

The Design of Passive Infrared Induction Automatic Faucet

Wenzhu You, Xuanni Zhang, Yu Liu, Meng Liu, Pengbo Chen, Dejing Kong, Xiao Xiong

College of Physics and Electronics Engineering, Xianyang Normal University, Xianyang Shaanxi
Email: moishel@163.com

Received: Oct. 12th, 2017; accepted: Oct. 24th, 2017; published: Oct. 31st, 2017

Abstract

The article introduces a kind of passive infrared induction faucet, that is infrared radiation generated by the human body as a signal source, chooses the infrared photon detector doping germanium to detect, which can efficient response to the peak wavelength of radiation human body, and response rapidly, free from interference environmental temperature. On the basis of detailed analysis of the human body radiation characteristics and selecting the appropriate infrared detector, the design of passive infrared induction automatic faucet was built, with the corresponding signal processing circuit, using indicator light instead of faucet, validated the correctness of design scheme.

Keywords

Passive, Human Radiation, Infrared Induction, Switch Control

被动式红外感应自动水龙头的设计

尤文珠, 张宣妮, 柳 钰, 刘 萌, 陈鹏博, 孔德靖, 熊 泉

咸阳师范学院物理与电子工程学院, 陕西 咸阳
Email: moishel@163.com

收稿日期: 2017年10月12日; 录用日期: 2017年10月24日; 发布日期: 2017年10月31日

摘 要

本文介绍一种被动红外感应式水龙头, 利用人体产生的红外辐射作为信号源, 选用红外光子型探测器掺杂锗来探测, 可以高效响应人体辐射的峰值波长, 并且响应快, 受环境温度影响小。在详细分析人体辐射特性的基础上, 选择合适的红外探测器和相应的信号处理电路, 设计了被动式红外感应自动水龙头系统, 用指示灯代替水龙头, 并验证了设计方案的正确性。

关键词

被动式, 人体辐射, 红外感应, 开关控制

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 随着资源的不断消耗和工业化进程对环境的影响, “节能环保”这个话题越来越受到人们的重视, 也成为产品设计的出发点。水龙头作为生活用水的把控者, 其性能的好坏不但影响人们的日常生活, 更影响着水资源的节约和有效利用。如今全世界都正面临着淡水资源短缺, 我国尤为严重。因此, 树立节水意识, 并切实将节水落实到生活中去已经刻不容缓。目前市场上已有的红外感应式水龙头基于红外线反射原理, 由红外发射电路、红外接收放大电路、控制电路、电磁阀、电源等组成。当人或事物靠近时, 自动产生控制信号, 继电器动作, 使电磁阀得电吸合从而自动打开水源; 反之则自动关闭水源。与传统供水设施相比, 能够提高水资源的使用效率。使用方便, 且由于不需要用手接触水龙头, 避免了病菌的传播。系统电路设计简单实用, 可以广泛用于商场、学校、办公大楼等人员密集场所[1]。

然而, 现有的红外感应式水龙头采用了反射式红外传感器。红外线的发射和接收一般使用红外发光二极管和红外接收器来完成。发光二极管时刻处于发射状态, 长时间会消耗大量的电能, 并且系统复杂。本文设计一种被动式红外感应水龙头, 它的红外发射源于人体, 水龙头中只要安装个红外接收器即可。减少了红外发射系统, 简化系统, 节约了电能。

2. 被动式感应系统水龙头

被动式红外探测器不需要附加红外光源, 而是利用红外探测器直接探测来自生物体的红外辐射, 它的工作原理是基于: 任何高于绝对零度(-273.15°C)的物体都会辐射红外线, 辐射能量的大小以及能量随波长的分布与该物体的表面温度有关。物体的表面温度越高, 它辐射的能量就越强。人体也是一个红外辐射源, 在正常 37°C 左右时发射率为 $0.98\sim 0.99$, 近似为 1 , 辐射特性近似于黑体, 不断地向周围空间散发红外辐射能量。它与室内其它背景物体不但在红外辐射能量方面有所不同, 而且各自辐射的红外线的峰值波长也不相同[2]。物体发射出的红外线辐射能, 最强波长和温度的关系满足 $\lambda_m \cdot T = 2989$ ($\mu\text{m}\cdot\text{K}$) (其中 λ_m 为最大波长, T 为绝对温度)。人体的正常体温为 $36^{\circ}\text{C}\sim 37.5^{\circ}\text{C}$, 即 $309\sim 310.5$ K, 其辐射的最强的红外线的波长为 $\lambda_m = 2989/(309\sim 310.5) = 9.67\sim 9.64$ μm , 中心波长为 9.65 μm , 如图 1 所示[2]。因此, 人体辐射的最强的红外线的波长正好落在滤光窗的响应波长($7\sim 14$ μm)的中心[3]。所以, 滤光窗能有效地让人体辐射的红外线通过, 而最大限度地阻止阳光、灯光等可见光中的红外线的通过, 以免引起干扰。综上所述, 传感器只对移动或运动的人体和体温近似人体的物体起作用。

