



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111063977 A

(43)申请公布日 2020.04.24

(21)申请号 201911108092.4

(22)申请日 2019.11.13

(71)申请人 西安空间无线电技术研究所
地址 710100 陕西省西安市西街150号

(72)发明人 王耀霆 张小波 魏建生 肖志伟
徐向阳 张建波 张筱筱 孟通
李涛 王波

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 张欢

(51)Int.Cl.

H01Q 1/00(2006.01)

H01Q 15/14(2006.01)

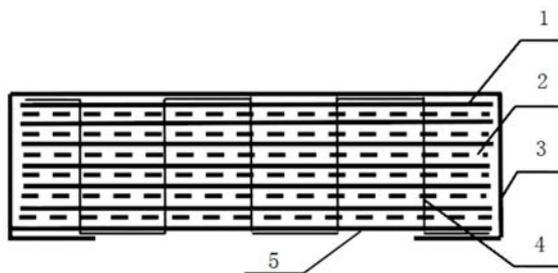
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构

(57)摘要

一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,包括反射屏(1)、间隔层(2)、面膜(3)、内侧膜(5);多层反射屏(1)层叠结构具有增加红外辐射热阻的作用,间隔层(2)放置于每两层反射屏(1)之间,起到隔离反射屏(1)层间热传导的作用,面膜(3)具有反射太阳光谱热辐射的作用,缝合材料(4)用于反射屏(1)的多层缝合,内侧膜(5)与反射屏(1)材料相同,主要起保护作用,避免多层隔热结构与产品摩擦引起的损伤。本发明对于天线工作电磁波具有很好的透射性,具有很高的可靠性。



1. 一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:包括若干反射屏(1)、若干间隔层(2)、面膜(3)、缝合材料(4)、内侧膜(5);相邻两层反射屏(1)之间放置间隔层(2),缝合材料(4)将反射屏(1)、间隔层(2)缝合,形成多层结构;内侧膜(5)位于多层结构一侧,面膜(3)包覆多层结构,露出内侧膜(5);使用时,内侧膜(5)朝向被保护产品,面膜(3)朝向外外部环境。

2. 根据权利要求1所述的一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:反射屏(1)采用 $6\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 厚度的聚酯膜或聚酰亚胺膜。

3. 根据权利要求1或2所述的一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:间隔层(2)采用T20涤纶网或褶皱的聚酯膜。

4. 根据权利要求3所述的一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:面膜(3)采用 $25\mu\text{m}$ 或 $50\mu\text{m}$ 厚度的单面/双面镀锆聚酰亚胺膜或单面/双面镀锆黑色聚酰亚胺膜。

5. 根据权利要求4所述的一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:面膜(3)的镀锆面朝外,面膜(3)边缘粘贴若干导电铜箔胶带,并焊接引线进行接地。

6. 根据权利要求5所述的一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:缝合材料(4)采用锦丝线、阻燃线或聚酰亚胺线。

7. 根据权利要求6所述的一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,其特征在于:内侧膜(5)采用 $6\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 厚度的聚酯膜或聚酰亚胺膜。

一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种透波多层隔热结构,属于空间天线热控设计领域。

背景技术

[0002] 实践二十卫星Ka数传天线使用了一种新型的高精度反射器,该反射器口径0.75米,工作在Ka频段,形面精度指标要求 $\leq 0.1\text{mm}$ (RMS),为了满足高稳定性指标,要求这种反射器在轨工作温度不能高于 80°C 。传统卫星天线的热设计方案是在工作面喷涂白漆热控涂层、背面包覆传统多层隔热组件(MLI)。

[0003] 目前最常用的防静电涂层是ACR-1防静电有机热控涂层,该涂层在长期空间辐射环境下退化较严重,导致反射器在寿命末期时的温度达到 100°C 左右,不能满足这种新型天线的温度指标。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是:本发明提供了一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,当反射面受太阳照射的时候,利用透波多层结构形成一层太阳光谱阻挡屏,用于降低到达反射面的太阳热辐射热流,同时该多层结构具有透射天线工作电磁波和增加反射面对冷空辐射热阻的特性,从而使得在不影响天线工作性能的同时,在阳照区降低反射器温度和阴影区减缓反射器温度下降速率的双重目的。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,包括若干反射屏、若干间隔层、面膜、缝合材料、内侧膜;相邻两层反射屏之间放置间隔层,缝合材料将反射屏、间隔层缝合,形成多层结构;内侧膜位于多层结构一侧,面膜包覆多层结构,露出内侧膜;使用时,内侧膜朝向被保护产品,面膜朝向外环境。

