

仪用LED 光源均匀性及稳定性研究

刘兴华^{a, b} 陈长缨^{a, b} 于志刚^{a, b} 王康模^{a, b}

^a(暨南大学“重大工程灾难与控制”教育部重点实验室 广州市黄埔大道西 601 号 510632)

^b(暨南大学光电工程系 广州市黄埔大道西 601 号 510632)

摘 要 研究了采用发光二极管(LED)作为光谱仪器光源所涉及的相关技术。LED 的发光光谱具有一定的带宽,用滤光片滤波得到带宽少于 10nm 的窄带光源,并根据 LED 在不同波段的的光强设定相应的脉冲驱动电流,在一定波长范围内实现平坦的光强输出;除了通过精密恒流源提供电流驱动 LED 稳定发光外,采用双光路的方法可以进一步减少光源稳定性对检测系统的影响。

关键词 光学测量,LED 光源,均匀性,稳定性,双光路。

中图分类号: TN 212

文献标识码: A

文章编号: 1004-8138(2009)01-0039-04

1 前言

发光二极管(LED)正成为光谱分析中有广泛应用前景的发射光源。它是一种注入式电致发光器件,直接将电能转换为光能,可以辐射出范围包括紫外、可见光和近红外区域的光。LED 相对于卤钨灯有长寿命、高亮度、低功耗和便于电子调制等优点。LED 已经出现在许多新型的分析仪器中,如气体检测仪、色度计等。

一个发光二极管所发出的光的中心波长和带宽是确定的,带宽一般为 40—60nm。可将多个相邻波长的 LED 组合得到在确定范围内连续波长的光源。但由于 LED 的发光光谱决定于 PN 结材料的能带结构,商业化的近红外 LED 覆盖的波长数目有限,仅靠 LED 很难做出光强平坦的单色光输出。为此可以将 LED 仅作为稳定的光源使用,通过窄带滤光片进行滤波,形成单色的近红外光,根据光谱分析的需要选择不同波段的滤光片,再设计合适的 LED 阵列驱动电路,根据经过滤光片滤光后的光强大小调节相应的驱动电流,可以得到在一定波长范围内光强平坦的光源^[1]。

光谱仪对光源的另一个要求是必须有高的稳定性,在此基础上的光谱分析才有可行性。现在大多数的光谱仪都是靠优化电源电路来提高光源的稳定性^[2]。本文除了用高精度的电源来驱动 LED 稳定发光外,采用了双光路的方法,即把同一个 LED 光源发出的光,用半透半反射镜分出两路光,一路经过样品吸收,一路不经样品吸收,两路光分别被两个性能相同的探测器接收,通过差分比较两个探测器的检测信号,可以减少由于光源波动等干扰带来的影响,进一步提高光电检测的性能。

2 阵列 LED 光源平坦输出的实现

实验装置如图 1 所示,由程控恒流源提供六路精准电流驱动 LED,每路的电流值可以根据需要设定,用单片机控制电路开关快速切换,驱动各路 LED 依次发光。每个 LED 后面都对应一片窄

联系人: 手机: (0)13570361581; E-mail: 107065400@qq.com

作者简介: 刘兴华(1983—),男,广东省阳江市人,硕士研究生,从事光谱分析及其它仪器制造方面的研究和应用工作。

收稿日期: 2008-07-01; 接受日期: 2008-07-19

带滤光片,该滤光片根据需要选择不同的透过波长。相对于卤钨灯的转盘式滤光片型光谱仪,LED 光源滤光片型仪器的优点是没有可移动部件,可以提高仪器的稳定性,使仪器更紧凑,便于携带。LED 发出的光经过样品池后被探测器接收,转变成电信号,再经过AD 转换等后继电路分析处理^[3]。

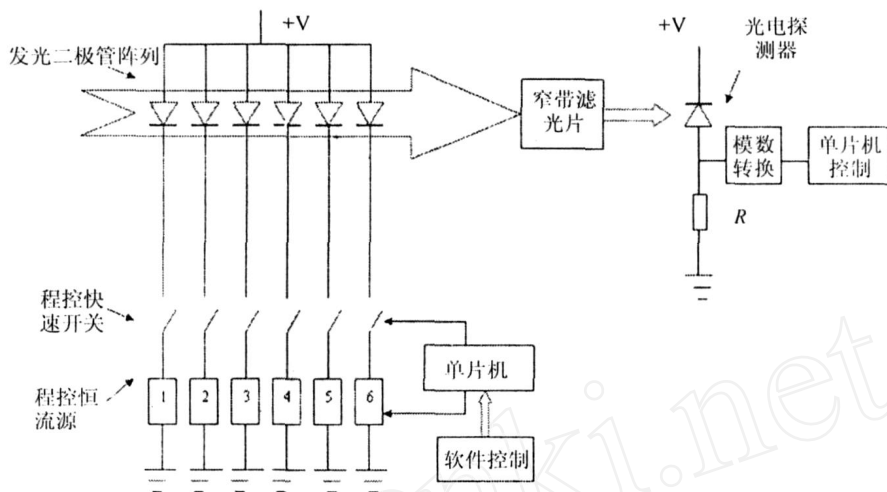


图 1 阵列 LED 光源测试电路

在本实验中,LED 光源和滤光片等器件都固定在光学平台上,并且保持相对位置的一致性,这样可以减少位移、振动等带来的误差,提高测量结果的精确性。为了评估 LED 光谱特性和实验的可行性,在光电检测上采用北京卓立汉光仪器有限公司提供的 SBP300 光栅光谱仪。该仪器采用光伏型硅光电二极管,波长的有效响应范围是 300—1100nm。仪器的分辨率和重复性均为 0.1nm,最小步距为 0.005nm。

