

多功能光功率计研制

张晓峻, 康 崇, 孙晶华

(哈尔滨工程大学 理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 设计了具有多量程切换挡位、多波长选择挡位、操作简便的多功能光功率计. 具体介绍了光功率计中 PIN 光电探测器的特性、前置放大电路设计方法和减小噪声的措施.

关键词: 光功率; 光电探测器; 前置放大电路; 噪声

中图分类号: TH741 文献标识码: A 文章编号: 1005-4642(2015)05-0034-03

1 引 言

光学实验是物理实验的重要组成部分, 在国内外同类实验教学中, 其实验项目占全部物理实验的 25% 以上. 光学实验内容丰富, 涉及面很广, 其内容涵盖了干涉、衍射、偏振及近代物理领域的激光技术、干涉计量等方面. 光学实验技术, 特别是激光技术在当代科学技术领域中起到十分重要的作用.

光功率计是光学实验中的重要实验仪器之一. 通过学校实验技术研究立项, 研制了光学多功能光功率计. 该仪器集演示性、验证性、设计性、综合性、研究性实验于一身, 结构紧凑, 精巧轻便. 实验内容新奇, 实验现象奇幻, 化抽象为具体, 化枯燥为生动, 把要研究的物理现象清楚地展示在学生面前, 充分调动学生的积极性. 有助于学生由现象到本质, 由表及里地全面认识问题, 学会从实际出发实事求是地分析问题. 使学生充分地认识和较好地掌握光学技术的原理和应用, 实现理论与实践互动. 该仪器特别加入了调制扩展口, 学生可根据自己的想法查找相关文献资料, 制作各种调制电路, 培养学生动手能力和创新能力.

2 系统设计

光功率计实验仪如图 1 所示. 根据光学多功能实验的需求, 研制的光功率计具有 3 种量程 200 μW , 2 mW, 20 mW, 3 种波段 523 nm,

650 nm, 自然光. 200 μW 的测量分辨率达 0.1 μW ^[1].



图 1 光功率计实验仪实物图

光功率计系统结构见图 2, 系统包括光电探测器、前置放大电路、量程切换校准电路、波长切换校准电路、调零电路、数字显示电路^[2].

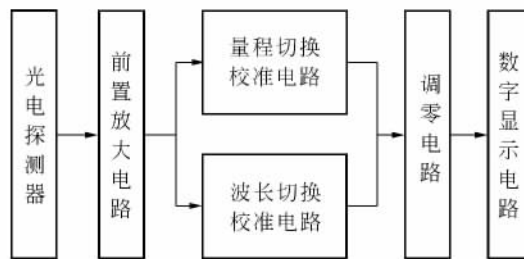


图 2 系统结构框图

2.1 光电探测器

光电探测器把光信号转换成电信号, 便于仪

“第 8 届全国高等学校物理教学研讨会”论文

收稿日期: 2014-06-03; 修改日期: 2014-10-23

资助项目: 哈尔滨工程大学实验教学改革与实验技术研究立项(No. SYJG20131106); 国家自然科学基金(No. 61174192)

作者简介: 张晓峻(1981—), 男, 江苏泰州人, 哈尔滨工程大学理学院讲师, 博士研究生, 从事光电信号检测方面的研究工作.

器仪表对信号的测量分析^[3]. PIN 光电二极管具有体积小,灵敏度高,低温漂,低反向偏压等优点,被广泛应用.

PIN 光电二极管由 P 型和 N 型半导体材料组成,结构如图 3 所示. 在 N 型半导体中,电子是主要的载流子,而在 P 型半导体中,空穴是主要的载流子,在耗尽层中由于电荷的移动,造成两侧电荷的堆积,形成了由 N 区指向 P 区的自建电场,拦截空穴,使其不能继续扩散. 当光入射到耗尽层时,耗尽层中的电子吸收光子能量,并且跃迁到导带中,形成具有导电功能的光生载流子;它们在自建电场的作用下运动,空穴沿着自建电场方向向 P 区定向运动,而电子沿逆电场的方向向 N 区定向运动,光生载流子形成的电场因削弱了自建电场而产生了光电流. 入射光的光照越强,产生的光电流越大,这个过程把光信号转变成电信号^[4].

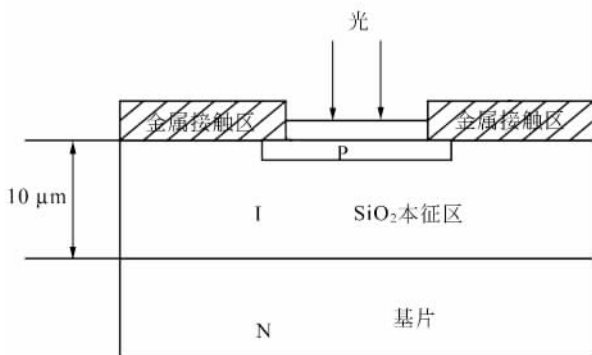


图 3 PIN 光电二极管结构图

系统采用型号为 HPI1KL5 的 PIN 光电二极管. 波长响应特性曲线如图 4 所示,波长响应范围为 450~1 050 nm,峰值波长 920 nm. 指向性图如图 5 所示,方向视角-100°~+100°.

