



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102749332 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201110096267. 1

(22) 申请日 2011. 04. 18

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 陶立 宋桂菊 凯文 . G. 哈丁

杨东民 翟梓融 韩杰

吉尔 . 阿布拉莫维奇

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 彭久云

(51) Int. Cl.

G01N 21/88(2006. 01)

G01N 21/01(2006. 01)

审查员 任晓峰

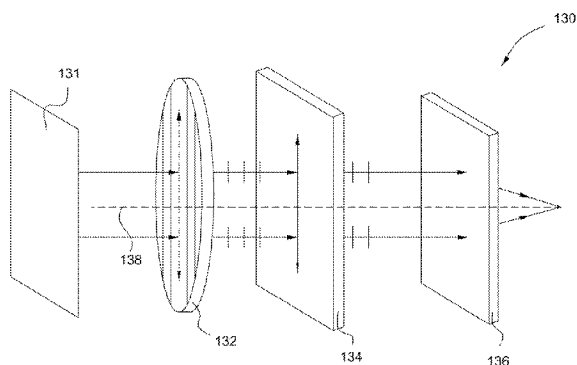
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

光学系统和光学检测装置以及检测方法

(57) 摘要

本发明揭示一种光学系统和光学检测装置以及检测方法。该光学系统用于以视觉方式对待测对象进行检测,该待测对象的位置相对于光学系统可以变化。该光学系统包括将从待测对象反射的或者散射的入射光线转换成线性偏振光的偏光元件,在控制信号的作用下对线性偏振光的偏振状态进行调变的光学调变元件,及包括至少一个双折射元件的透镜群组。该双折射元件以第一折射率对入射的调变后的具有第一种偏振状态的线性偏振光进行折射以对相对该光学系统具有第一物距的待测对象进行视觉检测,该双折射元件以第二折射率对入射的调变后的具有第二种偏振状态的线性偏振光进行折射以对相对该光学系统具有第二物距的待测对象进行视觉检测。



1. 一种光学系统,该光学系统用于以视觉方式对待测对象进行检测,该待测对象的位置相对于光学系统可以变化,其特征在于:该光学系统包括:

偏光元件,该偏光元件用于将从待测对象反射的或者散射的入射光线转换成线性偏振光;

旋光元件,该旋光元件用于在控制信号的作用下旋转该线性偏振光的偏振状态;以及

透镜群组,该透镜群组包括至少一个双折射元件,该双折射元件用于以第一折射率对旋光后的具有第一种偏振状态的线性偏振光进行折射以对相对该光学系统具有第一物距的待测对象进行视觉检测,该双折射元件还用于以第二折射率对旋光后的具有第二种偏振状态的线性偏振光进行折射以对相对该光学系统具有第二物距的待测对象进行视觉检测;

其中,该光学系统还包括可调孔径光阑,该可调孔径光阑具有第一孔径尺寸和第二孔径尺寸,该第一孔径尺寸与该透镜群组的第一聚焦模式对应,该第二孔径尺寸与该透镜群组的第二聚焦模式对应。

2. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:该光学系统进一步包括一个探测装置,该探测装置用于探测待测对象相对于该光学系统的位置,该探测装置进一步用于提供用于自动对该光学系统在第一检测模式和第二检测模式之间切换的位置信号,其中,在该第一检测模式下,相对于该光学系统具有第一物距的待测对象可以进行视觉检测,在该第二检测模式下,相对于该光学系统具有第二物距的待测对象可以进行视觉检测。

3. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:该偏光元件产生线性偏振光的机制选自于下述各种方式组成的群组中的一种:光学反射机制,光学折射机制以及光学吸收机制。

4. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:该双折射元件选自于下述各种元件组成的群组中的一种:双折射晶体,双折射窗口,偏光分光棱镜,该双折射晶体,双折射窗口,偏光分光棱镜包括的材料选择于下述各种材料组成的群组中的一种:方解石,偏硼酸钡晶体,钽酸钪晶体,铌酸锂以及石英。

5. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:该双折射元件包括双折射窗口,该双折射窗口具有预设的厚度,该双折射窗口用于改变通过该双折射窗口的不同偏振状态的光线的光程以及改变该不同偏振状态的光线的聚焦位置。

6. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:该透镜群组还包括具有负光焦度的第一透镜,具有正光焦度的第二透镜,具有负光焦度的第三透镜,具有正光焦度的第四透镜,具有负光焦度的第五透镜,其中该第一透镜,第二透镜,第三透镜,第四透镜以及第五透镜顺序排列在该光学系统的物侧和像侧之间。

7. 如权利要求6所述的光学系统,其特征在于:该双折射元件具有正光焦度,该双折射元件设置于该第五透镜的后方。

8. 一种光学检测装置,用于检测近场物体和远场物体,其特征在于:该光学检测装置包括:

光源,该光源用于选择性地照亮该近场物体和该远场物体;以及

光学系统,该光学系统用于选择性地接收从该近场物体和远场物体反射回来的光线,该光学系统还用于将该反射回来的光线转换成线性偏振光,该光学系统进一步用于旋转该线性偏振光的偏振状态;

其中,当该近场物体被检测时,该光学系统用于以第一折射率对旋转后的具有第一种偏振状态的线性偏振光进行光学折射,以对该近场物体进行光学成像;当该远场物体被检测时,该光学系统还用于以第二折射率对旋光后的具有第二种偏振状态的线性偏振光进行光学折射,以对该远场物体进行光学成像,

其中,该光学系统还包括可调孔径光阑,该可调孔径光阑具有第一孔径尺寸和第二孔径尺寸,该第一孔径尺寸与该光学系统的透镜群组的第一聚焦模式对应,该第二孔径尺寸与该光学系统的透镜群组的第二聚焦模式对应。

9. 一种检测方法,该检测方法通过配置在检测装置中的光学系统对位置可变的待测对象进行光学检测,其特征在于:该检测方法包括至少如下步骤:

接收从该待测对象反射或者散射回来的光线;

将接收的光线转换成线性偏振光;

响应控制信号旋转该线性偏振光的偏振状态;以及

使用至少一个折射元件对该旋转后的线性偏振光进行光学折射,其中该至少一个折射元件相对于不同偏振状态的线性偏振光具有对应的不同折射率,

其中,该方法还包括调节可调孔径光阑的孔径尺寸,该可调孔径光阑具有第一孔径尺寸和第二孔径尺寸,该第一孔径尺寸与该光学系统的透镜群组的第一聚焦模式对应,该第二孔径尺寸与该光学系统的透镜群组的第二聚焦模式对应。

10. 如权利要求 9 所述的检测方法,其特征在于:该方法还包括如下步骤:

在近场和远场的重叠区域的特定位置使用该至少一个折射元件对从该待测对象反射或者散射回来的光线进行第一光学折射,得到该待测对象的第一幅图像;以及

在近场和远场的重叠区域的该相同的特定位置使用该至少一个折射元件对从该待测对象反射或者散射回来的光线进行第二光学折射,得到该待测对象的第二幅图像;其中该第二幅图像相对于该第一幅图像具有一定的缩放倍数。

11. 一种光学系统,该光学系统被配置成将从待测对象反射或者散射的光学汇聚到成像装置,以通过视觉方式对待测对象进行光学检测,其特征在于:该光学系统包括:

偏光元件,该偏光元件用于将从待测对象反射的或者散射的入射光线转换成线性偏振光;

旋光元件,该旋光元件用于选择性地旋转该线性偏振光的偏振状态;以及

透镜群组,该透镜群组用于将经过光学调变元件旋光后的具有第一偏振状态的线性偏振光和经过旋光元件旋光后的具有第二偏振状态的线性偏振光汇聚到该成像装置,该透镜群组包括至少一个双折射元件,该至少一个双折射元件被配置成以第一焦距对该具有第一种偏振状态的线性偏振光进行折射,以在该成像装置形成该待测对象的第一幅图像,该至少一个双折射元件还被配置成以第二焦距对该具有第二种偏振状态的线性偏振光进行折射,以在该成像装置形成该待测对象的第二幅图像,其中,该第二幅图像相对于该第一幅图像具有预定的缩放倍数,该缩放倍数至少可以通过该第一焦距和该第二焦距来确定,

其中,该光学系统还包括可调孔径光阑,该可调孔径光阑具有第一孔径尺寸和第二孔径尺寸,该第一孔径尺寸与该透镜群组的第一聚焦模式对应,该第二孔径尺寸与该透镜群组的第二聚焦模式对应。

光学系统和光学检测装置以及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及检测装置和检测方法,特别涉及一种用于对相对检测装置而言位置可变的待测对象进行检测的光学检测装置和检测方法。

背景技术

[0002] 作为无损检测方法 (non-destructive evaluation, NDE) 的一种,诸如内窥镜 (borescope)、视频内窥镜 (videoscope),光纤内窥镜 (fierscope),以及医疗内窥镜 (endoscope) 等光学检测装置已在工业和医疗领域得到广泛应用。通常,此种光学检测装置用来对难以接近的地方进行探伤以确定元件是否被恰当的制造或者组装。在作光学检测时,由于被测的位置可能处于黑暗的环境,光学检测装置通常会通过一个连接有光纤的外部光源或者直接安装在探头末端的光源发射光线来照亮待测对象。在待测对象被照亮后,光学检测装置中的光学系统即可以通过图像感测器等成像装置对待测对象进行光学成像,并将获取的图像显示在显示装置或者视频的屏幕上以供视觉检测。

