

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102650553 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 29

(21) 申请号 201110046737. 3

(22) 申请日 2011. 02. 25

(71) 申请人 北京邮电大学

地址 100876 北京市海淀区西土城路 10 号

(72) 发明人 张治国 陈雪 张民 王立芊

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王莹

(51) Int. Cl.

G01J 9/00 (2006. 01)

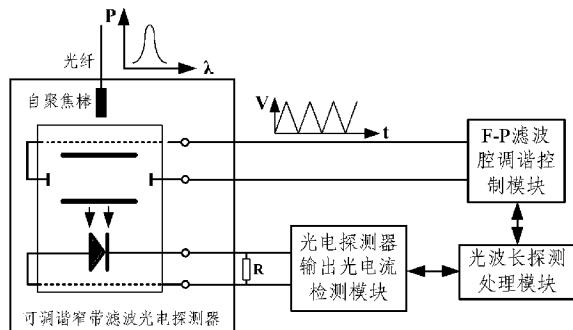
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

波长可调谐光电探测器、光波长探测系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种波长可调谐光电探测器，包括：半导体基质 F-P 腔窄带滤波器和与所述半导体基质 F-P 腔窄带滤波器键合的 p-i-n 光电探测器，本发明还公开了一种基于波长可调谐光电探测器的光波长探测系统，包括：F-P 腔透射谱控制模块、光波长调解处理模块、光电探测器输出电流检测模块及所述的波长可调谐光电探测器；本发明还公开了一种利用所述系统探测光波长的方法。本发明实现了低成本、高集成度、体积小、便携化的光波长探测系统及方法。



1. 一种波长可调谐光电探测器，其特征在于，包括：半导体基质 F-P 腔窄带滤波器和与所述半导体基质 F-P 腔窄带滤波器键合的 p-i-n 光电探测器，所述半导体基质基底 F-P 腔窄带滤波器用于对接收的待测光信号滤波，并将透射后的光信息号传输至所述 p-i-n 光电探测器的吸收层。

2. 如权利要求 1 所述的波长可调谐光电探测器，其特征在于，所述 F-P 腔窄带滤波器为 GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器，所述 p-i-n 光电探测器为 InP 基底光电探测器。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的波长可调谐光电探测器，其特征在于，所述波长可调谐光电探测器还包括自聚焦棒，所述自聚焦棒用于将所述待测光信号耦合进所述半导体基质 F-P 腔窄带滤波器。

4. 一种光波长探测系统，其特征在于，包括：F-P 腔透射谱控制模块、光波长调解处理模块、光电探测器输出电流检测模块及权利要求 1～3 任一所述的波长可调谐光电探测器，

所述光波长调解处理模块连接 F-P 腔透射谱控制模块和光电探测器输出电流检测模块；所述 F-P 腔透射谱控制模块连接所述半导体基质 F-P 腔窄带滤波器的两个 F-P 滤波腔调整电极，用于受所述光波长调解处理模块的控制产生周期性变化的电压，并将所述周期性变化的电压传输给所述半导体基质 F-P 腔窄带滤波器；所述光电探测器输出电流检测模块连接所述 p-i-n 光电探测器的两个探测电极，用于将检测到的 p-i-n 光电探测器的输出光电流传输给所述光波长调解处理模块。

5. 一种利用权利要求 4 所述的光波长探测系统探测光波长的方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：将待测光信号经光纤耦合至光纤光栅传感器；

S2：被光纤光栅传感器反射的待测光信号由光纤尾纤耦合进入所述波长可调谐光电探测器的半导体基质 F-P 腔窄带滤波器；

S3：所述光波长调解处理模块控制 F-P 滤波腔调谐控制模块产生周期性控制电压，并加至所述 F-P 滤波腔调整电极上，波长可调谐光电探测器中半导体基质 F-P 滤波腔在外加周期性电压作用下，其 F-P 滤波腔内部产生周期性变化电流，电流热效应使 F-P 滤波腔产生与电流大小成线性关系的温度变化，使 F-P 滤波腔折射率及所述待测光信号通过 F-P 滤波腔的透射光波长产生周期性变化；