[0006] 反射屏采用 $6\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 厚度的聚酯膜或聚酰亚胺膜。

[0007] 间隔层采用T20涤纶网或褶皱的聚酯膜。

[0008] 面膜采用 $25\mu\text{m}$ 或 $50\mu\text{m}$ 厚度的单面/双面镀锆聚酰亚胺膜或单面/双面镀锆黑色聚酰亚胺膜。

[0009] 面膜的镀锆面朝外,面膜边缘粘贴若干导电铜箔胶带,并焊接引线进行接地。

[0010] 缝合材料采用锦丝线、阻燃线或聚酰亚胺线。

[0011] 内侧膜采用 $6\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 厚度的聚酯膜或聚酰亚胺膜。

[0012] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0013] (1) 本发明太阳热辐射隔离效率高:本发明的透波多层对太阳辐射的隔离率达到91%以上,很好解决了反射器吸收太阳热流引起的高温问题;

[0014] (2) 本发明综合辐射性能可设计:太阳光谱透射率、红外光谱透射率由反射屏厚度和外表面膜特性决定;等效红外辐射率由反射屏表面发射率和层数决定;因此可以选择不同厚度的反射屏以及不同种类的外表面膜对透波多层的三个关键参数进行调整和设计,以适应不同温度控制要求提出的参数要求。

[0015] (3) 本发明安装适应性强:本发明的透波多层隔热结构与传统的多层结构类似,密度小重量轻,柔软易造型,可以采取传统多层的安装方式,使用聚酰亚胺销钉贴体安装在反射器口面上,可以灵活实现不同形状反射器的热控实施,对各种形状的反射面结构适应性强;

[0016] (4) 本发明透波性好:本发明的透波多层均为非金属材料,对于天线工作电磁波具有很好的透射性,经Ka以下频段测试均无影响;

[0017] (5) 本发明稳定性、可靠性高:本发明的透波多层均为结构膜材料,与传统多层一样,具有很高的可靠性,这种结构与热控涂层的差别在于热控涂层通过涂层浅表辐射性质实现控温,在空间辐照环境下容易退化,而透波多层利用结构的综合性能实现参数调控,其热辐射控制参数的稳定性远高于涂层材料。

附图说明

[0018] 图1为透波多层结构图。

[0019] 图2为透波多层原理图。

[0020] 图3为透波多层红外辐射隔热性能测试工装图。

具体实施方式

[0021] 结合附图对本发明进行说明。

[0022] 本发明提出了一种实现航天器天线热控的透波多层隔热结构,包括反射屏1、间隔层2、面膜3、缝合材料4、内侧膜5,相邻两层反射屏1之间放置间隔层2,缝合材料4将反射屏1、间隔层2缝合,形成多层结构,用聚酰亚胺销钉进行安装和固定;内侧膜5位于多层结构一侧,面膜3包覆多层结构,露出内侧膜5;使用时,内侧膜5朝向被保护产品,面膜3朝向外部环境。

[0023] 本发明中的多层反射屏1层叠结构具有增加红外辐射热阻的作用,间隔层2放置于每两层反射屏1之间,起到隔离反射屏1层间热传导的作用,面膜3具有反射太阳光谱热辐射的作用,缝合材料4用于反射屏1的多层缝合,内侧膜5与反射屏1材料相同,主要起保护作用,避免多层隔热结构与产品摩擦引起的损伤。这些材料均为非金属材料,能够透射工作电磁波。这种结构对太阳热辐射的隔离率达到91%以上,很好解决了反射器吸收太阳热流引起的高温问题;并可以通过调整反射屏1的厚度、数量,面膜3材料特性,对这种结构的太阳光谱透射率、红外光谱透射率、等效红外辐射率进行调整和设计,以适应不同温度控制要求。这种结构柔软、易造型,密度小重量轻,具有很好的安装适应性,可适用于各种复杂曲面,可以采取传统多层的安装方式,可实现不同形状反射器的热控实施,对各种结构形状适应性强;这种结构材料均为非金属薄膜材料,对于天线工作电磁波具有很好的透射性,具有很高的可靠性。