[0003] 为了在具有较大场景范围内对待测对象进行检测,具有固定焦距的光学检测装置的光学系统需要进行一定的光学设计,以获得较大的景深 (depth offield, DOF)。然而,大景深的透镜系统通常要求较小孔径的光阑 (也即较小的透光量),这样会导致图像变暗,而使得图像的分析变得困难,进一步会导致检测失败或者困难。为了解决此问题,一种方案是在光学检测装置中采用多组光学检测探头 (tips),其中一些探头特别用来对近距离物体进行检测,而另外一些探头特别用来对中远距离的物体进行检测。然而,重复在这些探头之间切换一方面比较耗时,另一方面也会降低检测的精度,也不方便用户使用。

[0004] 因此,有必要提供一种光学系统和光学检测装置以及检测方法来解决上述的技术问题。

发明内容

[0005] 本发明的一个方面在于提供一种光学系统。该光学系统用于以视觉方式对待测对象进行检测,该待测对象的位置相对于光学系统可以变化。该光学系统包括偏光元件,旋光元件以及透镜群组。偏光元件将从待测对象反射的或者散射的入射光线转换成线性偏振光。旋光元件在控制信号的作用下旋转线性偏振光的偏振状态。透镜群组包括至少一个双折射元件。该双折射元件以第一折射率对旋转后的具有第一种偏振状态的线性偏振光进行折射以对相对该光学系统具有第一物距的待测对象进行视觉检测。该双折射元件以第二折射率对旋转后的具有第二种偏光状态的线性偏振光进行折射以对相对该光学系统具有第二物距的待测对象进行视觉检测。

[0006] 本发明的另一个方面在于提供一种光学检测装置。该光学检测装置用于检测近场物体和远场物体。该光学检测装置包括光源和光学系统。该光源用于照亮该近场物体或者远场物体。该光学系统用于接收从该近场物体或者远场物体反射或者散射的光线,将该反射或者散射的光线转换成线性偏振光,进一步用于旋转该线性偏振光的偏振状态。当对该

近场物体进行检测时,该光学系统用于以第一折射率对旋转后的具有第一种偏振状态的线性偏振光进行光学折射,以对该近场物体进行光学成像。当对该远场物体进行检测时,该光学系统还用于以第二折射率对旋转后的具有第二种偏振状态的线性偏振光进行光学折射,以对该远场物体进行光学成像。

[0007] 本发明的再一个方面在于提供一种检测方法。该检测方法通过配置在检测装置中的光学系统对位置可变的待测对象进行光学检测。该方法包括至少如下步骤:接收从该待测对象反射或者散射的光线;将接收的光线转换成线性偏振光;响应控制信号旋转该线性偏振光的偏振状态;以及使用至少一个折射元件对该旋转后的线性偏振光进行光学折射,其中该至少一个折射元件相对于不同偏振状态的线性偏振光具有对应的不同折射率。

[0008] 本发明的又一个方面在于提供一种光学系统。该光学系统被配置成将从待测对象反射或者散射的光线汇聚到成像装置,以通过视觉方式对待测对象进行光学检测。该光学系统包括:偏光元件,旋光元件,以及透镜群组。该偏光元件用于将从待测对象反射的或者散射的入射光线转换成线性偏振光;该旋光元件用于选择性地旋转对线性偏振光的偏振状态。该透镜群组用于将具有第一种偏振状态的线性偏振光和具有第二种偏振状态的线性偏振光汇聚到该成像装置。该透镜群组包括至少一个双折射元件。该至少一个双折射元件被配置成以第一焦距对该具有第一种偏振状态的线性偏振光进行折射,以在该成像装置形成该待测对象的第一幅图像。该至少一个双折射元件还被配置成以第二焦距对该具有第二种偏振状态的线性偏振光进行折射,以在该成像装置形成该待测对象的第二幅图像。该第二幅图像相对于该第一幅图像具有预定的缩放倍数,该缩放倍数至少可以通过该第一焦距和该第二焦距来确定。

[0009] 本发明的光学系统和光学检测装置以及检测方法,通过控制信号例如电压信号切换不同的工作模式以分别对不同位置的待测对象进行光学成像,至少避免了传统的光学检测装置切换不同光学探头而引起的耗时等技术问题,可以快速的实现变焦的技术效果。由于避免了机械切换动作,可以省去传统的变焦驱动机构,还可以将光学检测装置的结构设计得更加紧凑。进一步,在不同的工作模式下,通过透光量调节元件例如孔径光阑来控制透光量,可以实现不同视场的特殊成像需求,从而获得最佳光学特性的图像。此外,通过切换不同的工作模式还可以取得对待测对象的图像进行缩放的技术效果,更方便光学检测。

附图说明

[0010] 通过结合附图对于本发明的实施方式进行了描述,可以更好地理解本发明,在附图中:

[0011] 图1所示为本发明光学检测装置的一种实施方式的模块示意图。

[0012] 图2为图1所示的光学检测装置中的光学系统的一种实施方式的概略示意图,其中图2显示该光学系统工作在第一聚焦状态以获取近场物体图像。

[0013] 图3所示为图1所示光学检测装置中的光学系统的另外一种实施方式的概略示意图,该光学系统可以偏移光线的聚焦位置。

[0014] 图4所示为图1中的光学检测装置中的光学系统的一种实施方式的概略示意图,其中图4显示该光学系统工作在第二聚焦状态以获取远场物体的图像。图3显示该光学系统工作在第二聚焦状态以获取远场物体的图像。

[0015] 图 5 所示为图 2 和图 4 中所示的光学系统中的透镜群组的一种实施方式的截面示意图。

[0016] 图 6 和图 7 所示为用于评价图 5 所示的透镜群组光学特性的调制传递函数(modulus transfer function, MTF) 的曲线图, 其中该透镜群组被切换成具有不同的屈光度获取被放置在相同物距的近场物体的图像。

[0017] 图 8 和图 9 所示为用于评价图 5 所示的透镜群组光学特性的调制传递函数的曲线图, 其中该透镜群组被切换成具有不同的屈光度获取被放置在相同物距的远场物体的图像。

具体实施方式

[0018] 以下将描述本发明的具体实施方式与用于以视觉方式检测待测对象或者物体的光学检测装置以及检测方法相关, 其中该待测对象或者物体的位置相对该光学检测装置可以变化。通过设计光学检测装置中的光学系统, 使其至少可以有两个焦距来聚焦光线而实现对可变位置的待测对象进行光学成像。

[0019] 首先要指出的是, 在这些实施方式的具体描述过程中, 为了进行简明扼要的描述, 本说明书不可能对实际的实施方式的所有特征均作详尽的描述。应当可以理解的是, 在任意一种实施方式的实际实施过程中, 正如在任意一个工程项目或者设计项目的过程中, 为了实现开发者的具体目标, 为了满足系统相关的或者商业相关的限制, 常常会做出各种各样的具体决策, 而这也会从一种实施方式到另一种实施方式之间发生改变。此外, 还可以理解的是, 虽然这种开发过程中所作出的努力可能是复杂并且冗长的, 然而对于与本发明公开的内容相关的本领域的普通技术人员而言, 在本公开揭露的技术内容的基础上进行的一些设计, 制造或者生产等变更只是常规的技术手段, 不应当理解为本公开的内容不充分。

[0020] 除非另作定义, 权利要求书和说明书中使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属技术领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性, 而只是用来区分不同的组成部分。“一个”或者“一”等类似词语并不表示数量限制, 而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同元件, 并不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接, 而是可以包括电性的连接, 不管是直接的还是间接的。

[0021] 图 1 所示为本发明一种实施方式的光学检测装置 10 的模块示意图。该光学检测装置 10 可以包括诸如内窥镜, 视频内窥镜, 光纤内窥镜以及医疗内窥镜等装置, 并被应用到工业或者医疗领域。在一种实施方式中, 该光学检测装置 10 可以用来对难以接近的区域进行无损视觉检测(remote visual inspection)。通过该光学检测装置 10 获取的数据可以监控和探测边缘损坏(edge breaks), 划痕(scratches) 以及表面处理凹坑(surface finish pits) 等。

[0022] 请参阅图 1, 该光学检测装置 10 可以包括一个延长的探测器 100。该探测器 100 包括一个插入管 110 以及安装至插入管 110 远端的头部组件 120。该插入管 110 可以是弯曲的并具有管状截面的结构。该插入管 110 可供头部组件 120 和探测器电路 140 之间的连接

线路通过。该探测器 100 也可以包括一个光学系统 130 (或者称作探头)。该光学系统 130 可以导引从待测对象表面反射或者散射的光线,并将光线汇聚到图像感测器 124。从待测对象表面反射或者散射的光线可以由一个光源 144 发出并通过光纤束 202 传播。光源 144 可以包括白光光源,也可以包括用于探测器的任何合适的光源,例如水银灯,金属卤化弧光灯,卤素灯,激光/萤光灯等,或者基于发光二极管的光源等。

