



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114527483 B

(45) 授权公告日 2022.09.13

(21) 申请号 202210011535.3

G01S 7/481 (2006.01)

(22) 申请日 2022.01.06

G01S 7/489 (2006.01)

G01S 7/484 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114527483 A

(43) 申请公布日 2022.05.24

(73) 专利权人 北京福通互联科技集团有限公司

地址 101300 北京市顺义区高丽营镇文化营村北(临空二路1号科技创新功能区)

(56) 对比文件

CN 113795773 A, 2021.12.14

CN 101038857 A, 2007.09.19

蒋涛.“强反射干扰下动态目标高速透窗成像技术研究”.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(博士) 基础科学辑》.2021,全文.

审查员 张耀天

(72) 发明人 蒋涛 康涛 张华宾

(74) 专利代理机构 北京维正专利代理有限公司

11508

专利代理师 卓凡

(51) Int. Cl.

G01S 17/89 (2020.01)

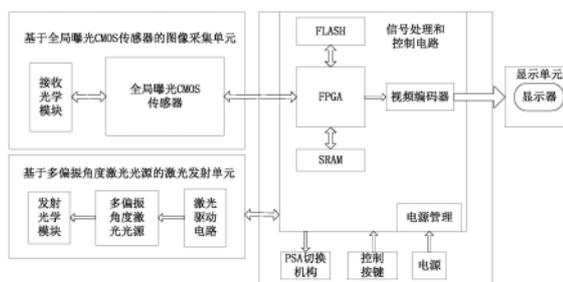
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

一种主动式探测光电图像采集系统

(57) 摘要

本发明公开了一种主动式探测光电图像采集系统,属于光电图像探测技术领域,包括基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元、基于多偏振角度激光光源的激光发射单元、信号处理和电路单元、显示单元;所述基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元用于解决对于激光响应低照度的问题,所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元用于解决传统偏振态方法获取图像时带来的弊端;所述信号处理和电路单元用于分别接收并分别向图像采集单元、激光发射单元、显示单元发送控制指令、进行偏振图像算法的运行和计算;通过给主动光加不同角度的偏振激光,光源依次发射不同角度的光,从而解决了传统偏振态方法各种各样的探测精度不够高、制作成本太大的问题。



1. 一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:包括基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元、基于多偏振角度激光光源的激光发射单元、信号处理和控制电路单元、显示单元;所述信号处理和控制电路单元用于分别接收图像采集单元和激光发射单元的信号、并分别向图像采集单元、激光发射单元、显示单元发送控制指令、并负责偏振图像算法的运行和计算;所述显示单元用于显示仅有激光照明到的移动目标物;

采用940nm波长的激光;

所述多偏振角度激光光源的制备工艺设计模块通过采用提前制作好的4种方向的光栅条纹掩模板,以蜂窝状均匀排列方法,在芯片上均匀分布制作了 0° , 45° , 90° , 135° 四个方向的光栅;

所述基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元,包括接收光学模块、以及全局曝光CMOS传感器芯片,所述接收光学模块用于接收来自移动目标物体的探测激光反射的光信号并将光信号发送给全局曝光CMOS传感器芯片;

该全局曝光CMOS传感器芯片的晶片厚度制作作为 $15\sim 17\mu\text{m}$,使得 $1288*1032\text{V}$ 感光单元对940nm的光子吸收效率从当前的5.98%提升至58.61%;

浮栅源极跟随器为 $1288*1032\text{V}$ 感光单元的跟随放大电路,所述浮栅源极跟随器包括浮栅源极跟随器的制作工艺和信号存储节点电容,所述浮栅源极跟随器制作工艺中,第一步隔离注入的硼原子剂量为 $5.5\text{e}12\text{cm}^{-3}$,注入能量为125KeV;第二步防止贯通注入硼原子剂量为 $1.2\text{e}13\text{cm}^{-3}$,注入能量为43KeV;第三步调节阈值电压注入磷原子剂量为 0cm^{-3} ,注入能量为0KeV,从而使得所述浮栅源极跟随器的沟道长度为400nm;所述信号存储节点电容设计为1.5fF,从而使得浮栅源极跟随器电压为0.8V;

在每一个感光单元的像素里进行滤波处理,这种方式提高了滤波处理速度,同时提高了信噪比,使得主动式探测光电图像采集系统滤波除掉环境噪声,只保留接收的探测激光照明到的目标物反射回来的光电信号。

2. 根据权利要求1所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述全局曝光CMOS传感器芯片包括 $1288*1032\text{V}$ 感光单元、浮栅源极跟随器、滤波器电路、像元微光学结构;所述 $1288*1032\text{V}$ 感光单元用于提高对于探测激光的响应效率、并将提高响应效率后的电信号发射给浮栅源极跟随器;所述浮栅源极跟随器用于接收并放大 $1288*1032\text{V}$ 感光单元发射的电信号从而提高输出电路的放大能力、并将放大后的信号输出给滤波器;所述滤波器电路用于接收浮栅源极跟随器放大的信号,并将环境中的噪声光滤除掉。

3. 根据权利要求2所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述 $1288*1032\text{V}$ 感光单元为硅材质,结构为浮栅MOS电容,该结构通过电势耦合作用直接将光生电子信号采样。

4. 根据权利要求2所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述像元微光学结构的球面直径为 $4.0\mu\text{m}$,厚度为 $1.0\mu\text{m}$,并在像元表面的微透镜上镀了一层通过波长为 $940\pm 2.5\text{nm}$ 的窄带带通滤光膜,用以将探测激光光源波段以外的其他波段的光滤除,提高入射光的信噪比;在微光学结构上采用了锥形光通道的像元结构与微透镜结合工作,锥形光通道结构呈倒梯形结构。

5. 根据权利要求2所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述滤波器电路的高频截止频率为200Hz,低频截止频率为40Hz,从而保证图像传感器只接收到频率为

120Hz的探测激光图像,滤除其他环境光中与探测激光波长相同但频率不同的光反射光图像,从而提高图像的信噪比。

6. 根据权利要求1所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述基于多偏振角度激光光源的探测激光发射单元,包括用于驱动多偏振角度激光光源的激光驱动电路、用于产生多偏振角度的多偏振角度激光光源模块、用于接收多偏振角度激光并发射给移动目标物体的发射光学模块;所述多偏振角度激光光源模块包括亚波长金属光栅设计子模块、多偏振角度激光光源的制备工艺设计子模块;所述亚波长金属光栅设计子模块通过在激光芯片表面刻蚀亚波长金属光栅的方法来控制输出稳定的偏振角度。

