



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105182459 B

(45)授权公告日 2017.09.12

(21)申请号 201510407906.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.07.13

G02B 5/30(2006.01)

B24B 1/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105182459 A

审查员 章锦

(43)申请公布日 2015.12.23

(73)专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市嘉定区上海市800—
211邮政信箱

(72)发明人 魏朝阳 邵建达 徐学科 易葵
顾昊金 程鑫

(74)专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
31213

代理人 张泽纯 张宁展

权利要求书1页 说明书3页

(54)发明名称

米级大口径偏振片全频段面形加工方法

(57)摘要

一种米级大口径偏振片全频段面形加工方法,本发明方法通过磁流变抛光与保形光顺抛光结合,可以有效的控制米级大口径偏振片的加工精度,制造出在高功率激光系统中全频段指标达标的米级大口径偏振片元件,透反两面具体指标如下: $PV \leq \lambda / 3$, $GRMS \leq 7nm/cm$, $PSD1RMS \leq 1.8nm$, $PSD2RMS \leq 1.1nm$, 表面粗糙度 $\leq 1nm$ 。

1. 一种米级大口径偏振片全频段面形加工方法,其特征在于该方法包括下列步骤:

1)、反射面磁流变抛光:利用NUBULA-UPF-60磁流变抛光机床抛光大口径偏振片的反射面,利用300mm口径干涉仪检测抛光后的反射面,当反射面面形精度达到 $0.3\lambda-0.2\lambda$,GRMS达到 $\lambda/90/\text{cm}-\lambda/120/\text{cm}$ 时,进入下一步反射面加工;

2)、反射面保形光顺:利用陪抛片对2.4m环抛机进行校正,通过温度计控制环境温度在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 范围,利用2.4m环抛机对陪抛片进行抛光,通过300mm口径干涉仪检测陪抛片的面形,当面形大于 0.25λ 时,继续抛光;当面形小于 0.25λ 时,即校正完毕,立即取下陪抛片,将大口径偏振片放至与取下的陪抛片相同的位置,对反射面进行抛光,当反射面中高频误差 $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 时,则反射面加工完毕;

3)、透射面磁流变抛光:利用NUBULA-UPF-60磁流变抛光机床抛光大口径偏振片的透射面,利用300mm口径干涉仪检测抛光后的透射面,当透射面面形精度达到 $0.3\lambda-0.2\lambda$,GRMS达到 $\lambda/90/\text{cm}-\lambda/120/\text{cm}$ 时,进入下一步透射面加工;

4)、透射面保形光顺:利用陪抛片对2.4m环抛机进行校正,通过温度计控制环境温度在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 范围,利用2.4m环抛机对陪抛片进行抛光,通过300mm口径干涉仪检测陪抛片的面形,当面形大于 0.25λ 时,继续抛光;当面形小于 0.25λ 时,即校正完毕,立即取下陪抛片,将大口径偏振片放至与取下的陪抛片相同的位置,对透射面进行抛光,当透射面中高频误差 $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 时,则透射面加工完毕;

5) 结束。

米级大口径偏振片全频段面形加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学元件加工,特别是一种米级大口径偏振片全频段面形加工方法。

技术背景

[0002] 在高功率激光系统中,为获得理想的光束聚焦质量,精密光学元件面形误差不仅需达到良好的低频面形精度、表面质量及超光滑的表面粗糙度指标,同时还需满足极为严格的中频波前误差要求,即波前误差要求是全频段的。根据不同频段误差对光学性能的影响,NIF中的光学元件面形误差被划分为三个空间频段:

[0003] 低频段(误差空间周期长度 $L > 33\text{mm}$),

[0004] 中频段($33\text{mm} \geq L \geq 0.12\text{mm}$),

[0005] 高频段(误差空间周期长度 $L < 0.12\text{mm}$) 分别达到相应的指标要求。

[0006] 低频误差来源于系统装调和镜面因制造残留的缓变误差,一般描述为系统的波像差,低频误差会影响聚焦光斑的能量集中度和焦面光强分布,最终影响多路激光合成光斑的直径;表面中频误差将导致光束的高频调制以及系统非线性增长,从而造成元件丝状破坏,降低系统光束的可聚焦功率。高频误差已对系统光束质量没有影响,主要因为实际制造过程中,这一频段的误差含量相对较小,并且不影响焦点处能量分布形式。但是,这一频段误差在表面覆膜后不会被掩盖,强激光轰击下,会降低薄膜的损伤阈值,同时增加光束的散射损耗。

