



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101871880 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 16

(21) 申请号 201010215238. 8

CN 101441169 A, 2009. 05. 27,

(22) 申请日 2010. 06. 30

JP 9061367 A, 1997. 03. 07,

(73) 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

审查员 边昕

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

(72) 发明人 黄旭锋 步扬 王向朝

(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

(51) Int. Cl.

G01N 21/21 (2006. 01)

G01J 4/00 (2006. 01)

G01J 1/42 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1971246 A, 2007. 05. 30,

CN 101441171 A, 2009. 05. 27,

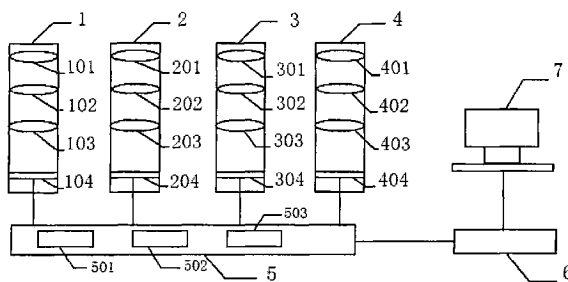
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

四通道时分复用大气偏振图景检测系统和检测方法

(57) 摘要

一种四通道时分复用大气偏振图景检测系统和方法, 该检测系统包括第一偏振光镜筒、第二偏振光镜筒、第三偏振光镜筒、第四偏振光镜筒、综合时分复用控制器、数据采集卡和计算机。本发明通过采用综合时分复用控制器对偏振检测信号进行时分对数放大与增益控制处理, 使检测通道数量减少到四个, 从而降低大气光信号强度变化对测量结果的影响, 减少检测通道间增益差异误差和对数放大器差异误差。本发明具有结构简单, 增益噪声少, 信号稳定性和一致性好, 偏振图景检测精度高的优点。



1. 一种四通道时分复用大气偏振图景检测系统,特征在于其构成包括在同一平面内设置的结构相同的第一偏振光镜筒(1)、第二偏振光镜筒(2)、第三偏振光镜筒(3)和第四偏振光镜筒(4),所述的第一偏振光镜筒(1)由在第一偏振光镜筒(1)内沿光束前进方向依次设置的第一滤光片(101)、第一检偏器(102)、第一聚焦透镜(103)和第一光电探测器(104)构成;所述的第二偏振光镜筒(2)由在第二偏振光镜筒(2)内沿光束前进方向顺序放置第二滤光片(201)、第二检偏器(202)、第二聚焦透镜(203)和第二光电探测器(204)构成;所述的第三偏振光镜筒(3)由在第三偏振光镜筒(3)内沿光束前进方向顺序放置第三滤光片(301)、第三检偏器(302)、第三聚焦透镜(303)和第三光电探测器(304)构成;所述的第四偏振光镜筒(4)由在第四偏振光镜筒(4)内沿光束前进方向顺序放置第四滤光片(401)、第四检偏器(402)、第四聚焦透镜(403)和第四光电探测器(404)构成;

所述的第一检偏器(101)与第二检偏器(201)的偏振主轴方向相互正交;所述的第三检偏器(301)与第四检偏器(401)的偏振主轴方向相互正交;所述的第一检偏器(101)与第三检偏器(301)偏振主轴之间有夹角为 45° ;

所述的第一光电探测器(104)、第二光电探测器(204)、第三光电探测器(304)和第四光电探测器(404)的输出端与综合时分复用控制器(5)的输入端相连;

该综合时分复用控制器(5)由依次连接的时分复用控制器(501)、对数放大器(502)和可变增益控制器(503)构成,该综合时分复用控制器(5)的输出端通过数据采集卡(6)和计算机(7)连接;