7. 根据权利要求6所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述亚波长金属光栅是对其入射光只存在零级衍射,其他能级的衍射波为倏逝波,由于其他能级的波不能携带能量,因此其衍射相率很高;对于电磁波的电矢量振动方向平行于光栅条的光等效为一层金属膜,使其截止;而对于电矢量振动方向垂直于光栅条的光就等效为一层介质膜,使其通过,因此亚波长的金属光栅在此结构就相当于一个理想的起偏器,在VCSEL的金属台面刻蚀上这种亚波长金属光栅,就可以让光栅条沿其中一个偏振方向起偏,使得只有此方向的偏振光会通过光栅条反射回去继续震荡,而与此方向正交的偏振光就会经过此光栅条透射出去不会继续参与震荡,以此就在形成了一个引入了各向异性增益的谐振腔。

8. 根据权利要求7所述一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:所述信号处理和控制电路单元由基于FPGA的核心器件、动态内存FLASH、静态内存SRAM和视频编码电路构成,该信号处理和控制电路单元与所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元通过RS485进行串口通信,并且采用触发信号,通过所述激光驱动电路控制所述多偏振角度激光光源的四个偏振角度的激光依次工作,同时,通过同步控制电路控制所述图像采集单元按照触发信号控制所述接收光学模块的电子快门,接收、并响应移动目标物反射回来的四个偏振角度的光电信号,经过内置在FPGA芯片中的主动式探测图像采集系统的专用算法处理后,再通过信号处理和控制电路单元的视频编码电路,将最终输出的图像信号在所述显示单元进行显示。

一种主动式探测光电图像采集系统

技术领域

[0001] 本发明属于光电图像技术领域,尤其涉及一种主动式探测光电图像采集系统。

背景技术

[0002] “光电目标”探测应用非常广泛,“光电目标”探测可以军用,也可以民用。所述“光电目标”是指人造目标、并非自然环境中的目标,例如狙击手用的瞄准镜、监控系统的图像采集系统以及激光武器发射打击系统等。为了及时发现无处不在的“光电目标”,世界各国对于主动式光电图像采集系统的探测技术的研究投入巨大,但“光电目标”探测技术的难点在于能否准确、及时的发现光电图像采集和打击系统的位置。只有准确、及时、快速的发现光电图像采集和打击系统,才能保障目标人员的安全和隐私。因此,世界各国对一种准确、实用的主动式探测图像采集系统的产生提出迫切要求。目前各个国家的主动式探测光电图像采集系统主要采用声波探测、红外探测和激光探测等技术。

[0003] 以上三种探测系统中,激光探测系统在预警功能上优于其它两种系统:声波探测和红外探测技术虽然较为成熟,但是这两种方式都必须等待光电图像采集和打击系统产生打击动作后才能根据其产生的声波或者光波来探测并发现对方,其本质是对目标位置的探测而不是对光电系统的探测,且无法避免首发打击,这是这两种方案最大的缺陷。而激光探测系统利用的是光电设备自身所具有的猫眼效应原理,这种探测方式的原理是利用光电图像采集系统反射回来的信号光比周围背景的反射回来的信号光在功率密度上强数百倍,因此当不可见光波段的激光束照射到其表面时,就会产生光电图像采集系统不易察觉到而光电目标打击对象能够感应到的强反射光,从而预先发现光电目标打击对象。总之,激光探测系统不同于前两种探测方式在于:激光探测系统是一种主动式探测光电图像采集系统,可以在“光电目标”发生打击动作之前就发现其隐藏位置。

[0004] 采用激光探测的主动式探测光电图像采集系统的设计难点在于:

[0005] 第一、“光电目标”对象可能是高速运动的对象。而高速运动对象不能采用卷帘式摄像头,因为卷帘式摄像头对于高速运动图像拍摄出来的图像是模糊的,因此必须采用全局曝光的方式,而全局曝光的感光效率比较低,而本发明探测“光电目标”为了不暴露自身目标位置,采用的探测激光为人眼不可见的近红外波长的激光而不是自然光,近红外波长的激光为低照度光,全局曝光本身感光效率就比较低,还要采用低照度的激光来响应全局曝光,这就是难点;

[0006] 第二、对“光电目标”的探测需要采用获取多幅不同偏振角度图像,然后从多幅不同偏振角度的图像中拟合出最佳入射偏振角度所成图像的方式,获取多幅偏振图像的难点在于:若采用基于机械转动的分时偏振成像系统,多幅偏振图片的采集时间不同,因此无法捕捉高速运动的目标,而且机械运动会引入相应的机械误差,影响精度;若采用调整多个光轴结构的分孔径偏振成像方法,每个成像系统在物理位置上都存在偏差,后期需要对图像进行几何校正和图像配准,系统体积和重量都会有所增加,在激光照明下,还有可能会造成相干光的相干散射和干涉;若采用在成像光学镜头焦点处安装分光棱镜的分振幅偏振成像

系统,成本高、光路调制复杂,每个感光器件均需进行配准以及各分成像系统的光通量减弱;若采用在像元前微光学结构刻蚀不同方向金属光栅的分焦平面偏振成像系统,则损失了图像传感器的空间分辨率,且制作成本高。

[0007] 总之,现有技术的探测系统,或者精度不够,或者成本高。精度不够则造成对于探测目标看不清、看不远,成本高则导致设备不无法大量推广应用。

发明内容

[0008] 本发明针对现有技术的不足,提出一种主动式探测光电图像采集系统,第一目的在于解决全局曝光对于红外激光感光效率低的问题,第二目的在于解决现有技术的激光探测系统对于探测目标看不清、看不远以及制作成本高的问题。

[0009] 本发明为解决其技术问题,提出以下技术方案

[0010] 一种主动式探测光电图像采集系统,其特征在于:包括基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元、基于多偏振角度激光光源的激光发射单元、信号处理和控制电路单元、显示单元;所述基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元用于解决对于探测激光响应效率低的问题,所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元用于解决传统偏振态方法获取图像时带来的弊端;所述信号处理和控制电路单元用于分别接收图像采集单元和激光发射单元的信号、并分别向图像采集单元、激光发射单元、显示单元发送控制指令、并负责偏振图像算法的运行和计算;所述显示单元用于显示仅有激光照明到的移动目标物。