S4：在上述步骤 S3 中，所述光电探测器输出光电流检测模块实时监测 p-i-n 光电探测器输出的光电流，完成 A/D 转换并实时发送至所述光波长探测处理模块；

S5：所述光波长探测处理模块根据 F-P 滤波腔调谐控制模块输出的调谐电压及探测到的光电流探测待测光信号的波长。

6. 如权利要求 5 所述的探测光波长的方法，其特征在于，所述步骤 S1 中光纤耦合的方式为采用自聚焦棒的方式耦合。

7. 如权利要求 5 所述的探测光波长的方法，其特征在于，所述 F-P 滤波腔调谐控制模块产生的调谐电压为周期性锯齿形电压。

8. 如权利要求 5 所述的探测光波长的方法，其特征在于，所述步骤 S5 中采用峰值光电流匹配算法探测所述待测光信号的光波长，具体为：确定 p-i-n 光电探测器探测电极间输出光电流最大时的 F-P 滤波腔调整电极的外加电压，计算得到所述半导体基质 F-P 腔滤波器透射波长，进而得到待测光波长。

9. 如权利要求 5 所述的探测光波长的方法,其特征在于,所述步骤 S5 中采用半峰值功率平均算法探测所述待测光信号的光波长,具体为:确定 p-i-n 光电探测器探测电极间输出光电流为峰值 $1/2$ 时的两处 F-P 滤波腔调整电极的外加电压,通过平均算法计算得到所述半导体基质 F-P 腔滤波器透射波长,进而得到待测光波长。

波长可调谐光电探测器、光波长探测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光波长探测技术领域,特别涉及一种波长可调谐光电探测器、光波长探测系统及方法。

背景技术

[0002] 光传感,尤其是基于光纤光栅技术的光传感因其具有无源化、抗电磁干扰、精度高、体小质轻等特点,目前在土木建筑、石油、电力、交通、矿业、医学等诸多领域获得了越来越广泛的应用。滤波检测式光纤光栅传感系统结构如图1所示,一般由宽带光源、光纤光栅传感器、光波长探测仪及无源光器件等部分构成。其中,光源发出的宽带光信号经耦合器等无源光器件耦合并经光纤传输至光纤光栅传感器,待测物理量通过光纤光栅对其反射光波长参量进行编码,并由光波长探测仪检测出光纤光栅的反射光波长进而实现对待测物理量的测量。

[0003] 在目前的滤波检测式光纤光栅传感系统中,光波长探测仪一般采用压电陶瓷(PZT)模块或步进电机设备来调谐滤波器的透射 / 反射波长,以实现滤波器与光纤光栅传感器反射波长的匹配,进而实现对待测光波长的检测。目前所使用的方法存在成本高、体积大、集成度低等不足,极大的制约了光纤光栅传感技术的发展与应用。

发明内容

[0004] (一) 要解决的技术问题

[0005] 本发明要解决的技术问题是:在光波长探测时如何降低成本、降低体积重量及提高集成度。

[0006] (二) 技术方案

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种波长可调谐光电探测器,其特征在于,包括:半导体基质F-P腔窄带滤波器和与所述半导体基质F-P腔窄带滤波器键合的p-i-n光电探测器,所述半导体基质基底F-P腔窄带滤波器用于对接收的待测光信号滤波,并将透射后的光信息号传输至所述p-i-n光电探测器的吸收层。

[0008] 其中,所述F-P腔窄带滤波器为GaAs基底F-P腔窄带滤波器,所述p-i-n光电探测器为InP基底光电探测器。

[0009] 其中,所述波长可调谐光电探测器还包括自聚焦棒,所述自聚焦棒用于将所述待测光信号耦合进所述半导体基质F-P腔窄带滤波器。

[0010] 本发明还提供了一种光波长探测系统,包括:F-P腔透射谱控制模块、光波长调解处理模块、光电探测器输出电流检测模块及上述的波长可调谐光电探测器,

[0011] 所述光波长调解处理模块连接F-P腔透射谱控制模块和光电探测器输出电流检测模块;所述F-P腔透射谱控制模块连接所述半导体基质F-P腔窄带滤波器的两个F-P滤波腔调整电极,用于受所述光波长调解处理模块的控制产生周期性变化的电压,并将所述周期性变化的电压传输给所述半导体基质F-P腔窄带滤波器;所述光电探测器输出电流检