所述的第一滤光片(101)、第二滤光片(201)、第三滤光片(301)和第四滤光片(401)为干涉滤光片,其光谱范围为350-450纳米。

2. 根据权利要求1所述的四通道时分复用大气偏振图景检测系统,其特征在于所述的第一检偏器(102)、第二检偏器(202)、第三检偏器(301)和第四检偏器(401)为偏振分光棱镜,或偏振片。

3. 根据权利要求1所述的四通道时分复用大气偏振图景检测系统,其特征在于所述的第一光电探测器(104)、第二光电探测器(204)、第三光电探测器(304)和第四光电探测器(404)为光电二极管、光电倍增管、光电池或CCD探测器。

4. 利用权利要求1所述的四通道时分复用大气偏振图景检测系统进行大气偏振图景检测的方法,其特征在于该方法包括如下步骤:

①将所述的四通道时分复用大气偏振图景检测系统的四个偏振光镜筒垂直地设置在同一个水平面内,设定所述的第一偏振光镜筒(1)的第一检偏器(102)的偏振主轴方向,相应调整所述的第二检偏器(202)、第三检偏器(301)和第四检偏器(401)的偏振主轴方向,相对于所述的第一检偏器(102)的偏振主轴方向的夹角依次为 $\pi/2$ 、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$,大气偏振光入射到四个偏振光镜筒检测通道的探测器上,所述的第一光电探测器(104)、第二光电探测器(204)、第三光电探测器(304)和第四光电探测器(404)依次接收并分别输出光强信号:

$$S_1 = KI[1+d\cos(2\phi)], S_2 = KI[1+d\cos(2\phi - \pi)],$$

$$S_3 = KI[1+d\cos(2\phi - \frac{\pi}{2})], S_4 = KI[1+d\cos(2\phi - \frac{3}{2}\pi)],$$

其中 $I = I_{\max} + I_{\min}$, I_{\max} 和 I_{\min} 分别是旋转第一检偏器(102)所得到的光强信号的最大

值与最小值, d 是偏振度, ϕ 是大气偏振的主方向与第一偏振光镜筒的检偏器的偏振主轴方向之间的夹角, K 是比例常数;

②第一偏振光镜筒 (1) 与第二偏振光镜筒 (2) 输出的光强信号通过时分复用控制器 (501)、对数放大器 (502) 和增益控制器 (503) 后, 得到第一单元信号 $P_1 = \lg\left(\frac{1-d\cos(2\phi)}{1+d\cos(2\phi)}\right)$, 第三偏振光镜筒 (3) 与第四偏振光镜筒 (4) 输出的光强信号通过时分复用控制器 (501)、对数放大器 (502) 和增益控制器 (503) 后得到第二单元信号 $P_2 = \lg\left(\frac{1-d\sin(2\phi)}{1+d\sin(2\phi)}\right)$;

③所述的第一单元信号 $P_1 = \lg\left(\frac{1-d\cos(2\phi)}{1+d\cos(2\phi)}\right)$ 和第二单元信号 $P_2 = \lg\left(\frac{1-d\sin(2\phi)}{1+d\sin(2\phi)}\right)$, 经所述的数据采集卡 (6) 采集送所述的计算机 (7), 该计算机 (7) 按下列式子计算得到大气偏振的主方向与第一偏振光镜筒的检偏器的偏振主轴方向之间的夹角 ϕ , 即大气偏振图景:

$$\phi = \frac{1}{2} \arctan\left[\frac{(1+10^{P_1})(1-10^{P_2})}{(1-10^{P_1})(1+10^{P_2})}\right].$$

四通道时分复用大气偏振图景检测系统和检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及大气偏振检测,尤其涉及一种四通道时分复用大气偏振图景检测系统和检测方法。

