



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109407188 B

(45) 授权公告日 2021.08.20

(21) 申请号 201710704733.7  
 (22) 申请日 2017.08.17  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 109407188 A  
 (43) 申请公布日 2019.03.01  
 (73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
 地址 130033 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路3888号  
 (72) 发明人 谢军 刘震宇 程路超 何锋赞 余毅  
 (74) 专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事务所(普通合伙) 44316  
 代理人 赵勍毅

(51) Int.Cl.  
 G02B 5/08 (2006.01)  
 G02B 5/10 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 106199794 A, 2016.12.07  
 CN 101093259 A, 2007.12.26  
 US 2011128642 A1, 2011.06.02  
 WO 2008020965 A2, 2008.02.21  
 WO 2016185743 A1, 2016.11.24  
 王志. 碳纤维复合材料的智能复合反射镜技术研究.《长春理工大学学报(自然科学版)》.2013,  
 审查员 刘洋成

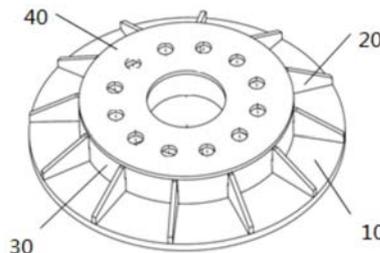
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

碳纤维复合材料反射镜的制备方法及相关反射镜

(57) 摘要

本发明提供了一种碳纤维复合材料反射镜的制备方法和碳纤维复合材料反射镜,包括制备反射镜面板、反射镜径向加强筋、反射镜圆周方向加强筋和反射镜背板的步骤,以及将反射镜面板、反射镜径向加强筋、反射镜圆周方向加强筋和反射镜背板组装成碳纤维复合材料反射镜的步骤。本发明提供的碳纤维复合材料反射镜的制备方法及碳纤维复合材料反射镜,能够在保证反射镜面形精度的前提下,实现反射镜的高轻量化率和小批量的低成本制备。



1. 一种碳纤维复合材料反射镜的制备方法,其特征在于,包括:

步骤1、制备反射镜面板:将碳纤维复合材料预浸料铺贴至反射镜面板模具上,真空固化成型;

步骤2、制备反射镜径向加强筋:将碳纤维复合材料预浸料铺贴到平面模具上,真空固化得到碳纤维复合材料平板,通过切削加工碳纤维复合材料平板,得到与反射镜面板形状匹配的反射镜径向加强筋;

步骤3、制备反射镜圆周方向加强筋:将碳纤维材料预浸料铺贴到圆筒模具上,真空固化得到碳纤维复合材料圆筒,通过切削加工圆筒,得到反射镜圆周方向加强筋;

步骤4、制备反射镜背板:将碳纤维复合材料预浸料铺贴到平面模具上,真空固化得到碳纤维复合材料平板,通过切削加工碳纤维复合材料平板,得到反射镜背板;

步骤5、反射镜组装成型:将反射镜径向加强筋和反射镜圆周方向加强筋相互插接、组装成反射镜加强筋组件;然后将反射镜面板、反射镜加强筋组件和反射镜背板通过胶接相互固定得到反射镜半成品;

步骤6、对步骤5得到的反射镜半成品进行表面改性、镀膜和精加工,得到碳纤维复合材料反射镜。

2. 根据权利要求1所述的碳纤维复合材料反射镜的制备方法,其特征在于,步骤1至步骤4中,真空固化的固化温度为120-180℃,固化压力为0.1-1.0Mpa。

3. 根据权利要求1所述的碳纤维复合材料反射镜的制备方法,其特征在于,步骤1和步骤2中,铺贴过程中形成的铺层为准各项同性铺层。

4. 根据权利要求1所述的碳纤维复合材料反射镜的制备方法,其特征在于,步骤2中,将反射镜径向加强筋与反射镜面板接触的一侧的形状和尺寸加工成与反射镜面板相同。

5. 根据权利要求1所述的碳纤维复合材料反射镜的制备方法,其特征在于,步骤1至步骤4中,真空固化的过程是将待真空固化的物件装入真空袋中,再放到真空罐或热压机中进行固化成型。

6. 根据权利要求1所述的碳纤维复合材料反射镜的制备方法,其特征在于,步骤4中,得到反射镜背板后,还包括在反射镜背板上加工通气孔的步骤。

7. 一种碳纤维复合材料反射镜,其特征在于,包括反射镜面板、反射镜径向加强筋、反射镜圆周方向加强筋和反射镜背板,所述碳纤维复合材料反射镜为根据权利要求1至6任意一项所述的碳纤维复合材料反射镜的制备方法制备得到。