测模块连接所述 p-i-n 光电探测器的两个探测电极,用于将检测到的 p-i-n 光电探测器的输出光电流传输给所述光波长调解处理模块。

[0012] 本发明还提供了一种利用上述的光波长探测系统探测光波长的方法,包括以下步骤:

[0013] S1 :将待测光信号经光纤耦合至光纤光栅传感器;

[0014] S2 :被光纤光栅传感器反射的待测光信号由光纤尾纤耦合进入所述波长可调谐光电探测器的半导体基质 F-P 腔窄带滤波器;

[0015] S3 :所述光波长调解处理模块控制 F-P 滤波腔调谐控制模块产生周期性控制电压,并加至所述 F-P 滤波腔调整电极上,波长可调谐光电探测器中半导体基质 F-P 滤波腔在外加周期性电压作用下,其 F-P 滤波腔内部产生周期性变化电流,电流热效应使 F-P 滤波腔产生与电流大小成线性关系的温度变化,使 F-P 滤波腔折射率及所述待测光信号通过 F-P 滤波腔的透射光波长产生周期性变化;

[0016] S4 :在上述步骤 S3 中,所述光电探测器输出光电流检测模块实时监测 p-i-n 光电探测器输出的光电流,完成 A/D 转换并实时发送至所述光波长探测处理模块;

[0017] S5 :所述光波长探测处理模块根据 F-P 滤波腔调谐控制模块输出的调谐电压及探测到的光电流探测待测光信号的波长。

[0018] 其中,所述步骤 S1 中光纤耦合的方式为采用自聚焦棒的方式耦合。

[0019] 其中,所述 F-P 滤波腔调谐控制模块产生的调谐电压为周期性锯齿形电压。

[0020] 其中,所述步骤 S5 中采用峰值光电流匹配算法探测所述待测光信号的光波长,具体为:确定 p-i-n 光电探测器探测电极间输出光电流最大时的 F-P 滤波腔调整电极的外加电压,计算得到所述半导体基质 F-P 腔滤波器透射波长,进而得到待测光波长。

[0021] 其中,所述步骤 S5 中采用半峰值功率平均算法探测所述待测光信号的光波长,具体为:确定 p-i-n 光电探测器探测电极间输出光电流为峰值 1/2 时的两处 F-P 滤波腔调整电极的外加电压,通过平均算法计算得到所述半导体基质 F-P 腔滤波器透射波长,进而得到待测光波长。

[0022] (三) 有益效果

[0023] 本发明通过键合半导体基质 F-P 腔窄带滤波器和 p-i-n 光电探测器,实现了波长可调谐光电探测器,及利用所述波长可调谐光电探测器的光波长探测系统来实现光波长探测的方法,通过外加周期性调谐电压,使波长可调谐光电探测器中的 F-P 滤波腔透射光波长产生周期性变化,并对透射光功率进行实时监测,利用峰值光电流匹配算法进行处理,实现对光波长探测解调,从而提供了一种低成本、高集成度、体积小、便携化的光波长探测系统及方法。

附图说明

[0024] 图 1 是现有的滤波检测式光纤光栅传感系统结构图;

[0025] 图 2 是本发明实施例的一种波长可调谐光电探测器结构示意图;

[0026] 图 3 是图 2 中的波长可调谐光电探测器中的 GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器和 InP 基底光电探测器键合微结构示意图,不同的阴影层表述两个反射面是多层镀膜的结构;

[0027] 图 4 是本发明的基于波长可调谐光电探测器的光波长探测系统结构示意图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0029] 如图 2 所示,为本发明实施例的一种波长可调谐光电探测器结构示意图,包括:半导体基质 F-P(法布里 - 帕罗)腔窄带滤波器及与之键合的 p-i-n 光电探测器,半导体基质 F-P 腔窄带滤波器用于将接收的待测光信号经过 F-P 滤波腔的透射后的光信息号照射到 p-i-n 光电探测器的吸收层。F-P 滤波腔利用半导体基质材料的热光效应通过在 F-P 滤波腔调整电极外加调谐电压(产生调谐电流)使 F-P 滤波腔产生温度变化,进而使 F-P 滤波腔折射率及有效腔长产生改变,从而实现 F-P 腔透射光波长变化。本实施例中,半导体基质为 GaAs(砷化镓),即半导体基质 F-P 腔窄带滤波器为 GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器,p-i-n 光电探测器为 InP(磷化铟)基底光电探测器。其中, GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器和 InP 基底光电探测器键合微结构如图 3 所示。对于 F-P 腔窄带滤波器,是在 GaAs 衬底上通过金属有机化学气相沉积(MOCVD)技术生长而成,由底镜(F-P 腔反射面 1)、腔体区(厚度为两波长)、顶镜(F-P 腔反射面 2)构成,其中底镜和顶镜分别由 23 对和 22 对四分之一波长的 GaAs/ $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 构成。对于光电探测器部分,也是通过 MOCVD 技术在 InP 衬底上生长而成,由 p-i-n 吸收部分构成。

