

用双结型硅色敏电池测量激光波长与功率

忻云龙

(上海师范大学物理系, 上海 201800)

刘继发

(上海大学精密机械工程系, 上海 201800)

摘要 介绍了一种用双结型硅色敏电池作为探测器,同时测定激光波长与功率的方法,讨论了由探测器,光电流放大器,A/D转换接口及计算机组成的激光测量仪的性能与特点。在测量时,该仪器先测出光波长,并由计算机自动进行探测器的光谱灵敏度校正。波长测量误差在 $\pm 2.5\text{nm}$ 内,光功率的测量误差在 $\pm 2.5\%$ 内。

关键词: 色敏电池,光功率计,波长

1 引言

用于激光功率测量时,硅光电池与热电堆相比具有灵敏度高、响应快的特点,但由于硅光电池的光谱灵敏度曲线并不象热电堆那样是条水平线,因此,用于激光功率计探头测量不同波长激光时,须对显示数据根据光电池光谱灵敏度曲线进行换算,才能得到正确读数。有些功率计可在面板上转动旋钮,调节机内放大电路参数以使仪器显示正确功率值,但仅限于几个常用激光波长。先进激光,功率计机内带有电脑,存储了探测器的光谱灵敏度曲线数据,但仍需事先在板面上按键输入所测激光波长,以便电脑根据波长来对测量结果进行换算。

近年来,国外已出现了用一个探头同时测量激光波长与功率的仪器,它具有自动校正硅光电池光谱响应的能力。波长测量精度可达 $\pm 1\text{nm}$ 或 $\pm 5\text{nm}$ (不同结构)功率测量误差 $\pm 3.5\%$ 。

本文介绍的利用双结型硅色敏电池为探测器的激光测量仪,波长与功率测量用同一片色敏电池,结构简单,数据处理方便,能同时显示所测激光波长及功率,用于经常变换波长的实验过程更能避免操作失误,因此具有较大的实用价值。

2 原理

2.1 色敏电池结构与性能

色敏电池在一块硅片上制成了浅深两个PN结的光敏器件(见图1)^[1,2]由于硅片对短波长

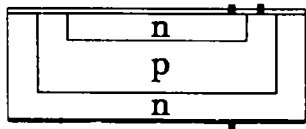


图1 硅色敏电池结构

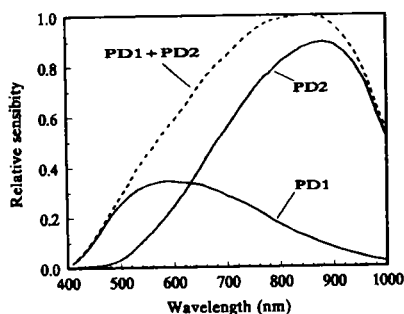


图2 色敏电池浅结(PD1)和深结(PD2)的相对光谱灵敏度

有较大的吸收系数,因此浅结 PD1 对蓝光的响应较大而深结 PD2 对红光的响应较大。它们的短路电流光谱灵敏度如图 2 所示,两结短路电流比 $R_s = I_{sc1}/I_{sc2}$ 与入射光波长的关系见图 3。由图可见 $3Ra$ 与 λ 有一一对应的关系,因此,可以将图 3 数据存入计算机后在测量时由短路电流比来求得入射光波长。

被测激光功率可由两结电流之和来得到

即:

$$P = k(I_{sc1} + I_{sc2})/R(\lambda) \quad (1)$$

式中 P 为入射激光功率, $R(\lambda)$ 为两结电流之和的光谱灵敏度即图 2 中的虚线, k 为系数,可在仪器对入射光功率定时得到。

色敏电池通常用于产品的色彩检测,火焰的燃烧监视等场合,用于激光波长与功率测量的色敏电池质量要求更高,比如光电流与入射光功率关系线性要好,表面性能要均匀,漏电流要小以及需要更大的光敏面,这对浅结的制备有一定的难度。本文所用色敏电池光敏面积 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$,浅结深 $0.8\mu\text{m} - 1\mu\text{m}$,深结深 $5\mu\text{m} - 8\mu\text{m}$ 。

2.2 光电流放大器及计算机接口

色敏电池工作于零偏状态。输出的光电流经两 I/V 变换器后分别送入两可控电压放大器(见图 4),它的放大倍数由量程控制电路根据 A/D 转换的结果来控制以适应入射激光功率的变化,两路 A/D 转换结果以及量程信号经接口电路的电平变换与三态缓冲器后送入 PC-1500 计算机。

光电流测量分辨率为 5×10^{-13} ,最大量程 5mA ,A/D 转换芯片采用 3 1/2 位 MC14433。

2.3 计算机程序

计算机内存中已存入从波长 450nm 到 1000nm 每隔 10nm 测得的短路电流比 R_s ,用于计算入射光波长。

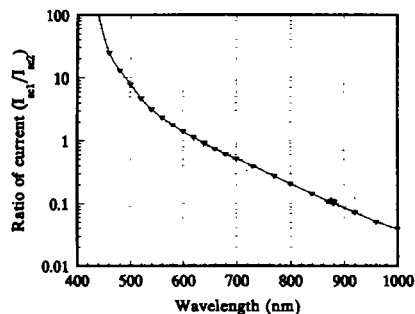


图3 结电流比与波长关系

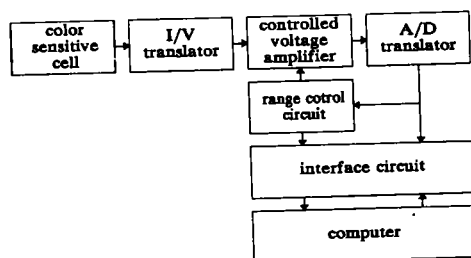


图4 电路原理方框

还存入了两结电流和的光谱灵敏度数据,用于计算入射光功率。

计算机先读取 A/D 转换结果和量程,相除得两结电流比 R_0 ,在内存波长~电流比数据中搜索,用内插法求得精确波长 λ_0 。接着,由已求得的入射光波长 λ_0 在内存光谱灵敏度数据中搜索求得 $R(\lambda_0)$,最后由(1)式解出入射光功率 P ,这样就完成一次波长与功率测量的数据处理过程。

