



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102323670 A

(43) 申请公布日 2012.01.18

(21) 申请号 201110262426.0

G01J 3/28(2006.01)

(22) 申请日 2011.09.06

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 郭帮辉 孙强 王健 周怀得 李广泽 刘金国 郭永飞

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G02B 27/00(2006.01)

G02B 27/10(2006.01)

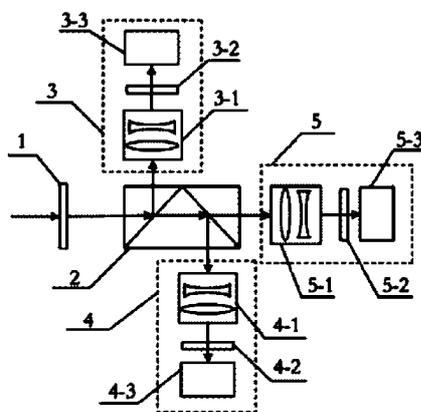
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统

(57) 摘要

紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统，涉及一种光学成像系统，本发明解决现有多波段成像系统的入射光束经同一个光学镜组并利用棱镜分光后获得各波段的成像质量差、图像分辨率低且存在系统体积大难以满足对系统体积要求严格的场合问题，目标光束经玻璃窗口透射至三波段分光棱镜，在三波段分光棱镜的第一胶合面反射紫外光束后进入紫外波段系统形成目标的紫外波段图像；透射的可见光光束和近红外光束经第二胶合面反射可见光光束后进入可见光波段系统形成目标的可见光波段图像；透射近红外光束入射至近红外波段系统形成目标的近红外波段图像。本发明能够获得同一时刻的目标在三波段的图像信息，本发明适用于工业检测领域。



1. 紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,该系统包括玻璃窗口(1)、三波段分光棱镜(2)、紫外波段系统(3)、可见光波段系统(4)和近红外波段系统(5);其特征是,目标光束经玻璃窗口(1)透射至三波段分光棱镜(2),所述三波段分光棱镜(2)的第一胶合面反射紫外光束,透射可见光光束和近红外光束,所述三波段分光棱镜(2)第一胶合面反射的紫外光束入射至紫外波段系统(3),形成紫外波段图像;三波段分光棱镜(2)第一胶合面透射的可见光光束和近红外光束入射至三波段分光棱镜(2)的第二胶合面,所述第二胶合面反射可见光光束,透射近红外光束,三波段分光棱镜(2)的第二胶合面反射的可见光光束入射至可见光波段系统(4),形成可见光波段图像;所述三波段分光棱镜(2)的第二胶合面透射的近红外光束入射至近红外波段系统(5),形成近红外波段图像。

2. 根据权利要求1所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,其特征在于,所述三波段分光棱镜(2)第一胶合面和第二胶合面镀有分色膜,第一胶合面上的分色膜反射紫外光束,第二胶合面上的分色膜反射可见光光束。

3. 根据权利要求1或2所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,其特征在于,玻璃窗口(1)和三波段分光棱镜(2)的波长范围为 $0.3 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求3所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,其特征在于,所述的玻璃窗口(1)和三波段分光棱镜(2)的材料为熔融石英。

5. 根据权利要求1所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,其特征在于,所述紫外波段系统(3)包括紫外光学镜头(3-1)、紫外滤光片(3-2)和紫外探测器(3-3);所述三波段分光棱镜(2)第一胶合面反射的紫外光束入射至紫外光学镜头(3-1)和紫外滤光片(3-2)后,会聚在紫外探测器(3-3)的成像靶面,形成紫外波段图像。

6. 根据权利要求1所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,其特征在于,所述可见光波段系统(4)包括可见光光学镜头(4-1)、可见光滤光片(4-2)和可见光探测器(4-3);所述三波段分光棱镜(2)的第二胶合面反射的可见光光束入射至可见光光学镜头(4-1)和可见光滤光片(4-2)后,会聚在可见光探测器(4-3)的成像靶面,形成可见光波段图像。

7. 根据权利要求1所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,其特征在于,所述近红外波段系统(5)包括近红外光学镜头(5-1)、近红外滤光片(5-2)和近红外探测器(5-3);所述三波段分光棱镜(2)的第二胶合面透射的近红外光束入射至近红外光镜头(5-1)和近红外滤光片(5-2)后,会聚在近红外探测器(5-3)的成像靶面,形成近红外波段图像。

紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学成像系统,具体涉及一种使用棱镜分光的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统。

背景技术

[0002] 随着科学技术的快速发展,在工业检测的许多场合,为了对目标进行准确探测,需要得到目标的紫外、可见光和近红外三个波段的光谱信息。

[0003] 目前,现有的多波段成像仪或者三波段成像系统一般采用以下两种技术方案:第一种方案,采用多个光学孔径分别组成光学系统,这种方案,系统体积大,难以适用于对体积要求严格的应用场合;第二种方案,采用共光学孔径,入射光束经过同一个光学镜组后,利用棱镜或分光镜进行分光,得到多个波段的图像,这种方案很难将紫外到近红外宽波段像差优化到理想值,从而导致各个波段成像效果差,图像分辨率低,不利于目标的探测。

发明内容

[0004] 本发明为解决现有多波段成像系统的入射光束经同一个光学镜组后利用棱镜分光后获得各波段的成像质量差、图像分辨率低且存在系统体积大难以满足对系统体积要求严格的应用场合的问题,提供一种紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统。

[0005] 紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,该系统包括玻璃窗口、三波段分光棱镜、紫外波段系统、可见光波段系统和近红外波段系统;目标光束经玻璃窗口透射至三波段分光棱镜,在三波段分光棱镜的第一胶合面反射紫外光束,透射可见光光束和近红外光束,被反射的紫外光束进入紫外波段系统形成目标的紫外波段图像;经三波段分光棱镜的第一胶合面透射的可见光光束和近红外光束,到达三波段分光棱镜的第二胶合面,所述三波段分光棱镜的第二胶合面反射可见光光束,透射近红外光束,被三波段分光棱镜的第二胶合面反射的可见光光束进入可见光波段系统,形成目标的可见光波段图像;透过三波段分光棱镜的第二胶合面的近红外光束入射至近红外波段系统,形成目标的近红外波段图像。

[0006] 本发明的有益效果:

[0007] 一、本发明所述的三个波段光学系统共用同一光学孔径,减小了系统的体积;采用棱镜分光,保证三个波段的光学系统具有高的光轴平行度。三个波段的光学镜头都放在分光棱镜之后,便于各个波段分别校正光学像差,提高光学系统的成像质量和图像分辨率。

[0008] 二、本发明所述的三个波段的光学系统可以单独进行像面位置的调节,互不影响,保证系统在三个波段都能得到高的成像质量和图像分辨率。

附图说明

[0009] 图1为本发明所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统的结构示意图;

[0010] 图2为本发明所述的紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统的光路示意图。

[0011] 图中:1、玻璃窗口;2、三波段分光棱镜;3、紫外波段系统;3-1、紫外光学镜头;

3-2、紫外滤光片 ;3-3、紫外探测器 ;4、可见光波段系统 ;4-1、可见光光学镜头 ;4-2、可见光滤光片 ;4-3、可见光探测器 ;5、近红外波段系统 ;5-1、近红外光学镜头 ;5-2、近红外滤光片 ;5-3、近红外探测器。

具体实施方式

[0012] 具体实施方式一、结合图 1 说明本实施方式,紫外、可见光和近红外三波段光学成像系统,该系统包括玻璃窗口 1、三波段分光棱镜 2、紫外波段系统 3、可见光波段系统 4 和近红外波段系统 5 ;目标光束经玻璃窗口 1 透射,进入三波段分光棱镜 2,在三波段分光棱镜 2 的第一胶合面反射紫外光束,透射可见光光束和近红外光束,被反射的紫外光束进入紫外波段系统 3 形成目标的紫外波段图像 ;经三波段分光棱镜 2 的第一胶合面透射的可见光光束和近红外光束,到达三波段分光棱镜 2 的第二胶合面,所述三波段分光棱镜 2 的第二胶合面反射可见光光束,透射近红外光束,被三波段分光棱镜 2 的第二胶合面反射的可见光光束进入可见光波段系统 4,形成目标的可见光波段图像 ;透过三波段分光棱镜 2 的第二胶合面的近红外光束入射至近红外波段系统 5,形成目标的近红外波段图像。