[0024] 其中,反射屏1可选用 $6\mu\text{m}$ ~ $20\mu\text{m}$ 厚度的聚酯膜或聚酰亚胺膜;间隔层2可选用T20涤纶网或褶皱的聚酯膜;面膜3可选用 $25\mu\text{m}$ 或 $50\mu\text{m}$ 厚度的单面/双面镀铬聚酰亚胺膜或单面/双面镀铬黑色聚酰亚胺膜;缝合材料4可选用 $\Phi 0.8\text{mm}$ 锦丝线、阻燃线或 $\Phi 0.2\text{mm}$ 聚酰亚胺线;内侧膜5与反射屏1材料选用相同。上述五种材料的组合形成了本发明的透波多层隔热结构。

[0025] 为了满足航天器抗表面充放电效应防静电设计要求,本结构最外层面膜3材料选取镀铍薄膜,且镀铍面朝外,采取在该薄膜边缘粘贴若干导电铜箔胶带,并焊接引线进行接地,实现了透波多层隔热结构的防静电功能。

[0026] 透波多层构成见图1所示,使用时内侧膜5朝向被保护产品,面膜3朝向冷空,其原理见图2所示。该结构类似于一种滤波器:可以阻隔太阳热辐射电磁波谱,而透射天线工作电磁波谱。在阳照区,太阳照射到透波多层外表面时,可以极大地反射或吸收太阳光谱辐射,使穿过透波多层到达被保护表面的太阳能量小于总能量的10%,从而降低被保护表面的高温水平;在阴影区域时,透波多层类似于传统多层,可以提高被保护表面与冷空背景之间的辐射热阻,减小被保护表面的降温速率,提高低温水平;同时,由于该透波多层由非金属材料构成,因此对于天线的工作电磁波几乎可以完全透射。

[0027] 为了验证此种透波多层隔热结构的透波性能、太阳热辐射隔离性能、红外辐射隔热性能,进行了相关测试和仿真计算等工作:

[0028] (1) 透波性能测试:

[0029] 针对透波多层对天线电性能的影响进行了测试,测试对象为15单元的透波多层,测试使用KBR喇叭天线,口面覆盖透波多层,进行端口特性和辐射特性测试,从K和Ka两个频段的测试结果看,有无透波多层对天线电性能几乎没有影响,对驻波比、隔离度端口性能的影响均小于2%,对天线辐射性能的峰值增益起伏不大于0.5dB,波束宽度起伏不大于1°,证明透波多层透射天线工作电磁波的性能满足使用要求。不同产品应进行实测。

[0030] (2) 太阳热辐射隔离性能测试:

[0031] 为了验证透波多层的太阳热辐射隔离性能,采用实践二十卫星Ka数传天线反射器进行了太阳辐照热平衡试验。主反射器背面包覆5个单元的传统多层隔热组件,外表面为渗碳聚酰亚胺膜;主反射器正面贴体包覆10个单元的透波多层,馈源支撑筒露出透波多层。试验在一个太阳常数辐照条件下进行,真空罐背景温度维持在100K左右,主反射器平衡温度为29.4℃~34.1℃;透波多层外、中、内表面平衡温度:29℃、28.1℃、31.9℃;通过对试验结果的反算,透波多层的太阳热辐射隔离性能达到90%以上。

[0032] (3) 红外辐射隔热性能测试:

[0033] 由于透波多层对红外热辐射光谱具有一定的透射性,透波多层隔热性能参数包括红外透射率、有效发射率,两个参数的测试工装如图3所示,工装由两块铜板及聚酰亚胺膜螺钉组成,上铜板为主加热板,下铜板为跟踪控温加热板。其中主加热板上表面喷涂E51-M黑漆,且中心100mm×100mm区域通过线切割与边缘部分隔开。试验中主加热板中心区域和边缘区域用加热片加热,各设置一个回路,加热功率密度相同,以确保主加热板中心100mm×100mm区域温度与边缘区域温度的一致性,实现传导隔热。主加热板和跟踪控温加热板之间通过四个聚酰亚胺螺钉连接,中间安装5个单元的普通多层隔热组件,试验中主加热板的两个加热回路施加恒定电流,跟踪控温加热板进行跟踪控温,使其温度与主加热板温度一致,实现辐射和传导的热隔离。两个参数可通过下式计算得到。

$$[0034] \quad \tau_{\text{eff, infrared}} = \frac{Q_t}{Q} = \frac{Q - Q_r}{Q} \quad \varepsilon_{\text{eff}} = \frac{Q_r}{A\sigma(T_H^4 - T_{Ge}^4)}$$