[0011] 所述基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元,包括接收光学模块、以及全局曝光CMOS传感器芯片,所述接收光学模块用于接收来自移动目标物体的探测激光反射的光信号并将光信号发送给全局曝光CMOS传感器芯片,所述全局曝光CMOS传感器芯片用于提高对于探测激光的响应效率、以及提高输出电路的放大能力、并通过滤波除掉环境噪声,只保留接收的探测激光成像信号。

[0012] 所述全局曝光CMOS传感器芯片包括1288*1032V感光单元、浮栅源极跟随器、滤波器电路、像元微光学结构;所述1288*1032V感光单元用于提高对于探测激光的响应效率、并将提高响应效率后的电信号发射给浮栅源极跟随器;所述浮栅源极跟随器用于接收并放大1288*1032V感光单元发射的电信号从而提高输出电路的放大能力、并将放大后的信号输出给滤波器;所述滤波器电路用于接收浮栅源极跟随器放大的信号,并将环境中的噪声光滤除掉,从而输出仅有激光照明到的目标物。

[0013] 所述1288*1032V感光单元为硅材质,结构为浮栅MOS电容,该结构通过电势耦合作用直接将光生电子信号采样;该全局曝光CMOS传感器芯片的晶片厚度制作为15~17 μm ,使得所述1288*1032V感光单元对940nm的光子吸收效率从当前的5.98%提升至58.61%,从而提高所述1288*1032V感光单元对于探测激光的响应效率。

[0014] 所述浮栅源极跟随器为1288*1032V感光单元的跟随放大电路,所述浮栅源极跟随器包括浮栅源极跟随器的制作工艺和信号存储节点电容,所述浮栅源极跟随器制作工艺中,第一步隔离注入的硼原子剂量为 $5.5\text{e}12\text{cm}^{-3}$,注入能量为125KeV;第二步防止贯通注入硼原子剂量为 $1.2\text{e}13\text{cm}^{-3}$,注入能量为43KeV;第三步调节阈值电压注入磷原子剂量为 0cm^{-3} ,注入能量为0KeV,从而使得所述浮栅源极跟随器的沟道长度为400nm;所述信号存储节点电容设计为1.5fF,从而使得浮栅源极跟随器电压为0.8V,从而降低热载流子的注入,提高

输出电路的放大能力。

[0015] 所述像元微光学结构的球面直径为 $4.0\mu\text{m}$ ，厚度为 $1.0\mu\text{m}$ ，并在像元表面的微透镜上镀了一层通过波长为 $940\pm 2.5\text{nm}$ 的窄带带通滤光膜，用以将探测激光光源波段以外的其他波段的光滤除，提高入射光的信噪比；在微光学结构上采用了锥形光通道的像元结构与微透镜结合工作，锥形光通道结构呈倒梯形结构，用以捕获更多的入射光。

[0016] 所述滤波器电路的高频截止频率为 200Hz ，低频截止频率为 40Hz ，从而保证图像传感器只接收到频率为 120Hz 的探测激光图像，滤除环境光中与探测激光相同波段频率不同的反射光图像，从而提高图像的信噪比；在每一个感光单元的像素里进行滤波处理，这种方式提高了滤波处理速度，同时提高了信噪比，使得主动式探测光电图像采集系统滤波除掉环境噪声，只保留接收的探测激光照明到的目标物反射回来的光电信号。

[0017] 所述基于多偏振角度激光光源的探测激光发射单元，包括用于驱动多偏振角度激光光源的激光驱动电路、用于产生多偏振角度的多偏振角度激光光源模块、用于接收多偏振角度激光并发射给移动目标物体的发射光学模块；所述多偏振角度激光光源模块包括亚波长金属光栅设计子模块、多偏振角度激光光源的制备工艺设计子模块；所述亚波长金属光栅设计子模块通过在激光芯片表面刻蚀亚波长金属光栅的方法来控制输出稳定的偏振角度，所述多偏振角度激光光源的制备工艺设计模块通过采用提前制作好的4种方向的光栅条纹掩模板，以蜂窝状均匀排列方法，在芯片上均匀分布制作了 0° ， 45° ， 90° ， 135° 四个方向的光栅。

[0018] 所述亚波长金属光栅是对其入射光只存在零级衍射，其他能级的衍射波为倏逝波，由于其他能级的波不能携带能量，因此其衍射相率很高；对于电磁波的电矢量振动方向平行于光栅条的光等效为一层金属膜，使其截止；而对于电矢量振动方向垂直于光栅条的光就等效为一层介质膜，使其通过，因此亚波长的金属光栅在此结构就相当于一个理想的起偏器，在VCSEL的金属台面刻蚀上这种亚波长金属光栅，就可以让光栅条沿其中一个偏振方向起偏，使得只有此方向的偏振光会通过光栅条反射回去继续震荡，而与此方向正交的偏振光就会经过此光栅条透射出去不会继续参与震荡，以此就在形成了一个引入了各向异性增益的谐振腔，从而达到了偏振方向可控的目的。

[0019] 所述信号处理和控制电路单元由基于FPGA的核心器件、动态内存FLASH、静态内存SRAM和视频编码电路构成，该信号处理和控制电路单元与所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元通过RS485进行串口通信，并且采用触发信号，通过所述激光驱动电路控制所述多偏振角度激光光源的四个偏振角度的激光依次工作，同时，通过同步控制电路控制所述图像采集单元按照触发信号控制所述接收光学模块的电子快门，接收、并响应移动目标物反射回来的四个偏振角度的光电信号，经过内置在FPGA芯片中内置的主动式光电探测图像采集系统的专用算法处理后，再通过信号处理和控制电路单元的视频编码电路，将最终输出的图像信号在所述显示单元进行显示。

[0020] 本发明的优点效果

[0021] 1、本发明将接收光学系统、全局曝光CMOS传感器芯片、发射光学系统、多偏振角度激光光源、激光驱动电路、信号处理和控制电路和显示器这七个模块有机结合，取得了组合以后新的效果：多偏振角度激光光源模块通过发射光学模块向“光电目标”依次发射四个角度的偏振激光，从而捕捉到了具有偏振特性的“光电目标”；“光电目标”接收激光以后反射