8. 根据权利要求7所述的碳纤维复合材料反射镜,其特征在于,所述反射镜面板为曲面反射镜面板。

9. 根据权利要求7所述的碳纤维复合材料反射镜,其特征在于,所述反射镜圆周方向加强筋为至少两条。

## 碳纤维复合材料反射镜的制备方法及相关反射镜

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学元件结构技术领域,尤其涉及一种碳纤维复合材料反射镜的制备方法及相关碳纤维复合材料反射镜。

### 背景技术

[0002] 随着光学成像技术的进步,光学成像系统向着大口径、高分辨率、高机动灵活性和高自动化方向发展。然而,增大光学系统的口径、提高光学系统的分辨率,会引起反射镜重量和体积的增加,同时与之配套的支撑结构的重量增加更为明显。这将对光学成像系统的机动灵活性带来很大的影响,特别是对于空间光学设备,光学系统的重量将直接影响发射成本。光学反射镜的轻量化是实现光学系统轻量化的一个关键点。

[0003] 光学反射镜的轻量化需要制造材料具有高的比刚度,相对Zerodur、SiC等传统的反射镜材料,碳纤维复合材料具有比刚度较高、热膨胀系数低、力学性能可设计等诸多优点。同时,碳纤维复合材料具有良好的成型工艺性,能够最大程度地调和反射镜的大口径和轻量化之间的矛盾。

[0004] 采用碳纤维复合材料制备反射镜可以实现反射镜的轻量化,同时碳纤维复合材料还可作为光学系统支撑结构的制造材料,使得光学反射镜和支撑结构采用同种材料制成,通过碳纤维复合材料的铺层角度设计可以解决反射镜与光学支撑结构热膨胀系数不匹配问题。

[0005] 传统的碳纤维复合材料反射镜的结构形式为全封闭的蜂窝夹层结构,上面是碳纤维复合材料面板,中间是蜂窝夹层材料,下面是碳纤维复合材料背板,这种结构存在如下问题:

[0006] 一、反射镜为全封闭结构,承载效率没有半封闭结构高。

[0007] 二、蜂窝材料的热膨胀系数与面板材料不一致,导致反射镜的热稳定性不好。

[0008] 三、蜂窝的承载特性具有明显的方向性,抗弯、抗压性能比较好,抗剪切性能比较差,导致反射镜的纵向变形比较大,整体尺寸稳定性差。

[0009] 四、曲面成型困难。对于平面反射镜,蜂窝与上下面板的连接比较容易,而对于曲面反射镜,很难保证蜂窝与面板的紧密贴合。如果蜂窝与面板的贴合不好,将会影响蜂窝与面板的粘接均匀性和粘接强度。

[0010] 因此,亟需提出一种新的碳纤维复合材料反射镜的结构形式,并研究其制备方法,以实现反射镜的高轻量化率和高尺寸稳定性。

### 发明内容

[0011] 本发明旨在至少解决上述技术问题之一,提供一种碳纤维复合材料反射镜的制备方法及相关碳纤维复合材料反射镜,在保证反射镜面形精度的前提下,实现反射镜的高轻量化率和小批量的低成本制备。

[0012] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0013] 本发明提供了一种碳纤维复合材料反射镜的制备方法,包括:

[0014] 步骤1、制备反射镜面板:将碳纤维复合材料预浸料铺贴至反射镜面板模具上,真空固化成型;

[0015] 步骤2、制备反射镜径向加强筋:将碳纤维复合材料预浸料铺贴到平面模具上,真空固化得到碳纤维复合材料平板,通过切削加工碳纤维复合材料平板,得到与反射镜面板形状匹配的反射镜径向加强筋;

[0016] 步骤3、制备反射镜圆周方向加强筋:将碳纤维材料预浸料铺贴到圆筒模具上,真空固化得到碳纤维复合材料圆筒,通过切削加工圆筒,得到反射镜圆周方向加强筋;

[0017] 步骤4、制备反射镜背板:将碳纤维复合材料预浸料铺贴到平面模具上,真空固化得到碳纤维复合材料平板,通过切削加工碳纤维复合材料平板,得到反射镜背板;

[0018] 步骤5、反射镜组装成型:将反射镜径向加强筋和反射镜圆周方向加强筋相互插接、组装成反射镜加强筋组件;然后将反射镜面板、反射镜加强筋组件和反射镜背板通过胶接相互固定得到反射镜半成品;