[0013] 本实施方式所述的紫外波段系统 3 包括紫外光学镜头 3-1、紫外滤光片 3-2 和紫外探测器 3-3 ;被反射的紫外光束进入紫外波段系统 3 内的紫外波段镜头 3-1 和紫外滤光片 3-2 之后,会聚在紫外探测器 3-3 的成像靶面,形成此外波段图像 ;可见光波段系统 4 包括可见光光学镜头 4-1、可见光滤光片 4-2 和可见光探测器 4-3 ;被三波段分光棱镜 2 的第二胶合面反射的可见光光束进入可见光波段系统内的可见光镜头 4-1 和可见光滤光片 4-2 之后,会聚在可见光探测器 4-3 的成像靶面,形成可见光波段图像 ;近红外波段系统 5 包括近红外光学镜头 5-1、近红外滤光片 5-2 和近红外探测器 5-3 ;所述透过三波段分光棱镜 2 的第二胶合面的近红外光束,经过近红外光镜头 5-1 和近红外滤光片 5-2 之后,会聚在近红外探测器 5-3 的成像靶面,形成目标的近红外波段图像。

[0014] 本实施方式所述的玻璃窗口 1 和三波段分光棱镜 2 必须选用在紫外到近红外波段内具有高透过率的材料,同时,该材料化学性质稳定,不易受腐蚀,常见的光学玻璃材料中,熔融石英适合用于玻璃窗口 1 和三波段分光棱镜 2 的材料。

[0015] 本实施方式所述的三波段分光棱镜 2 的第一胶合面和第二胶合面分别镀有分色膜,对紫外、可见光和近红外三个波段的光束分光精度和截止深度不够高,如果不加滤光片,直接用棱镜分开的光束来成像,会导致光谱波段不准确,成像质量差。因此,在三个波段的光路中分别加入了紫外滤光片 3-2,可见光滤光片 4-2,近红外滤光片 5-2,对各个波段的光束进行第二次过滤,提高了光谱精度和成像质量。

[0016] 本实施方式所述的紫外波段系统 3、可见光波段系统 4 和近红外波段系统 5 的设计过程为 :根据给定的光学系统技术指标,通过求解初级像差理论中的像差平衡方程组,确定各个波段光学系统的初始结构,将所述初始结构导入光学设计软件进行高级像差优化,将各个波段光学系统的总像差控制在合理的范围内。三个波段的光学系统分别设计完成之后,在光学设计软件中构建三波段系统的总体光路,计算得到玻璃窗口和分光棱镜的几何尺寸。根据各个波段的工作波长指标要求,设计三波段分光棱镜 2 的两个胶合面的分色膜,设计紫外滤光片 3-2、可见光滤光片 4-2 和近红外滤光片 5-2 的光学膜系。

[0017] 具体实施方式二、结合图 2 说明本实施方式,本实施为具体实施方式一所述的紫

外、可见光和近红外三波段光学成像系统的实施例：

[0018] 本实施方式所述的三波段光学成像系统技术指标如下：

[0019] 工作波段：紫外波段： $0.30 \sim 0.38 \mu\text{m}$ ；可见光波段： $0.40 \sim 0.65 \mu\text{m}$ ；近红外波段： $0.76 \sim 1.0 \mu\text{m}$ ；

[0020] 焦距：三个波段焦距都是 65mm ；

[0021] 视场角：三个波段视场角都是 7° ；

[0022] 分辨率：三个波段分辨率都优于 0.15mrad ；

[0023] 本实施方式所述玻璃窗口 1 和三波段分光棱镜 2 必须选用在 $0.3 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 波长范围内具有高透过率的玻璃材料，选用熔融石英材料制作玻璃窗口 1 和三波段分光棱镜 2。

[0024] 本实施方式所述的三波段分光棱镜 2 的第一胶合面镀有分色膜，所述分色膜对于波长在 $0.30 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 范围内的紫外光束具有高反射率，所述紫外滤光片 3-2 在波长为 $0.30 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 范围内的紫外光束具有高透过率，并且对于波长在 $0.30 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 范围外的光束的透过率低于 0.1% ；所述第一胶合面上的分色膜对于波长在 $0.40 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围内的可见光光束和近红外光束具有高透过率；三波段分光棱镜 2 的第二胶合面镀有分色膜，所述分色膜在波长为 $0.40 \sim 0.65 \mu\text{m}$ 范围内的可见光光束具有高反射率，所述可见光滤光片 4-2 对于波长在 $0.40 \sim 0.65 \mu\text{m}$ 范围内的可见光光束具有高透过率，对于波长在 $0.40 \sim 0.65 \mu\text{m}$ 范围外的光束的透过率低于 0.1% ；所述第二胶合面上的分色膜在波长为 $0.76 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围内的近红外光束具有高透过率，所述近红外滤光片 5-2 对于波长在 $0.76 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围内的近红外光束具有高透过率，对于波长在 $0.76 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围外的光束的透过率低于 0.1% 。