给接收光学模块,全局曝光CMOS传感器芯片通过将厚度制作为 $15\sim 17\mu\text{m}$,使得 $1288*1032\text{V}$ 感光单元对 940nm 的光子吸收效率从当前的 5.98% 提升至 58.61% ,从而提高了 $1288*1032\text{V}$ 感光单元对于探测激光的响应效率;浮栅源极跟随器通过将浮栅源极跟随器的沟道长度为 400nm 、存储节点电容设计为 1.5fF ,从而使得浮栅源极跟随器电压为 0.8V ,从而降低热载流子的注入,提高输出电路的放大能力;信号处理和控制电路单元控制所述图像采集单元按照触发信号控制所述接收光学模块的电子快门,接收、并响应移动目标物反射回来的四个偏振角度的光电信号,经过内置在FPGA芯片中的主动式探测图像采集系统的专用算法处理后,再通过信号处理和控制电路单元的视频编码电路,将最终输出的图像信号在所述显示单元进行显示,以上各个模块相互支持和相互依赖,解决了全局曝光对于探测激光响应效率低的问题,也解决了现有技术的激光探测系统对于探测目标看不清、看不远以及制作成本高的问题。

[0022] 2、本发明克服了传统的偏见,采用了本领域技术人员不曾想到的:在主动光上给它加不同角度的偏振激光,光源依次发射不同角度的光,而摄像机不需要移动,通过光源快速得到不同的偏振角度的图像,从而解决了传统偏振态方法各种各样的探测精度不够高、制作成本太大的问题。

[0023] 3、本发明解决了本领域长期以来的疑难问题:既是采用面阵列做到在一个芯片上做出四个角度的偏振光的疑难问题,通过对亚波长金属光栅的材料、厚度、点阵激光之间的间距进行严格要求、通过制作多个金属光栅条纹掩膜板,实现了在一个很小的纳米级衍膜上刻蚀刻出四个角度背景,再将刻蚀刻出四个角度背景的条纹掩膜板放到激光器上通过光照和化学方法腐蚀的方法,最终得到在一个芯片上产生四个方向的偏振光,解决了长期以来的疑难问题。

附图说明

[0024] 图1本发明主动式图像采集系统框图;

[0025] 图2本发明全局曝光CMOS图像传感器芯片框图;

[0026] 图3本发明多偏振角度光源模块框图;

[0027] 图4本发明信号处理和控制电路单元框图。

具体实施方式

[0028] 本发明设计原理

[0029] 1、本发明目的:目的是对“光电目标”的探测,所述“光电目标”是指人造目标、并不是自然环境中的目标,例如狙击手用的瞄准镜、监控系统的图像采集系统以及激光武器发射打击系统等。

[0030] 2、采用偏振图像的方式实现对“光电目标”的探测。1)对“光电目标”只能采用“偏振图像”的方式、而不能采用传统光照方式。原因是:传统成像方式完全是利用图像的亮度信息、照明光强度越强所成目标图像就越清晰,如果目标图像的亮度和周围背景环境亮度相同那么从背景中识别出目标图像就是很困难的事情,例如穿了迷彩服的士兵隐藏在森林里,通过传统监控设备就很难发现目标,原因是目标与背景在图像中亮度信息一致,因此传统监控系统在这种环境下就无法有效区分和识别目标。2)利用环境光打到人造目标和自然

目标折反射回来的光信号的偏振态不同,以此来区分这两种目标信号。例如,当环境光信号打到树叶上和打到迷彩服上,如果采用环境光亮度信号是看不出区别的,但如果加了偏振特性的检测装置,就会发现人造目标反射回来的光信号和自然目标反射回来的光信号的偏振特性是不同的,此时通过算法求出最佳偏振角度所成的图像,就可以把人造目标和自然目标区分开来。因此,对于“光电目标”的探测,不需要再依赖光的强度信息,而通过偏振方法把很多纹理信息、表面信息、以前传统看不到的信息都可以获得到,对于伪装目标的探测能够得到很好的效果。3)对“光电目标”得到偏振图像的方法是:通过检偏器或者主动照射的偏振光源进行照射得到,得到的图像可能包含偏振特性和不包含偏振特性,通过计算多幅偏振角度的图像,就可以得到最佳偏振度时所对应的图像,就可以将具有偏振特性和非偏振特性的目标信息区分开来,从而得到我们想要得到的最终探测目标的图像。4)偏振图像和光照的关系:第一、获得图像的前提是必须有光照,光打到人造目标后发生折射和反射、光的折射和反射会引起光的偏振态的变化,而图像传感器所成图像中包含了偏振信号和非偏振信号,因此为了将偏振信号的光检测出来,所以需要在图像传感器前端增加检偏器;第二、由于被探测目标位置的不确定,即使采用了检偏器也无法确保得到的图像为最佳偏振角度所成的图像,所以需要获得三幅以上的不同偏振角度所成的图像,得到三个以上的图像的公式,通过三个以上的图像的公式的变量就可以拟合出最佳偏振角度的图像。此时得到的图像就是只包含了有偏振信号的目标的图像。

[0031] 3、本发明创新点以及和传统方法的区别:传统偏振图像获得是通过改变图像传感器前端的检偏器的角度,得到不同角度偏振图像的信号,既在摄像头前给环境光加上不同方向的偏振片,而现有技术的偏振探测技术,或者精度不够,或者成本高。本发明和传统方法相比,第一、不容易想到;第二,不容易做到。

[0032] 所述不容易想到,就是主动式偏振思路不容易想到:本发明克服了传统的偏见,采用了本领域技术人员不曾想到的:在主动光上给它加不同角度的偏振激光,光源依次发射不同角度的光,而摄像机不需要移动,通过光源快速得到不同的偏振角度的图像,从而解决了传统偏振态方法各种各样不是最优的问题。

[0033] 所述不容易做到,既是常规技术没有办法做到在一个芯片上做出四个角度的偏振光。即使本领域技术人员想到了“给光源加入不同角度的光从而代替传统偏振态方法”,但不容易做到。不容易做到的原因是在一个芯片上产生四个方向的偏振光,实现起来非常困难。难点在于:第一、只能采用面阵列激光而不能采用线激光,造成实现起来非常困难。线激光本身就是偏振光,但线激光出来的激光的方向是确定的,只能发射一个角度的光,而只靠一个角度的光不能得到最佳偏振角,若要得到多个角度的偏振光,就要旋转激光器的角度,旋转激光器的角度就需要给线激光增加机械结构,通过旋转激光器的角度从而输出不同角度的激光,但是实现旋转激光器的机械结构很困难,而且会带来很大的时间延迟。若想不通过旋转激光器角度得到不同角度偏振光,就需要采用能够集成为阵列的激光发射器,因此在一般制作偏振图像的方法中很少用激光实现。第二、本发明采用面阵列发射激光,面阵列发射激光的特性是:可以将一大堆激光蚀刻在同一个靶面上,也就是面发射激光能够形成阵列激光,但是面阵列发射激光偏振角度不稳定,采用面阵列激光发射器就必须控制其偏振角度的输出特性,本方面采用亚波长金属光栅的方式来实现偏振角度控制的问题。简单总结如下,面激光发射器发射的光为圆形的光,圆形光的方向是任意方向,所以偏振特性不