利用该辐射可设计成被动式感应系统水龙头。被动式感应系统水龙头的控制过程是: 当人手靠近自动水龙头时, 人体发出的红外直接作用到红外接收光电管。接收光电管接收到的红外光信号自动转换为电信号, 经过后续电路进一步放大、整形、译码, 最后驱动电路控制电磁阀动作打开水源。当人手离开自动水龙头时, 接收光电管接收不到红外光信号, 驱动电路断开电磁阀电源, 从而关闭水源。

被动式红外水龙头主要由光学系统、红外探测器、信号滤波和放大、信号处理和执行开关系统电路

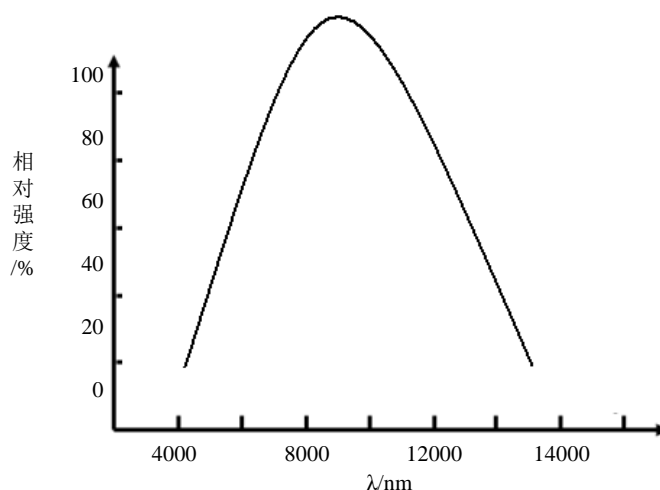


Figure 1. Radiation spectrum of the human body [2]
图 1. 人体的辐射光谱图[2]

等几部分组成。其结构框图如图 2 所示。红外探测器的光敏面上装有微透镜，可以将人体辐射的红外线聚焦到红外探测元上，提高探测灵敏度；信号处理放大电路主要是把探测器输出的微弱电信号进行放大、滤波、延迟、比较，为执行开关系统的动作打下基础。

3. 红外探测器

红外探测器从探测机理上可以分为两大类：光子探测器和热探测器。光子探测器包括碲镉汞探测器、锑化铟探测器、铂化硅探测器、多量子阱探测器、II 类超晶格探测器等；而常见的热探测器有辐射热测定器(Bolometer)、热释电探测器、热电探测器、超导探测器等[4]。光子探测器的工作原理是基于光生电导或光生伏特效应。光电导和光生伏特效应的强弱取决与辐射源的辐射强度和探测器的灵敏度。在整个探测工作过程中，光子探测器的温度基本保持恒定；而热探测器主要是通过吸收红外辐射的能量，使探测器的温度发生变化，引起探测器电阻率或电极性的改变，热探测器电阻率或电极性的改变量同样取决与辐射源的辐射强度和探测器的灵敏度[4]。由于工作机理的不同，这两类探测器显出各自不同的红外响应特性：光子探测器有最佳的响应波长(峰值波长)，黑体响应率与峰值响应率之间差异随着探测器响应波段的不同而有很大的不同；而热探测器的响应率随波长的变化几乎是平坦的。因此，热探测器的黑体响应和峰值响应几乎没有什么差别。也就是说，热探测器对各种波长的红外辐射均有响应，是波长无选择性器件；而光子探测器只对短于截至波长的红外辐射有响应，是波长有选择性器件。另外光子探测器的响应度比热探测器高 1~2 个数量级，响应时间也短得多[5]。

常见的红外光子探测器有两种类型：利用光电导效应的光导型探测器；利用光生伏特效应的光伏型探测器。早期的红外探测器都是光导型探测器。由于光导器件响应慢，功耗高，近年来，虽然还有部分光导器件在使用，但已逐渐被性能更优良的光伏型探测器所取代。与光伏器件相关的是用掺杂硅制作的杂质带传导(BI)C 器件和用硅化物制作的肖特基势垒器件。除了这些，还有一些用 HgCdeT、Insb 制作的 MIS 结构探测器，但它们的应用范围极其有限。根据不同波长，光谱的红外区域被分为短波红外(SWIR)、中波红外(MWIR)、长波红外(LWIR)。每个部分对应的探测器类型与对应的波长列于表 1。