[0023] 该图像感测器 124 可以包括形成在多行和多列的像素单元。由于像素单元自身的光电特性,这些像素单元可以产生代表入射到每个像素单元的光线强度的模拟电压图像信号。在一种实施方式中,这些图像信号通过图像混合器 (imager hybrid) 126 传送到图像线路 (imager harness) 112。图像混合器 126 包括对图像信号进行缓冲处理和调节的电路。图像线路 112 控制在图像混合器 126 和图像接口电路 142 之间传递的图像信号。图像接口电路 142 可以包括电源、用于生成图像时钟信号的时序发生器、用于数字化视频输出信号的模拟前端以及用于将数字化的视频数据处理成更有用的格式的数字信号处理器。

[0024] 图像接口电路 142 也可以选择性地包括在探测器电路 140 中。该探测器电路 140 可以被配置成给光学检测装置 10 提供多种功能。该探测器电路 140 可以包括一个用于为探测器 100 存储校准数据的校准存储器 148。该探测器电路 140 还可以包括一个微控制器 140,以用于与图像接口电路 142 通信以确定和设定增益和曝光值,存储数据到或者读取数据自校准存储器 148,控制传输到待测对象的光的亮度,以及与光学检测装置 10 中的中央处理器 150 进行通信。

[0025] 除了与微控制器 146 进行通信外,图像接口电路 142 还可以与一个或者多个视频处理器 160 进行通信。该视频处理器 160 可以从图像接口电路 142 接收视频信号并输出信号到诸如集成显示装置 170 或者外接显示器 172 等显示设备。在一种实施方式中,该集成显示装置 170 可以包括设置在光学检测装置 10 内的液晶显示屏。该液晶显示屏可以向检测者显示各种图像或者数据,例如,待测对象或者物体的图像,菜单项,指针,测量结果等。该外接显示器 172 可以包括与光学检测装置 10 连接的视频监视器或者计算机监视器,也用于显示各种图像或者数据。

[0026] 视频处理器 160 可以从中央处理器 150 接收或者向中央处理器 150 输出指令,命令、状态信息、视频流、静态图像,以及图形覆盖等。视频处理器 160 可以包括现场可编程门阵列 (FPGA)、数字信号处理器 (DSP) 或者任何其它可以提供图像捕获、图像增强、图形覆盖合并、失真修正、帧平均、光学缩放、数字缩放、重叠、合并、剪辑、运动检测以及视频格式转换和压缩等的处理元件。

[0027] 除了提供诸如图像、视频以及音频的存储和回放,缩放和聚焦控制,系统控制以及测量等功能以外,中央处理器 150 还可以通过接收摇杆 180、按钮 182、以及按键 184 输入的指令来管理用户界面。

[0028] 用户或者检测者可以通过操控摇杆 180 执行菜单选择操作,指针移动,滚动条滑动,探测器 100 转动控制等。摇杆 180 还可以包括按压按钮。按钮 182 以及按键 184 也可以被用来进行菜单选择操作并向中央处理器 150 提供用户命令,例如冻结或者保存静态视频图像。

[0029] 图 2 显示图 1 中光学系统 130 的一种实施方式的示意图。在一种实施方式中,该光学系统 130 可以可拆卸地安装到头部组件 120 (请参阅图 1) 的末端。在其他实施方式

中,该光学系统 130 也可以固定安装到头部组件 120。当待测对象 131 的位置发生变化时,该光学系统 130 可以开关的方式切换不同的焦距来聚焦从待测对象 131 反射的或者散射的光线。由于光学系统 130 的焦距随着光学系统 130 中的双折射元件因为对不同偏振状态光线的可变折射率特性而产生改变,因此,换言之,该光学系统 130 也可以切换不同的屈光度 (refractive power) 来汇聚光线。根据待测对象 131 的位置和通过汇聚光线而形成的图像的品质,该光学系统 130 的焦距或者屈光度可以手动方式或者自动方式进行焦距的切换,从而既可以使近场物体成清晰的像,也可以使远场物体成清晰的像。在这里所谓的“近场”是指待测对象相对光学系统之间的距离比较短的位置范围。在一种实施方式中,作为非限制性的例子,近场可以涵盖的范围从 7 毫米到 35 毫米。此外,在这里所谓的“远场”是指待测对象相对光学系统之间的距离比较长的位置范围。在一种实施方式中,作为非限制性的例子,远场可以涵盖的范围从 35 毫米到 450 毫米。

[0030] 请参阅图 2,在一种实施方式中,该光学系统 130 包括偏光元件 132,旋光元件 134 以及透镜群组 136。在一种实施方式中,作为非限制性的例子,该偏光元件 132,旋光元件 134 以及透镜群组 136 以分立元件的方式配置于光学系统 130 中。在其他实施方式中,两个或者两个以上的光学元件可以集成在一起,从而形成一个单一的或者复合的光学元件。举例而言,在一些实施方式中,偏光元件 132 和旋光元件 134 可以复合在一起。该偏光元件 132,旋光元件 134 以及透镜群组 136 被安排成基本与光轴 138 垂直。在一些实施方式中,可以有一个或者多个的光学元件被进一步设置在偏光元件 132 和旋光元件 134 之间,或者在旋光元件 134 和透镜群组 136 之间。

[0031] 请继续参阅图 2,偏光元件 132 可以包括光学起偏器或者光学偏振片等光学元件,其用于将从待测对象 131 反射的或者散射的光线转换成线性偏振光。在一种实施方式中,该偏光元件 132 可以基于光学反射机制产生线性偏振光。在此实施方式下,该偏光元件 132 可以从下面各种元件构成的群组中选择一者,例如,光栅偏光元件、格兰-泰勒偏光元件、格兰-汤普森偏光元件,以及堆叠偏光元件。在另外一种实施方式中,该偏光元件 132 也可以基于光学折射机制产生线性偏振光。在此实施方式下,该偏光元件 132 可以下面各种元件构成的群组中选择一者,例如,洛匈偏光元件以及沃拉斯顿偏光元件。在又一种实施方式中,该偏光元件 132 也可以基于光学吸收机制产生线性偏振光。在此实施方式下,该偏光元件 132 可以包括例如聚合物偏光薄膜。

[0032] 请继续参阅图 2,该旋光元件 134 用于在控制信号的作用下调变或者改变线性偏振光的偏振状态。在一种实施方式中,该旋光元件 134 可以包括液晶。当线性偏振光通过该旋光元件 134 时,该线性偏振光的偏振状态可以通过改变旋光元件 134 中液晶的驱动电压来改变。举例而言,入射到旋光元件 134 的光线可以为垂直偏振光。当液晶的驱动电压为零伏特时,从旋光元件 134 出射的光线依然为垂直偏振光。而当液晶的驱动电压大于一阈值电压时,垂直偏振光的偏振方向被旋转 90 度,因此从旋光元件 134 出射的光线成为水平偏振光。在其他实施方式中,旋光元件 134 可以不限于液晶。举例而言,法拉第旋光器,光电晶体,波片可以作为替换的光学元件来旋转入射到旋光元件 134 的线性偏振光的偏振状态。

[0033] 请继续参阅图 2,在一种实施方式中,该透镜群组 136 被配置成用来汇聚光线到成像平面,以使得可以通过汇聚的光线来获得待测对象 131 的图像。在一种实施方式中,该

透镜群组 136 可以包括一片或者多片具有双折射功能的透镜。该双折射功能的透镜对以不同偏振状态入射的线性偏振光具有不同的折射率系数。在一种实施方式中,该双折射功能的透镜可以使用钽酸铋晶体 (YVO4)。钽酸铋晶体是一种典型的双折射材料,其可以对不同偏振状态的入射光具有不同的折射率系数。例如,一束非偏振的光线入射到钽酸铋晶体后,被分解成非寻常光 (e 光) 和寻常光 (o 光)。在其他实施方式中,该双折射功能的透镜还可以使用其他材料,例如方解石 (Calcite)、偏硼酸钡晶体 (BaB_2O_4)、铌酸锂 (Lithium Niobate)、石英 (Quartz) 或者上述材料的组合。

[0034] 在另外一种实施方式中,该光学系统 130 中的透镜群组 136 可以包括一片或者多片双折射窗口 (birefringent window) 元件或者一片或者多片偏光分光棱镜 (polarization splitting prism) 元件。该双折射窗口元件和偏光分光棱镜设置成用于改变不同偏振状态光线的光程。可以理解,改变通过透镜群组 136 的光线的光程也即改变通过透镜群组 136 的光线的聚焦位置。请参阅图 3,在一种实施方式中,双折射窗口 234 以及旋光元件 232 被用来偏移光线的聚焦位置。如图所示,该双折射窗口 234 可以设置在旋光元件 232 和图像感测器 124 (参阅图 1) 之间。在一种实施方式中,该旋光元件 232 可以包括液晶,其可以在驱动电压的作用下改变从待测对象反射或者散射光线的偏振状态。该双折射窗口 234 使用的材料可以包括钽酸铋晶体 (YVO4)、方解石 (calcite)、偏硼酸钡晶体 (BaB_2O_4)、铌酸锂 (Lithium Niobate)、石英 (Quartz) 或者上述材料的组合。进一步如图 3 所示,该双折射窗口 234 用于对经旋光元件 232 旋光后的第一偏振光 244 进行折射,使得折射后的光线聚焦在第一位置 237,并在图像感测器 124 上形成该待测对象的第一幅图像。该双折射窗口进一步用于对经旋光元件 232 旋光后的第二偏振光 242 进行折射,使得折射后的光线聚焦在第二位置 236,并在图像感测器 124 上形成该待测对象的第二幅图像。由于该双折射晶体 234 对该第一偏振光 244 和第二偏振光 242 具有不同的折射率系数,因此通过切换旋光元件 232 的驱动电压从而改变光线的偏振状态时,第一聚焦位置 237 相对第二聚焦位置 236 产生一定的偏移。