稳定,因此给圆形光发射之前刻上衍射的波长,使其出来的光形成固定的偏振方向,此为亚波长金属光栅的作用。制作亚波长金属光栅的难点在于刻蚀刻时候比普通面激光发生器的生长难很多,对亚波长金属光栅的材料、厚度、点阵激光之间的间距要求都很高。虽然目前有人做过亚波长金属光栅,但是只能在一个面激光发生器的一个出光点上刻蚀刻光栅,若要制作多个金属光栅,则需要制作四个角度的光栅条纹掩膜板。这个掩膜板的制作很困难,在一个很小的纳米级衍膜上刻蚀刻出四个角度背景,再将刻蚀刻出四个角度背景的掩膜板放到激光器上通过光照和化学方法腐蚀的方法,最终得到在一个芯片上产生四个方向的偏振光。整个工艺过程非常困难,因此一直以来没人能够突破。

[0034] 所述不容易做到,还在于采用全局曝光的方法。由于检测的“光电目标”有可能是快速运动目标,因此传统卷帘式曝光方式就不能使用了,因为当目标物体快速移动时,采用传统卷帘式曝光方式,会使得目标物图像模糊不清。因此需要采用全局式的曝光方式。但全局曝光方式感光效率比较低。原因是:全局曝光读取图像的时间并非紧跟曝光的时间,而是间隔一段时间,因此需要在读取图像之前占用一部分存储单元存储图像,由于存储单元的存在,这就会使得全局曝光方式的像元中感光单元面积过小,所以全局曝光的感光效率低。由于全局曝光感光效率比较低,所以传统方法都是白天使用自然光实现全局曝光。而本发明探测“光电目标”使用的探测激光为了不暴露自身目标,因此采用人眼不可见的近红外波长的激光而不是自然光,近红外波长的激光为低照度光,全局曝光本身感光效率就比较低,还要采用低照度的近红外激光来响应全局曝光,这就是难点。本发明克服难点优化感光单元的方法是:通过优化感光单元和优化浮栅源极跟随器增加对探测激光的响应效率,再通过设计微光学结构,让其只接收探测激光波长的光,具体为:在微光学结构中加窄带滤光片以及锥形光通道结构,屏蔽掉环境光中其他波段的噪声光,再通过增加像素级滤波器电路,只让探测激光信号通过,把环境中与探测激光相同波段但是频率不同的噪声光滤波掉,从而使得图像传感器只显示激光照射的光,而把其它噪声光屏蔽掉;激光这部分为了实现让它能够获得不同角度的偏振光的图像,激光在照射时输出四个偏振角度的图像,依次发送,每次发送就会得到一副图像,最后得到四幅图像,再对这四幅图像通过一定算法,得到一个只有偏振态的图像,而非偏振态的图像就滤除掉了,从而将“光电目标”从环境背景中探测识别出来。

[0035] 基于以上原理,本发明涉及了一种主动式探测光电图像采集系统

[0036] 一种主动式探测光电图像采集系统如图1所示,其特征在于:包括基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元、基于多偏振角度激光光源的激光发射单元、信号处理和电路单元、显示单元;所述基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元用于解决对于探测激光响应效率低的问题,所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元用于解决传统偏振态方法获取图像时带来的弊端;所述信号处理和电路单元用于分别接收图像采集单元和激光发射单元的信号、并分别向图像采集单元、激光发射单元、显示单元发送控制指令、并负责偏振图像算法的运行和计算;所述显示单元用于显示仅有激光照明到的移动目标物。

[0037] 所述基于全局曝光CMOS传感器的图像采集单元,包括接收光学模块、以及全局曝光CMOS传感器芯片,所述接收光学模块用于接收来自移动目标物体的探测激光反射的光信号并将光信号发送给全局曝光CMOS传感器芯片,所述全局曝光CMOS传感器芯片用于提高对于探测激光的响应效率、以及提高输出电路的放大能力、并通过滤波除掉环境噪声,只保留

接收的探测激光成像信号。

[0038] 所述全局曝光CMOS传感器芯片如图2所示,包括1288*1032V感光单元、浮栅源极跟随器、滤波器电路、像元微光学结构;所述1288*1032V感光单元用于提高对于探测激光的响应效率、并将提高响应效率后的电信号发射给浮栅源极跟随器;所述浮栅源极跟随器用于接收并放大1288*1032V感光单元发射的电信号从而提高输出电路的放大能力、并将放大的信号输出给滤波器;所述滤波器电路用于接收浮栅源极跟随器放大的信号,并将环境中的噪声光滤除掉,从而输出仅有激光照明到的目标物。

[0039] 所述1288*1032V感光单元为硅材质,结构为浮栅MOS电容,该结构通过电势耦合作用直接将光生电子信号采样;该全局曝光CMOS传感器芯片的晶片厚度制作为15~17 μm ,使得所述1288*1032V感光单元对940nm的光子吸收效率从当前的5.98%提升至58.61%,从而提高所述1288*1032V感光单元对于激光的低照度感光能力。

[0040] 补充说明:

[0041] 目前市场上的可见光CMOS图像传感器的晶片厚度为3~5 μm ,感光材质的厚度约为1 μm ,此类结构对可见光波段(450nm~750nm)的吸收系数在1000/cm~100000/cm,响应效率较高,而对目标波长940nm的光源吸收系数仅为108/cm,响应效率极低,无法满足本发明设计要求。经过反复、大量的测试和试验,发现当将图像传感器的晶片厚度制作为15~17 μm ,此时感光单元对于940nm波长的光子吸收深度达到了10 μm ,此时吸收系数为980/cm,吸收能力提高了将近9.8倍,感光效率从5.98%提升至58.61%,从而本发明设计出了一款对940nm波段响应效率极高的全局曝光CMOS图像传感器。