[0019] 步骤6、对步骤5得到的反射镜半成品进行表面改性、镀膜和精加工,得到碳纤维复合材料反射镜。

[0020] 一些实施例中,步骤1至步骤4中,真空固化的固化温度为120-180℃,固化压力为0.1-1.0Mpa。

[0021] 一些实施例中,步骤1和步骤2中,铺贴过程中形成的铺层为准各项同性铺层。

[0022] 一些实施例中,步骤2中,将反射镜径向加强筋与反射镜面板接触的一侧的形状和尺寸加工成与反射镜面板相同。

[0023] 一些实施例中,步骤1至步骤4中,真空固化的过程是将待真空固化的物件装入真空袋中,再放到真空罐或热压机中进行固化成型。

[0024] 一些实施例中,步骤4中,得到反射镜背板后,还包括在反射镜背板上加工通气孔的步骤。

[0025] 本发明还提供了一种碳纤维复合材料反射镜,包括反射镜面板、反射镜径向加强筋、反射镜圆周方向加强筋和反射镜背板,所述碳纤维复合材料反射镜为本发明提供的碳纤维复合材料反射镜的制备方法制备得到。

[0026] 一些实施例中,所述反射镜为半开放结构。

[0027] 一些实施例中,所述反射镜面板为曲面反射镜面板。

[0028] 一些实施例中,所述反射镜圆周方向加强筋为至少两条。

[0029] 本发明的有益效果在于:采用本发明提供的碳纤维复合材料反射镜的制备方法制备得到的碳纤维复合材料反射镜,支撑结构为半封闭式支撑结构,承载效率高、比刚度大,反射镜面板、反射镜背板与反射镜径向加强筋和反射镜圆周方向加强筋的热膨胀系数一致性好,可以保证在反射镜面形精度高的前提下,达到反射镜的高轻量化率的目的。同时,反射镜径向加强筋和反射镜圆周方向加强筋采用插接的方式组装、胶接的形式固定,对曲面反射镜的适应性更好,结构简单、成本低。

## 附图说明

[0030] 图1是本发明一个实施例中,碳纤维复合材料反射镜的整体结构示意图。

[0031] 图2是本发明一个实施例中,碳纤维复合材料反射镜的纵向剖视图。

[0032] 图3是本发明一个实施例中,碳纤维复合材料反射镜的横向剖视图。

[0033] 附图标记:

[0034] 反射镜面板 10;反射镜径向加强筋 20;反射镜圆周方向加强筋 30;反射镜背板 40。

### 具体实施方式

[0035] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0036] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“设置”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0037] 下面结合附图1至附图3,详细说明本发明提供的碳纤维复合材料反射镜的制备方法和碳纤维复合材料反射镜。

[0038] 本发明提供了一种碳纤维复合材料反射镜的制备方法,包括:

[0039] 步骤1、制备反射镜面板10:将碳纤维复合材料预浸料铺贴至反射镜面板10模具上,真空固化成型;

[0040] 步骤2、制备反射镜径向加强筋20:将碳纤维复合材料预浸料铺贴到平面模具上,真空固化得到碳纤维复合材料平板,通过切削加工碳纤维复合材料平板,得到与反射镜面板形状匹配的反射镜径向加强筋20;

[0041] 步骤3、制备反射镜圆周方向加强筋30:将碳纤维材料预浸料铺贴到圆筒模具上,真空固化得到碳纤维复合材料圆筒,通过切削加工圆筒,得到反射镜圆周方向加强筋30;

[0042] 步骤4、制备反射镜背板40:将碳纤维复合材料预浸料铺贴到平面模具上,真空固化得到碳纤维复合材料平板,通过切削加工碳纤维复合材料平板,得到反射镜背板40;

[0043] 步骤5、反射镜组装成型:将反射镜径向加强筋20和反射镜圆周方向加强筋30相互插接、组装成反射镜加强筋组件;然后将反射镜面板10、反射镜加强筋组件和反射镜背板40通过胶接相互固定得到反射镜半成品;