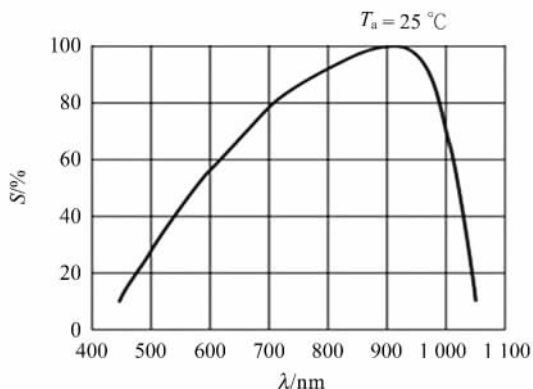


图 4 波长响应特性曲线

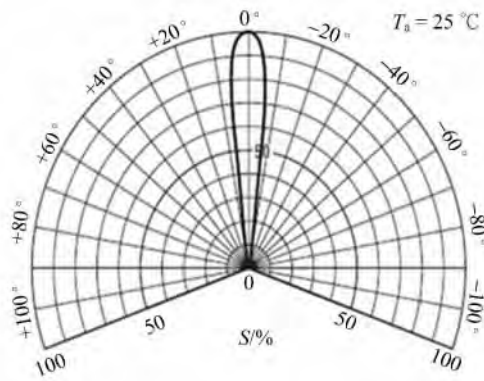


图 5 指向性图

2.2 前置放大电路设计

由于 PIN 光电二极管输出的是微弱的电流信号,所以需要低噪声前置放大器对信号进行放大处理,实现后续处理电路与光电探测器之间的阻抗匹配. 要求前置放大器噪声低,输入阻抗高,响应速度快,抗干扰能力强. PCB 布线时,前置放大器靠近探测器件安装,采用铜屏蔽壳体实现良好的接地与屏蔽,消除环境噪声对测量的干扰.

本系统选用斩波稳零运算放大器 ICL7650 作为微弱信号的前置放大器^[5]. 该芯片除了具有普通运算放大器的特点和应用范围外,还具有高增益、高共模抑制比、失调小和漂移低等特点. 其特征参量为:开环增益 120 dB,输入失调电压 0.7 μV,失调电压温漂 0.01 μV,输入失调电流 0.5 pA,输入偏置电流 1.5 pA. 用 ICL7650 运算放大器设计的电流电压变换放大基本电路如图 6 所示. 该电路噪声主要包括运放引入的噪声和反馈电阻的热噪声. ICL7650 运放自身的噪声很低,可以忽略. 电阻的热噪 $U_T = \sqrt{4KTR_1\Delta f}$,式中, K 为玻尔兹曼常量 1.38×10^{-23} J/K, Δf 为噪

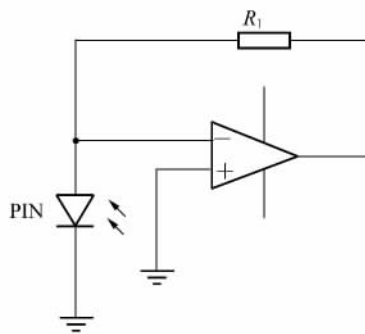


图 6 光电探测器基本放大电路

声频带. 因此可以得知,放大电路带宽对噪声具有很强的抑制作用,带宽越大,产生的噪声也就越大. 在反馈电阻两端并联电容 C_1 可适当减小电阻的热噪声,如图 7 所示. 这时,RC 并联电路对噪声的影响,相当于使电阻热噪声的频谱分布白噪声变窄为等效噪声带宽, $\Delta f_e = 1/(4R_1C_1)$, 因此 RC 电路的热噪声变为 $U_T = \sqrt{4KTR_1\Delta f_e}$.

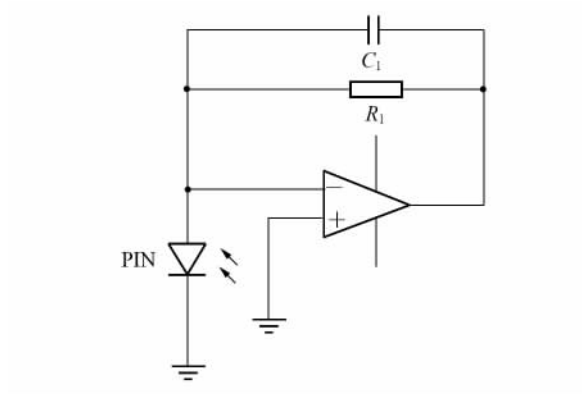


图 7 优化的检测放大电路

此外,光电探测器带来的噪声有背景噪声、暗电流噪声和散弹噪声等,在设计电路时应减弱噪声的影响,提高信噪比^[6].