[0035] 在一种实施方式中,双折射窗口 234 被切割成具有一与光轴 231 垂直的快轴 233。当被旋光元件 232 调变后的第一偏振光 244 的偏振方向沿着快轴 233 时,通过该双折射窗口 234 的第一偏振光 244 的光程 Δ_1 可以用下面的公式 (1) 表达:

$$[0036] \quad \Delta_1 = L \cdot n_o \quad (1)$$

[0037] 其中, L 为双折射窗口 234 的厚度, n_o 为双折射窗口 234 对与垂直主轴的偏振光表现出来的折射率。当被旋光元件 232 调变后的第一偏振光 244 的偏振方向垂直快轴 233 时,通过该双折射窗口 234 的第一偏振光 244 的光程可以用下面的公式 (2) 表达:

$$[0038] \quad \Delta_2 = L \cdot n_e \quad (2)$$

[0039] 其中, L 为双折射窗口 234 的厚度, n_e 为双折射窗口 234 对与平行主轴的偏振光表现出来的折射率。在一种实施方式中,双折射窗口 234 可以使用钽酸铋晶体,其对不同偏振状态的光线展现出来的折射率差为 0.235 个折射率单位 (refractive index units)。厚度为 0.5 毫米的双折射率窗口 234 可以产生大约 0.12 毫米的光程差以及 0.05 毫米的聚焦位置移动。

[0040] 进一步返回参阅图 2,在具体运作时,该光学系统 130 可以被操作成获取在近场内的待测对象 131 的图像。在此种情形下,该光学系统 130 可以被切换成工作在具有第一焦

距的第一聚焦状态。如图 1 所示的光源被开启并向待测对象 131 发射光线,通过光纤传播,以照亮待测对象 131。从该待测对象 131 反射的或者散射的光线被偏光元件 132 转换成线性偏振光。在一种实施方式中,该线性偏振光为垂直偏振光。从偏光元件 132 出射的垂直偏振光被光学调变元件进行偏振状态调变。在一种实施方式中,旋光元件 134 中的液晶作用的电压为零伏特,然后从该旋光元件 134 出射的光线继续为垂直偏振光。该垂直偏振光通过透镜群组 136 后以第一屈光度汇聚到图像感测器 124,从而可以获得该待测对象 131 在近场内的图像以供检测。

[0041] 请参阅图 4,该光学系统 130 也可以进一步被操作成获取在远场内的待测对象 133。在一种实施方式中,该待测对象 133 可以与图 2 所示的待测对象 131 一致。在其他实施方式中,该待测对象 133 也可以与图 2 所示的待测对象 131 不一致。在获取该待测对象 133 在远场内的图像时,该光学系统 130 可以被切换成工作在具有第二焦距的第二聚焦模式。特别地,该第二焦距大于上文所述的第一焦距。在第二聚焦模式下,旋光元件 134 中的液晶被驱动电压大于一阈值电压,因此从偏光元件 132 出射的线性偏振光被调变成水平偏振光。由于双折射透镜对水平偏振光表现出第二折射率,因此该水平偏振光以第二屈光度汇聚到图像感测器 124,从而可以获取该待测对象 133 在远场内的图像,以供检测。

[0042] 如上所述,该光学系统 130 可以手动方式或者自动方式在第一聚焦状态和第二聚焦状态之间切换。对于自动将该光学系统 130 在双聚焦模式下进行切换而言,在一种实施方式中,可以采用一个检测装置测量待测对象相对光学系统的位置。当待测对象的位置被测量并被确定处于近场时,该光学检测装置 10 可以发送控制信号并将光学系统 130 切换到第一聚焦模式,以利用较短的焦距来汇聚光线并获得待测对象在近场内的图像。当待测对象的位置被测量并被确定处于远场时,该光学检测装置 10 可以进一步发送控制信号并将该光学系统 130 切换到第二聚焦模式,以利用较长的焦距来汇聚光线并获得待测对象在远场内的图像。

[0043] 图 5 显示图 2 和图 4 中显示的光学系统 130 中的透镜群组 136 的一种实施方式的示意图。在图示的实施方式中,该透镜群组 136 包括第一透镜 622,第二透镜 624,第三透镜 626,光阑 628,第四透镜 632,第五透镜 634,第六透镜 636。该第一透镜 622,第二透镜 624,第三透镜 626,孔径光阑 (aperture stop) 628,第四透镜 632,第五透镜 634,第六透镜 636 依次设置在物侧 16 和像侧 18 之间。该透镜群组各个透镜的数值列于表 -1 中,其中 r 为每个透镜表面的曲率半径, d 为沿着光轴方向相邻表面之间的距离, n 为各个透镜的折射率系数, v 为阿贝系数 (Abbe number)。在此实施方式中,第一透镜 622 为具有负屈光度 / 光焦度的平凸透镜。在此所谓的“负屈光度 / 光焦度”是指透镜具有将光线发散的能力。第二透镜 624 和第四透镜 632 均为具有正屈光度的双凸透镜。在此所谓的“正屈光度”是指透镜具有将光线汇聚的能力。第三透镜 626 是具有负屈光度的凹凸透镜 (或者弯月形透镜, meniscus)。第五透镜 634 是具有负屈光度的双凹透镜。第六透镜 636 是对不同偏振状态的入射光具有不同折射率系数的双折射透镜。

[0044] 在一种实施方式中,该孔径光阑 628 设置于第三透镜 626 和第四透镜 632 之间。在其他实施方式中,该孔径光阑 628 也可以设置在其他两个透镜之间或者在一些实施方式中将其从透镜群组 136 中省去。在一种实施方式中,该孔径光阑 628 可以为尺寸可以调节的可变孔径光阑。该孔径光阑 628 的尺寸可以根据透镜群组 136 或者光学系统 130 的聚焦状态

加以调节。可以理解,根据透镜群组的聚焦状态来调节孔径光阑 628 的尺寸,可以在不同的视场内取得足够的图像亮度以及较大的景深。当该光学系统 130 被配置成使用第一焦距汇聚光线来检测近场中的物体时,该孔径光阑 628 可以被手动或者自动调节成第一尺寸。由于来自近场中的物体的光线通常具有足够的光强度,因此可以在不影响成像品质要求的前提下,可以适当缩小孔径光阑 628 的尺寸(也即增大光圈值 F)来取得最大化的景深(depth of field, DOF)。当该光学系统 130 被配置成使用第二焦距汇聚光线来检测远场中的物体时,该孔径光阑 628 可以被手动或者自动调节成第二尺寸。由于来自远场中的物体的光线的强度通常比较弱,因此可以在不影响成像品质要求的前提下,可以适当增大孔径光阑 628 的尺寸(也即减小光圈值 F)使更多的光线可以通过孔径光阑 628,从而提高图像的亮度。

[0045] 表 -1 图 5 所示的透镜群组 136 的数值

[0046]

第一透镜 622	$r_1=\infty$	$d_1=1.50$ 毫米	$n_1=1.80$	$v_1=39.6$
	$r_2=2.312$	$d_2=0.64$ 毫米		
第二透镜 624	$r_3=7.186$	$d_3=1.50$ 毫米	$n_2=1.78$	$v_2=25.7$
	$r_4=-5.702$	$d_4=0.60$ 毫米		
第三透镜 626	$r_5=-2.460$	$d_5=1.34$ 毫米	$n_3=1.75$	$v_3=51.0$
	$r_6=-2.740$	$d_6=2.31$ 毫米		
孔径光阑 628	$r_7=\infty$	$d_7=0.21$ 毫米	--	--
第四透镜 632	$r_8=1.9060$	$d_8=1.00$ 毫米	$n_4=1.62$	$v_4=60.3$
	$r_9=-1.500$	$d_9=0.20$ 毫米		
第五透镜 634	$r_{10}=-1.265$	$d_{10}=0.50$ 毫米	$n_5=1.78$	$v_5=25.7$
	$r_{11}=2.991$	$d_{11}=0.31$ 毫米		
第六透镜 636	$r_{12}=\infty$	$d_{12}=1.50$ 毫米	YVO ₄	--
	$r_{13}=-3.9836$	$d_{13}=1.96$ 毫米		