[0030] 该波长可调谐光电探测器工作原理如下:

[0031] 待测光信号(光波长缓慢变化)由光纤直接耦合或经自聚焦棒耦合进波长可调谐光电探测器,经 F-P 腔滤波后透射传输至 InP 基底光电探测器,由探测器的吸收层吸收并在探测器的探测电极间产生光电流,且输出光电流大小与 F-P 滤波腔透射光功率成确定比值。

[0032] 优选地,该波长可调谐光电探测器还包括自聚焦棒,自聚焦棒用于将待测光信号耦合进半导体基质 F-P 腔窄带滤波器。

[0033] 如图 4 所示,为基于波长可调谐光电探测器的光波长探测系统结构示意图。该光波长探测系统包括:F-P 腔透射谱控制模块、光波长调解处理模块、光电探测器输出电流检测模块及上述波长可调谐光电探测器,光波长调解处理模块连接 F-P 腔透射谱控制模块和光电探测器输出电流检测模块;F-P 腔透射谱控制模块连接 GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器的两个 F-P 滤波腔调整电极,用于受光波长调解处理模块的控制产生周期性变化的电压,并将周期性变化的电压传输给 GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器;光电探测器输出电流检测模块连接 InP 基底光电探测器的两个探测电极,其间可并联电阻 R,用于将检测到的 InP 基底光电探测器的输出光电流传输给光波长调解处理模块,检测到的电流即为流过电阻 R 的电流。光波长调解处理模块根据 F-P 滤波腔调谐控制模块输出的调谐电压及探测到的光电流,按预设的峰值光电流匹配算法进行处理,实现对光纤光栅传感器反射光波长的探测。

[0034] F-P 腔透射谱控制模块由数据收发单元、D/A(数 / 模)转换单元和电源模块构成。其中,数据收发单元接收光波长调解处理模块的电压控制数据,并传输至 D/A 转换单元,由 D/A 转换单元完成 D/A 转换并输出控制电压,此控制电压控制调整 F-P 腔透射谱。

[0035] 光波长调解处理模块由数据收发单元、控制及数据处理单元、存储单元、显示单元、电源模块等构成,其中控制及数据处理单元产生周期性电压控制数据,由数据收发单元

发送至 F-P 腔透射谱控制模块,用于周期性调谐 F-P 腔透射谱,数据收发单元同时接收光电探测器输出电流检测模块的数据,由控制及数据处理单元进行数据处理并产生解调结果,解调结果由显示单元进行显示。

[0036] 光电探测器输出电流检测模块由 A/D(模 / 数)转换单元、电源模块和数据收发单元构成。其中 A/D 转换单元完成光电探测器输出光电流的数 / 模转换,并由数据收发单元发送至光波长调解处理模块。

[0037] 本发明还提供了一种利用上述的光波长探测系统探测光波长的方法,包括以下步骤:

[0038] 步骤 1,将待测光信号经光纤耦合至光纤光栅传感器,优选采用自聚焦棒的方式耦合。

[0039] 步骤 2,被所述光纤光栅传感器反射的待测光信号由光纤尾纤耦合进入所述波长可调谐光电探测器的 GaAs 基底 F-P 腔窄带滤波器。

[0040] 步骤 3,光波长调解处理模块控制 F-P 滤波腔调谐控制模块产生周期性锯齿形电压,并加至所述 F-P 滤波腔调整电极上,波长可调谐光电探测器中 GaAs 基底 F-P 滤波腔在外加周期性电压作用下,其滤波腔内部产生周期性变化电流,电流热效应使 F-P 滤波腔产生与电流大小成线性关系的温度变化,使 F-P 滤波腔折射率及所述待测光信号通过 F-P 滤波腔的透射光波长产生周期性变化。