[0044] 步骤6、对步骤5得到的反射镜半成品进行表面改性、镀膜和精加工,得到碳纤维复合材料反射镜。

[0045] 一些实施例中,步骤1至步骤4中,根据不同的树脂类型,真空固化的固化温度为120-180℃,固化压力为0.1-1.0Mpa。

[0046] 一些实施例中,步骤1和步骤2中,铺贴过程中形成的铺层为准各项同性铺层。

[0047] 一些实施例中,步骤2中,将反射镜径向加强筋20与反射镜面板10接触的一侧的形状和尺寸加工成与反射镜面板10相同。

[0048] 一些实施例中,步骤1至步骤4中,真空固化的过程是将待真空固化的物件装入真空袋中,再放到真空罐或热压机中进行固化成型。

[0049] 一些实施例中,步骤4中,得到反射镜背板40后,还包括在反射镜背板40上加工通气孔的步骤。

[0050] 一些实施例中,所述各种模具的材料选自殷钢、微晶玻璃和碳化硅中的一种。

[0051] 当然,这里只是本发明一个实施例中对于模具材料的优选方式,在此基础上,行业内可以使用的其他模具材料,只要满足使用要求,均可在本发明中使用。

[0052] 本发明还提供了一种碳纤维复合材料反射镜,如图1、图2和图3所示,包括反射镜面板10、反射镜径向加强筋20、反射镜圆周方向加强筋30和反射镜背板40,所述碳纤维复合材料反射镜为本发明提供的碳纤维复合材料反射镜的制备方法制备得到。

[0053] 在本发明提供的碳纤维复合材料反射镜中,反射镜径向加强筋20和反射镜圆周方向加强筋30通过限位槽插接的方式进行定位,用胶接的方式连接。使用一定形成的固定工装,把反射镜面板10、反射镜背板40和反射镜径向加强筋20、反射镜圆周方向加强筋30胶接到一起,组成完整的碳纤维复合材料反射镜。

[0054] 一些实施例中,所述反射镜面板10为曲面反射镜面板10。

[0055] 一些实施例中,所述反射镜圆周方向加强筋30为至少两条。

[0056] 采用本发明提供的碳纤维复合材料反射镜的制备方法制备得到的碳纤维复合材料反射镜,支撑结构为半封闭式支撑结构,承载效率高、比刚度大,反射镜面板10、反射镜背板40与反射镜径向加强筋20和反射镜圆周方向加强筋30的热膨胀系数一致性好,可以保证在反射镜面形精度高的前提下,达到反射镜的高轻量化率和高尺寸稳定性的目的。同时,反射镜径向加强筋20和反射镜圆周方向加强筋30采用插接的方式组装,对曲面反射镜的适应性更好,结构简单、成本低。

[0057] 反射镜径向加强筋和反射镜圆周方向加强筋的结构形式是通过有限元仿真优化获得,同时结合了制备的方便性。

[0058] 实施例1:

[0059] 本发明中的碳纤维复合材料反射镜的制备步骤如下:

[0060] 第一步,制备反射镜面板10。采用高模量碳纤维复合材料预浸料铺贴到高精度模具上,铺层采用准各项同性铺层。然后装入真空袋,放到真空罐中固化成型。根据不同的树脂类型,选择固化温度范围为120~180℃,选择固化压力范围为0.1~1.0Mpa。

[0061] 本实施例中,碳纤维复合材料选择M40JB,该碳纤维沿纤维方向杨氏模量约为384Gpa;而普通的T700碳纤维复合材料,碳纤维沿纤维方向杨氏模量约为235Gpa。

[0062] 固化参数的选取受多种影响因素,在该实施例中,高温固化环氧树脂,固化温度为160摄氏度,固化压力为0.3Mpa;中温固化环氧树脂,固化温度为120摄氏度,固化压力0.2Mpa。

[0063] 第二步,制备反射镜径向加强筋。把碳纤维复合材料预浸料按照准各项同性铺层铺贴到高精度平面模具上,装入真空袋,放到真空罐中在一定的温度和压力下固化成型。根据不同的树脂类型,选择固化温度范围为120~180℃,选择固化压力范围为0.1~1.0Mpa。得到碳纤维复合材料平板,反射镜径向加强筋20通过切削加工碳纤维复合材料平板的方式制成,反射镜径向加强筋20与反射镜面板10接触一侧的形状和尺寸与反射镜面板10相同,从而保证径向加强筋与反射镜面板10的良好贴合。

[0064] 第三步,制备反射镜圆周方向加强筋30。把碳纤维复合材料预浸料铺贴到圆筒模

具上,然后装入真空袋,放入真空罐或热压机中,在一定温度和压力下固化成型。根据不同的树脂类型,选择固化温度范围为 $120\sim 180^{\circ}\text{C}$ ,选择固化压力范围为 $0.1\sim 1.0\text{Mpa}$ 。取出固化得到的圆筒采用机械切削加工的方法得到反射镜圆周方向加强筋30。