[0025] 本实施方式所述三波段光学成像系统技术指标，由初级像差理论，通过求解像差平衡方程组，分别得到紫外波段光学系统、可见光波段光学系统和近红外波段光学系统的初始结构。将所述初始结构导入光学设计软件优化系统高级像差，通过分析系统传递函数和像差曲线，判断系统像差大小，将系统像差优化到所选探测器像元尺寸量级。使用所述设计方法，得到紫外波段系统 3 的具体参数如表 1 所示，可见光波段系统 4 的具体参数如表 2 所示，近红外波段系统 5 的具体参数如表 3 所示。

[0026] 本实施方式所述的玻璃窗口 1 的厚度为 5mm ，两面均为平面，玻璃窗口 1 的后表面与三波段分光棱镜 2 的前表面之间的距离为 30mm ；三波段分光棱镜 2 的尺寸为 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，三波段分光棱镜 2 的上表面到紫外波段系统 3 的第一片镜片的前表面的距离为 10mm ，三波段分光棱镜 2 的下表面到可见光波段系统 4 的第一片镜片的前表面的距离为 10mm ，三波段分光棱镜 2 的后表面到近红外波段系统 5 的第一片镜片的前表面的距离为 10mm 。

[0027] 表 1

[0028]

元件名称	面序号	曲率半径 (mm)	间隔或厚度 (mm)	材料	孔径 (mm)
镜片 1	1	36.89	3.65	熔融	20.27
	2	18.75	2.51	石英	19.98
镜片 2	3	50.57	3.71	CaF ₂	19.15
	4	-59.96	0.10		19.01
镜片 3	5	20.87	4.65	CaF ₂	18.41
	6	-85.51	1.01		17.81
镜片 4	7	-44.61	4.90	熔融	17.30
	8	18.46	3.93	石英	14.90
光阑	9	—	2.00	—	14.71
镜片 5	10	28.12	4.55	CaF ₂	15.40
	11	-22.46	0.28		15.34
镜片 6	12	45.68	3.20	熔融	14.48
	13	15.43	5.88	石英	13.00
紫外滤光片	14	—	1.50	熔融	12.52
	15	—	37.79	石英	12.41
像面	16	—	—	—	8.00

[0029] 表 2

[0030]

元件名称	面序号	曲率半径 (mm)	间隔或厚度 (mm)	材料	孔径 (mm)
镜片 1	1	33.21	3.69	熔融	20.26
	2	10.41	2.74	石英	18.90
镜片 2	3	58.56	3.29	CaF ₂	19.01
	4	-60.97	0.53		18.98
镜片 3	5	20.35	4.63	CaF ₂	18.40
	6	-130.95	1.07		17.51
镜片 4	7	-48.85	4.21	熔融	17.12
	8	19.10	3.89	石英	15.04

[0031]

光阑	9	—	2	—	14.82
镜片 5	10	28.74	4.92	CaF ₂	15.48
	11	-23.06	0.39		15.40
镜片 6	12	41.78	3.18	熔融	14.54
	13	15.39	5.29	石英	13.09
可见光 滤光片	14	—	1.5	熔融	12.68
	15	—	38.49	石英	12.56
像面	16	—	—	—	8.00

[0032] 表 3

[0033]

元件名称	面序号	曲率半径 (mm)	间隔或厚度 (mm)	材料	孔径 (mm)
镜片 1	1	40.37	7.00	熔融	22.23
	2	22.86	1.03	石英	20.14
镜片 2	3	23.28	5.82	CaF ₂	20.20
	4	73.66	0.23		19.21
镜片 3	5	22.55	4.47	CaF ₂	18.76
	6	-111.65	4.68		17.96
镜片 4	7	-51.71	3.04	熔融	14.56
	8	16.28	3.56	石英	12.72
光阑	9	—	7.19	—	12.30
镜片 5	10	20.04	7.00	CaF ₂	14.00
	11	-99.54	0.47		13.52
镜片 6	12	12.89	5.60	熔融	13.06
	13	8.89	5.05	石英	10.42
近红外 滤光片	14	—	1.50	熔融	10.18
	15	—	23.33	石英	10.10
像面	16	—	—	—	8.00