[0047] 图 5 所示的透镜群组 136 的光学特性可以通过比较其在近场和远场内的调制传递函数(modulus transfer function, MTF)的特性曲线来评价。图 6 和图 7 所示为透镜群组 136 在近场内的 MTF 曲线图。图 8 和图 9 所示为透镜群组 136 在远场内的 MTF 曲线图。如图 6 至图 9 所示,每个 MTF 特性曲线包括代表空间频率(每毫米内的循环数或者线对数)的水平轴和代表 MTF 数值的垂直轴,其中 MTF 数值范围在 0 到 1 之间取值。在图 6 中,待测对象被放置在相对光学系统 130 的位置为 20 毫米处,并且透镜群组 136 的光圈数设置为 5.8。图 6 所示的 MTF 曲线通过操作透镜群组 136 以相对较大的折射率系数(钽酸钇晶体对非寻常光的折射率为 2.2560,对波长 532 纳米而言)或者较短的焦距汇聚光线(e 光)绘制。在

图 7 中,待测对象仍然被放置在相对光学系统 130 的位置为 20 毫米处,但透镜群组 136 的光圈数设置为 8.2。图 7 所示的 MTF 曲线通过操作透镜群组 136 以相对较小的折射率系数(钽酸钇晶体对寻常光的折射率为 2.0210,对波长 532 纳米而言)或者较长的焦距汇聚光线(o 光)绘制。

[0048] 从图 6 和图 7 中,标号 642 和 652 所示的曲线为具有与图 5 所示的透镜群组 136 参数相同的理想透镜群组,在衍射极限条件下所作的 MTF 曲线。图 6 还描绘出子午面内的 MTF 曲线 646 和弧矢面的 MTF 曲线 644。从图 6 和图 7 可以看出,在相同的空间频率下,图 6 所示的子午面内的 MTF 曲线 646 和弧矢面的 MTF 曲线 644 的 MTF 值均比图 7 所示的 MTF 曲线 654 的 MTF 值大。因此,在近场范围内,即便通过设置较大的光圈值(与图 7 对应的情形)来减轻由于使用较长焦距使得聚焦位置发生移动的影响,通过将光学系统 160 切换成以较短的焦距来汇聚光线可以得到较佳品质的待测对象的图像。

[0049] 与图 6 和图 7 相类似,从图 8 和图 9 也可以看出,在远场范围内,将光学系统 130 切换成以较长的焦距汇聚光线,可以较佳地用来获取较佳品质的待测对象的图像。在图 8 中,待测对象被放置在相对光学系统 130 的位置为 250 毫米处,并且透镜群组 136 的光圈数设置为 5.3。图 8 所示的 MTF 曲线通过操作透镜群组 136 以相对较小的折射率系数或者较长的焦距汇聚光线(o 光)绘制。在图 9 中,待测对象仍然被放置在相对光学系统 130 的位置为 250 毫米处,但透镜群组 136 的光圈数设置为 7.8。图 9 所示的 MTF 曲线通过操作透镜群组 136 以相对较大的折射率系数或者较短的焦距汇聚光线(e 光)绘制。从图 8 和图 9 可以看出,在相同的空间频率下,图 8 所示的 MTF 曲线 674 的数值比图 9 所示的子午面内的 MTF 曲线 664 和弧矢面的 MTF 曲线 666 的 MTF 值大。因此,在远场范围内,即便通过设置较大的光圈值(与图 9 对应的情形)来减轻由于使用较短焦距使得聚焦位置发生移动的影响,通过将光学系统 160 切换成以较长的焦距来汇聚光线可以得到较佳品质的待测对象的图像。

[0050] 基于上面的描述,光学系统 130 可以被切换成在至少两种聚焦模式下工作。在第一种聚焦模式下工作时,光学系统 130 可以对具有第一偏振状态的光线以相对较大的折射率系数或者较短的焦距进行折射,从而对置于近场内的物体进行很好地光学成像。在第二种聚焦模式下工作时,光学系统 130 可以对具有第二偏振状态的光线以相对较小的折射率系数或者较长的焦距进行折射,从而对置于远场内的物体进行光学成像。也即,在操作具有可切换焦距的光学系统 130 的光学检测装置时,可以比较方便地检测置于近场和远场内的待测对象。与传统的光学检测装置相比,通过发送控制信号例如电压信号来切换光学系统 130 的聚焦模式,可以实现快速成像,并且在不同的工作模式下,通过透光量调节元件例如孔径光阑来控制透光量,可以实现不同视场的特殊成像需求,从而获得最佳光学特性的图像。

[0051] 此外,当待测对象被放置在近场和远场之间重叠区域之间的某个位置,该透镜群组 130 的焦距在第一焦距和第二焦距之间切换时,均可以得到该待测对象清晰的图像。因此,通过将透镜群组 130 在第一焦距和第二焦距之间进行切换,待测对象的图像可以在近场和远场的重叠区域内进行一定程度的缩放。此时,在该特定位置切换该透镜群组 130 的焦距,图像的缩放倍数可以用下面的公式表示:

[0052]
$$Z' = \frac{f_2}{f_1} \quad (4),$$

[0053] 其中, Z' 为简化的缩放倍数, f_1 是透镜群组 130 的第一焦距, f_2 是透镜群组 130 的第二焦距。因此, 在该近场和远场之间的重叠区域中的某个位置将该透镜群组 130 的焦距从较短的焦距切换到较长的焦距, 可以获得放大效果的图像。类似地, 在该近场和远场之间的重叠区域中的某个位置将该透镜群组 130 的焦距从较长的焦距切换到较短的焦距, 可以获得缩小效果的图像。

[0054] 虽然结合特定的实施方式对本发明进行了说明, 但本领域的技术人员可以理解, 对本发明可以作出许多修改和变型。因此, 要认识到, 权利要求书的意图在于涵盖在本发明真正构思和范围内的所有这些修改和变型。