[0065] 第四步,制备反射镜背板40。采用和第二步中相同的方法得到碳纤维复合材料平板,然后通过机械切削的方法得到反射镜背板40。反射镜背板40上加工出通气孔,使得反射镜内部外部空气可以流通,防止温度变化时反射镜内部空气热胀冷缩导致反射镜变形。

[0066] 第五步,反射镜组装胶接成型。把反射镜径向加强筋20和反射镜圆周方向加强筋30按照一定的插接槽组装起来,组成反射镜加强筋组件。使用固定工装把反射镜面板10、反射镜加强筋组件和反射镜背板40固定,然后胶接固定。

[0067] 第六步,碳纤维复合材料反射镜镀膜及面形精密加工,直到反射镜面形精度满足使用要求,完成全碳纤维复合材料反射镜的制备。

[0068] 在本实施例中,反射镜面形RMS达到使用光学波段的40分之波长,如可见光波段,要求反射镜面形RMS小于等于 $\lambda/40$ , $\lambda=632.8\text{nm}$ ;长波红外波段,要求反射镜面形RMS小于等于 $\lambda/40$ , $\lambda=10.6\mu\text{m}$ ;中波红外波段,要求反射镜面形RMS小于等于 $\lambda/40$ , $\lambda=3-5\mu\text{m}$ 。

[0069] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0070] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

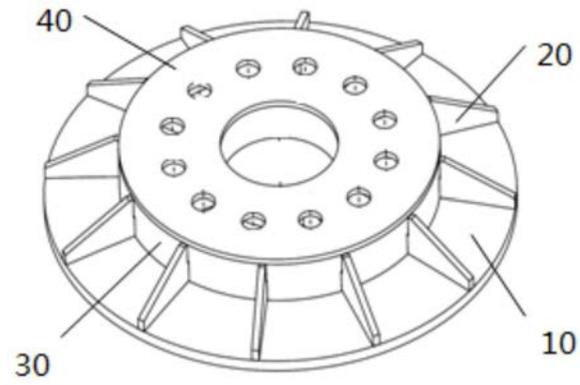


图1

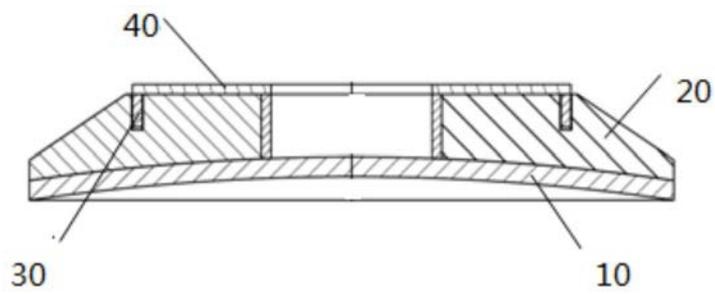


图2

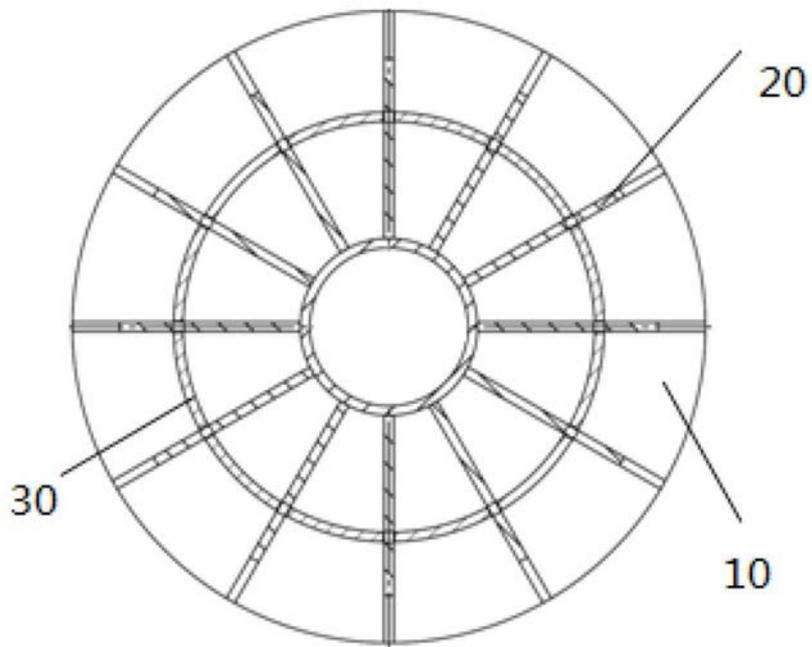


图3