背景技术

[0002] 太阳光本身是自然光,不具有偏振性。当它进入地球大气层时,它受到 N_2 、 O_2 等大气分子、雾滴、水、冰晶等颗粒的散射,变成只在某一个方向上振动或在某一方向上振动占优势的偏振光。该偏振光的振动方向即大气偏振的主方向跟太阳的位置有关,该偏振光的振动方向垂直于太阳、观察者和观察点所组成的平面,并随着太阳的移动而发生相应的变化。大气偏振图景是天空中偏振的优势振动方向,其特征参量是所述的大气偏振的主方向。参见在先技术 (Dimitrios Lambrinos, Ralf Möller and Thomas Labhart, "A mobile robot employing insect strategies for navigation", Robotics and Autonomous Systems, Vol. 30, 39-64, 2000)。

[0003] 通过高精度测量偏振优势方向获得大气偏振图景,就能得到太阳在天球坐标系中的准确位置,即使在阴天或者太阳在地平线以下。反之,根据太阳的位置,人们就可以确定整个天空的偏振图景。高精度的大气偏振图景检测技术对于偏振导航定位、大气环境检测等领域的研究具有重要意义,

[0004] 2000 年,瑞士 Dimitrios Lambrinos 等人提出了基于六通道的大气偏振图景检测技术,参见在先技术 (Dimitrios Lambrinos, Ralf Möller and Thomas Labhart, "A mobile robot employing insect strategies for navigation", Robotics and Autonomous Systems, Vol. 30, 39-64, 2000)。该在先技术,采用了六个探测通道,通道之间的信号增益差异大,并且通道需要旋转以寻找极值点。这导致系统结构复杂,测量速度慢,偏振图景测量精度低。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服上述在先技术的不足,提供一种四通道时分复用大气偏振图景检测系统和检测方法,该系统不但能使系统的结构简化,而且可以减少通道增益差异带来的误差影响,从而提高大气偏振图景检测精度。

[0006] 本发明的技术解决方案如下:

[0007] 一种四通道时分复用大气偏振图景检测系统,特点在于其构成包括:

[0008] 在同一平面内设置的结构相同的第一偏振光镜筒、第二偏振光镜筒、第三偏振光镜筒和第四偏振光镜筒,所述的第一偏振光镜筒由在第一偏振光镜筒的沿光束前进方向依次设置的第一滤光片、第一检偏器、第一聚焦透镜和第一光电探测器构成;所述的第二偏振光镜筒由在第二偏振光镜筒的沿光束前进方向顺序放置第二滤光片、第二检偏器、第二聚焦透镜和第二光电探测器构成;所述的第三偏振光镜筒由在第三偏振光镜筒 (3) 的沿光束前进方向顺序放置第三滤光片、第三检偏器、第三聚焦透镜和第三光电探测器构成;所述

的第四偏振光镜筒由在第四偏振光镜筒的沿光束前进方向顺序放置第四滤光片、第四检偏器、第四聚焦透镜和第四光电探测器构成；

[0009] 所述的第一检偏器与第二检偏器的偏振主轴方向相互正交；所述的第三检偏器与第四检偏器的偏振主轴方向相互正交；所述的第一检偏器与第三检偏器偏振主轴之间的夹角为 45° ；

[0010] 所述的第一光电探测器、第二光电探测器、第三光电探测器和第四光电探测器的输出端与综合时分复用控制器的输入端相连；

[0011] 该综合时分复用控制器由依次连接的时分复用控制器、对数放大器和可变增益控制器构成，该综合时分复用控制器的输出端通过数据采集卡和计算机连接。

[0012] 所述的第一滤光片、第二滤光片、第三滤光片和第四滤光片为干涉滤光片。

[0013] 所述的第一检偏器、第二检偏器、第三检偏器和第四检偏器为偏振分光棱镜，或偏振片。

[0014] 所述的第一光电探测器、第二光电探测器、第三光电探测器和第四光电探测器为光电二极管、光电倍增管、光电池或 CCD 探测器。

[0015] 利用上述的四通道时分复用大气偏振图景检测系统进行大气偏振图景检测的方法，其特征在于该方法包括如下步骤：

[0016] ①将所述的四通道时分复用大气偏振图景检测系统的四个偏振光镜筒垂直地设置在同一水平面内，设定所述的第一偏振光镜筒的第一检偏器的偏振主轴方向，相应调整所述的第二检偏器、第三检偏器和第四检偏器的偏振主轴方向，相对于所述的第一检偏器的偏振主轴方向的夹角依次为 $\pi/2$ 、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ ，大气偏振光入射到四个偏振光镜筒检测通道的探测器上，所述的第一光电探测器、第二光电探测器、第三光电探测器和第四光电探测器依次接收并分别输出光强信号：

