



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 11501995 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 06

(21) 申请号 202210605546.4

(22) 申请日 2022.05.30

(71) 申请人 深圳综合粒子设施研究院
地址 518106 广东省深圳市光明区新湖街
道圳园路268号3号楼3-6层

(72) 发明人 徐中民

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务
所(特殊普通合伙) 11463
专利代理师 郭晨晨

(51) Int. Cl.
G21K 1/06 (2006.01)
H01S 4/00 (2006.01)

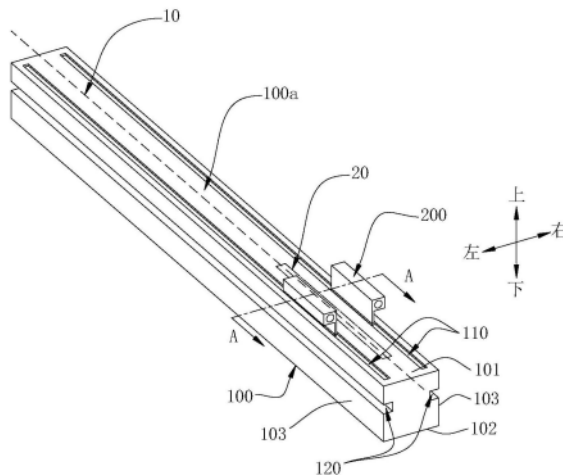
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

反射镜面形控制模组、同步辐射装置及自由电子激光装置

(57) 摘要

本申请提供了一种反射镜面形控制模组、同步辐射装置及自由电子激光装置,涉及同步辐射及自由电子激光技术领域。反射镜面形控制模组包括镜体及冷却结构;镜体设有反射面,镜体沿长度方向上设有第一凹槽,第一凹槽的开口朝上,第一凹槽中设有冷却液体;冷却结构包括驱动机构、冷却管及与冷却管连接的冷却翅片,冷却管用于外接供冷系统,冷却翅片插设于冷却液体中,且不与第一凹槽接触,驱动机构与冷却管连接,用于驱动冷却管带动冷却翅片沿第一凹槽的长度方向移动。本申请提供的反射镜面形控制模组解决了当前反射镜面形冷却方案不适用于光斑移动时的反射镜面形控制问题,并使反射面外形的高度误差及斜率误差满足预设要求。



1. 一种反射镜面形控制模组,应用于同步辐射及自由电子激光装置,其特征在于,所述反射镜面形控制模组包括镜体及冷却结构;

所述镜体设有用于反射光束的反射面,所述镜体沿长度方向上设有第一凹槽,所述第一凹槽的开口朝上,所述第一凹槽中设有冷却液体;

所述冷却结构包括驱动机构、冷却管及与所述冷却管连接的冷却翅片,所述冷却管用于外接供冷系统,所述冷却翅片插设于所述冷却液体中,且不与所述第一凹槽接触,所述驱动机构与所述冷却管连接,用于驱动所述冷却管带动所述冷却翅片沿所述第一凹槽的长度方向移动,以对所述反射面上的预设位置进行冷却。

2. 根据权利要求1所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述镜体与所述反射面相邻的两个侧面均设有第二凹槽,所述第二凹槽沿所述镜体的长度方向贯穿设置。

3. 根据权利要求1所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述镜体具有上表面及两个侧表面,所述两个侧表面分别位于所述上表面沿宽度方向的两侧;

其中,所述反射面和所述第一凹槽均设于所述镜体的上表面,且所述第一凹槽位于所述反射面的一侧。

4. 根据权利要求3所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述第一凹槽设有两个,两个所述第一凹槽相互平行,且分别位于所述反射面沿宽度方向的两侧,每个所述第一凹槽均设有所述冷却结构。

5. 根据权利要求1所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述镜体具有上表面及两个侧表面,所述两个侧表面分别位于所述上表面沿宽度方向的两侧;

其中,所述反射面设于所述两个侧表面的一个,所述第一凹槽设于所述上表面。

6. 根据权利要求1所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述镜体具有上表面、与所述上表面相对的下表面及两个侧表面,所述两个侧表面分别位于所述上表面沿宽度方向的两侧;

其中,所述反射面设于所述下表面,所述两个侧表面中至少一个设有第二凹槽,所述第二凹槽靠近所述下表面的槽壁上设有所述第一凹槽。

7. 根据权利要求6所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述第二凹槽沿所述镜体的长度方向贯穿设置。

8. 根据权利要求1-7中任一项所述的反射镜面形控制模组,其特征在于,所述冷却翅片的长度小于所述光束在所述反射面上形成的光斑的长度。

9. 一种同步辐射装置,其特征在于,包括装置本体及如权利要求1-8中任一项所述的反射镜面形控制模组,所述装置本体用于向所述反射面发射光束,所述光束在所述反射面形成光斑,所述冷却翅片在所述驱动机构的驱动下随所述光斑移动。

10. 一种自由电子激光装置,其特征在于,包括装置本体及如权利要求1-8中任一项所述的反射镜面形控制模组,所述装置本体用于向所述反射面发射光束,所述光束在所述反射面形成光斑,所述冷却翅片在所述驱动机构的驱动下随所述光斑移动。

