



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101710208 A

(43) 申请公布日 2010.05.19

(21) 申请号 200910217900.0

(22) 申请日 2009.11.24

(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 金春水 王丽萍

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 赵炳仁

(51) Int. Cl.

G02B 17/08(2006.01)

G02B 5/10(2006.01)

G01R 31/12(2006.01)

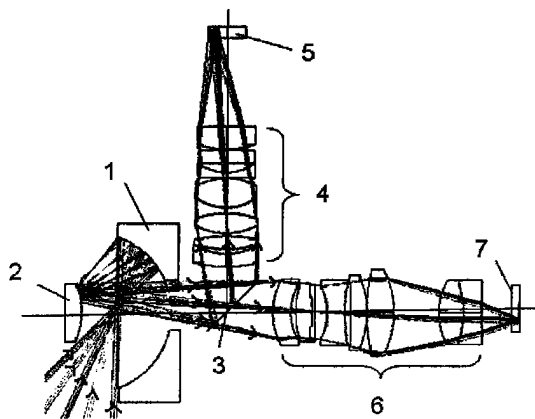
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

双波段电晕探测折反射全景光学系统

(57) 摘要

本发明涉及电晕探测技术的光学系统,是一种特别适用于 240nm ~ 280nm 紫外波段及 460nm ~ 610nm 可见光谱段的双波段电晕探测折反射全景光学系统,包括敷有反射紫外光分光膜的紫外/可见光分束镜、沿紫外/可见光分束镜的透射光路光轴设置的可见光中继镜和可见光探测器,沿紫外/可见光分束镜的反射光路光轴设置的紫外中继镜和紫外探测器;在所述的紫外/可见光分束镜的前方还设置一由具有中心孔的凹面反射镜和凸面反射镜构成的共轴反射镜组。该系统具有 360° × (45° ~ 90°) 大视场、探测范围广、可提高探测效率的优点,可实现输电线路设备故障的实时监测,减轻人员操作负担。



1. 一种双谱段电晕探测折反射全景光学系统,包括敷有反射紫外光分光膜的紫外/可见光分束镜(3)、沿紫外/可见光分束镜(3)的透射光路光轴设置的可见光中继镜(4)和可见光探测器(5),沿紫外/可见光分束镜(3)的反射光路光轴设置的紫外中继镜(6)和紫外探测器(7),其特征在于:在所述的紫外/可见光分束镜(3)的前方设置一由具有中心孔的凹面反射镜(1)和凸面反射镜(2)构成的共轴反射镜组;由离轴视场无遮拦地进入光学系统入瞳的光束,首先入射到反射镜组的凹面反射镜(2)上,反射后入射到反射镜组的凸面反射镜(1)上再次反射,反射光束穿过凹面反射镜(2)的中心孔进入所述的紫外/可见光分束镜(3),被紫外/可见光分束镜(3)分光后的可见光分束经所述的可见光中继镜(4)进入可见光探测器(5),紫外光束经所述的紫外中继镜(6)进入紫外探测器(7)。

2. 根据权利要求1所述的双谱段电晕探测折反射全景光学系统,其特征在于所述反射镜组的凹面反射镜(1)与凸面反射镜(2)的半径差值小于 $8\% R_{\text{凸面镜}}$,以减小系统场曲及像散。

双谱段电晕探测折反射全景光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电晕探测技术的光学系统,是一种适用于 240nm ~ 280nm 紫外谱段及 460nm ~ 610nm 可见光谱段的大视场折反射全景光学系统。

背景技术

[0002] 电力系统、电力设备在设计、制造、安装、维护过程中已经充分考虑了电场强度分布,正常情况下,容许范围内的电晕不会对系统造成影响。如果设备存在缺陷,比如:接触不良、导线断股、瓷瓶断裂、接地不良、疲劳过载、绝缘子脏污等,将会引起局部电场强度畸变,当高压元器件表面的电场强度超过了空气的击穿强度时,高压元器件表面就会产生电晕放电。高压电极发生电晕放电,能产生噪音和无线电干扰,给电力系统通讯和保护带来严峻挑战;某些类型元件上的电晕放电能产生元件的过早老化和失效,也容易引发电器设备故障、损害;电晕放电的存在也能加重高压电器元件的污染和电量的损耗。

[0003] 紫外放电检测技术可以检测电力设备电晕放电和表面局部放电特征,以及外绝缘状态和污秽程度,具有工作可靠、准确方便,误报率低等特点。目前,国外一些发达国家已普遍应用紫外成像技术检测输电线路设备的缺陷与故障。