$$[0017] \quad S_1 = KI[1+d\cos(2\phi)], S_2 = KI[1+d\cos(2\phi-\pi)],$$

$$[0018] \quad S_3 = KI[1+d\cos(2\phi-\frac{\pi}{2})], S_4 = KI[1+d\cos(2\phi-\frac{3}{2}\pi)],$$

[0019] 其中 $I = I_{\max} + I_{\min}$ ， I_{\max} 和 I_{\min} 分别是旋转第一检偏器所得到的光强信号的最大值与最小值， d 是偏振度， ϕ 是大气偏振的主方向与第一偏振光镜筒的检偏器的偏振主轴方向之间的夹角， K 是比例常数；

[0020] ②第一偏振光镜筒与第二偏振光镜筒输出的光强信号通过时分复用控制器、对数放大器和增益控制器后，得到第一单元信号 $P_1 = \lg(\frac{1-d\cos(2\phi)}{1+d\cos(2\phi)})$ ，第三偏振光镜筒与第四偏振光镜筒输出的光强信号通过时分复用控制器、对数放大器和增益控制器后得到第二单元信号 $P_2 = \lg(\frac{1-d\sin(2\phi)}{1+d\sin(2\phi)})$ ；

[0021] ③所述的第一单元信号 $P_1 = \lg(\frac{1-d\cos(2\phi)}{1+d\cos(2\phi)})$ 和第二单元信号 $P_2 = \lg(\frac{1-d\sin(2\phi)}{1+d\sin(2\phi)})$ ，经所述的数据采集卡采集送所述的计算机，该计算机按下列式子计算得到大气偏振的主方向与第一偏振光镜筒的检偏器的偏振主轴方向之间的夹角 ϕ ，即大气偏振图景：

$$[0022] \quad \phi = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{(1+10^{A_1})(1-10^{B_2})}{(1-10^{A_1})(1+10^{B_2})} \right].$$

[0023] 本发明与现有技术相比的有益效果是：

[0024] 与在先技术相比，本发明减少了两路检测通道，简化了系统结构，提高了系统的稳定性和可靠性。

[0025] 本发明采用综合时分复用控制器，对四个检测通道进行同一处理，不仅可以在信号过小时降低噪声影响，在信号过强时避免探测信号饱和，大大降低了大气光信号强度变化对测量结果的影响；而且可以减少通道间增益差异误差和对数放大器差异误差，保证多路信号的稳定性和一致性。