人体也是一个红外辐射属于 LWIR 波段，峰值波长为 9.65 μm，因此选择灵敏度峰值波长为 9.65 μm 左右的光子红外探测器，且能够在 0℃~40℃的环境中稳定工作。人体的正常体温为 36℃~37.5℃，当环境温度与其相当时，可以采用点探测器的阈值加以控制，而且一般水龙头所处的环境温度都较低。



Figure 2. Block diagram of the system
图 2. 系统组成方框图

Table 1. Infrared spectral partition and corresponding detector type
表 1. 红外光谱分区与相应探测器类型

红外光谱分类	波长(μm)	探测器类型
SWIR	1~3	HgCdTe, 硅化物, PbS
MWIR	3~5	HgCdTe, Insb, 硅化物, PbSe, 超晶格
LWIR	8~14	HgCdTe, 超晶格, 掺杂锗, PbSnTe

4. 人体红外辐射与探测性能分析

人体是一天然的红外辐射源，其温度通常异于周边环境，因此人体的红外辐射不易受复杂背景、携带包裹、光照变化等的影响。正常人体的辐射本领与绝对温度 310°K 的黑体相似。不论肤色，比辐射率约为 0.99 [6]，说明人体具有很高的辐射本领，可以作为目标辐射源。经过一系列的分类检测，得出人体的红外辐射特征值如表 2 所示。

选择红外探测器从以下几个方面考虑：

- 1) 性能指标方面，光斑尺寸、工作波长、测量精度、响应时间；
- 2) 环境和工作条件方面，如环境温度、窗口、显示和输出、保护附件等；
- 3) 其他选择方面，如使用方便、维修和校准性能以及价格等，也对红外探测器的选择产生一定的影响。

根据人体的红外辐射特征值，对红外探测器的性能参数加以分析，一般光电水龙头的感应距离在 5~15 cm，结合 8~14 μm 波段和辐出度 184.49 W·m⁻²，选择掺杂锗(Ge: X)光子红外探测器 J16-5SP，掺杂锗(Ge: X)探测器可在 0℃~40℃的环境中稳定工作，且峰值波长为 9.65 μm [7]。

5. 红外线接收电路模块的设计

红外线接收模块是由红外接收器 J16-5SP、LM567、放大电路、固态继电器、电磁阀等构成的控制电路。红外接收器 PH302 接收到的信号经过 VT1、VT2 放大，之后通过电容 C5 加至 IC2(LM567)的③脚端输入。由 IC2(LM567)来控制电磁阀的断开进而控制水龙头是否流水。其模块电路如图 3 所示。

6. 被动式红外线感应水龙头系统测试

为了在实验室验证设计系统的性能，选择电压为 12 V 的电压供电，小功率的继电器控制开关和 LED 指示灯，LED 指示灯代替水龙头。在平常的状态下因红外线接收器没有被任何物体照射，从而使得 IC2 的③脚端以高电平输出，VT3 就会处在截止状态下，继电器就会处在释放状态下，电磁阀没有电流通过，进而使得电磁阀关闭。当人手靠近红外接收器 20 cm 以内时，红外接收器接收到人体的红外辐射信号，转变为光电流，信号光电流在 VT1 上放大进而经过电容的滤波耦合。接下来晶体管 VT2 继续对其信号的放大，然后把这个输出的信号再经过 C5 加至音频译码(LM567)的③脚端输入。经过晶体管 VT1、VT2 的放大，放大后的信号经过 IC2 的选频，那么端⑧口就会输出低电平。端⑧口输出的低电平经过电阻 R10 加到 VT3 的基极上让其导通，那么继电器 K 通电后就会吸合接通，电磁阀通电而打开，功能得到实现。验证中 LED 指示灯亮代表水龙头打开，LED 指示灯灭代表水龙头关闭。红外感应水龙头测试图见图 4。

Table 2. Infrared radiation characteristic value of human body [6]
表 2. 人体的红外辐射特征值[6]

人体总辐射度	490.66 W·m ⁻²
光谱辐出度峰值	33.96 W·m ⁻² ·μm ⁻¹
平均辐射强度	93.76 W·Sr ⁻¹ .
峰值波长	9.65
3~5 μm 波段辐出度	6.87 W·m ⁻² , 占总能量的 1.4%
8~14 μm 波段辐出度	184.49 W·m ⁻² , 占总能量的 37.6%