[0004] 紫外成像电晕探测技术利用了太阳辐射的“日盲”特性。“日盲”紫外谱段的波长范围是 240nm ~ 280nm,太阳辐射在这一谱段被平流层中的臭氧层所强烈吸收,在近地大气中几乎不存在,呈现所谓“日盲”现象。在“日盲”区,电晕放电的紫外辐射在微弱的辐射背景噪声下就容易显现出来。电晕放电的紫外辐射处于 230 ~ 405nm 波段,紫外成像电晕探测技术正是通过探测特定谱段的光谱,确定电晕的位置和强度。为了准确测定故障的位置,在检测的紫外信号的同时,还须检测可见光背景图像。紫外成像电晕探测设备采用双光谱成像及图像融合技术。确保在日光下获得清晰的紫外光图像。

[0005] 目前,紫外成像电晕探测设备中的光学系统视场角很小,通常为 $8^{\circ} \times 5^{\circ}$,探测范围有限。工作方式手持式,检测输电线路设备故障过程需依靠人员移动操作,无法脱离人工参与,耗时、耗力、实时性差。

发明内容

[0006] 本发明目的是为了克服目前双谱段电晕探测系统存在视场角小、探测范围窄、检测过程耗时、耗力、实时性差的缺陷,提出一种双谱段电晕探测折反射全景光学系统。该系统具有大视场、大相对孔径、高均匀性像面照度等特点。在 240nm-290nm “日盲”紫外及 460nm ~ 610nm 可见光谱段下具有视场角等于或大于 $360^{\circ} \times (45^{\circ} \sim 90^{\circ})$ 的优异探测性能。

[0007] 本发明双谱段电晕探测折反射全景光学系统,包括敷有反射紫外光分光膜的紫外/可见光分束镜、沿紫外/可见光分束镜的透射光路光轴设置的可见光中继镜和可见光探测器,沿紫外/可见光分束镜的反射光路光轴设置的紫外中继镜和紫外探测器;在所述的紫外/可见光分束镜的前方还设置一由具有中心孔的凹面反射镜和凸面反射镜构成的共

轴反射镜组；由离轴视场无遮拦地进入光学系统入瞳的光束，首先入射到反射镜组的凹面反射镜上，反射后入射到反射镜组的凸面反射镜上再次反射，反射光束穿过凹面反射镜的中心孔进入所述的紫外/可见光分束镜，被紫外/可见光分束镜分光后的可见光分束经所述的可见光中继镜进入可见光探测器，紫外光束经所述的紫外中继镜进入紫外探测器。

[0008] 反射镜组是系统实现大视场角的关键，反射镜的结构，尺寸，面型决定着系统成像特性及透视投影关系。本发明采用凹、凸面反射镜配合获得景物的虚像，并将视场角压缩到适当的角度。入射光首先入射到反射镜组的凹面反射镜上，反射后入射到反射镜组的凸面反射镜上再次反射，反射光线穿过凹面反射镜中心孔进入分束镜。

[0009] 本发明的光学系统使用俯仰角为 $45^\circ \sim 90^\circ$ 的离轴视场，像面为环形区域，利用投影关系和相应的数学映射公式可从像面获取目标的角度坐标信息，结合可见光背景图像实现电晕定位。

[0010] 该系统具有以下优点：

[0011] 1. 具有 $360^\circ \times (45^\circ \sim 90^\circ)$ 大视场，探测范围广，可提高探测效率。

[0012] 2. 可以选择几个检测点固定安装，实现输电线路设备故障的实时监测，及时发现问题，提高电力系统安全系数。

[0013] 3. 脱离人工操作，减轻人员负担。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明双谱段电晕探测折反射全景光学系统结构示意图

[0015] 图 2 是本发明与现有双谱段电晕探测设备工作模式对比图

具体实施方式

[0016] 以下结合附图给出的实施例对本发明作进一步详细说明。

[0017] 参照图 1，一种双谱段电晕探测折反射全景光学系统，包括敷有反射紫外光分光膜的紫外/可见光分束镜 3、沿紫外/可见光分束镜 3 的透射光路光轴设置的可见光中继镜 4 和可见光探测器 5，沿紫外/可见光分束镜 3 的反射光路光轴设置的紫外中继镜 6 和紫外探测器 7，在所述的紫外/可见光分束镜 3 的前方还设置一由具有中心孔的凹面反射镜 1 和凸面反射镜 2 构成的共轴反射镜组；由离轴视场无遮拦地进入光学系统入瞳的光束，首先入射到反射镜组的凹面反射镜 2 上，反射后入射到反射镜组的凸面反射镜 1 上再次反射，反射光束穿过凹面反射镜 2 的中心孔进入所述的紫外/可见光分束镜 3，被紫外/可见光分束镜 3 分光后的可见光分束经所述的可见光中继镜 4 进入可见光探测器 5，紫外光束经所述的紫外中继镜 6 进入紫外探测器 7。