[0026] 本发明具有结构简单，增益噪声少，信号稳定性和一致性好，偏振图景检测精度高的优点。

附图说明

[0027] 图 1 为本发明四通道时分复用大气偏振检测的系统结构示意图。

具体实施方式

[0028] 下面结合实施例和附图对本发明作进一步说明，但不应以此限制本发明的保护范围。

[0029] 请参阅图 1。图 1 为本发明四通道时分复用大气偏振检测的系统结构示意图。由图 1 可见，本发明四通道时分复用大气偏振图景检测系统，包括在同一平面内垂直设置的结构相同的第一偏振光镜筒 1、第二偏振光镜筒 2、第三偏振光镜筒 3 和第四偏振光镜筒 4，所述的第一偏振光镜筒 1 由在第一偏振光镜筒 1 的沿光束前进方向依次设置的第一滤光片 101、第一检偏器 102、第一聚焦透镜 103 和第一光电探测器 104 构成；所述的第二偏振光镜筒 2 由在第二偏振光镜筒 2 的沿光束前进方向顺序放置第二滤光片 201、第二检偏器 202、第二聚焦透镜 203 和第二光电探测器 204 构成；所述的第三偏振光镜筒 3 由在第三偏振光镜筒 3 内的沿光束前进方向顺序放置第三滤光片 301、第三检偏器 302、第三聚焦透镜 303 和第三光电探测器 304 构成；所述的第四偏振光镜筒 4 由在第四偏振光镜筒 4 的沿光束前进方向顺序放置第四滤光片 401、第四检偏器 402、第四聚焦透镜 403 和第四光电探测器 404 构成；

[0030] 所述的第一检偏器 101 与第二检偏器 201 的偏振主轴方向相互正交；所述的第三检偏器 301 与第四检偏器 401 的偏振主轴方向相互正交；所述的第一检偏器 101 与第三检偏器 301 偏振主轴之间有夹角为 45° ；

[0031] 所述的第一光电探测器 104、第二光电探测器 204、第三光电探测器 304 和第四光电探测器 404 的输出端与综合时分复用控制器 5 的输入端相连；

[0032] 该综合时分复用控制器 (5) 由依次连接的时分复用控制器 501、对数放大器 502 和可变增益控制器 503 构成，该综合时分复用控制器 5 的输出端通过数据采集卡 6 和计算机 7 连接。

[0033] 在本实施例中，所述的第一滤光片 101、第二滤光片 201、第三滤光片 301 和第四滤光片 401 采用干涉滤光片。

[0034] 于所述的第一检偏器 102、第二检偏器 202、第三检偏器 301 和第四检偏器 401 采用为偏振分光棱镜,或偏振片均可。

[0035] 所述的第一光电探测器 104、第二光电探测器 204、第三光电探测器 304 和第四光电探测器 404 采用光电二极管、光电倍增管、光电池或 CCD 探测器均可。

[0036] 本实施例所述的滤光片为干涉滤光片。其光谱范围为 350-450 纳米。

[0037] 本实施例所述的检偏器为格兰-泰勒棱镜。

[0038] 本实施例所述的光电探测器为四象限探测器。

[0039] 本实施例所述的综合时分复用控制器由 ADUC812 单片机、模拟开关 MAX4526 与 AD606 对数放大器、运算放大器 TLC2652 组成。

[0040] 本实施例系统的工作情况如下：

[0041] 系统偏振标定方向设定为第一检偏器 102 的偏振方向。第一检偏器 102、第三检偏器 302 的主检偏方向与系统偏振标定方向分别成 0° 和 45° 。天空中的散射光入射到第一偏振光镜筒 1、第二偏振光镜筒 2、第三偏振光镜筒 3 和第四偏振光镜筒 4。入射到第一偏振光镜筒 1 中的偏振光顺序经过第一滤光片 101、第一检偏器 102、第一聚焦透镜 103 后聚焦到第一光电探测器 104 上。天空中的散射光在第二偏振光镜筒 2、第三偏振光镜筒 3、第四偏振光镜筒 4 中传播情况与第一偏振光镜筒 1 情况相同。大气偏振光入射到四个检测通道的探测器上,第一偏振光镜筒的探测器接收到光强信号

$$[0042] \quad S_1 = KI[1+d\cos(2\phi)], \quad (1)$$

[0043] 第二偏振光镜筒的探测器接收到光强信号

$$[0044] \quad S_2 = KI[1+d\cos(2\phi - \pi)], \quad (2)$$

[0045] 第三偏振光镜筒的探测器接收到光强信号

[0046]

$$S_3 = KI[1 + d \cos(2\phi - \frac{\pi}{2})], \quad (3)$$

[0047] 第四偏振光镜筒的探测器接收到光强信号

[0048]

$$S_4 = KI[1 + d \cos(2\phi - \frac{3}{2}\pi)] , \quad (4)$$

[0049] 其中 $I = I_{\max} + I_{\min}$, I_{\max} 和 I_{\min} 分别是旋转第一偏振光镜筒的检偏器所得到的光强信号的最大值与最小值, d 是偏振度, ϕ 是大气偏振的主方向与第一偏振光镜筒的检偏器的偏振主轴方向之间的夹角, K 是比例常数；