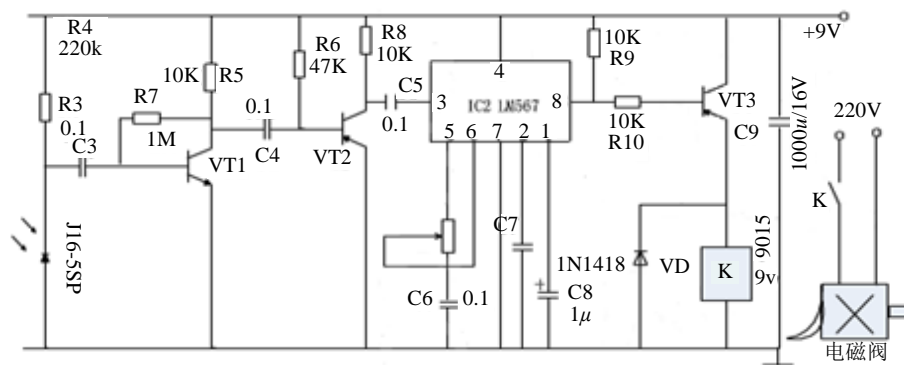


Figure 3. Infrared control circuit
图 3. 红外线接收控制电路

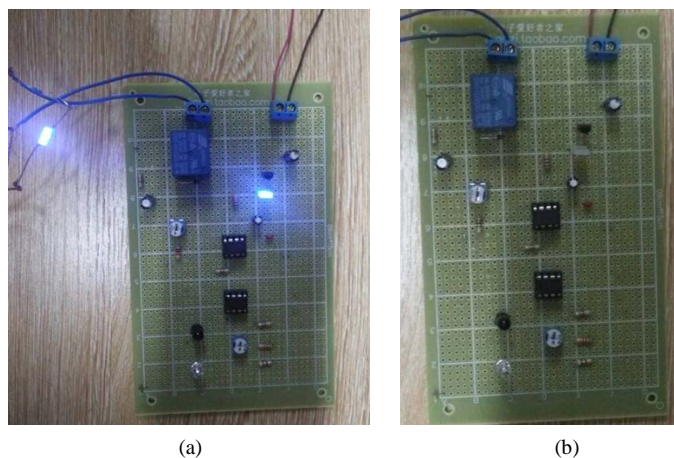


Figure 4. Test of infrared induction faucet system. (a) Open mode when hand close; (b) Shuts off when hand is away

图 4. 红外感应水龙头测试图。(a) 人手接近时打开状态；(b) 人远离时关闭状态

7. 结论

本文利用人体自然产生的红外辐射，被红外传感器响应接受，并经过信号处理电路的放大、滤波、延迟、比较，继电器 K 通电后就会吸合接通，电磁阀通电而打开，实现水龙头开关的作用。它的红外发射源于人体，水龙头中只要安装个红外接收器即可。减少了红外发射系统，简化系统，节约了电能。由于不需要用手接触水龙头，避免了病菌的传播。系统电路设计简单实用，可以广泛用于商场、学校、

办公大楼等人员密集场所。

基金项目

国家自然科学基金青年项目(61307002), 咸阳师范学院科研基金重点项目(12XSYK017), 咸阳师范学院教学改革研究项目(200902008), 咸阳师范学院省级大学生创新创业训练计划项目(2456)。

参考文献 (References)

- [1] 杨黎, 余胜. 红外避障系统的设计[J]. 湖南人文科技学院学报, 2013(4): 108-112.
- [2] 崔陆军, 尚会超, 李上. 基于红外感应原理的垃圾桶系统设计[J]. 机械与电子, 2013(1): 45-47.
- [3] 曾戈虹. 红外光子探测器与热探测器性能分析[J]. 红外技术, 2013, 33(9): 497-500.
- [4] 于一. 红外焦平面阵列探测器测试系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2008.
- [5] 杨建荣. 碲镉汞材料物理与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [6] 史衍丽. 锑基 II 类超晶格红外探测器——第三代红外探测器的最佳选择[J]. 红外技术, 2011, 33(11): 621-624.
- [7] Li, L.L., Xu, W., Zeng, Z., *et al.* (2009) Terahertz Band-Gap in In As/Ga Sb Type II Superlattices. *Microelectronics Journal*, **40**, 812-814.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7567, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: app@hanspub.org