[0042] 所述浮栅源极跟随器为1288*1032V感光单元的跟随放大电路,所述浮栅源极跟随器包括浮栅源极跟随器的制作工艺和信号存储节点电容,所述浮栅源极跟随器制作工艺中,第一步隔离注入的硼原子剂量为 $5.5\text{e}12\text{cm}^{-3}$,注入能量为125KeV;第二步防止贯通注入硼原子剂量为 $1.2\text{e}13\text{cm}^{-3}$,注入能量为43KeV;第三步调节阈值电压注入磷原子剂量为 0cm^{-3} ,注入能量为0KeV,从而使得所述浮栅源极跟随器的沟道长度为400nm;所述信号存储节点电容设计为1.5fF,从而使得浮栅源极跟随器电压为0.8V,从而降低热载流子的注入,提高输出电路的放大能力。

[0043] 补充说明:

[0044] 在感光单元工作时,随着光生电子的积累,浮栅源极跟随器端的电压将会下降,噪声热载流子就会进入浮栅源极跟随器,从而会使得浮栅源极跟随器的阈值电压增大,如果阈值电压越大,则浮栅源极跟随器很快就会越快处于截止状态,导致图像传感器动态范围降低。而决定噪声热载流子注入状态的,跟浮栅源极跟随器的沟道长度有关,经过反复试验验证当采用优化工艺后,浮栅源极跟随器的沟道长度为400nm时,此时噪声电子注入最小,图像传感器的动态范围越好。

[0045] 经过大量试验验证发现,当浮栅源极跟随器的阈值电压 $>3\text{V}$ 时,图像传感器的动态范围降低,输出的图像会提前饱和;当跟随器的阈值电压 $<0.2\text{V}$ 时,器件在暗光条件下的探测能力较差。而要精确的控制阈值电压就需要合理控制采样时间,这样浮栅源极跟随器就会拥有较好的线性度,即提高灵敏度的同时,动态范围也较好。而要控制采样时间就需要控制好节点电容的容值,经过大量试验发现,当浮栅源极跟随器的节点电容为1.5fF时,此时浮栅源极跟随器的信号采样时间为1 μs ,此时浮栅源极跟随器的电压为0.8V,经过验证此

时浮栅源极跟随器的线性度最好。

[0046] 所述像元微光学结构的球面直径为 $4.0\mu\text{m}$ ，厚度为 $1.0\mu\text{m}$ ，并在像元表面的微透镜上镀了一层通过波长为 $940\pm 2.5\text{nm}$ 的窄带带通滤光膜，用以将探测激光光源波段以外的其他波段的光滤除，提高入射光的信噪比；在微光学结构上采用了锥形光通道的像元结构与微透镜结合工作，锥形光通道结构呈倒梯形结构，用以捕获更多的入射光。

[0047] 补充说明：

[0048] 为了能够使得目标物反射回的激光信号更多的汇聚到像元的感光单元上以及被感光单元吸收并转换成电子信号，则需要做的以下几点：(1) 尽可能减少环境光中其他波段的光子的进入，从而产生噪声信号；(2) 尽可能增加激光光子输入到感光单元表面，并提高单个感光单元吸收的光子数与入射到该像元的总光子数的比值。为实现以上目的，本发明做了如下工作，(1) 根据单个感光单元的面积为 $4.0\mu\text{m}\times 4.0\mu\text{m}$ ，因此感光单元前端微透镜光学处的光学球面直径设计为 $4.0\mu\text{m}$ ，而在此尺寸下，经过大量试验验证，发现当透镜厚度制作作为 $1.0\mu\text{m}$ 时，感光单元吸收的 940nm 光子数与入射到该像元的总光子数的比值最高；(2) 在上面的微透镜表面处镀了通过波长为 $940\pm 2.5\text{nm}$ 的窄带带通滤光膜，这种方式可以将探测激光光源波段以外的其他波段的光滤除，提高入射光的信噪比；(3) 在微光学结构上采用了锥形光通道的像元结构与微透镜结合工作。锥形光通道结构是可以呈倒梯形结构，这样可以捕获更多的入射光，这样的结构是在感光单元上方去除了部分二氧化硅介质，然后注入氮化硅，这是由于氮化硅在 940nm 波段的折射率要高于二氧化硅的折射率，因此只要入射光的入射角度大于某一临界值，那么就可以发生全反射，从而使光无法进入更低的金属层，也避免了对周围感光单元的干扰，提升了对 940nm 光子的光学吸收效率。

[0049] 所述滤波器电路的高频截止频率为 200Hz ，低频截止频率为 40Hz ，从而保证图像传感器只接收到频率为 120Hz 的探测激光图像，滤除其他环境光中与探测激光波长相同但频率不同的光反射光图像，从而提高图像的信噪比；在每一个感光单元的像素里进行滤波处理，这种方式提高了滤波处理速度，同时提高了信噪比，使得主动式探测光电图像采集系统滤波除掉环境噪声，只保留接收的探测激光照明到的目标物反射回来的光电信号。

[0050] 补充说明：

[0051] 感光单元前端的微光学结构的优化设计可以将信号激光光源波段以外的其他波段的光滤除掉，大大的提高了入射光的信噪比，提高探测光学系统对 940nm 波段光子的光学吸收效率，但是这种方式还是会将环境光中与探测激光波段相同的噪声光引入进来，这样当这个波段的噪声光较强的时候依然会干扰信号激光，导致所获取的图像对比度差。而为了减少环境噪声光的影响，以及由于激光发射部分采用的是脉冲调制激光，因此为了能够准确的检测到信号激光，消除杂散光以及探测器热噪声和暗噪声引起的干扰，本发明创新性的提出在像元模拟读出电路后面设计像素级滤波器电路。滤波器电路由功率管及少量外围RC元件组成，其功能是让一定频率范围内的图像信号通过，使频率范围外的信号得到抑制或急剧衰减。

[0052] 所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元如图1所示，包括用于驱动多偏振角度激光光源的激光驱动电路、用于产生多偏振角度的多偏振角度激光光源模块、用于接收多偏振角度激光并发射给移动目标物体的发射光学模块；所述多偏振角度激光光源模块如图3所示，包括亚波长金属光栅设计子模块、多偏振角度激光光源的制备工艺设计子模

块;所述亚波长金属光栅设计子模块通过在激光芯片表面刻蚀亚波长金属光栅的方法来控制输出稳定的偏振角度,所述多偏振角度激光光源的制备工艺设计模块通过采用提前制作好的4种方向的光栅条纹掩模板,以蜂窝状均匀排列方法,在芯片上均匀分布制作了 0° , 45° , 90° , 135° 四个方向的光栅。