[0041] 步骤 4,上述步骤 3 中通过 F-P 滤波腔的波长为周期性变化的透射光由 InP 基底光电探测器吸收层吸收并在探测器探测电极间产生光电流,且输出光电流大小与 F-P 腔透射光功率成线性比例关系。光电探测器输出光电流检测模块实时监测 InP 基底光电探测器输出的光电流,完成 A/D(模 / 数)转换并实时发送至光波长探测处理模块。

[0042] 步骤 5,光波长探测处理模块根据 F-P 滤波腔调谐控制模块输出的调谐电压及探测到的光电流,按预设的峰值光电流匹配算法进行处理,实现对光纤光栅传感器反射光波长(即待测光信号)的探测。

[0043] 可采用峰值光电流匹配算法测出待测光信号的波长,具体为:

[0044] 按预定规律使 F-P 滤波腔调整电极外加调谐电压周期性变化,从而使得 F-P 滤波腔透射波长周期性变化,因此,当外加电压变化至某一值时,F-P 滤波腔透射光中心波长与待测光中心波长重合,此时 InP 基底光电探测器接收到的 F-P 滤波腔透射光最强,从而 InP 基底光电探测器电极间输出光电流最大。因此,确定 InP 基底光电探测器电极间输出光电流最大时的 F-P 腔调整电极的外加电压,根据该外加电压可计算得到 F-P 腔滤波器透射波长,进而得到待测光波长,从而实现对待测光波长的探测解调。

[0045] 还可采用半峰值功率平均算法测出待测光信号的光波长,具体为:确定 InP 基底光电探测器探测电极间输出光电流为峰值 1/2 时的两处 F-P 滤波腔调整电极的外加电压,根据两处 F-P 滤波腔调整电极的外加电压,利用平均算法计算得到所述半导体基质 F-P 腔滤波器透射波长,进而得到待测光波长。