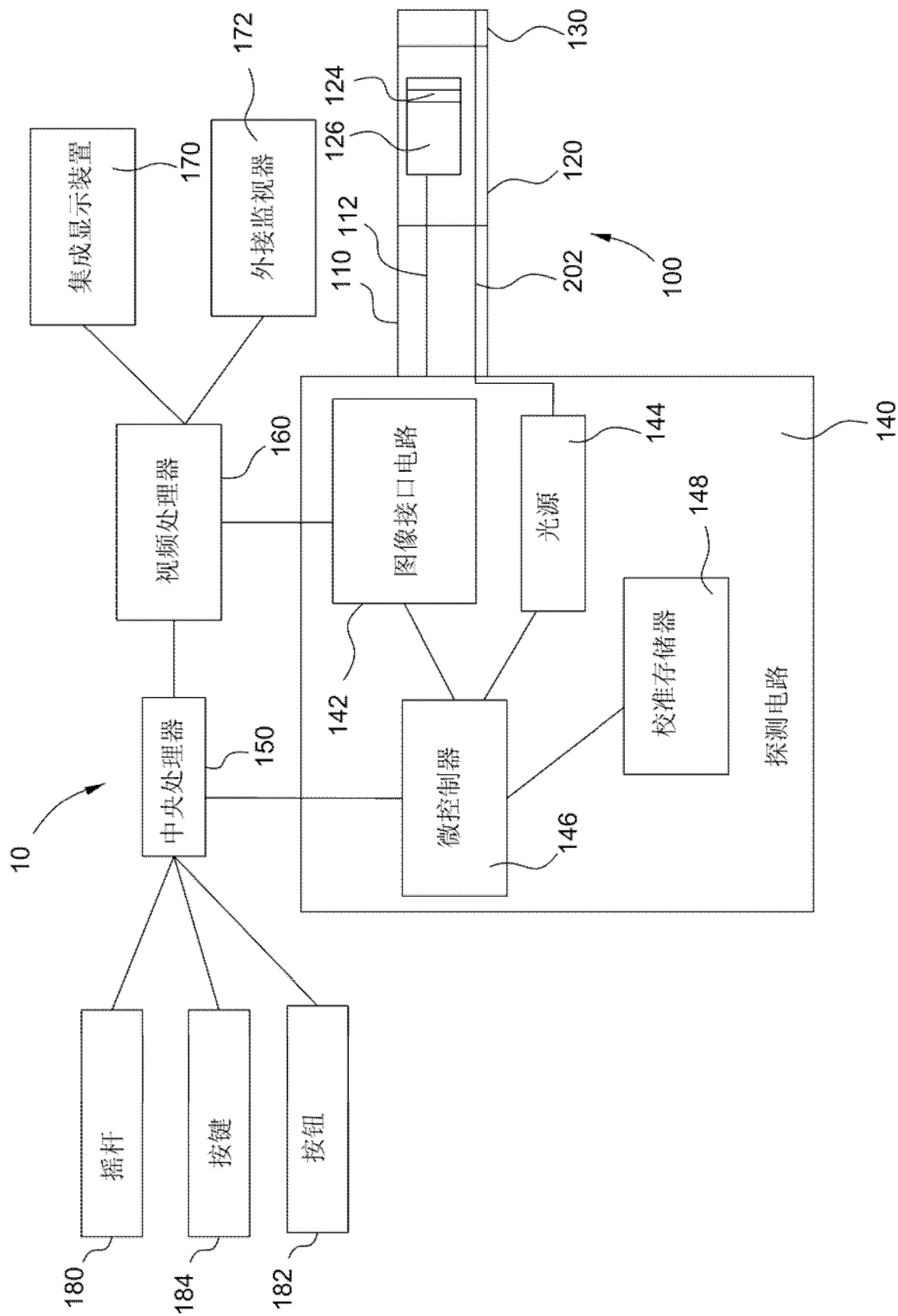


图 1

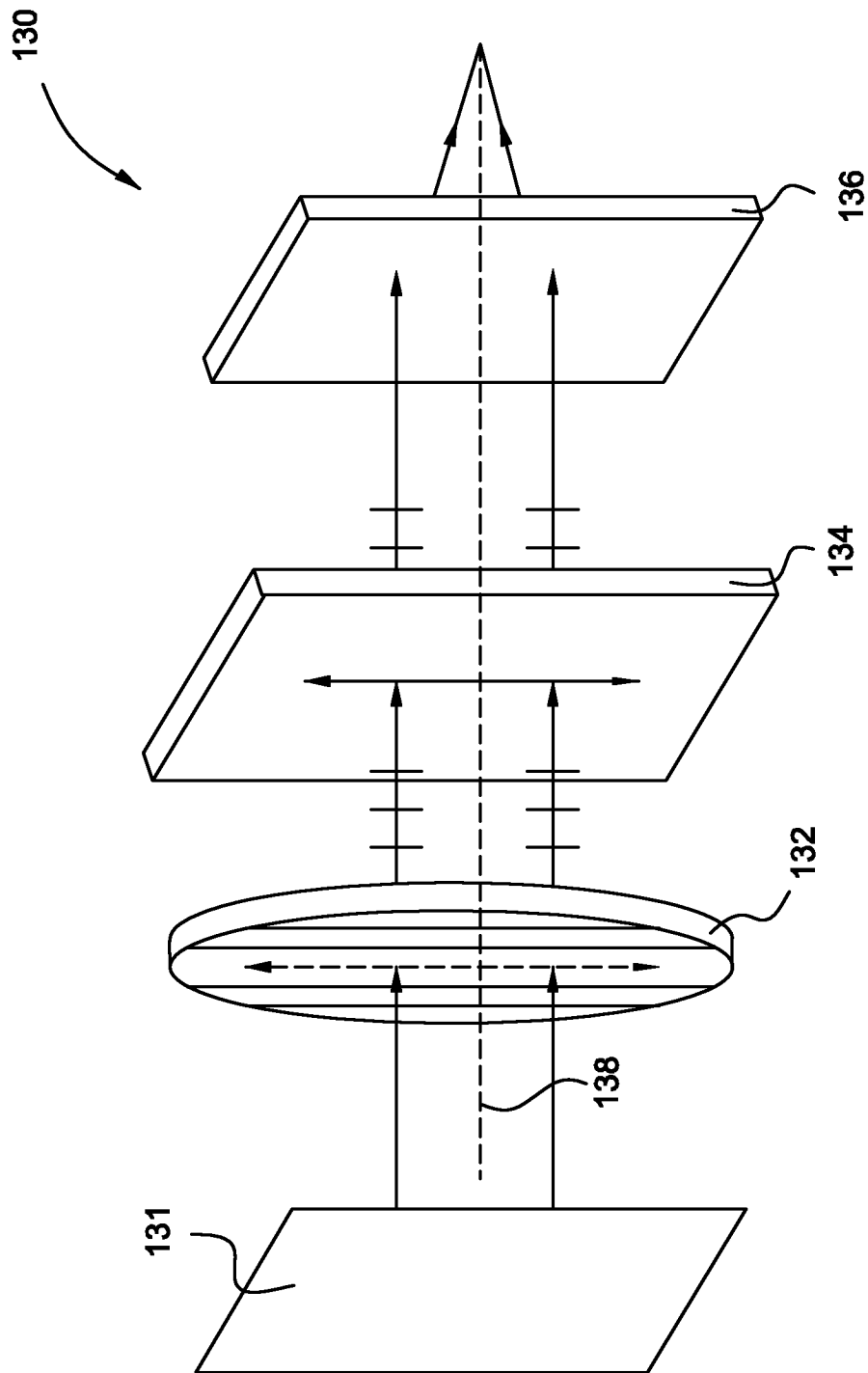


图 2

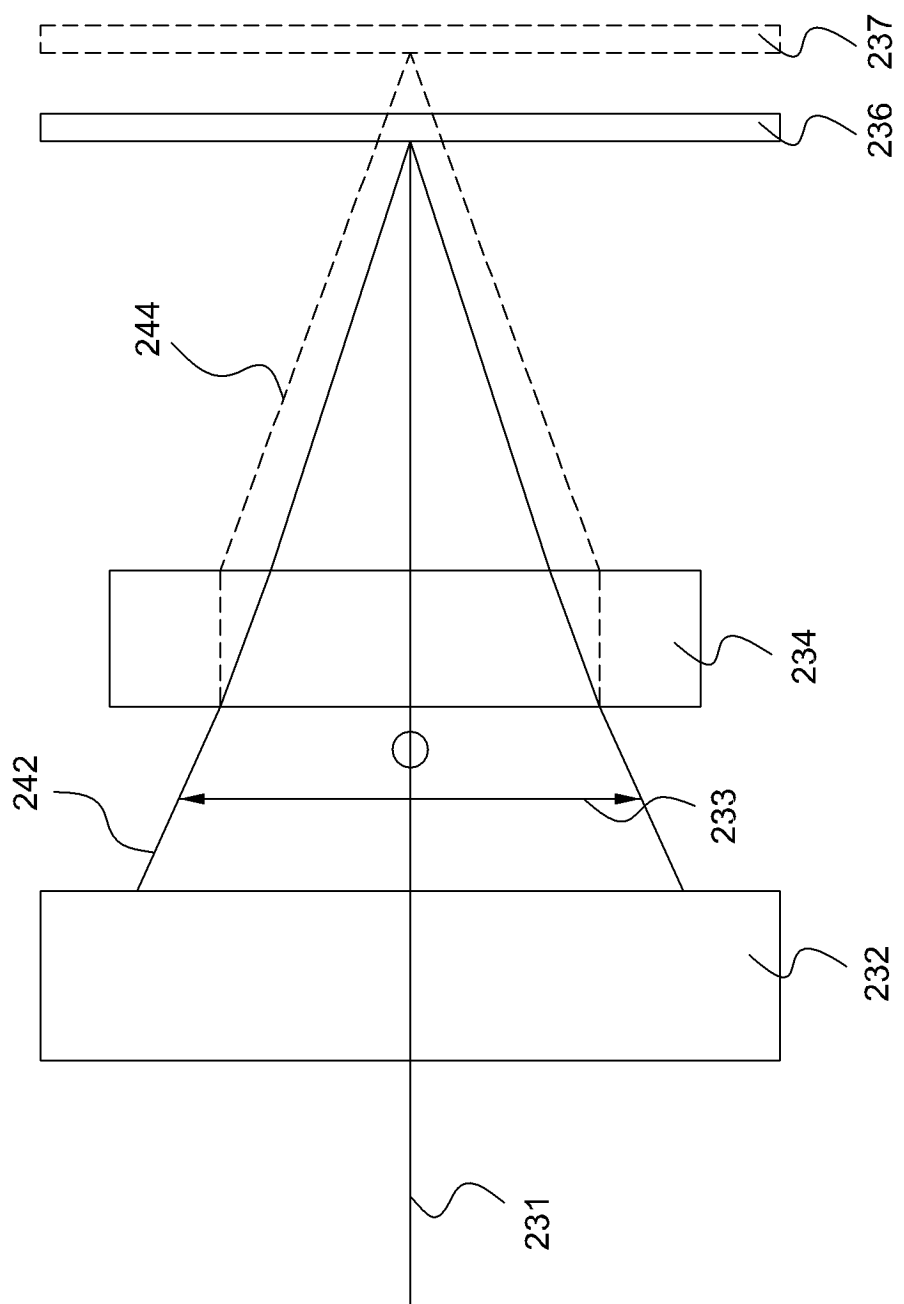


图 3