反射镜面形控制模组、同步辐射装置及自由电子激光装置

技术领域

[0001] 本申请涉及同步辐射及自由电子激光技术领域,尤其涉及一种反射镜面形控制模组、同步辐射装置及自由电子激光装置。

背景技术

[0002] 对于同步辐射及自由电子激光装置,光源产生的X射线中都包含了一定的热载荷。当反射镜接受来自上游的光源后,会将一部分X射线反射出去,同时还会吸收一定量的热功率。反射镜吸收光源热功率后,在反射镜上会产生温度梯度,从而导致镜面出现热变形,最终对X射线的传输效率和传输质量造成不利影响。

[0003] 新一代自由电子激光装置具备高平均功率(kW)、超短脉冲(fs)、超强瞬时功率(GW)、高重复频率(MHz)、全相干的X射线在光束线中的稳定传输,对光学元件的面形控制提出了非常高的要求,一般要求高度误差PV(Peak to valley,峰谷值)在若干nm及斜率误差RMS值小于100nrad(纳弧度)量级。目前自由电子激光的光束线反射镜的冷却方案大都是从同步辐射装置借鉴过来的。除了一般常用的侧面接触冷却外,现有技术中还有采用的侧面开槽设计,通过优化切槽位置、深度和宽度等参数使特定热负荷作用下的表面热变形最小。现有技术中也有提出了侧面局部冷却方案,在保持反射镜外观完整的情况下,对于冷却铜块和反射镜侧面接触区域的长度和宽度进行优化,可以对某个载荷得到极小的面形误差。除了侧面接触冷却外,对于短尺寸的光学元件还有利用内部通道冷却的方案。上述这些方案有个共同点就是只能针对光斑中心和反射镜的表面中心基本一致时才有效。针对光斑中心在反射面移动时,这些方案就无法适用。

发明内容

[0004] 本申请的目的在于提供一种反射镜面形控制模组、同步辐射装置及自由电子激光装置,用以解决现有技术中存在的不足。

[0005] 为达上述目的,第一方面,本申请提供了一种反射镜面形控制模组,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置,所述反射镜面形控制模组包括镜体及冷却结构;

[0006] 所述镜体设有用于反射光束的反射面,所述镜体沿长度方向上设有第一凹槽,所述第一凹槽的开口朝上,所述第一凹槽中设有冷却液体;

[0007] 所述冷却结构包括驱动机构、冷却管及与所述冷却管连接的冷却翅片,所述冷却管用于外接供冷系统,所述冷却翅片插设于所述冷却液体中,且不与所述第一凹槽接触,所述驱动机构与所述冷却管连接,用于驱动所述冷却管带动所述冷却翅片沿所述第一凹槽的长度方向移动,以对所述反射面上的预设位置进行冷却。

[0008] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述镜体与所述反射面相邻的两个侧面均设有第二凹槽,所述第二凹槽沿所述镜体的长度方向贯穿设置。

[0009] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述镜体具有上表面及两个侧表面,所述两个侧表面分别位于所述上表面沿宽度方向的两侧;

[0010] 其中,所述反射面和所述第一凹槽均设于所述镜体的上表面,且所述第一凹槽位于所述反射面的一侧。

[0011] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述第一凹槽设有两个,两个所述第一凹槽相互平行,且分别位于所述反射面沿宽度方向的两侧,每个所述第一凹槽均设置有所述冷却结构。

[0012] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述镜体具有上表面及两个侧表面,所述两个侧表面分别位于所述上表面沿宽度方向的两侧;

[0013] 其中,所述反射面设于所述两个侧表面的一个,所述第一凹槽设于所述上表面。

[0014] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述镜体具有上表面、与所述上表面相对的下表面及两个侧表面,所述两个侧表面分别位于所述上表面沿宽度方向的两侧;

[0015] 其中,所述反射面设于所述下表面,所述两个侧表面中至少一个设有第二凹槽,所述第二凹槽靠近所述下表面的槽壁上设有所述第一凹槽。

[0016] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述第二凹槽沿所述镜体的长度方向贯穿设置。

[0017] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述冷却翅片的长度小于所述光束在所述反射面上形成的光斑的长度。

[0018] 结合第一方面,在一种可能的实施方式中,所述冷却液体为镉镓溶液。

[0019] 第二方面,本申请还提供了一种同步辐射装置,包括装置本体及如上述第一方面提供的反射镜面形控制模组,所述装置本体用于向所述反射面发射光束,所述光束在所述反射面形成光斑,所述冷却翅片在所述驱动机构的驱动下随所述光斑移动。

[0020] 第三方面,本申请还提供了一种自由电子激光装置,包括装置本体及如上述第一方面提供的反射镜面形控制模组,所述装置本体用于向所述反射面发射光束,所述光束在所述反射面形成光斑,所述冷却翅片在所述驱动机构的驱动下随所述光斑移动。

[0021] 相比于现有技术,本申请的有益效果:

[0022] 本申请提供了一种反射镜面形控制模组、同步辐射装置及自由电子激光装置,其中,反射镜面形控制模组,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置,反射镜面形控制模组包括镜体及冷却结构。本申请提供的反射镜面形控制模组通过冷却结构中的冷却管用于外接供冷系统,由外接的供冷系统输入冷源,再通过冷却翅片和冷却液体将冷源传递给镜体以对反射面进行冷却。进一步冷却翅片在驱动机构的驱动下沿第一凹槽的长度方向移动,进而实现对反射面上的预设区域进行冷却。由此,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置,冷却翅片在驱动机构的驱动下随光束在反射面上形成的光斑移动,从而使得光斑在反射面上移动到任意位置都能得到有效的面形控制,解决了当前反射镜面形冷却方案不适用于光斑移动时的反射镜面形控制问题,并使反射面的面形的高度误差及斜率误差满足预设要求。

[0023] 另外,本申请提供的反射镜面形控制模组中,冷却翅片插设于冷却液体中,且不与第一凹槽接触,其目的是为了避开冷却翅片工作中产生的振动直接传递至镜体,以确保镜体正常稳定工作。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0025] 图1示出了本申请实施例提供的第一种反射镜面形控制模组的立体结构示意图;

[0026] 图2示出了图1所示第一种反射镜面形控制模组的主视图;

[0027] 图3示出了图1所示第一种反射镜面形控制模组中A-A向的剖视图;

[0028] 图4示出了图1所示第一种反射镜面形控制模组中镜体的俯视图;

[0029] 图5示出了X射线的波长1照射至反射面得到的子午线的法线方向的变形分布曲线图(a)及子午线的法线方向的斜率误差分布曲线图(b);

[0030] 图6示出了X射线的波长2照射至反射面得到的子午线的法线方向的变形曲线图(a)和斜率误差曲线图(b);

[0031] 图7示出了X射线的波长3照射至反射面得到的子午线的法线方向的变形曲线图(a)和斜率误差曲线图(b);

[0032] 图8示出了本申请实施例提供的第二种反射镜面形控制模组的立体结构示意图;

[0033] 图9示出了本申请实施例提供的第三种反射镜面形控制模组的立体结构示意图。

[0034] 主要元件符号说明:

[0035] 10-子午线;20-光斑;

[0036] 100-镜体;100a-反射面;101-上表面;102-下表面;103-侧表面;110-第一凹槽;120-第二凹槽;200-冷却结构;210-驱动机构;211-驱动件;212-控制器;220-冷却管;230-冷却翅片;300-冷却液体。

具体实施方式

[0037] 下面详细描述本申请的实施例,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,仅用于解释本申请,而不能理解为对本申请的限制。

[0038] 在本申请的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。

[0039] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0040] 在本申请中,除非另有明确的规定和限定,“安装”、“相连”、“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,或成一体;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

连通或两个元件的相互作用关系。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申请中的具体含义。

[0041] 在本申请中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0042] 实施例一

[0043] 请参阅图1,本实施例提供了一种反射镜面形控制模组,尤其是涉及一种光束线反射镜面形控制模组,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置。

[0044] 反射镜面形控制模组包括镜体100及冷却结构200。

[0045] 镜体100设有用于反射光束的反射面100a,镜体100沿长度方向上设有第一凹槽110,第一凹槽110的开口朝上,第一凹槽110中设有冷却液体300。

[0046] 其中,镜体100为长条状,反射面100a沿镜体100的长度方向设置于镜体100一侧面。光束为X射线,光束照射到反射面100a上会形成光斑20,且光斑20位于反射面100a的子午线10上(子午线10为反射面100a延长度方向的对称中心线)。

[0047] 请一并参阅图2及图3,冷却结构200包括驱动机构210、冷却管220及与冷却管220连接的冷却翅片230。其中,冷却管220用于外接供冷系统(图未示),外接的供冷系统用于提供循环冷却水作为冷源。

[0048] 冷却翅片230插设于冷却液体300中,且不与第一凹槽110接触。由此,供冷系统提供的冷源依次通过冷却管220、冷却翅片230及冷却液体300传递给镜体100,以对镜体100上的反射面100a进行冷却,以达到对反射面100a的面形控制的目的。

[0049] 在一些实施例中,冷却翅片230与冷却管220为一体铸造成型结构。

[0050] 在一些实施例中,冷却翅片230与冷却管220通过焊接为一体。

[0051] 在一些实施例中,冷却翅片230与冷却管220均为导热材质。可选地,导热材质可选择为铜材质或铝材质等。

[0052] 进一步的,冷却翅片230的长度小于第一凹槽110的长度。

[0053] 在一些实施例中,冷却翅片230的长度小于光束在反射面100a上形成的光斑20的长度,以有效降低光斑20在长度方向的温度梯度。

[0054] 驱动机构210设置于自由电子激光装置的机架上,驱动机构210与冷却管220连接,用于驱动冷却管220沿第一凹槽110的长度方向移动,以对反射面100a上的预设位置进行冷却,冷却更精确,降低能耗。

[0055] 在一些实施例中,驱动机构210与冷却管220之间通过绝热件连接。绝热件由绝热材料制成,例如玻璃纤维、石棉、岩棉、气凝胶毡或真空板等绝热材料。

[0056] 进一步的,驱动机构210包括驱动件211及控制器212,其中,驱动件211与冷却管220连接,用于驱动冷却管220带动冷却翅片230一并沿第一凹槽110的长度方向延伸。控制器212与驱动件211连接,控制器212接入自由电子激光装置的控制系統,可控制驱动件211的动作。