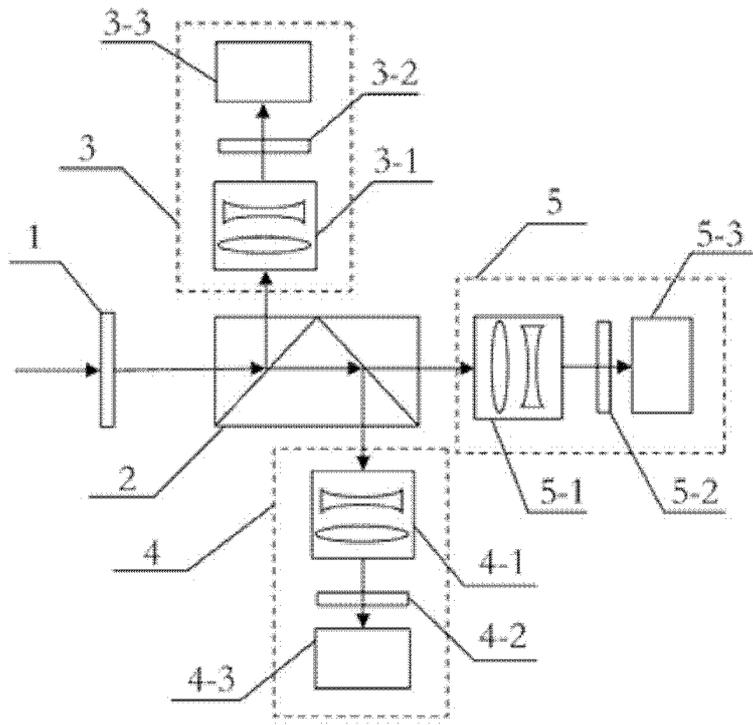


图 1

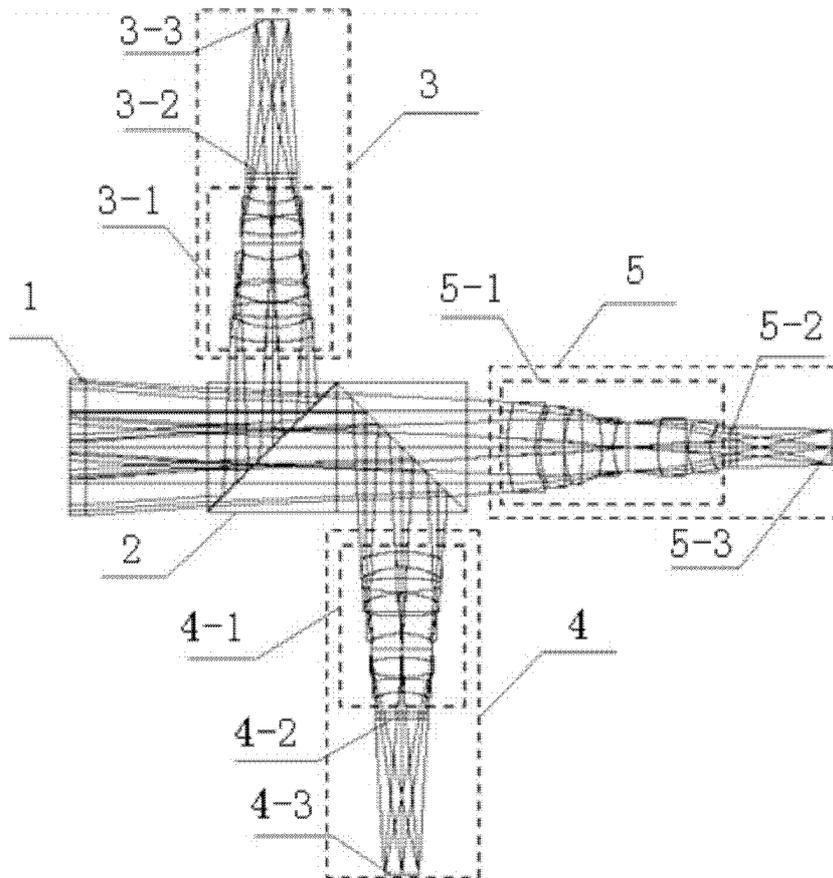


图 2