

·测试、试验与仿真·

## 新型PIN光电管工作特性研究

刘景鹏, 谢殿广

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308)

**摘要:**介绍了一种新型PIN光电管,针对此种PIN光电管在不同工作条件下工作性能不同的特点,通过软件模拟仿真分析,在不同工作环境下,光电管工作性能变化趋势。搭建了试验模块,测试了光电管在不同光照条件,光电管的工作电压、工作电流以及性能的变化情况,分析了性能变化原因,提出了光电管的最佳使用方法,在光电管应用中具有一定的借鉴意义。

**关键词:** PIN光电管;反向电压;灵敏度

中图分类号: TN364

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2018)-02-0041-03

## Research on Operation Characteristic of New PIN Phototube

LIU Jing-peng, XIE Dian-guang

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

**Abstract:** A new positive intrinsic-negative (PIN) phototube is introduced. For the different operation characteristics of the PIN phototube at different conditions, through software simulation and analysis, the variance of the phototube operation characteristics is proposed. Experimental modules are presented to test the variance of the operation voltage, current and the characteristics of the phototube under different illumination conditions. The cause of the characteristic variance is analyzed, and the best operation method of the phototube is proposed, which has certain references in application.

**Key words:** positive intrinsic-negative (PIN) phototube; reverse voltage; sensitivity

光电管是基于光电效应的光电转换器件,可将光信号转换成电信号,利用半导体的光敏特性制造的光接收器件。PIN光电管是一种结电容小、快速响应窄脉冲激光的光电器件,工作在反向偏压时,对光的探测能力较强,当光照强度增加时,反向电流变大,此种应用原理可应用于激光探测,例如激光测距或被动激光探测等领域中。文中介绍了一种新型PIN光电管,通过软件仿真分析及硬件电路测试,完成了新型PIN光电管的最佳工作特性应用方法研究。由于阳光包含可见光~近红外波光谱,外界阳光对PIN光电管性能有较大的影响,需要避免阳光对光电管影响,使光电管达到最佳性能。目前抗阳光干扰措施主要采用滤光片方式<sup>[1-2]</sup>,此种方式虽然能够剔除一部份阳光,但经滤光片透过的阳

光对光电管还会产生较大的影响。通过分析不同光照条件下,光电管工作条件变化,总结了光电管最佳使用方法。

### 1 PIN光电管及其工作条件概述

文中介绍的PIN光电管采用贴片式封闭形式,异于多数直插式光电管,其具有体积小、质量轻、排布灵活等特点。PIN光电管由InGaAs材料构成,工作波段覆盖可见光~近红外,光谱响应曲线图如图1所示。在1.06  $\mu\text{m}$  响应度为0.7 A/W,在1.54  $\mu\text{m}$  响应度为1.2 A/W,相比于其他光电管具有响应波段宽,激光探测灵敏度高等特点。

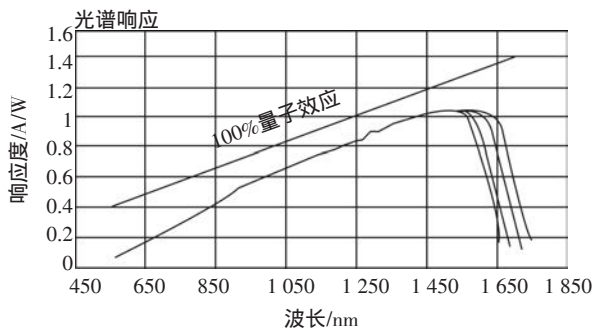


图1 PIN光电管光谱响应曲线图

为了使光电管达到较高光探测灵敏度,需要将光电管工作于反向工作状态,即在光电管两端增加负偏压,如图2所示光电管工作电路图,在负偏压工作状态下,没有光照时,反射电流极其微弱,一般为几纳安,在有光照时,反向电流迅速增大到几微安甚至几百微安,称为光电流,光强度越大,反向电流越大。

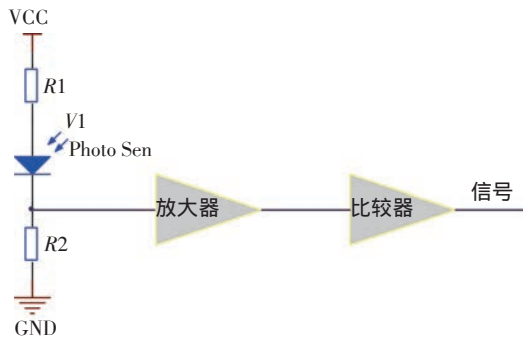


图2 光电管工作电路图

在光电管使用过程中,为了避免反向电流过大引起光电管损坏,通常在光电管电源输入增加限流电阻 $R1$ ,限制光电管电流,避免损坏。通过在光电管电流输出端增加负载电阻 $R2$ ,提取光电信号。

PIN光电管最大反向工作电压为5 V,反向电流不超过1 mA,在光电管设计使用时,需要对限流电阻和负载电阻的阻值进行分析设计,使光电管在不同外部光照条件下,依然能够保持较高的光探测灵敏度。