[0057] 在一些实施例中,驱动件211可选择为直线电机、电动推杆、电机+丝杠螺母机构或

电机+齿轮齿条结构。上述结构均能将旋转运动转换为直线运动。

[0058] 在一些实施例中,供冷系统提供的循环冷却的温度范围为 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

[0059] 在另一些实施例中,供冷系统提供的循环冷却的温度范围为 $18^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

[0060] 可选地,供冷系统提供的循环冷却的温度可选择为 18.5°C 、 18.9°C 、 19°C 、 19.4°C 、 20.2°C 、 20.6°C 、 21°C 、 21.8°C 、 22.1°C 、 22.5°C 、 23°C 、 23.5°C 、 24°C 、 24.2°C 、 24.6°C 或 24.9°C 。应当理解的,上述仅是举例说明,不作为本申请保护范围的限制。

[0061] 在一些实施例中,冷却液体300为液态金属。进一步的可选择为铟镓溶液,铟镓溶液可适用同步辐射装置及自由电子激光装置工作的高真空环境。

[0062] 在一些实施例中,镜体100与反射面100a相邻的两个侧面均设有第二凹槽120,第二凹槽120沿镜体100的长度方向贯穿设置。

[0063] 可以理解的,由于光束照射到反射面100a上,光源产生的X射线中包含了一定的热载荷。当镜体100接受来自上游的光束后,会将一部分X射线反射出去,同时还会吸收一定量的热功率。镜体100吸收热功率后,反射面100a就会出现热变形。而两个第二凹槽120可以释放在镜体100吸受热后产生的内应力,进一步减少反射面100a的面形吸热时的变化,使得反射面100a的面形保持稳定性。

[0064] 本实施例还一并提供了一种同步辐射装置,包括装置本体(图未示)及如上述提供的反射镜面形控制模组,装置本体用于向反射面100a发射光束,光束在反射面100a形成光斑20,冷却翅片230在驱动机构210的驱动下随光斑20移动。

[0065] 本实施例还一并提供了一种自由电子激光装置,包括装置本体(图未示)及如上述提供的反射镜面形控制模组,装置本体用于向反射面100a发射光束,光束在反射面100a上形成光斑20,冷却翅片230在驱动机构210的驱动下随光斑20移动。

[0066] 其中,本实施例提供的同步辐射装置或自由电子激光装置中,反射镜面形控制的方法包括如下步骤:

[0067] S100:获取光斑20在反射面100a上移动的位移量信息;

[0068] 具体的,激光发生装置可使发射的光束沿镜体100的长度方向移动,进而光斑20会在反射面100a上移动,控制器212可获取光斑20的位移信息。

[0069] S200:根据位移量信息控制冷却翅片230移动,以使冷却翅片230与光斑20的中部相对应。

[0070] 具体的,控制器212根据获取的位移信息控制驱动件211驱动冷却翅片230沿第一凹槽110移动,将冷却翅片230移动至预设位置,以使冷却翅片230与光斑20的中部相对应。

[0071] 可以理解的,由于反射镜后期会工作在高真空的镜箱中,所以在工作中不同X射线的波长在反射面100a形成的光斑20的位置和长度也是不同的,为了使冷却结构200更好地冷却对应的光斑20,需要在系统中提前建立根据不同X射线的波长在反射面100a上光斑20位置对应的表格。

[0072] 当光斑20移动到反射面100a某一位置时,控制器212通过查询位置对应表格中的数据即可控制驱动件211驱动冷却翅片230移动至预设位置,以使冷却翅片230对反射面100a的面形进行控制。

[0073] 上述步骤S200完成后,还可进一步通过改变供冷系统提供的循环冷却水的流量对反射面100a的面形进行控制。

[0074] 当然在一些实施例中,也可进一步通过改变冷却翅片230插入冷却液体300的深度对反射面100a的面形进行控制。

[0075] 本实施例提供的反射镜面形控制模组通过冷却结构200中的冷却管220外接供冷系统,由外接的供冷系统输入冷源,再通过冷却翅片230和冷却液体300将冷源传递给镜体100以对反射面100a进行冷却。进一步冷却翅片230在驱动机构210的驱动下沿第一凹槽110的长度方向移动,进而实现对反射面100a上的预设区域进行冷却。由此,应用于自由电子激光装置,所述冷却翅片230在驱动机构210的驱动下随光束在反射面100a上形成的光斑20移动,从而使得光斑20在反射面100a上移动的任意位置都能得到有效的面形控制,解决了当前反射镜面形冷却方案不适用于光斑20移动时的反射镜面形控制问题,并使反射面100a的面形的高度误差及斜率误差满足预设要求。具体在本实施例中,可使高度误差PV值在nm量级,斜率误差RMS值在nrad量级。

[0076] 进一步的,本实施例提供的反射镜面形控制模组中冷却翅片230插设于冷却液体300中,且不与第一凹槽110接触,其目的是为了避开冷却翅片230工作中产生的振动直接传递至镜体100,以确保镜体100正常稳定工作。

[0077] 实施例二

[0078] 请参阅图1、图2及图3,本实施例提供了一种反射镜面形控制模组,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置。本实施例二是在上述实施例一的技术基础上做出的改进,相比上述实施例一,区别之处在于:

[0079] 在本实施例中,镜体100设计为方条形状,其中,镜体100具有上表面101、与上表面101相对的下表面102及两个侧表面103,两个侧表面103分别位于上表面101沿宽度方向的两侧,且位于上表面101与下表面102之间。

[0080] 进一步的,反射面100a和第一凹槽110均设于镜体100的上表面101,即反射面100a沿竖直方向朝上,第一凹槽110的开口也朝上,并且第一凹槽110位于反射面100a的一侧。冷却翅片230插设在第一凹槽110的冷却液体300中,且不与第一凹槽110接触。

[0081] 在本实施例中,第一凹槽110设有两个,两个第一凹槽110相互平行,且分别位于反射面100a沿宽度方向的两侧,每个第一凹槽110均对应设置一个冷却结构200,即冷却结构200也设有两个,其中,两个冷却结构200中的驱动件211动作上保持同步。

[0082] 可以理解的,本实施例通过设置两个第一凹槽110和两个冷却结构200,并且两个冷却结构200中的驱动件211动作上保持同步,进而以更好地对反射面100a的面形进行控制,以使反射面100a的面形的高度误差及斜率误差满足预设要求。

[0083] 进一步的,两个侧表面103均设有一个第二凹槽120,第二凹槽120沿镜体100的长度方向贯穿设置,以平衡镜体100的内应力。

[0084] 请一并参阅图5、图6及图7,在本实施例中,为了更清楚的描述本申请的技术方案,以下进行举例说明:

[0085] 镜体100的长、宽、高尺寸分别为:700mm、60mm、60mm,反射面100a位于镜体100的上表面101,且上表面101设有两个第一凹槽110,第一凹槽110中注入的冷却液体300为铟镓溶液,铟镓溶液的液面低于光学元件的上表面101,第一凹槽110的深和宽分别为:12mm、6mm,镜体100的两个侧表面103均设有第二凹槽120。第二凹槽120的深度和高度均为10mm。冷却翅片230插入铟镓溶液的深度为8mm,冷却翅片230侧面和底面与第一凹槽110的侧面和底面

的距离都是2mm。

[0086] 请一并参阅图4,在光斑20移动过程中,考虑了三处不同的位置,并且以通过反射面100a中心的子午线10的方向(与镜体100的长度方向平行)建立坐标,其中,以反射面100a的中心为坐标原点,提前确定了三处X射线波长的光斑20的中心在反射面100a的位置,并在系统中提前建立根据不同X射线的波长在反射面100a上光斑20位置对应的表格,具体如下表所示:

X射线的波长	光斑中心的位置
波长1	-235
波长2	0
波长3	205

[0088] 由于反射镜吸收的热功率都小于2W,由此利用本实施例提供的技术方案得到了这三个位置时子午线10的法线方向的变形曲线和斜率误差曲线,分别如图5、图6和图7所示,由图5至图7可以看出反射面100a的面形的高度误差PV值都小于1.5nm,斜率误差RMS值都小于20nrad,满足面形的要求。

[0089] 实施例三

[0090] 请参阅图8,本实施例提供了一种反射镜面形控制模组,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置。本实施例三是在上述实施例一的技术基础上做出的改进,相比上述实施例一,区别之处在于:

[0091] 请一并结合图1,在本实施例中,镜体100设计为方条形状,其中,镜体100具有上表面101、与上表面101相对的下表面102及两个侧表面103,两个侧表面103分别位于上表面101沿宽度方向的两侧,且位于上表面101与下表面102之间。

[0092] 进一步的,反射面100a设于两个侧表面103中的一个,即如图8所示,反射面100a朝左(也可以朝右)。第一凹槽110设于上表面101。冷却翅片230插设在第一凹槽110的冷却液体300中,且不与第一凹槽110接触。

[0093] 上表面101和下表面102还均设有一个第二凹槽120,第二凹槽120沿镜体100的长度方向贯穿设置。并且在上表面101上第一凹槽110相比第二凹槽120更靠近所述反射面100a。

[0094] 实施例四

[0095] 请参阅图9,本实施例提供了一种反射镜面形控制模组,应用于同步辐射装置及自由电子激光装置。本实施例四是在上述实施例一的技术基础上做出的改进,相比上述实施例一,区别之处在于:

[0096] 请一并结合图1,在本实施例中,镜体100设计为方条形状,其中,镜体100具有上表面101、与上表面101相对的下表面102及两个侧表面103,两个侧表面103分别位于上表面101沿宽度方向的两侧,且位于上表面101与下表面102之间。

[0097] 进一步的,反射面100a设于下表面102,即如图9所示,反射面100a朝下。两个侧表面103中至少一个设有第二凹槽120。在本实施例中,两个侧表面103上分别设有一个第二凹槽120,第二凹槽120沿镜体100的长度方向贯穿设置。其中,且每个第二凹槽120靠近下表面102的槽壁上设有第一凹槽110,每个第一凹槽110均对应设置一个冷却结构200,冷却翅片230插设在第一凹槽110的冷却液体300中,且不与第一凹槽110接触。

[0098] 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申请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必针对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一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0099] 尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本申请的限制,本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