[0007] 偏振片元件配合电光开关在高功率激光驱动器系统中起光开关或光隔离,抑制寄生振荡作用,是ICF激光驱动器中的关键元件之一。偏振片基板的加工难度来自于大尺寸、超长宽比,且同时具有反射和透射全频段高精度的要求,可以说米级大口径偏振片是ICF激光驱动器中口径最大,加工难度最高的白玻璃平面光学元件。

[0008] 针对米级大口径偏振片元件的加工,由于环形连续抛光技术具有优异的中高频误差控制以及可以实现多工位批量化的加工能力,环形抛光技术成为高精度大口径平面元件加工的主要技术途径之一。但国内在环形抛光技术方面与国际先进水平的差距明显,利用现有环形抛光技术还不能够实现高精度米级偏振片元件的高精度制造。这是由于一方面,同圆形元件相比,矩形元件的环形抛光加工具有明显的边缘效应,特别是该效应易在四个角的位置发生。另一方面,对于大口径光学元件的环形抛光加工过程来说,即使抛光盘的转速很小,由于工件本身的大尺寸和校正盘的自重,摩擦产生的热量容易积聚,对面形的控制带来十分严重的负面影响。此外,更为重要的是国内能够获得的用于偏振片元件的UBK7材料均匀性最好才达到3ppm,而偏振片元件的厚度大于90mm,由于均匀性引起的透射波前误差已大于 $\lambda/3$ ($\lambda = 632.8\text{nm}$) 要求,利用环形抛光加工技术理论上就不可能实现透射波前的加工要求。

[0009] 以计算机控制为核心的小工具抛光技术如小磨头抛光技术、磁流变抛光技术和离子束抛光技术等,由于具有局部面形修正的能力,可以很好的克服材料折射率非均匀性问题,实现高精度的低频段的反射和透射面形加工,但是由于数控小工具抛光技术使用了比

工件尺寸小的多的磨头,在工件表面会产生小尺度的中频波纹度问题,从而导致所加工的表面中频段误差难以达到要求。因此,单独采用环形抛光或数控小工具的加工方式都无法实现米级大口径偏振片全频段指标满足要求。

发明内容

[0010] 本发明提供一种米级大口径偏振片全频段面形加工方法,该方法将磁流变抛光技术与保形光顺相结合,实现了对米级大口径偏振片的全频段面形高精度加工。

[0011] 本发明的技术解决方案如下:

[0012] 一种米级大口径偏振片全频段面形加工方法,其特点在于该方法包括下列步骤:

[0013] 1)、反射面磁流变抛光:利用NUBULA-UPF-60磁流变抛光机床抛光大口径偏振片反射面,利用300mm口径干涉仪检测抛光后的反射面,当反射面面形精度达到 $0.3\lambda-0.2\lambda$,GRMS达到 $\lambda/90/\text{cm}-\lambda/120/\text{cm}$ 时,进入下一步反射面加工;

[0014] 2)、反射面保形光顺:利用陪抛片(相同尺寸的偏振片)对2.4m环抛机进行校正,通过温度计控制环境温度在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 范围,利用2.4m环抛机对陪抛片进行抛光,通过300mm口径干涉仪检测陪抛片的面形,当面形大于 0.25λ 时,继续抛光;当面形小于 0.25λ 时,即校正完毕。校正完毕后,立即取下陪抛片,将大口径偏振片放至与取下的陪抛片相同的位置,对反射面进行抛光,当反射面中高频误差 $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 时,则反射面加工完毕,进入透射面加工;