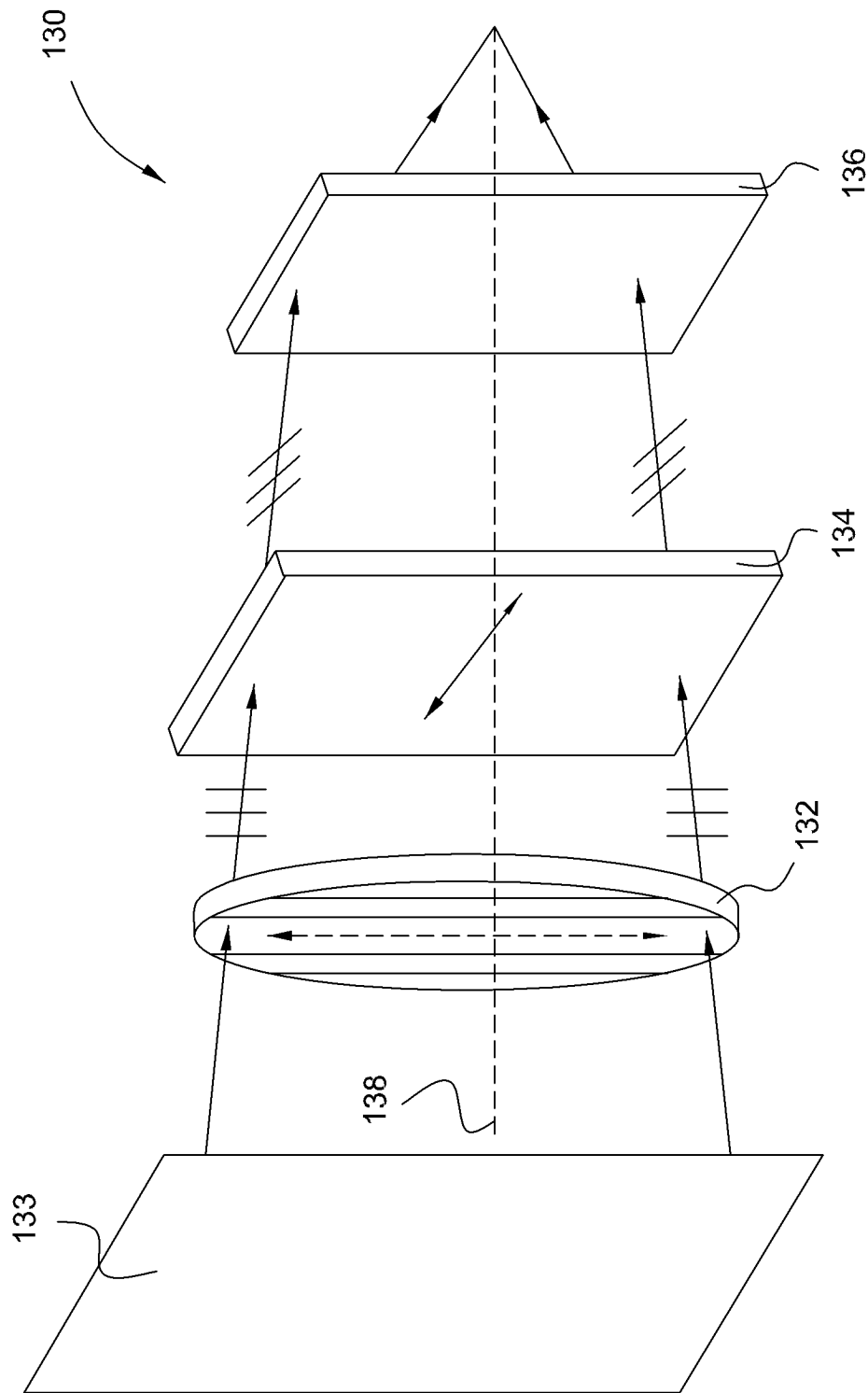


图 4

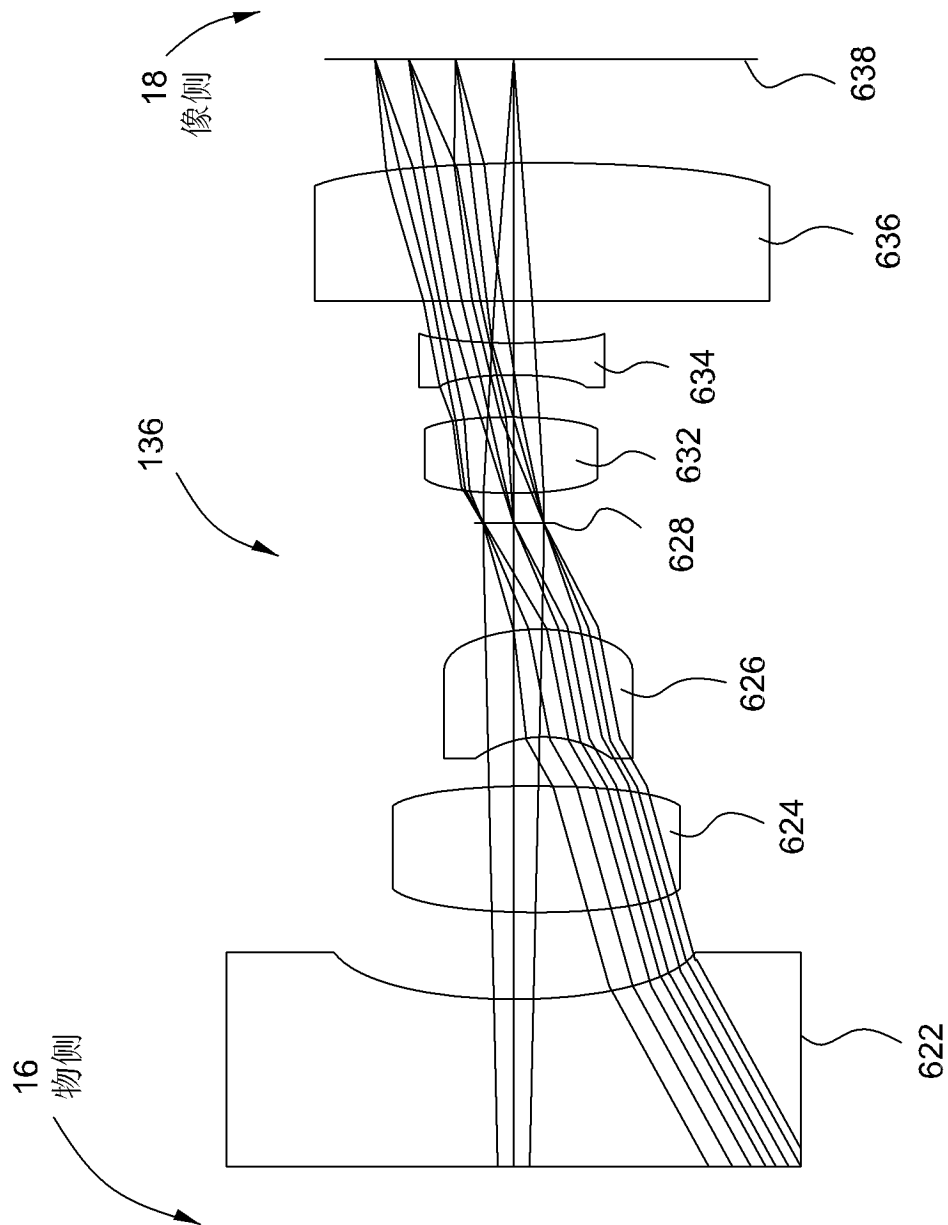


图 5

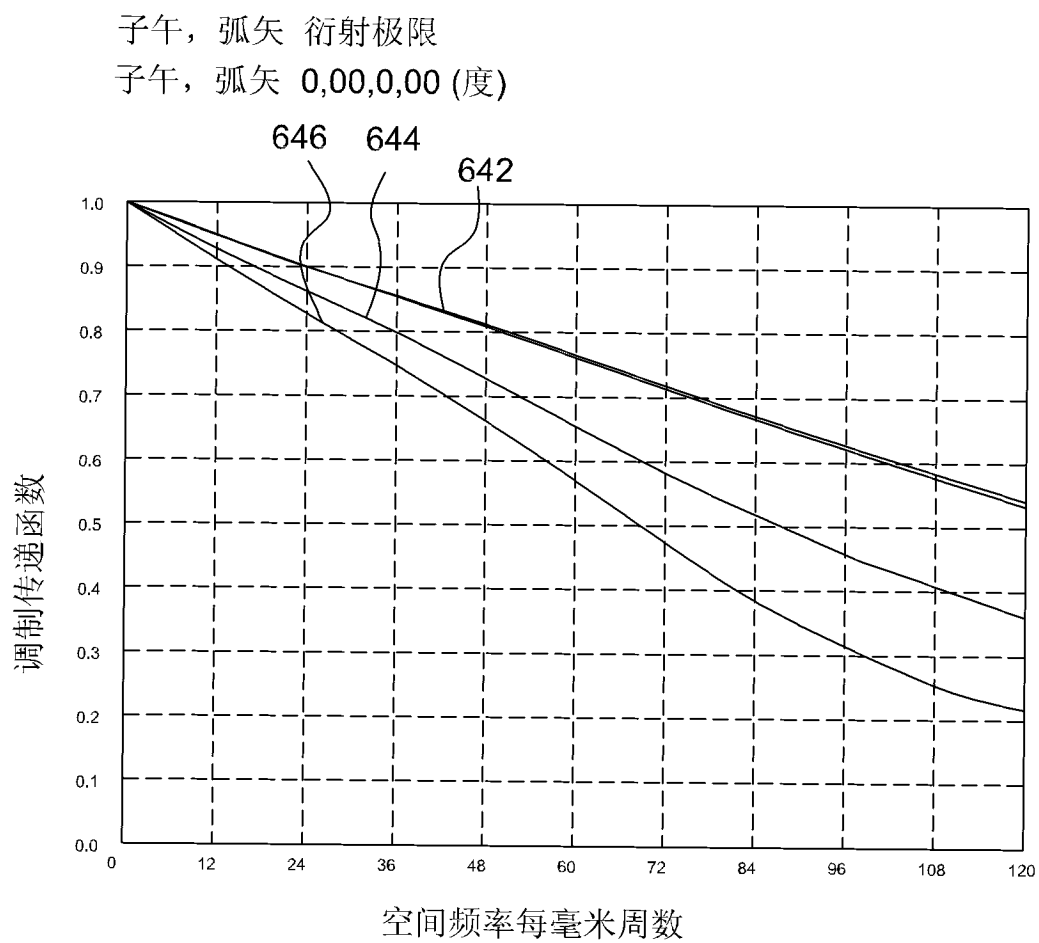


图 6

子午，弧矢 衍射极限
子午，弧矢 0,00,0,00 (度)