[0018] 光学系统技术指标确定：

[0019] 1) 视场

[0020] 双谱段折反射全景电晕探测系统的优势就在于其提供的大范围凝视视场。水平放置时输电线路监控区域在视场外围而不在中央，双谱段折反射全景光学系统选择与这一区域相符的视场角： $360^\circ \times (45^\circ \sim 90^\circ)$ 。

[0021] 2) 焦距

[0022] 为改善像面照度，双谱段折反射全景电晕探测系统采用 f^\ominus 投影关系。紫外探测

器选用 ICCD, 光电阴极尺寸为 $\Phi 20\text{mm}$, 系统焦距为 4mm :

$$[0023] \quad f' = \frac{h}{\theta} = \frac{3 \times 20}{5\pi} = 4\text{mm}$$

[0024] 可见光探测器选用 linch CCD, 系统焦距为 3mm 。

[0025] 3) 相对孔径

[0026] 综合成像质量, 外形尺寸等因素, “日盲”紫外折反射全景系统相对孔径定为 $1 : 2$ 。可见光折反射全景系统相对孔径定为 $1 : 1.5$ 。

[0027] 4) 分辨率

[0028] 可购置的紫外 ICCD 光电阴极分辨率为 $30 \mu\text{m}$ 。可购置的彩色可见光 CCD 像元尺寸为 $8 \times 8 \mu\text{m}^2$ 。根据探测器像元尺寸, 紫外折反射全景系统各视场在阴极面上的弥散斑控制在 $\Phi 30 \mu\text{m}$ 内比较理想。可见光折反射全景系统各视场弥散斑控制在 $\Phi 8 \mu\text{m}$ 内比较理想。

[0029] 系统结构参数确定 :

[0030] 1) 两个反射镜是系统实现大视场角的关键, 反射镜的结构, 尺寸, 面型决定着系统成像特性及透视投影关系。结合系统结构紧凑及反射镜镀膜工艺要求, 本例采用主镜凹镜, 次镜凸镜的配合形式获得景物的虚像, 并将视场角压缩到 $\pm 8^\circ$ 。凹面反射镜与凸面反射镜共轴, 且关于光轴旋转对称。

[0031] 双波段电晕探测设备的紫外通道的作用是通过探测光谱辐射识别放电目标, 因此“日盲”紫外全景系统是能量探测系统, 属于大像差系统, 像差校正主要是像差高级量之间的平衡, 为减少各像差高级量, 应尽量控制初级像差。在反射镜组中两反射面引起的像散, 场曲是像差的主要因素。反射镜组引入的场曲和垂轴色差由中继镜补偿。为平衡场曲并避免大像差补偿, 凹面反射镜半径应于凸面反射镜半径相近。本例中凹面反射镜半径为 -36.79mm , 凸面反射镜半径为 -34.78mm 。镜间距为 40.5mm 。

[0032] 双波段电晕探测设备的可见光通道的作用是提供背景信息以便确定电晕位置。为实现准确定位应尽量提高系统分辨率, 反射镜组是紫外及可见光通道的共路部分。反射镜组的 F 数是关键参数, 它决定着全景系统反射镜组及中继镜的光学参数分配, 直接影响系统的结构尺寸及像差校正。兼顾反射镜组结构尺寸, 像差校正要求及中继镜设计难度等因素, 反射镜组 $F/\#_{\text{反射}}$ (即 $f'_{\text{反射镜组}}/D_{\text{入瞳}}$) 取值宜在 $3.2 \sim 3.7$ 之间。本例中反射镜组 $F/\#_{\text{反射}}$ 取值 3.5 。