3 光功率计校准与应用

接通电源预热 10 min 以上,使电子器件达到热平衡状态,消除温漂的影响^[6]. 然后将 PIN 探测器罩住,使照射在 PIN 探头上的光功率为零,调节调零电位器旋钮使数字式电压表读数为零. 用标准激光器照射 PIN 探头,调节使数字电压表读数为标准激光器的输出功率. 通过改变阻值,设置光功率计量程,满足不同的需求. 校准后的光功率计与 Additional 公司的光功率计进行测试比较,选用 2 mW 和 20 mW 量程,数据如表 1,每个量程测量信号较弱时误差较大,但满足实际应用需求. 自研的光功率计在半导体泵浦激光实验中进行了应用^[7]. 实验以 808 nm 半导体泵浦 $\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$ 激光器为研究对象,产生 1 064 nm 激光,在腔中插入 KTP 倍频晶体产生 532 nm 倍频光. 泵浦光源电流与倍频后的输出光功率测试结果见表 2 和图 8,曲线满足半导体泵浦激光的特性.

表 1 光功率的测量数据

光	P/mW		$E_r/\%$
	Additional 光功率计	自研光功率计	
红光	1.139	1.138	0.10
	0.079	0.078	1.30
	2.110	2.080	1.40
绿光	1.106	1.101	0.45
	0.213	0.210	1.40
	2.250	2.230	0.89

表 2 半导体泵浦激光实验数据

I/A	$P/\mu\text{W}$	I/A	$P/\mu\text{W}$
0.101	1.3	0.183	47.6
0.112	6.9	0.199	58.5
0.125	12.5	0.227	79.6
0.144	22.9	0.255	96.5
0.163	33.4	0.279	114.0
0.172	39.7		

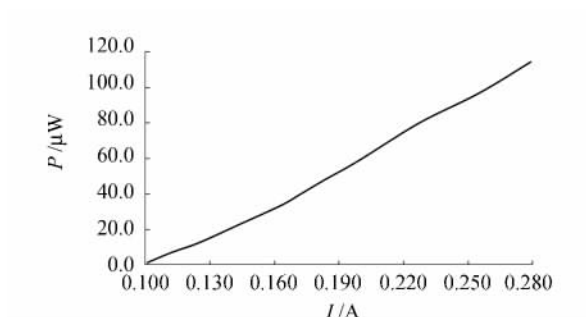


图 8 泵浦光源电流-激光输出光功率曲线

4 结束语

自研的光功率计具有测量精度高、成本低、操作简便、读数直观等特点. 解决了以往实验室使用的光功率计温漂大、稳定性差、指针不固定、读数困难等问题,解决了高精度数字光功率计价格昂贵的问题.

参考文献:

- [1] 关海艳,冯毅,何春风,等. 光敏电阻综合演示仪的设计[J]. 物理实验,2014,34(2):25-27.
- [2] 周曼. 绝对辐射功率计[J]. 物理实验,1996,16(6):260-261.
- [3] 安毓英,曾晓东. 光电探测原理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.

(下转第 42 页)

Clarity of real holographic images in different scattering medium

LI Ya-nan, YANG Ying, YAN Xia, ZHOU Fu-fang, FENG Jie, YANG Wei-ping
(College of Physics and Electronic Information, Yunnan Normal University, Yunnan 650500, China)

Abstract: Based on basic principles of holography, the conditions of real holographic images were analyzed. When the reconstruction beam and the reference beam were normally incident plane waves, the real image could be obtained as a symmetric mirror of the virtual image. The favorable light path was designed, real images in different scattering medium was taken successfully, and the influence factors and principle of the clarity of real holographic images in different scattering medium were explored.

Key words: holography; real image; clarity; scattering medium; reconstruction

[责任编辑:郭 伟]

(上接第 36 页)

- [4] B-BADD lication Bulletin. Photodiode Monitoring with OpAmdS [Z]. 1995.
- [5] 陈张玮,李玉和,李庆祥,等. 光电探测器前级放大电路设计与研究[J]. 电测与仪表,2005,42(6):32-34.
- [6] 杨应平,陈梦苇,贾信庭. 四象限光电探测器实验装置的研究与应用[J]. 物理实验,2014,34(5):29-32.
- [7] 郭培源,付扬. 光电检测技术与应用[M]. 北京:航空航天大学出版社,2006:89-120.

Multifunctional optical power meter

ZHANG Xiao-jun, KANG Chong, SUN Jing-hua
(College of Science, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: A multifunctional optical power meter with the characteristics of multi-range, multi-wavelength and simple operation was designed. The property of PIN-photoelectric detector, design method of pre-amplifier circuit, and measures to reduce noise were introduced as well.

Key words: optical power; photoelectric detector; pre-amplifier circuit; noise

[责任编辑:郭 伟]