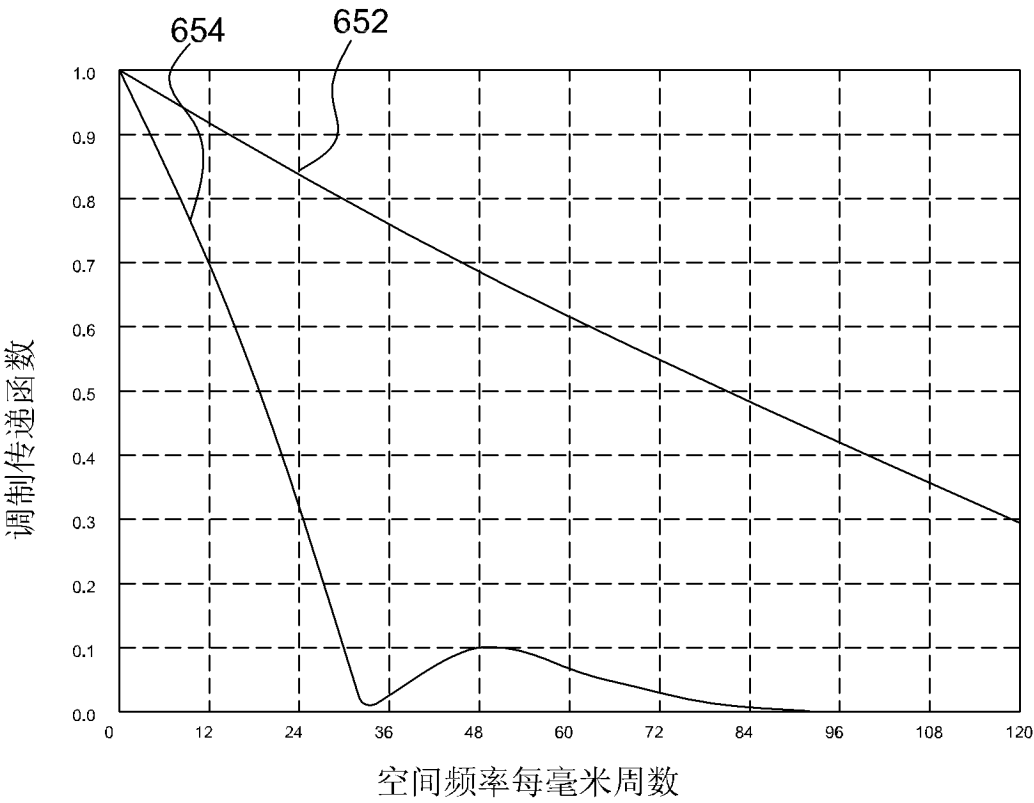


图 7

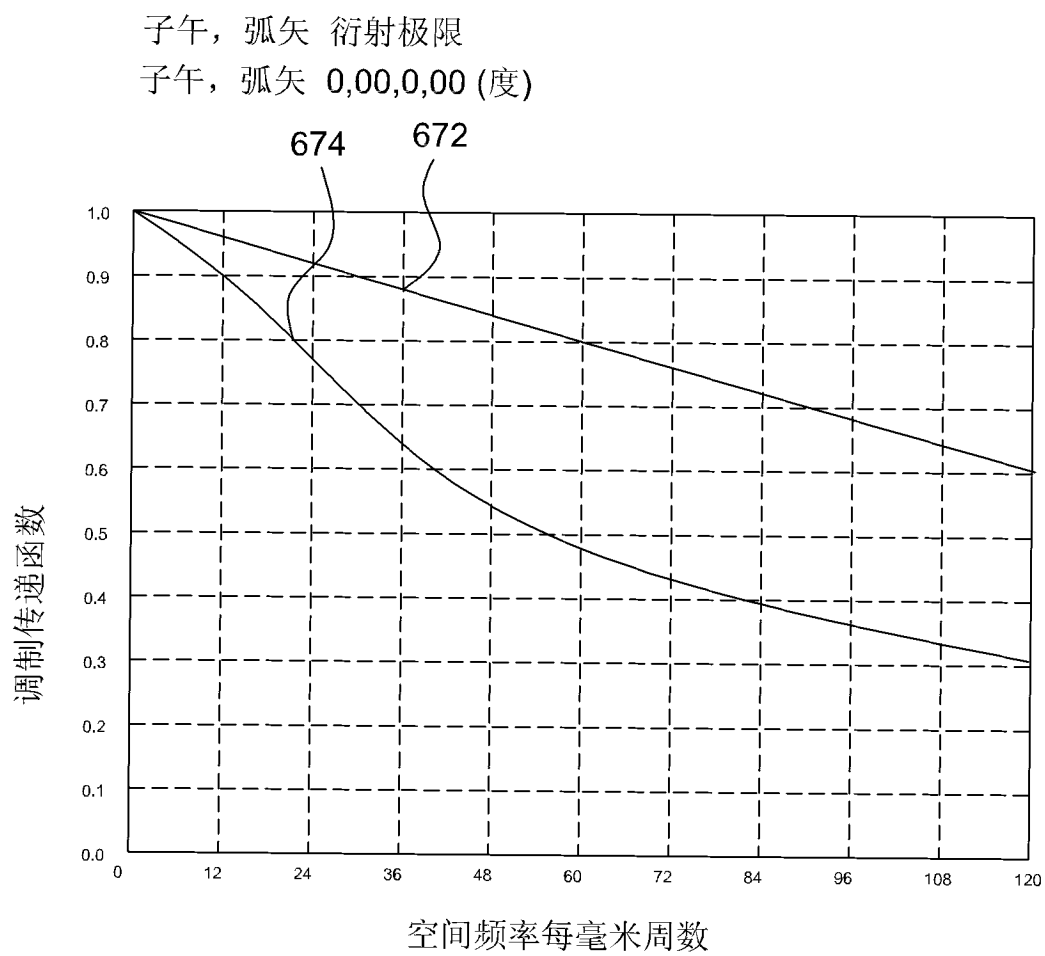


图 8

子午, 弧矢 衍射极限

子午, 弧矢 0,00,0,00 (度)

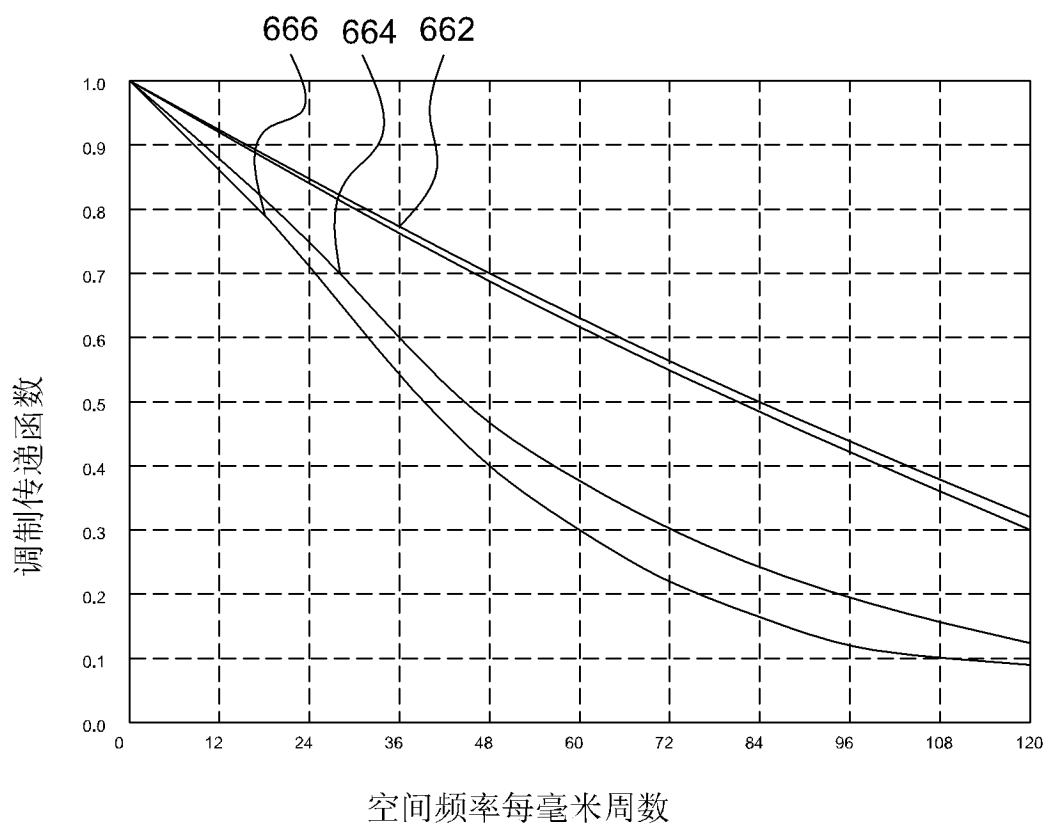


图 9