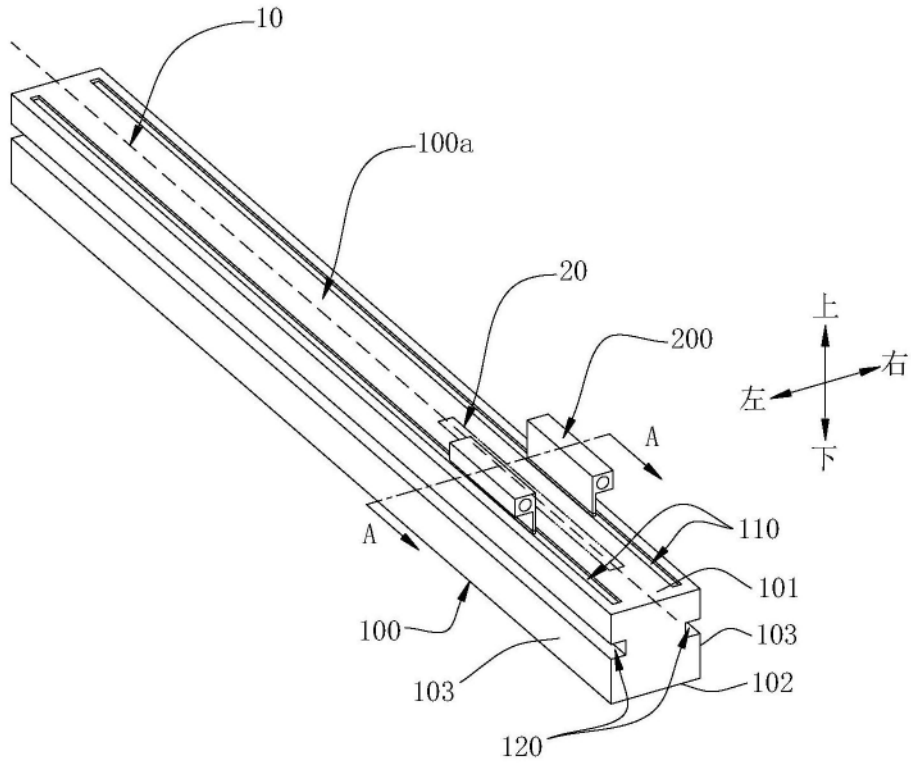


图1

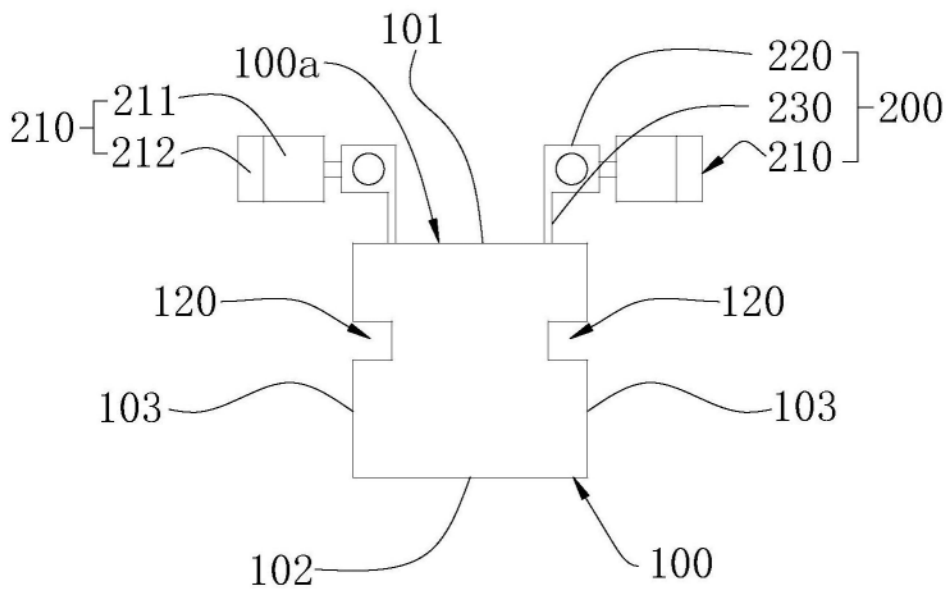


图2

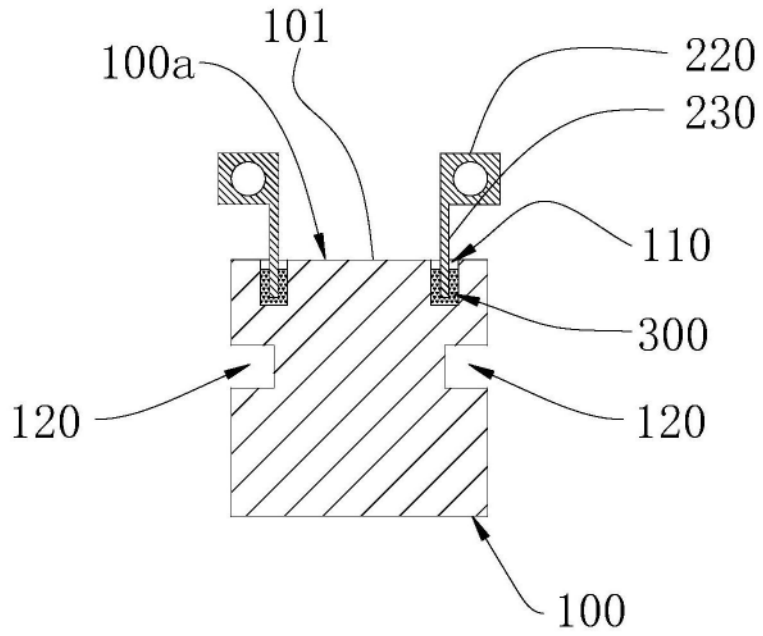


图3