[0035] $\tau_{\text{eff, infrared}}$ ---透波多层红外透射率; ε_{eff} ---透波多层有效发射率; Q ---总加热功率; Q_t ---穿过透波多层的热量; Q_r ---主加热板与透波多层外表面之间的辐射换热量; A ---

被测多层面积; T_H ---热边界温度; T_{Ge} ---外表面锗膜温度; σ ---玻尔茨曼常数。

[0036] 采用上述原理分别在真空常温、真空低温环境下对10单元透波多层有效发射率及红外能量透射率进行了测试,测得结果为:

[0037] $\varepsilon_{eff}=0.197, \tau_{eff, infrared}=0.175$ 。

[0038] 本发明未详细说明部分属于本领域技术人员公知技术。

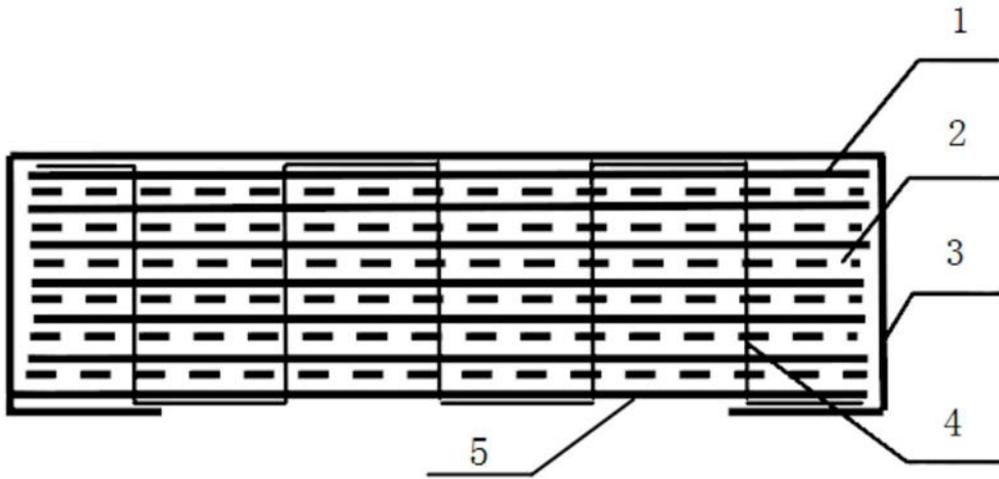


图1

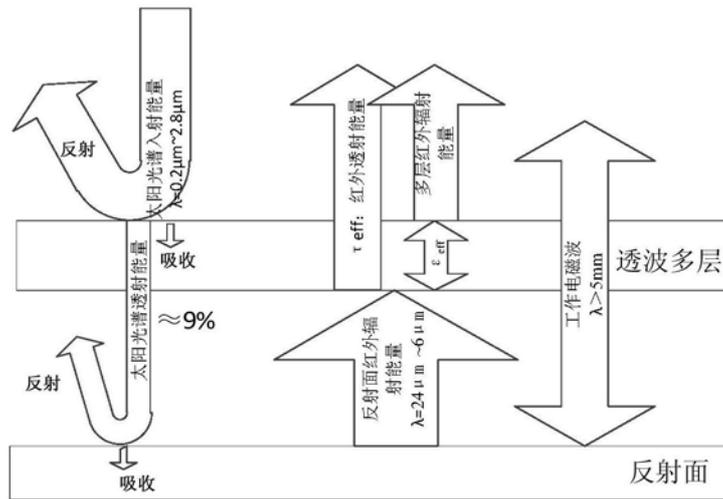


图2

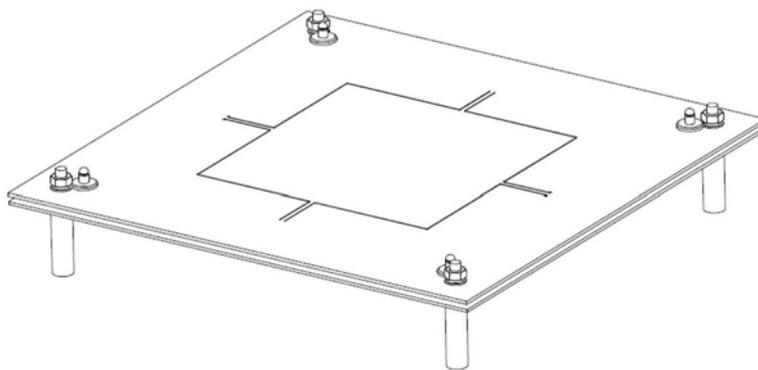


图3