[0053] 所述亚波长金属光栅是对其入射光只存在零级衍射,其他能级的衍射波为倏逝波,由于其他能级的波不能携带能量,因此其衍射相率很高;对于电磁波的电矢量振动方向平行于光栅条的光等效为一层金属膜,使其截止;而对于电矢量振动方向垂直于光栅条的光就等效为一层介质膜,使其通过,因此亚波长的金属光栅在此结构就相当于一个理想的起偏器,在VCSEL的金属台面刻蚀上这种亚波长金属光栅,就可以让光栅条沿其中一个偏振方向起偏,使得只有此方向的偏振光会通过光栅条反射回去继续震荡,而与此方向正交的偏振光就会经过此光栅条透射出去不会继续参与震荡,以此就在形成了一个引入了各向异性增益的谐振腔,从而达到了偏振方向可控的目的。

[0054] 补充说明:

[0055] 面激光的垂直腔面阵列单元的偏振特性不稳定,若要控制它的偏振特性、使它可以稳定地输出设定的偏振角度,可以采用不同的方法,其中,亚波长金属光栅就是最有效的一种,亚波长金属光栅的作用就像百叶窗的条纹扇叶一样,只让符合偏振方向的光可以穿过去,其他方向的光就被反射回来。符合方向的称为零级衍射,其他方向的就是倏逝波,也就是被消化掉的波,经过这个结构之后输出的激光偏振角度就是很稳定的,也就是本发明想要得到的偏振角度。

[0056] 所述信号处理和控制电路单元如图4所示,由基于FPGA的核心器件、动态内存FLASH、静态内存SRAM和视频编码电路构成,该信号处理和控制电路单元与所述基于多偏振角度激光光源的激光发射单元通过RS485进行串口通信,并且采用触发信号,通过所述激光驱动电路控制所述多偏振角度激光光源的四个偏振角度的激光依次工作,同时,通过同步控制电路控制所述图像采集单元按照触发信号控制所述接收光学模块的电子快门,接收、并响应移动目标物反射回来的四个偏振角度的光电信号,经过内置在FPGA芯片中的主动式探测图像采集系统的专用算法处理后,再通过信号处理和控制电路单元的视频编码电路,将最终输出的图像信号在所述显示单元进行显示。

[0057] 实施例一

[0058] 当要开启主动式探测光电图像采集系统进入探测工作模式时,信号处理和控制电路通过信号线给激光驱动电路发送工作信号,激光驱动电路在接收到工作信号后,给多偏振角度激光光源依次发送4个偏振角度激光驱动信号,多偏振角度激光光源在接收到激光驱动信号后,按照同步信号依次发射4个偏振角度的激光,激光信号经过发射光学系统调整其出光角度和出光能量照射到目标物体上,目标物体表面反射的激光信号在被基于全局曝光CMOS传感器的图像采集模块接收、响应以及输出图像信号。其中,基于全局曝光CMOS传感器的图像采集模块在接收到由信号处理和控制电路通过信号线给全局曝光CMOS传感器同步发送的工作信号,按照工作信号控制依次打开电子快门接收相应偏振角度的激光所反射的光电信号,从而输出相应偏振角度的图像信号,通过信号线与信号处理和控制电路连接。其中,信号处理和控制电路经过内部图像处理算法和视频编码后,将最终输出的探测到的“光电目标”所成的图像信号传输给显示器显示。

[0059] 实施例二

[0060] 亚波长金属光栅的制作:光栅的生长方法同样采用湿法光刻氧化工艺,首先是对金表面均匀的涂一层SU-8型号的光刻胶。匀胶机转速设为6500rpm。通过提前制作好的三种方向的光栅条纹掩模板在金表面光刻出相应图形,经过前烘、甩胶、后烘、曝光、显影和坚膜后,首先配置金的腐蚀液,然后再配置Ti的腐蚀液。这过程中需要在0℃的恒温水浴中进行,其中腐蚀金的时间要严格控制好。因为金的光栅很厚,在腐蚀过程中就会造成一定程度的侧蚀,时间越长侧蚀现象将越严重,因此要严格控制好腐蚀的时间。经过大量的试验,最终发现将腐蚀时间控制在14秒,效果最佳。而由于碲生长的比较薄,因此侧蚀不会严重,但是如果碲腐蚀不干净的话,会影响出光,因此在腐蚀碲的时候要尽量多腐蚀一段时间,经过大量的试验,最终发现将腐蚀时间控制28秒,效果最佳。在本次阵列中,根据排列位置,在芯片上均匀分布制作了0°,45°,90°,135°四个方向的光栅。