调整恒流源输出,使 LED 在 20mA 恒定电流下工作。用光栅光谱仪扫描 LED 光谱,扫描间距为 0.1nm,用仪器配套的 DSC100 数据采集系统采集数据,得到的光谱如图 2 所示。

该 LED 的中心波长为 940nm,半峰值带宽为 60nm,范围在 915 至 955nm 之间,因为 LED 光谱比较宽,覆盖的波长数目有限,光谱分辨率较差,而且其光强平坦性不好,其光谱具有对称性。

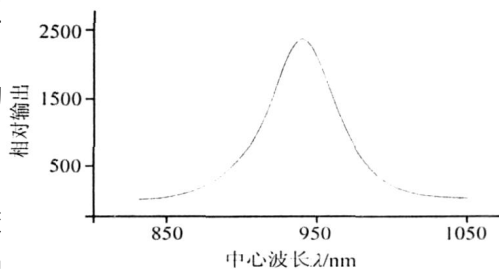


图 2 单个 LED 发光光谱图

在测试光路加上滤光片,可以得到单色性好的光。

本实验采用的滤光片规格为 $5 \times 5 \times 1$ mm,小规格的滤光片有利于系统设计得更加小型化。用光栅光谱仪扫描采集光谱,LED 光经透过中心波长在 910nm 的滤光片后的光谱如图 3 所示。

光强最大值在 909.2nm 处,半峰值带宽为 8.5nm,具有很窄的带宽,基本可以满足仪器对光源单色性的要求,从图中可以看到通过滤光片后的光谱并不是峰值对称的,其最大值并不在滤光片的透过波长中心处,而是向着光源的中心波长方向偏移。这主要是因为 LED 发出的不是光强平坦的光谱,910nm 正好落在其上升沿处,参见图 4。

图 4 所示为 LED 发出的光经过标称中心波长在 910、920、930、940、950、970nm 滤光片得到的光谱。其带宽分别为 8.8、8.7、9.2、8.9、9.2、9.4nm。

在光谱测量中, 各个波长输出的光强应该相同, 这样才能满足光电探测的要求, 但 LED 光源输出的并不是平坦的光谱, 而是在不同的波长其发光强度不同, 因此经过滤光片后的各个光谱峰值相差很大, 较弱的光强会使信噪比下降, 同时也不利于测量数据的后续处理。可以通过调节驱动电流大小的方法使输出平坦^[4], 在光强较弱的波段, 例如在 909nm 的滤光片波段, 用较大电流驱动 LED, 即使中心波长在 940nm 的 LED 在 909nm 处光强相对较小, 但因为驱动电流较大, 整个 LED 发光光强就增大, 使得在光源经过 909nm

滤光片仍然可以有较大光强的输出。相应的, 光强较大的滤光片波段用小电流驱动。例如对于图 4 的各个波长, 依次分别用 19 06、14 20、11 21、9 82、10 68、20 11mA 的电流驱动 LED, 通过滤光片后就可以得到光强峰值相等的输出, 如图 5 所示。还可以根据所需要的输出光强设定不同的驱动电流值。从实验结果看出这种方法可以满足仪器对光源单色性和均匀性的要求。

