



光源研究

近红外光源的稳定性控制

周小丽 刘木清 复旦大学电光源研究所

摘要 近红外光谱仪器的测量中,光源的稳定性对测试结果的影响非常大,该文介绍了近红外光谱仪器中的光源稳定的一种方法以及实现原理,并给出了实验结果,实验证明该方法能够达到较高的精度。

关键字 近红外 光源稳定性控制 卤钨灯

1 概述

在光电测试领域中,通常都要求光源发出的光强(或光能量)稳定。近红外光谱仪器测量中,测量误差是 nm 级的,光源的一点点变化都可能影响测试的精度。所以光源输出能量是否稳定对于测试精度来说是非常关键的,有必要对该问题进行细致的研究。为保证连续测量的需要,在所需时间内光源的辐射功率应当稳定,否则测试结果会前后不一致,导致测试结果不够准确。

该系统中的光源我们选用价格比较便宜的卤钨灯白光光源,卤钨灯具有体积小量轻、可制成点或线光源、亮度高且易于集光、高光效、长寿命以及(3000~3400) K 色温的优点。它是测试系统主要使用的光源,波长范围比较宽(360nm~2 μ m),是光谱仪器中最常使用的光源之一。卤钨灯的光谱如图 1 所示。

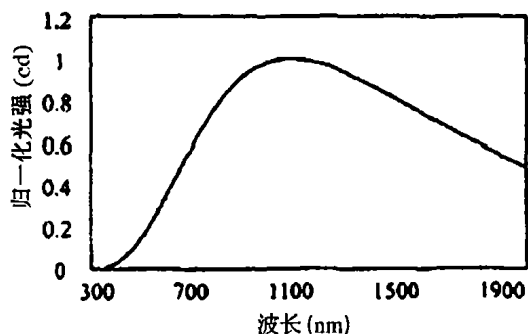


图 1 卤钨灯的光谱

2 光源的稳定性实现

影响光强稳定的因素有光源电压或电流的波动、电路元件的老化、外界杂光、环境温度以及光源自身老化等。对于光源光功率的控制,目前国内普遍采用“恒流源+温控”方案,通过精密恒流源提供电流,同时用制冷器进行温控,从而稳定光源输出光功

率,该方案控制精度低、响应速度慢、灵活性差、长期稳定性差。

我们采用直接控制光功率的方法使光源稳定,采用光功率负反馈控制系统。控制的思想是把一切因素引起的光功率不稳定转化为通过改变光源的端电压使光功率保持稳定。为光源提供一恒流电源而控制其两端电压。控制的关键是使光源的端电压随着光强的增大而减小,随着光强的减小而增大。控制电路的框图如图 2 所示,通过光电转换,放大,再通过反馈系统反馈信息到电源,电源通过调节输出电压可以使光强保持稳定。

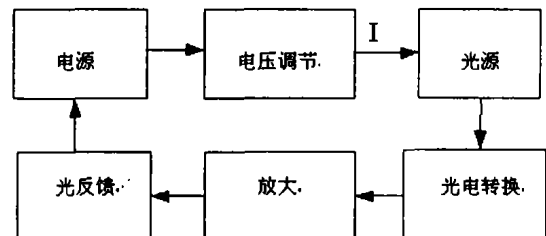


图 2 光源稳定性控制电路框图

电路原理图如图 3 所示。电源芯片采用集成开关调整电源芯片(ISR - Integrated Switching Regulator)。该电源芯片是恒压源,但是通过芯片调整端加外电路可以输出恒定的电流,做恒流源用。光电检测电路采用光电二极管,光反馈电路采用运放加电阻网络组成,在本实验采用带光电二极管的运算放大器芯片,再加上外部电阻实现光电检测和光反馈。该芯片可以将光源的光强信号变为电流信号,通过外部电阻 R1 转换为电压信号输出。光电二极管的输出电流 I 和光强能保持很好的线性,输出电流达到 100 μ A 时非线性也能控制在 0.01% 以下。