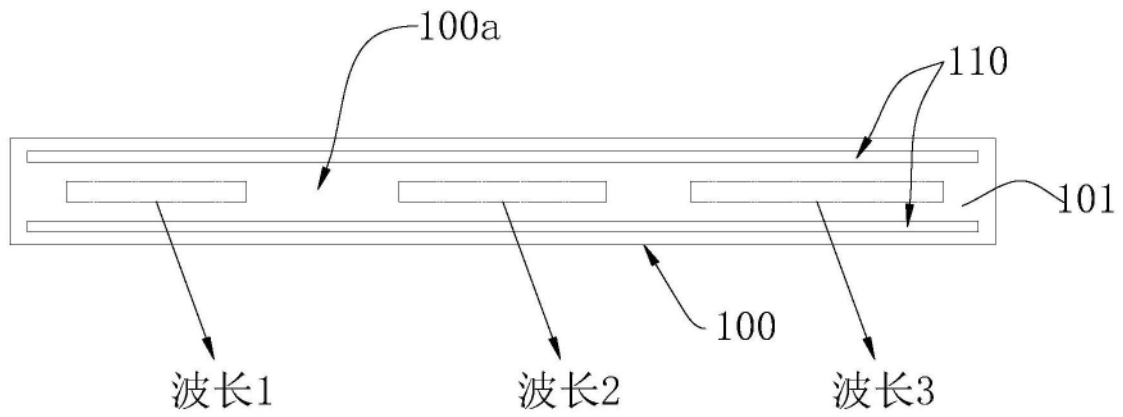


图4

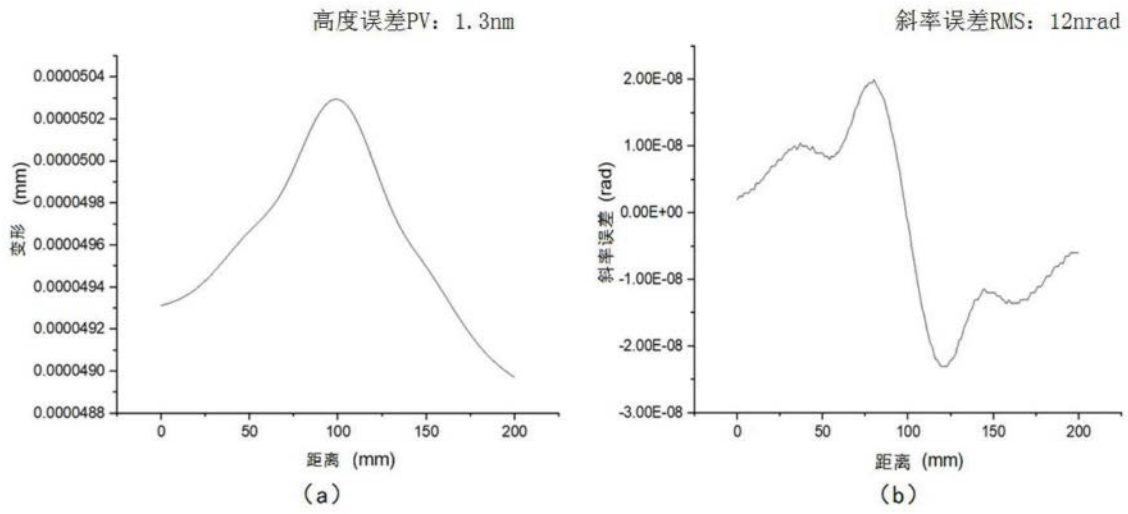


图5

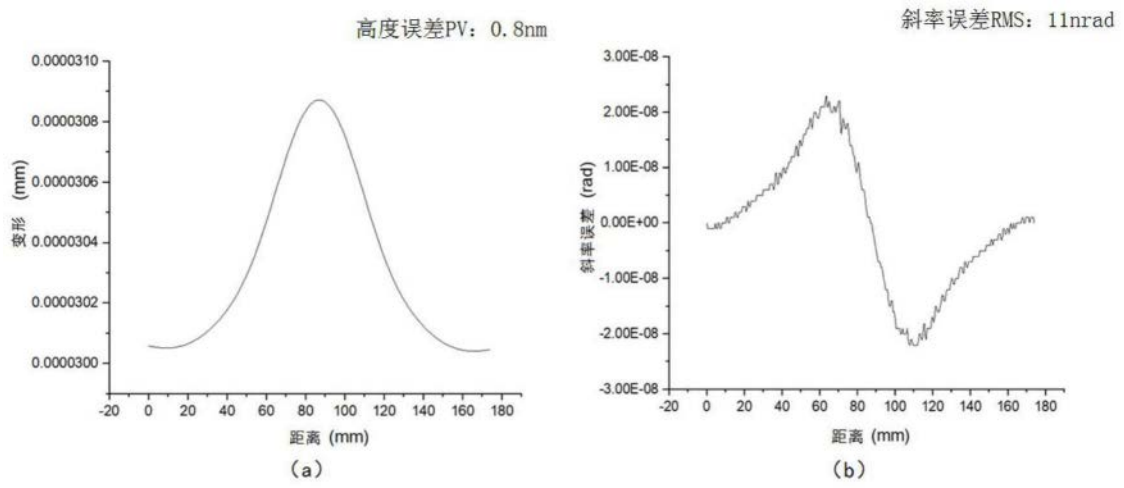


图6