[0046] 按照本发明,可以实现对光波长的低成本、高集成度的探测解调。

[0047] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

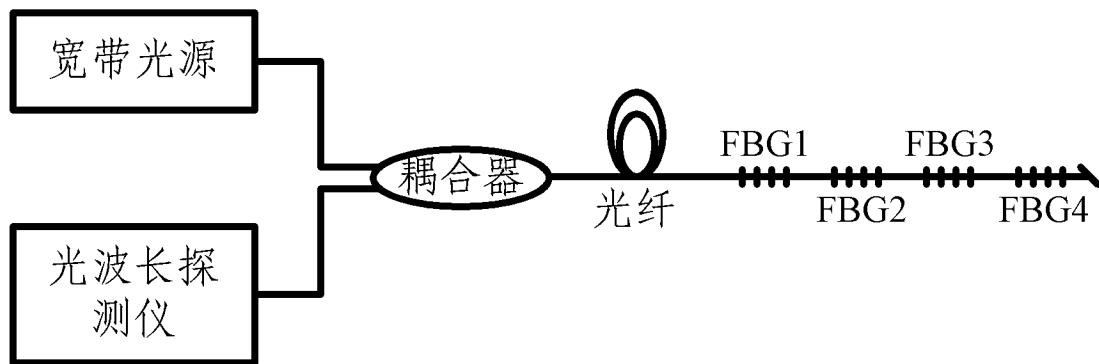


图 1

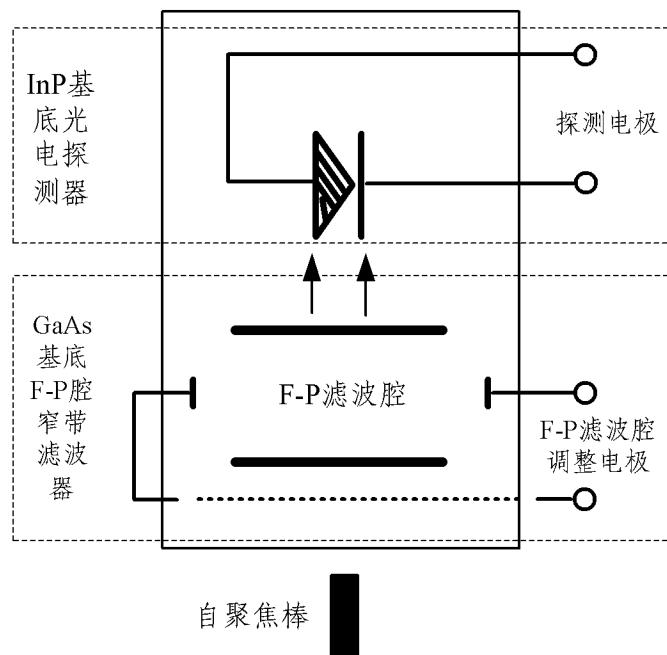


图 2

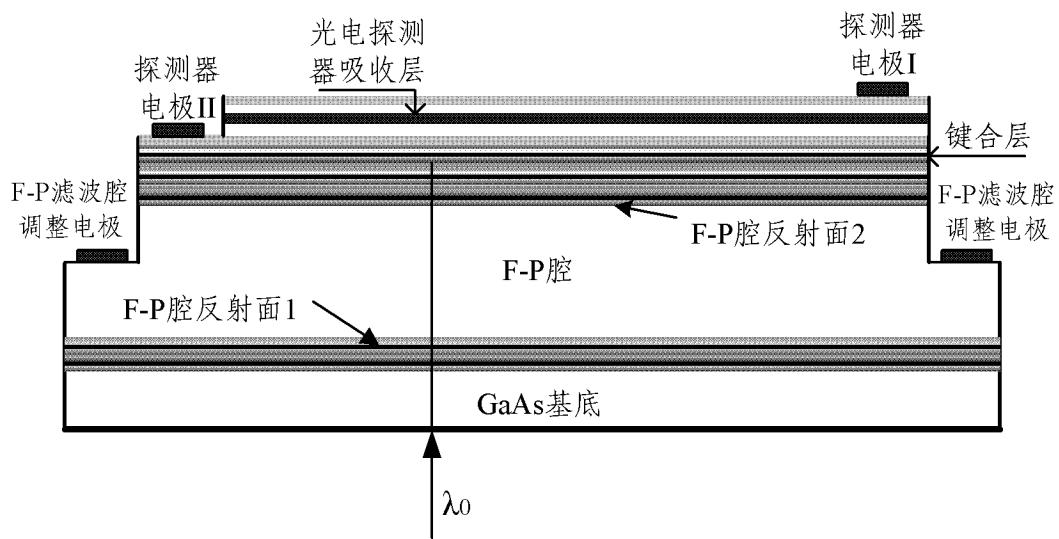


图 3

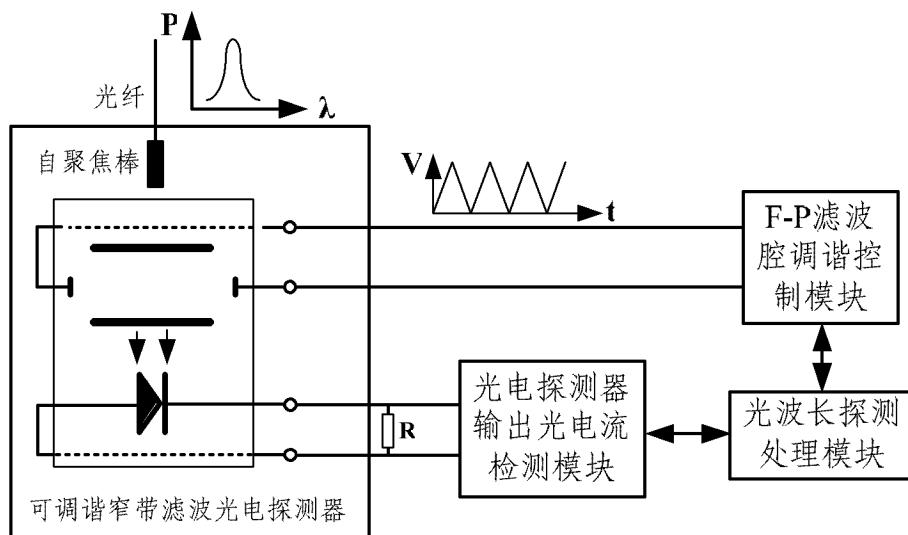


图 4