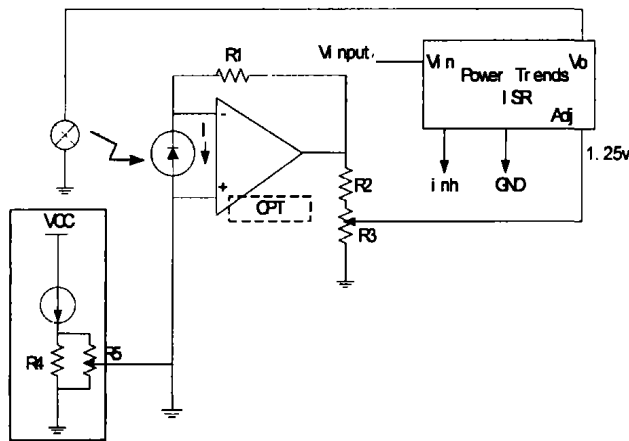


图3 电路原理图

ISR 的调整端(图3中的Adj端)可以输出稳定的1.25V,通过ISR内部调整和外部反馈电路的调节,使得ISR的电压调整端电压 V_{adj} 保持在1.25V,使得光源的光功率保持稳定。当灯光强增大,光电二极管输出电流增大,使运放输出电压增大, V_{adj} 增大将大于1.25V,ISR会降低其输出电压 V_o 从而使灯光强下降。反之如果灯光强减小,ISR的调整端输出电压 V_{adj} 将会减小,这时ISR会增大其输出电压 V_o 从而使灯光强增大,这样通过调节灯的端电压使得ISR调整端电压 V_{adj} 保持在1.25V,从而使灯光强保持稳定。为了消除光电二极管的暗电流,外部加上调零电路,如图3所示,外部加一个恒流源,当灯没有光输出时候,通过电阻R4和电位器R5分流,调节R5可以抵消光电二极管输出的暗电流。可以使得没有光输出时输出电压为零。

3 实验数据

3.1 实验条件

在室温下,将控制器及光源放在外部全涂黑不透光全封闭的暗箱里面,使其不受外界自然光的影响,每隔5~10min记录一下光强,连续测量3天,实验装置如图4所示,边上开一小口将照度计固定其上,并在外面记录数据。

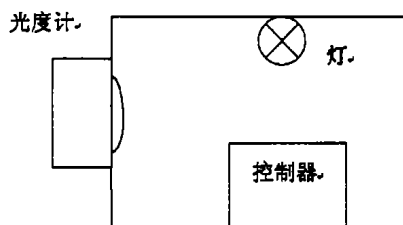


图4 实验装置示意图

3.2 实验设备

一只精密四位半光度计,一个全封闭不透光暗箱。

3.3 实验内容

测试内容主要分为两个方面:一方面对光源的工作时间段进行研究,确定什么时间段对测试结果来说是比较稳定的;另一方面是研究光源的打开和关闭对测试结果的影响,也就是说灯泡在测试后休息(关闭)-测试结果会比较稳定、还是灯泡不休息连续工作-测试结果会比较稳定。也是测试光源的稳定性和重复性,光源的稳定性是指光源持续点10小时以上测量光强的变化,光源的重复性是指关闭电源重新打开跟上次测试结果的之间的误差。

3.4 实验数据

根据连续两次开关电源测试数据测试光强变化趋势如图5-1、5-2所示

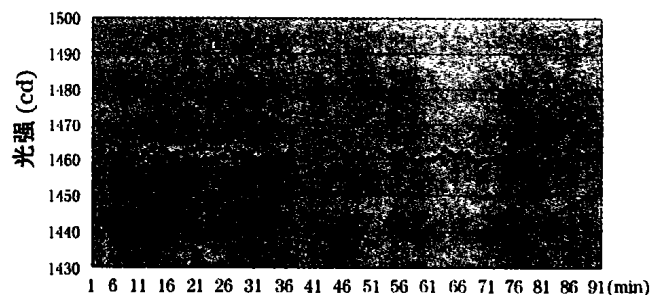


图5-1 实验结果

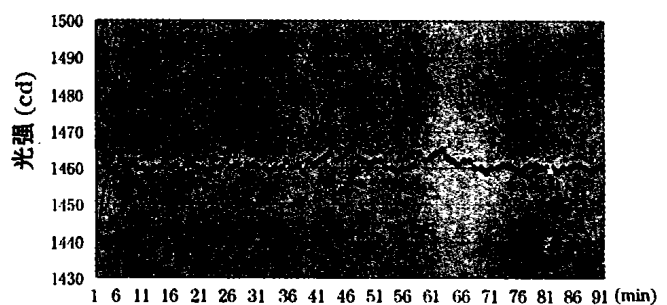


图5-2 实验结果

4 结论

从实验数据可以看出,刚开始上电随着时间增长光强数据的变化呈渐缓趋势,约15min后,测试结果开始变得较为稳定,稳定后10min以内光强波动只有大约0.1%,两次开机稳定以后数据也能保持比较好的一致性。

最终得到的结论是:光源在其电源打开机约15min以后稳定性变好。隔很长时间后再开机,灯泡还要经过约15min的稳定期才能稳定下来。所以使用该光源进行精密测试,等光源(下转第8页)