## 2 仿真分析

PIN光电管是一种将光信号转换电信号的光电器件,在光照条件下,光电管阳极输出电流,相当于

一个随光照变化的电流源,通过电路仿真软件,模拟电流源在不同输出电流情况下,电路中各器件工作电压和工作电流的变化,分析光电管工作性能变化及原因。文中采用NI公司的Multisim软件进行电路仿真分析,此软件可进行模拟电路仿真分析设计,按照图1电路原理图搭建了电路仿真原理图,如图3所示。

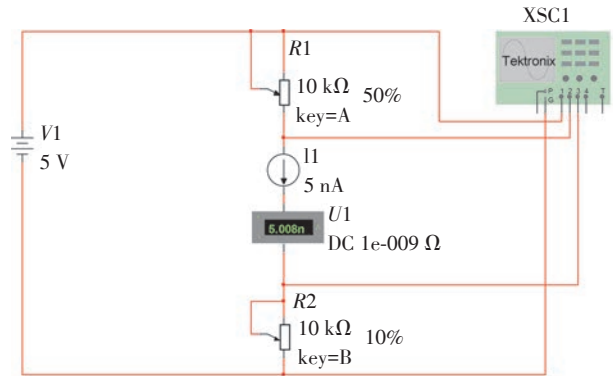


图3 电路仿真原理图

整个电路工作电压为5 V。电路仿真原理图中的电流源 $I1$ 相当于图1电路原理图中的 $V1$ 光电管,在仿真分析中,通过调节 $I1$ 输出电流大小,模拟不同光照条件下光电管输出电流变化特性。限流电阻 $R1$ 和采样电阻 $R2$ 采用可变电阻器模拟不同阻值对光电管特性的影响。

在无光照条件下,光电管暗电流一般为几纳安,设置电流源 $I1$ 输出电流为5 nA,电阻 $R1$ 为10 k $\Omega$ ,电阻 $R2$ 为1 k $\Omega$ ,通过示波器测量 $I1$ 两端电压为5 V,即光电管工作电压为5 V,如图4所示。

图4  $I1$ 为5 nA示波器波形图

在有光照条件下,光电管输出电流一般为几百纳安至几十微安,设置电流源 $I1$ 输出电流为500 nA,电阻 $R1$ 为10 k $\Omega$ ,电阻 $R2$ 为1 k $\Omega$ ,通过示波器测量

I1 两端电压为 4.99 V, 即光电管工作电压为 4.99 V, 如图 5 所示。



图5 I1 为 500 nA 示波器波形图

通过上述分析, 在光电管输出电流为 500 nA 时, 光电管两端工作电压下降 0.01 V, 通过设置光电管输出电流由纳安到微安, 光电管工作电压变化情况如表 1 所示。

表1 光电管工作电压变化表

序号	光电管输出 电流/ $\mu\text{A}$	$R_1$ 阻值 / $\text{k}\Omega$	$R_2$ 阻值 / $\text{k}\Omega$	光电管 工作电压/V
1	0.005	10	1	5
2	0.5	10	1	4.99
3	1	10	1	4.98
4	10	10	1	4.9
5	100	10	1	4
6	200	10	1	3
7	500	10	1	0.005

在光电管输出电流为 100  $\mu\text{A}$  情况下, 光电管工作电压为 4 V, 小于正常工作电压 5 V, 光电管性能下降, 当光电管输出电流达到 200  $\mu\text{A}$  时, 光电管工作电压为 3 V, 当电管输出电流达到 500  $\mu\text{A}$  时, 光电管工作电压为 0.005 V, 近乎为 0, 远小于正常工作电压 5 V, 光电管性能急剧下降。分析原因为当光电管电流输出较大时, 限流电阻  $R_1$  分压较多, 最大分压达到几伏, 减小了光电管工作电压, 通过调整限流电阻  $R_1$  阻值, 降低其对光电管电压的影响。表 2 为  $R_1$  为不同阻值时, 光电管工作电压变情况。

通过表 2 数据显示, 限流电阻  $R_1$  阻值越小, 光电管工作电压越大, 当电阻  $R_1$  阻值为 1  $\text{k}\Omega$ , 光电管输出电流为 500  $\mu\text{A}$  时, 光电管工作电压为 4.5 V, 接近光电管正常工作电压。一般 PIN 光电管最大输出电流为几毫安, 通过设置  $R_1$  阻值, 在保证光电管输出电流在安全值情况下,  $R_1$  阻值最小以保证光电管

工作电压最大化, 达到最佳工作性能。

表2 不同限流电阻条件下光电管工作电压表

序号	光电管输出 电流/ $\mu\text{A}$	$R_1$ 阻值 / $\text{k}\Omega$	$R_2$ 阻值 / $\text{k}\Omega$	光电管 工作电压/V
1	100	1	1	4.9
2	500	1	1	4.5
3	100	3	1	4.7
4	500	3	1	3.5
5	100	5	1	4.5
6	500	5	1	2.5
7	100	7	1	4.3
8	500	7	1	1.5
9	100	9	1	4.1
10	500	9	1	0.5

