parylene) 是一种坚韧、透明和良好均匀性的新型高分子材料,具有优异的电绝缘性能、物理机械性能、防潮防霉防酸防盐雾等特性,在盐雾、霉菌、潮湿、腐蚀性等恶劣环境中有很好的隔离防护功能。自 20 世纪 60 年代中期美国 Union Carbide 公司开发以来,它就以独特的工艺性能优势,在电子、光学、航天、航空、医学和其他领域里得到广泛的应用^[2]。这层 0.1 ~ 100 μm 薄膜致密均匀,无针孔,无应力,有优异的电绝缘性和防护性,是当代最有效的防潮、防霉菌和防盐雾腐蚀的涂层材料^[3]。同时,该材料在真空气相沉积时的特性是无孔不入,在传统防护工艺的防护死角能得到均匀连续的膜层,正可用于馈源、波导内腔的防护。

2.2 天馈器件涂覆工艺过程

通常在天馈器件加工完成后,其内腔信号传输面在进行传统的镀覆处理后(部分天馈器件无法进行),再进行 Parylene 涂覆处理过程。主要步骤包括:对需要防护处理的平板裂缝阵天线、馈源及波导的需要电接触的部位用压敏胶带或可剥胶保护;对需要防护的部位进行硅烷偶联剂处理;将需要防护处理的平板裂缝阵天线、馈源及波导进行真空气相沉积派拉纶处理;涂覆完成后去除保护压敏胶带或可剥胶。

Parylene 涂覆通常采用真空气相沉积工艺。涂覆过程大体可分为 3 步:首先在真空条件下,将对二甲苯环二聚体在 175℃ 下加热升华为气态;二聚体气体进入裂解腔,在 680℃ 温度下,二聚体的分子键被断开,裂解成具有反应活性的对二甲苯单体;对二甲苯单体进入室温的真空沉积室,在电路组件的基体表面上沉积并聚合,形成聚对二甲苯薄膜。Parylene 的涂覆流程如图 1 所示。

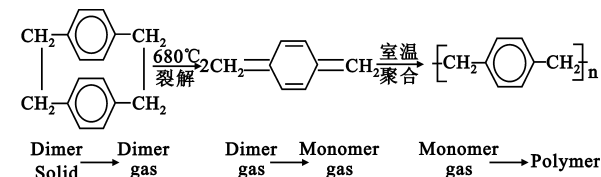


图 1 气相沉积制备 Parylene 流程图

Fig.1 Schematic of vapor deposition for Parylene

3 天馈器件 Parylene 涂覆需解决的关键技术

3.1 Parylene 涂覆层与基体的结合力

涂层与基体的结合力好坏是直接影响涂层防护可靠性的重要指标。常用天馈线的基体金属及表面处理状态包括铝材、铜材、铝合金导电氧化膜、镀银层、镀金层等,其与 Parylene 涂层的结合力强弱顺序为:铝合金导电氧化膜 > 铜材 > 铝材 > 镀银层 > 镀金层。

为增加 Parylene 涂层在金属材料及其镀层上的附着力,在 Parylene 涂覆之前,必须在金属材料及镀覆层上增加一层过渡层。

硅烷偶联剂是能同时与有机物和无机物产生一定结合力的化合物,是一种两性结构物质。硅烷偶联剂的通式为 $R-SiX_3$,其中 R 是与聚合物分子有亲和力或反应能力的活性官能团, X 为可水解烷氧基团,与水溶液、空气中的水分及无机物表面吸附的水分均可引起分解而形成 $Si-OH$ 基,与无机物表面有较好的反应性^[4]。这样,在有机表面和无机表面都能形成亲合界面,增强基体金属材料与表面有机膜层的附着力,使涂覆膜层不会脱落。

偶联剂的涂覆方式有两种:一种是采用沉积室里的 AP 装置蒸发涂覆;一种是用偶联剂溶液浸涂,浸涂后取出烘干。通过偶联剂的涂覆,大幅提高了提高 Parylene 涂层与基体金属的结合力。经偶联剂处理及 Parylene 涂覆的镀金、镀银板经高低温冲击试验、10 天湿热试验和 96 h 盐雾试验后未发现膜层起泡、脱落及基体腐蚀等现象,显示 Parylene 涂覆层与基体结合力良好,防护性能优良。

3.2 Parylene 膜层质量

膜层的防护性能与膜层质量的好坏有直接的关系。膜层质量较好,较薄涂层就可达到较高的防护效果;涂层较薄且均匀性好,可有效减少涂覆材料对天馈器件性能的影响及对信号传输过程中造成的附加功率损耗。

试验表明,沉积速率越快,成膜质量越差。沉积速率太快,膜层有明显的颗粒状物质;沉积速率太慢,涂覆工艺时间较长,工艺性较差。通过优化涂覆工艺过程,使各技术参数得到很好的协调,提高了涂覆薄膜的质量。