[0050] 第一偏振光镜筒与第二偏振光镜筒的光强信号通过时分复用控制器后进入对数放大器与增益控制器,第二偏振光镜筒的信号的对数值减去第一偏振光镜筒的信号的对数值,进行增益控制处理后,由公式 1 与公式 (2),得到第一单元的信号

[0051]

$$P_1 = \lg\left(\frac{1-d\cos(2\phi)}{1+d\cos(2\phi)}\right), \quad (5)$$

[0052] 第三偏振光镜筒与第四偏振光镜筒的光强信号通过时分复用控制器后进入对数放大器与增益控制器,第四偏振光镜筒的信号的对数值减去第三偏振光镜筒的信号的对数值,进行增益控制处理后,由公式 (3) 与公式 (4),得到得到第二单元的信号

[0053]

$$P_2 = \lg\left(\frac{1-d\sin(2\phi)}{1+d\sin(2\phi)}\right); \quad (6)$$

[0054] 数据采集卡 6 采集第一单元信号与第二单元信号,送计算机 7 处理,将 P_1 和 P_2 代入下列公式 (7) 计算;

[0055]

$$\phi = \frac{1}{2} \arctan\left[\frac{(1+10^{P_1})(1-10^{P_2})}{(1-10^{P_1})(1+10^{P_2})}\right], \quad (7)$$

[0056] 得到大气偏振的主方向与第一通道的检偏器的偏振主轴方向之间的夹角 ϕ ,得到大气偏振的主方向,即大气偏振图景。

[0057] 实验表明,本发明减少了两路检测通道,简化了系统结构,提高了系统的稳定性和可靠性。由于采用综合时分复用控制器,对四个检测通道进行同一处理,不仅可以在信号过小时降低噪声影响,在信号过强时避免探测信号饱和,大大降低了大气光信号强度变化对测量结果的影响;而且可以减少通道间增益差异误差和对数放大器差异误差,保证多路信号的稳定性和一致性。

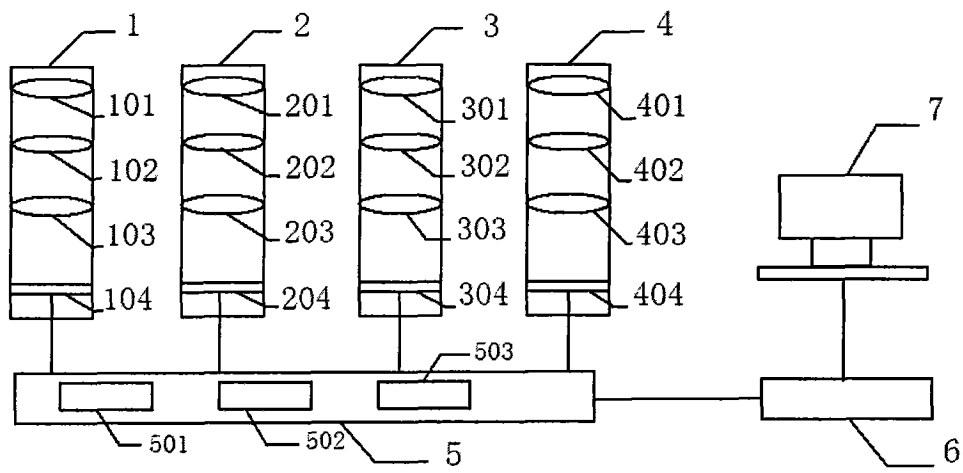


图 1