3 实验方法

3.1 波长与色敏电池结电流关系测定

将色敏电池探头固定于棱镜单色仪出射出窗,光源采用钨丝灯,从波长 400nm 至 1000nm 测出浅结电流 I_{s1} ,与深结电流 I_{s2} ,并用一台校正的普通光功率计为标准测出对应的射光功率。

由此得到色敏电池的波长~双结电流比关系(图 3),以及器件的光谱灵敏度(图 2)

3.2 入射光功率与双结电流关系测定

氦氛激光经激光稳功率器后垂直入射到可以固定位置的色敏电池探头,光路中插入二片偏振片用来连续调节入射光功率,再插入不同的衰减片用来分档调节入射光功率。光功率变化范围:pW~mW,由此测量光电流线性范围及波长不变时双结电流比随入射光功率的起伏。

4 实验结果

4.1 波长测量误差

造成波长测量误差的原因可以是杂散光、器件表面不均匀,波长定标误差等。但在对色敏电池性能定标的同一台单色仪上马上反过来测量单色仪出射波长的话,此时误差的主要原因则应是入射光功率变化引起的双结电流比测量值的起伏。

实验表明,在 633nm 波长,入射光功率 nW~mW 范围内,对应光电流 10^{-10} A~ 10^{-4} A,光电流与入射光功率之间的关系线性良好,光电流低于 10^{-10} A 时,因器件噪声,电路零飘及 A/D 转换后有效位数减少的因素误差逐渐增大,而光电流增至 10^{-4} A 以上时,入射光功率在 mW 级,深结光电流首先呈饱和现象,以至电流 R_0 变大。在入射光 nW~mW 范围内电流比的标准偏差 $\sigma_{R_0} \approx 0.01$,由此而引起的波长误差 $\lambda \approx 1$ nm。这个数据表明,对 633nm 波长的入射光,在 nW~mW 范围内改变光功率反复测其波长得到测量值的起伏应在 1nm 左右,实际应用时,因多种因素的影响波长的绝对误差约 ± 2.5 nm 左右,图 5 所示是在色敏电池定标 45 天后,在同一台单色仪上再次测量波长时的误差分布情况,数据表明大多数测量值偏小,其中包含了定标时的误差及气温变化后使色敏电池性能改变引起的误差。

4.2 功率测量误差

在测量图 5 数据时记下计算机同时显示的单色仪出射光波长和功率,再用另一台光功率计测此波长范围内出射功率,实验结果见图 6。普通功率计读数是以该探头的光谱灵敏度数据手工计算校正后得到的,波长由单色仪上读出,两条曲线符合得很好,误差在 $\pm 2.5\%$ 内。

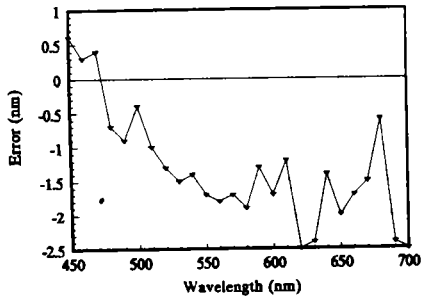


图5 波长测量误差

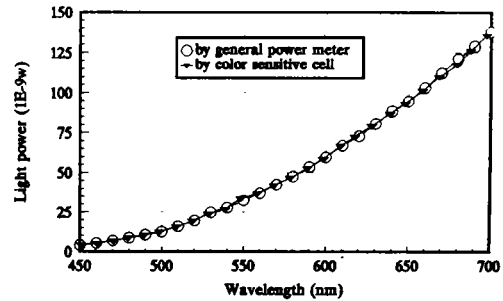


图6 用普通功率计和用色敏电池组成的激光测量仪测定的单色仪输出光功率

5 讨 论

要进一步提高测量精度和测量范围,有待制作性能更优良的色敏器件,以及改进放大电路。

- (1)制作对短波响应更好的色敏电池,以拓展短段的测量范围。
- (2)减少色敏电池的等效串联电阻,以拓展器件在 mW 级的光功率测量,或用改进电路的方法来解决,对此已作初步的有效实验。
- (3)减小色敏电池 PN 结的漏电流,以使仪器能有更高的探测灵敏度和响应速度。

参 考 文 献

- [1]张忠奎,龚全宝,双结型半导体硅色敏电池. 上海半导体,1990,(2):18~22
- [2]汤定元,糜正瑜等,光电器件概论. 上海:上海科学技术文献出版社,1989,261-267

Measurement of Laser Power and Wavelength Using a Bijunction Silicon Color Sensitive Cell

Xin Yunlong, Liu Jifa*

(Dept. of physics, Shanghai Normal University, Shanghai 201800)

(* Dept. of Precision Engineering, Shanghai University, Shanghai 201800)

Abstract

The method of measuring laser power and wavelength at the same time using a bijunction silicon color sensitive cell as a detector is presented. The performances of the instrument which consists of detector, light current amplifier, A/D translator and computer are discussed. At first the wavelength is detected and then the wavelength sensitivity of the detector is calibrated by the computer automatically during the laser measurement. The measuring errors are within $\pm 2.5\%$ for light power and $\pm 2.5\text{nm}$ for wavelength separately.

Key words: Color sensitive cell, Laser power meter, Wavelength