关系,表3给出的是红、绿、蓝三基色LED组合白光发光效率的变化。可见,荧光粉类白光LED的发光效率要高于三基色组合白光LED光源。

表2 白色LED发光效率与工作电流的关系

$I_F(\text{mA})$	$V_F(\text{V})$	$P = I_F \times V_F(\text{mW})$	$\phi(\text{lm})$	$\eta = \phi / P$
10.00	3.25	32.50	1.28	39.38
15.00	3.37	50.55	1.71	33.76
20.00	3.46	69.20	2.05	29.59
25.00	3.54	88.50	2.39	27.00
30.00	3.61	108.30	2.73	25.21

表3 红+绿+蓝LED发光效率与电流的关系

I_R	V_R	I_G	V_G	I_B	V_B	P	ϕ	η
18.00	1.77	5.00	3.14	5.00	2.84	61.76	1.56	25.25
10.00	1.72	9.00	3.25	8.00	3.08	71.09	2.29	32.26
18.00	1.77	7.00	3.21	8.00	3.08	78.97	1.56	19.75
10.00	1.72	10.00	3.31	10.00	3.13	81.60	2.57	31.48
15.00	1.74	10.00	3.31	15.00	3.23	107.65	2.02	18.75
20.00	1.77	10.00	3.31	15.00	3.23	116.95	1.56	13.33

表4给出了白色LED与红色LED组合的情况;从表2、表4可见,白色LED的发光效率随电流的增大而减小,这是因为电流增加导致蓝光波峰的长移,使荧光粉与激发波长的匹配效率下降。所以减小LED工作电流可以提高其发光效率,但要达到同样光通量所需LED数量增加,成本上升。随着功率的增加,光通量也增加,但存在一个极大值,所对应的电流为20mA左右,从节省LED数量出发,对恒流驱动的LED灯,可选用(40~50)mA的电流。

表4 白色LED+红色LED发光效率与电流的关系

$I_W(\text{mA})$	$V_W(\text{V})$	$I_R(\text{mA})$	$V_R(\text{V})$	$P(\text{mW})$	$\phi(\text{lm})$	η
25.00	3.56	1.00	1.62	90.62	2.42	26.70
25.00	3.56	5.00	1.67	97.35	2.48	25.47
25.00	3.56	10.00	1.72	106.20	2.51	23.63
25.00	3.56	15.00	1.74	115.10	2.55	22.15
25.00	3.56	25.00	1.80	134.00	2.60	19.40

综上所述,我们选用100个白色LED和20个

(上接第5页) 打开15min后再开始测试结果会比较稳定。

参考文献

[1] 刘伟. 光缆自动监测系统中稳定化光源与光功率计的研制. 哈尔滨理工大学硕士学位论文, 2002, 2

红色LED组成照明光源,每个LED电流为40mA,测得其总光通量为307lm,发光效率为19.88lm/W,显色指数为91。将这个LED灯放在恒温箱中测量。结果示于表5,可见温度升高,发光效率下降,当温度大于50℃时,色温偏高,显色指数变劣。主要由于温度升高,蓝光波峰长移,荧光粉波峰变平坦而劣化。

表5 温度对LED灯参数的影响

$T(^\circ\text{C})$	$\eta(\text{lm/W})$	$T_c(\text{K})$	R_a
20	19.78	4756	91
40	18.52	5782	88
50	17.80	7036	82
60	16.22	8652	73
80	14.35	12237	54
100	12.17	-	-
130	9.73	-	-

4 结论

作为照明用的白光LED光源,应选用荧光粉类LED,其光色特性除了受芯片和荧光粉的影响外,还受到驱动电流和环境温度的影响,LED的驱动电流以20mA左右为宜,温度小于50℃时具有较好的发光效率。而显色指数要通过增加红色成分来改善。为了达到实用化,靠改变LED白光照明光源的使用条件来提高光色性能还不成熟;依赖技术的改进、材料和器件工艺水平的发展才能提高白光LED的光色特性。

参考文献

[1] T. Mukai, M. Yamada, S. Nakamura, InGaN-basedUV/blue/green/amber LEDs [J]. SPIE, 1999, 3621: 2-9

[2] G. Bogner, A. Debray, G. Heidelet al, White LED[J]. SPIE, 1999, 3621: 143-150

[3] R. M. Mach, G. O. Mueller, White light emitting diodes for illumination [J]. SPIE, 2000, 3938: 30-41

[4] Wu jizong, Ye guanrong, Measurement of light radiation[M]. Beijing: Mechanism industry publishing soc., 1992, 271 (in chinese)

[2] 孙艳. 高精度光纤膜厚测试系统的原理和实用性研究(4.7光源稳定性对测试的影响研究). 西安交通大学博士学位论文, 2002, 7

[3] 蒋融. 一种新颖的稳定光强的实用方法. 实用防御技术, 1994, 4

[4] 钟丽云, 宫爱玲, 张文碧, 杨齐民. 用光学双稳态稳定光纤传感器的光源光强. 仪器仪表学报, 1997, 18(3)