[0033] 2) 中继镜组结构参数

[0034] 透射式中继镜组的作用是将反射镜组所成的虚像以适当倍率成像到探测器上。透射式中继镜组至少包括三片透镜。设计中要保证中继镜入瞳与反射镜组出瞳重合, 并将光学系统像差校正到一定状态以便与反射镜组像差相互平衡。中继镜为大相对孔径, 中等视场紫外光学系统。中继镜放大倍率的选取依照探测器尺寸后工作距而定。紫外中继镜放大倍率 $\beta_{\text{紫外}}$ 紫外中继镜取值宜在 $-0.5 \sim -0.65$ 之间, 本例中紫外中继镜放大倍率为 -0.6 , 为使滤光片获得最佳效果, 紫外中继镜半视场角应小于 10° 。紫外中继镜光学元件材料为融石英或氟化钙。可见光中继镜放大倍率 $\beta_{\text{可见光}}$ 可见光中继镜取值宜在 $-0.4 \sim -1$ 之间, 本例中可见光中继镜放大倍率为 -0.4 。为降低太阳辐射背景噪声影响, 紫外中继镜含有高带外截止深度的“日盲”紫外带通滤光片。

[0035] 双波段折反射全景电晕探测系统将为输电线路检测提供一种便利有效的新工作

模式。附图 2(a) 展示了现有紫外电晕探测设备的工作模式, 由于其光学系统视场角小, 探测线路长度受限, 需要通过不断的移动设备实现长距离线路检测。而附图 2(b) 展示的本发明折反射全景电晕探测系统的工作模式, 由于其视场角大, 探测范围广。一台折反射全景电晕探测设备即可完成较长距离的输电线路实时监测, 并且能同时监测公路两侧的输电线路。

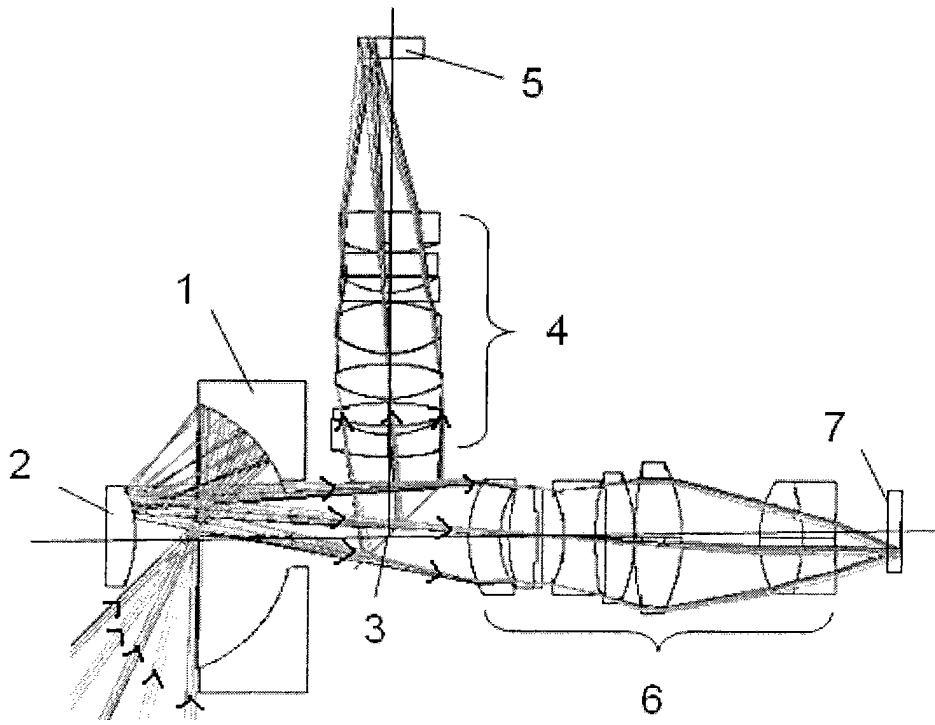


图 1

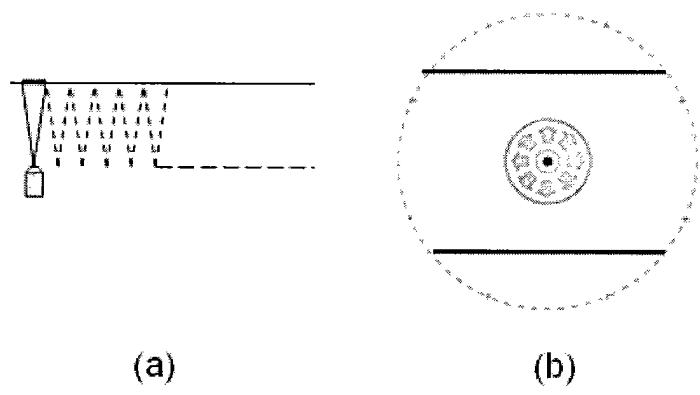


图 2