[0061] 本发明所述的方法并不限于具体实施方式中所述的实施例,本领域技术人员根据本发明的技术方案得出其他的实施方式,同样属于本发明的技术创新范围。

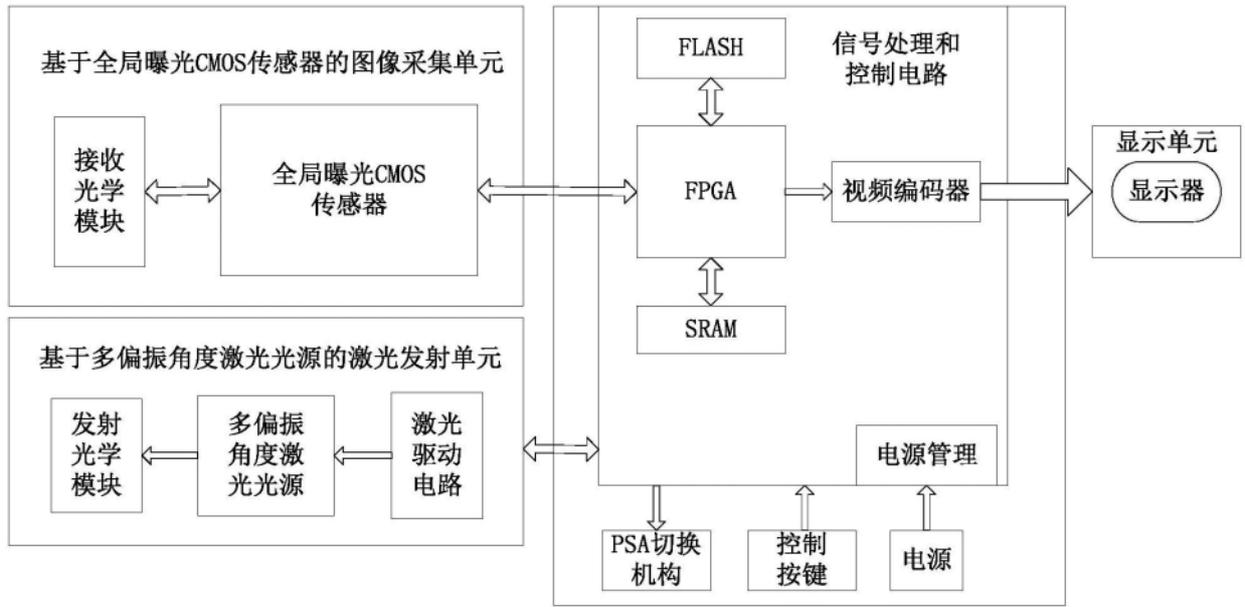


图1

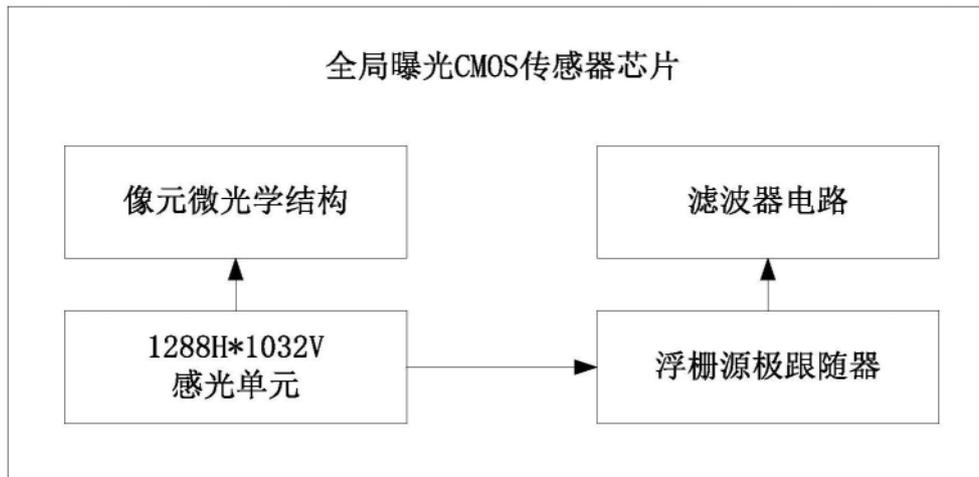


图2

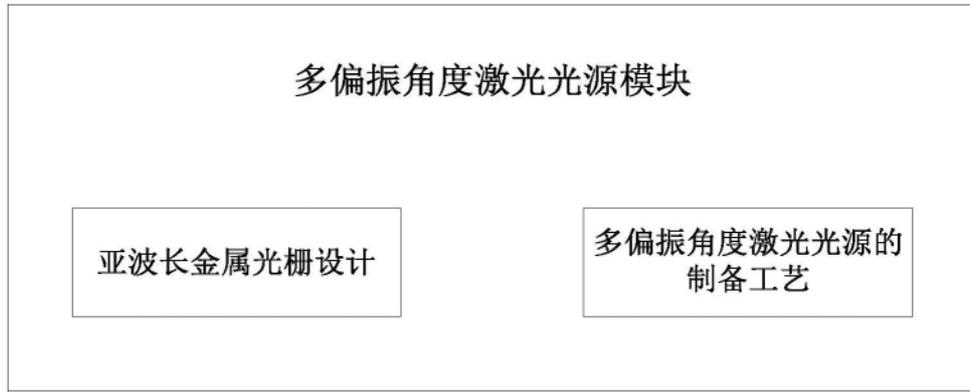


图3

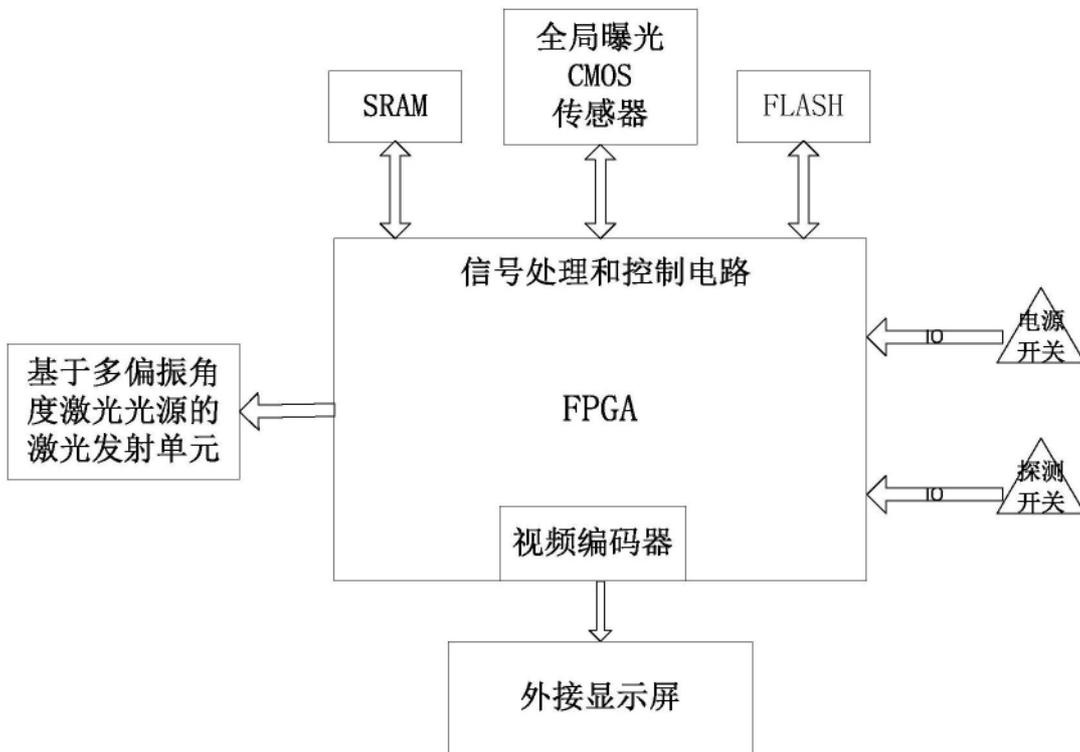


图4