[0015] 3)、透射面磁流变抛光:利用NUBULA-UPF-60磁流变抛光机床抛光大口径偏振片透射面,利用300mm口径干涉仪检测抛光后的透射面,当透射面面形精度达到 $0.3\lambda-0.2\lambda$,GRMS达到 $\lambda/90/\text{cm}-\lambda/120/\text{cm}$ 时,进入下一步透射面加工;

[0016] 4)、透射面保形光顺:利用陪抛片(相同尺寸的偏振片)对2.4m环抛机进行校正,通过温度计控制环境温度在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 范围,利用2.4m环抛机对陪抛片进行抛光,通过300mm口径干涉仪检测陪抛片的面形,当面形大于 0.25λ 时,继续抛光;当面形小于 0.25λ 时,即校正完毕,立即取下陪抛片,将大口径偏振片放至与取下的陪抛片相同的位置,对透射面进行抛光,当透射面中高频误差 $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 时,则透射面加工完毕。

[0017] 本发明的技术效果如下:

[0018] 本发明结合磁流变抛光技术与保形光顺技术,可以有效的控制米级大口径偏振片的加工精度,制造出在高功率激光系统中透反两面全频段指标达标的米级大口径偏振片元件: $\text{PV}\leq \lambda/3$, $\text{GRMS}\leq 7\text{nm}/\text{cm}$, $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 。

具体实施方式

[0019] 下面对本发明做详细说明。

[0020] 实施例1

[0021] 一种米级大口径偏振片全频段面形加工方法,加工对象是一片 $810\text{mm}\times 430\text{mm}\times 107\text{mm}$ 的偏振片基板,初始反射面形精度为 0.6λ ($\lambda=632.8\text{nm}$),初始透射面形精度为 1.3λ ($\lambda=632.8\text{nm}$),该方法包括下列步骤:

[0022] 1)、反射面磁流变抛光:利用NUBULA-UPF-60磁流变抛光机床抛光大口径偏振片反

射面,利用300mm口径干涉仪检测抛光后的反射面,当反射面面形精度达到 0.2λ ,GRMS为 $\lambda/120/\text{cm}$ 时,进入下一步反射面加工;

[0023] 2)、反射面保形光顺:利用陪抛片(相同尺寸的偏振片)对2.4m环抛机进行校正,通过温度计控制环境温度在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 范围,利用2.4m环抛机对陪抛片进行抛光,通过300mm口径干涉仪检测陪抛片的面形,当面形大于 0.25λ 时,继续抛光;当面形小于 0.25λ 时,即校正完毕。校正完毕后,立即取下陪抛片,将大口径偏振片放至与取下的陪抛片相同的位置,对反射面进行抛光,当反射面中高频误差 $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 时,则反射面加工完毕,进入透射面加工;

[0024] 3)、透射面磁流变抛光:利用NUBULA-UPF-60磁流变抛光机床抛光大口径偏振片透射面,利用300mm口径干涉仪检测抛光后的透射面,当透射面面形精度达到 0.2λ ,GRMS达到 $\lambda/120/\text{cm}$ 时,进入下一步透射面加工;

[0025] 4)、透射面保形光顺:利用陪抛片(相同尺寸的偏振片)对2.4m环抛机进行校正,通过温度计控制环境温度在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 范围,利用2.4m环抛机对陪抛片进行抛光,通过300mm口径干涉仪检测陪抛片的面形,当面形大于 0.25λ 时,继续抛光;当面形小于 0.25λ 时,即校正完毕。校正完毕后,立即取下陪抛片,将大口径偏振片放至与取下的陪抛片相同的位置,对透射面进行抛光,当透射面中高频误差 $\text{PSD1RMS}\leq 1.8\text{nm}$, $\text{PSD2RMS}\leq 1.1\text{nm}$,表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ 时,则透射面加工完毕。

[0026] 制造出的米级大口径偏振片元件透射面PV为 0.3λ ,反射面PV为 0.19λ ,GRMS为 $6.8\text{nm}/\text{cm}$, PSD1RMS 为 1.76nm , PSD2RMS 为 0.97nm ,表面粗糙度为 1nm ,全频段指标符合高功率激光系统要求。