### 3 阳光试验

基于上述理论分析, 搭建 PIN 光电管性能测试试验环境, PIN 光电管最大工作电流为 1 mA, 基于图 2 电路原理图搭建试验电路, 试验过程中, 限流电阻  $R_1$  阻值分别设置为 10  $\text{k}\Omega$ 、5.1  $\text{k}\Omega$ 、3  $\text{k}\Omega$  和 2  $\text{k}\Omega$ , 在正午阳光直射情况下, 光照度为 110 klux, 测量光电管工作电压变化情况如表 3 所示。

表3 阳光直射光电管工作电压表

序号	光电管输出 电流/ $\mu\text{A}$	$R_1$ 阻值 / $\text{k}\Omega$	$R_2$ 阻值 / $\text{k}\Omega$	光电管 工作电压/V
1	490	10	1	0.1
2	440	5.1	1	2.5
3	450	3	1	3.3
4	450	2	1	3.7

试验数据显示, 随着限流电阻  $R_1$  阻值变大, 光电管电压变小, 与理论分析相同, 由于光电管最大输出电流为 1 mA, 限流电阻  $R_1$  阻值应不小于 5  $\text{k}\Omega$ , 以免烧坏光电管, 但理论分析与试验显示, 在  $R_1$  阻值为 5  $\text{k}\Omega$  时, 光电管工作电压为 2.5 V, 仍小于正常工作电压, 光电管性能受到影响, 通过在光电管外部增加滤光片, 滤除一部份阳光能量, 降低光电管输出电流, 提高光电管工作电压。表 4 为增加滤光片条件下光电管工作电压变化情况。通过增加滤光片降低了入射光能量, 光电管输出电流减小, 光电管工作电压变大, 接近正常工作电压, 满足使用需求。

(下转第 47 页)

出版社, 2005. 6.

- [7] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [8] 叶宗民. 基于探测器阵列的激光远场特性测量误差分析[J]. 光电技术应用, 2017, 32(1): 81-85.

- [9] 苗锡奎, 赵威, 张恒伟, 等. 时间控制脉冲间隔激光编码方法研究[J]. 红外与激光工程, 2016, 45(10): 1006002-1-1006002-8.
- [10] 姚志军, 韩秋蕾. 激光制导动靶照射精度测量系统[J]. 液晶与显示, 2014, 29(6): 1124-1130.

(上接第43页)

表4 有滤光片情况下光电管工作电压表

序号	光电管输出 电流/ $\mu\text{A}$	R1阻值 / $\text{k}\Omega$	R2阻值 / $\text{k}\Omega$	光电管 工作电压/V
1	150	10	1	3.5
2	140	5.1	1	4.25
3	150	3	1	4.55
4	140	2	1	4.7

## 4 应用总结

通过上述理论分析与试验, 光电管在使用过程中, 需要注意光电管工作电压受外界入射光变化的影响, 根据光电管工作电压和工作电流, 合理计算光电管限流电阻阻值, 在保证光电管正常工作情况下, 最小化限流电阻阻值。如果光电管工作在外界阳光较强烈的工作条件下, 需要在光电管外部增加滤光片, 滤除部份阳光能量, 进一步降低外界阳光的影响。基于电路设计思想及光学滤波方法, 使光电管工作在正常工作电压条件下, 达到最优工作性能。

## 5 结论

介绍了一种新型PIN光电管, 首先通过理论分析, PIN光电管在不同限流电阻工作条件下, 光电管工作电压的变化情况, 基于理论分析数据, 搭建了试验模块, 在阳光直射情况下, 调节电路中电阻阻值变化, 得出PIN光电管最佳工作电路参数, 通过增

加滤光片, 进一步减小了阳光影响, 总结出PIN光电管最佳使用方法。

## 参考文献

- [1] 张永娟, 刘洋, 刘从宝. 光电管防干扰问题的分析与对策[J]. 机电工程技术, 2011, 40(4): 101-102.
- [2] 陈洪叶, 曹学成. 自然光照射下光电管U-I特性探究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2013, 44(2): 243-246.
- [3] Duncan Stuart, Copley Jeremy, Harvey Graeme, et al. Advances in laser gated imaging in an airborne environment [C]//SPIE, 2006, 6206: 620607.
- [4] McManamon P F. Laser radar development[J]. SPIE, 1998, 33(80): 50-57.
- [5] Richard Richmond, Roger Stettner, Howard Bailey. Laser radar focal plane array for three dimensional imaging [J]. SPIE, 1996, 27(48): 61-67.
- [6] 王庆有. 光电技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [7] 郭培源. 光电检测技术与应用[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2006.
- [8] YAN Hui-min, LU Zu-kang, CHEN Qi-lin. A photo2 electronic correlator array based on micro channel plate image intensifier[J]. Acta Photonica Sinica, 1999, 28(3): 227-229.
- [9] 曹学成, 姜永超. 大学物理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [10] 黄秀娟. 光电管与光电倍增器特性的实验分析[J]. 吉林省教育学院学报, 2014, 10(34): 144-146.
- [11] 曾庆勇. 微弱信号检测[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1996.