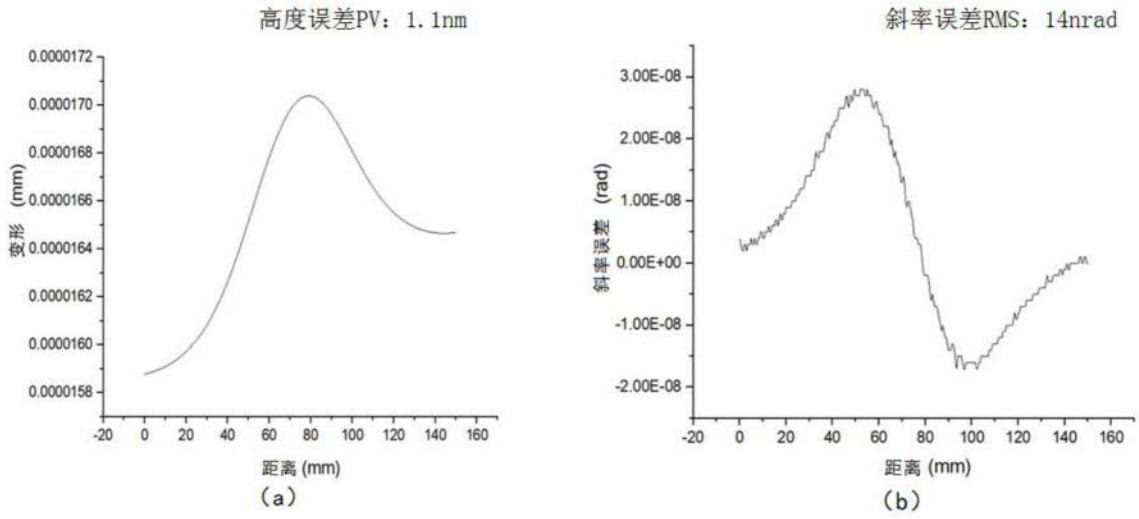


图7

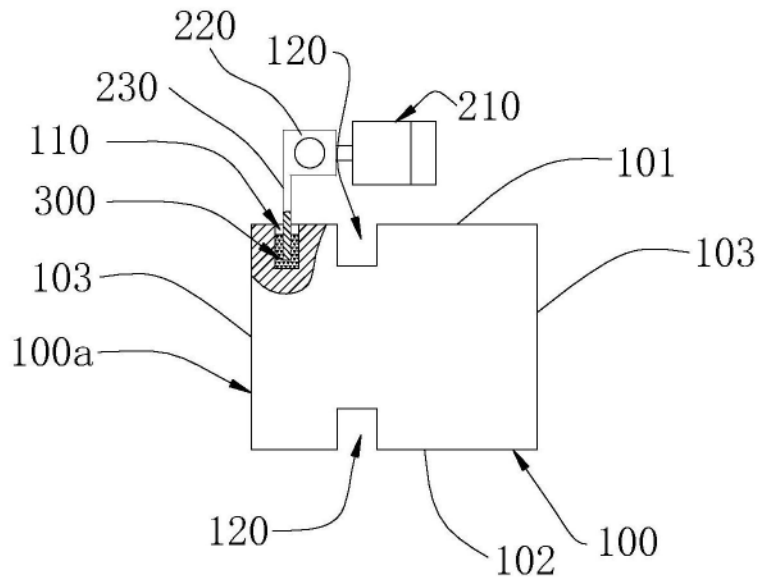


图8

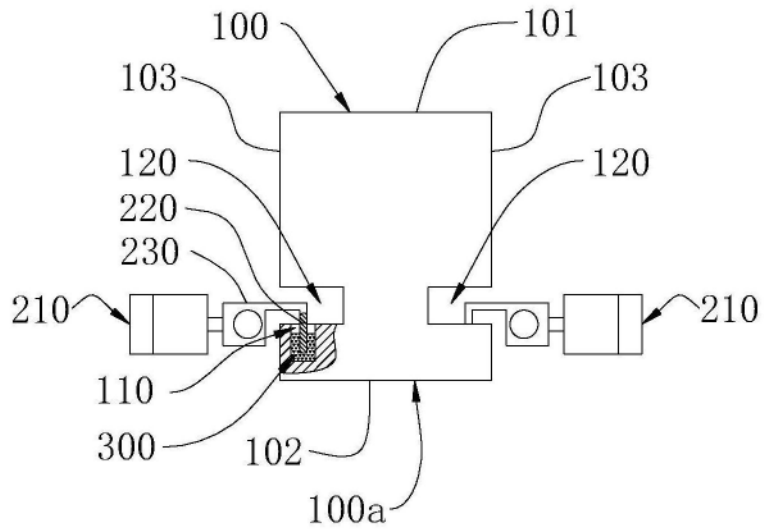


图9