涂覆工艺过程优化前后处理的膜层微观图片分别如图 2 和图 3 所示。对比两图表明,优化涂覆工艺过程后制备的膜层均匀、致密,无气相成核颗粒,

膜层质量大幅提高。

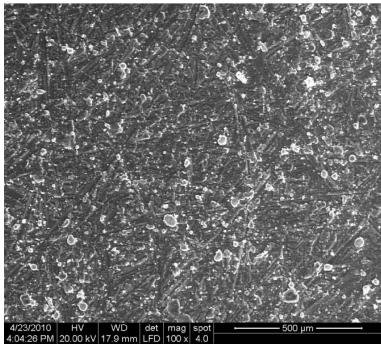


图 2 优化前沉积膜的微观形貌
Fig.2 The Parylene texture before optimization

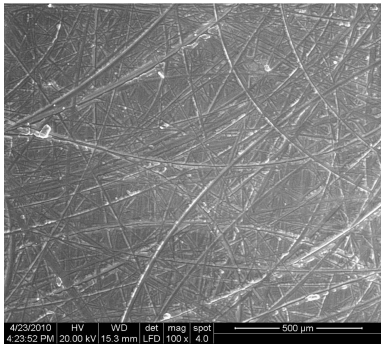


图 3 优化后沉积膜的微观形貌
Fig.3 The Parylene texture after optimization

4 应用效果

某型 3 cm 波馈源、波导采用紫铜制作,腔体内部采用镀银处理后再进行 Parylene 涂覆处理。Parylene 涂覆处理前后的电性能指标如表 1 所示,可见基本无变化。

表 1 Parylene 涂覆前后电性能对比表
Table 1 The waveguide EM properties before and after parylene process

部件	驻波比插损/dB		插损/dB	
	处理前	处理后	处理前	处理后
直波导	1.09	1.1	0.18	0.19
弯波导	1.05	1.04	0.08	0.09
馈源	1.25	1.16		

注:测试频率 9.25~9.55 GHz

某型 3 mm 波馈源的基材为铝合金,表面处理为导电氧化,经过 Parylene 涂覆处理后,其电性能指标基本无变化,如表 2 所示。

表 2 Parylene 涂覆前后 3mm 馈源电性能对比表
Table 2 The feeder EM properties before and after Parylene process

测试频率/GHz	驻波比	
	处理前	处理后
35.14	1.039 4	1.022 5
35.185	1.043 1	1.028 8
35.23	1.045 6	1.033 2

5 结束语

本文利用 Parylene 真空气相沉积时无孔不入的特性,开展了天馈器件防护处理研究,对其中的关键技术进行了分析并提出了解决方法。同时,该防护处理方法在馈源、波导等天馈器件上得到了验证,并已应用在实际工程中,避免了天馈器件内表面因防护死角造成腐蚀引起性能下降的问题。另外,仅对部分频段的馈源、波导进行了电性能验证,需进一步开展平板裂缝阵天线等天馈器件、异形结构件的 Parylene 涂覆防护验证,以扩大 Parylene 的应用范围。

参考文献:

[1] 谢义水,张光元,刘秀丽,等.毫米波平板隙缝阵天线工艺设计与制造[J].电讯技术,2008,48(12):87-89.
XIE Yi - shui, ZHANG Guang - yuan, LIU Xiu - li, et al. Design and Manufacture of Millimeter Wave Plate Slotted - array Antenna[J]. Telecommunication Engineering, 2008,48 (12):87-89. (in Chinese)

[2] 陈曦.聚对二甲苯在电子领域中的应用的新进展[J].电子工艺技术,2002,23(4):146-148.
CHEN Xi. Advance of poly - P - xylylene in application of electronics[J]. Electronics Process Technology, 2002, 23 (4):146-148. (in Chinese)

[3] 房凯,敬敏,王晔,等.Parylene 在雷达产品中的应用探讨[J].现代雷达,2010(12):92-94.
FANG Kai, JING Min, WANG Ye, et al. A Study on Application of Parylene in Radar[J]. Modern Radar, 2010(12):92-94. (in Chinese)

[4] 张晓,范志康.偶联剂及其处理工艺对粘结磁体性能的影响[J].电工材料,2004(2):25-28.
ZHANG Xiao, FAN Zhi - kang. Effects of Coupling Agent and Process on Property of Bonded Magnet[J]. Electrical Engineering Materials, 2004(2):25-28. (in Chinese)

作者简介:

敖辽辉(1972—),男,四川营山人,1994年获学士学位,现为高级工程师,主要研究领域为电子产品防护工艺和复合材料成型工艺。

AO Liao - hui was born in Yingshan, Sichuan Province, in 1972. He received the B.S. degree in 1994. He is now a senior engineer. His research concerns the protection for electronic equipment and composite molding.

Email: aolh@sina.com