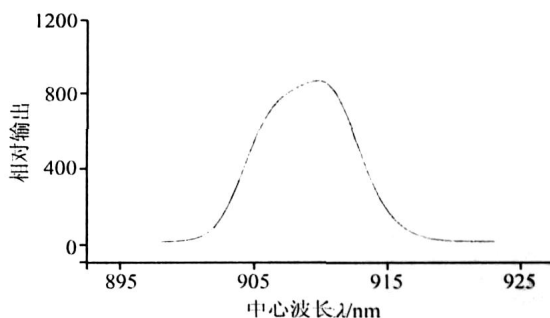


图 3 LED 经过 910nm 滤光片的光谱图

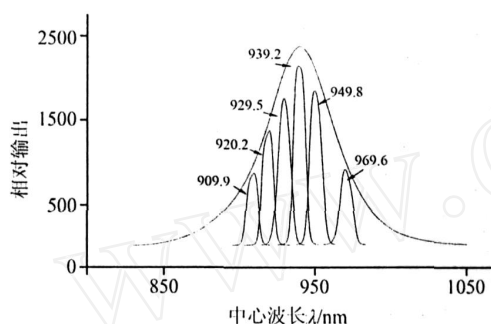


图 4 LED 光经过各滤光片的光谱图

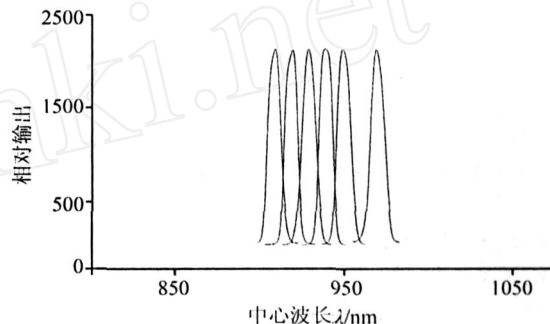


图 5 不同电流驱动下得到的平坦光谱

3 双光路方法提高光电检测稳定性

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需要很高的精度, 光强的微小波动都会直接影响到测试的精度。由于各波长的扫描是分时进行的, 在所需时间内光源的辐射功率应当稳定, 否则测试结果会产生不能接受的误差, 光强的缓慢变化(漂移)会严重破坏测试结果的重复性。即便是在电流恒定的情况下, 由于环境温度、电流引起结温升高, LED 发光强度也会发生变化^[5]。

传统的单光路方法受到多种限制, 使测试不能达到较高的精度, 双光路可以有效地避开在测量中由于光源的波动和其它外来光干扰所带来的对测试精度的影响。

双光路的设计如图 6 所示, S 为 LED 光源, 光束经半透半反射镜 A 被分为两束, 一束经样品池被样品吸收后到达探测器 D₁。另一束光经平面镜 B 反射后直接到达探测器 D₂, G 为信号处理系统。在参考光路中加入与测量光路相同的样品池, 以补偿测量光路样品池对透射光强的影响。光电检测电路选用两个特性相同的光电二极管。双光路形式, 还可以基本抵消掉背景光的影响。当受到外界因素干扰造成光强变化时, 信号处理系统两端输入的电压同时增大或减少相同的幅值, 经过差分后相互抵消, 这样可以保证运算输出的有效信号仍然只与样品的吸光量有关^[6]。

在实验中, 对两种探测方法进行了对比。先用单探测器检测 LED 发出的光信号, 探测器采用单个、大面积低噪声硅光电二极管。探测器输出的光电流用普源精仪科技公司提供的 DM 3061 数字万用表检测, 该数字万用表具有六位半的有效分辨率。记录此时光电检测系统的精度, 系统可以达到 4 位的有效读数。然后在系统中采用双探测器的方法, 设置好光源与探测器之间的位置, 使 LED 光源的光分别均匀地入射到两个探测器上, 探测器检测到光信号并转换为电信号, 对两路电信号进

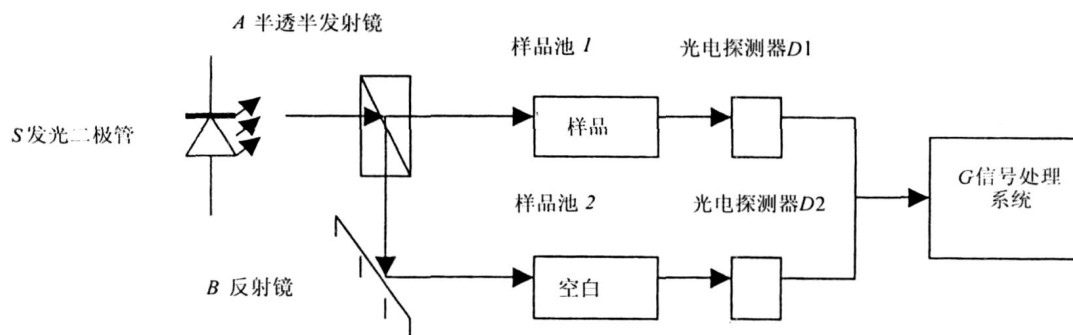


图 6 双光路实验原理图

行差分处理,发现系统的稳定度大大提高,比单探测器的方法要高一个数量级,达到 5 位的有效读数。实验表明双光路的方法对于提高光谱仪光电检测的稳定性是有效的。经过后继电路的处理并经过数学运算,可以进一步提高系统的精度。

4 结论

在近红外光谱的材料分析仪器中,与 InGaAs 探测器响应的近红外波段相比,硅探测器响应的近红外波段对应的是分子基团相互重叠的倍频及分频光吸收峰,因而对光源的要求更高,不仅要求光强度大,且稳定性和均匀性要好。对于 LED 光源,通常高强度不成问题,均匀性则可通过光源滤光片以及调节电流来保证。本文测试分析了发光二极管的发光光谱,用滤光片得到了带宽少于 10nm 的窄带光谱。根据不同波段的 LED 发光光强设定相应的驱动电流,可以得到在一定波长范围内光谱均匀平坦的光源。在此基础上,研究了光源光路的稳定性。传统的近红外光谱仪一般是靠优化光源电路来提高光源的稳定性。本实验除了用精密恒流源提供电流驱动 LED 稳定发光外,同时采用双光路的方法进一步减少光源稳定性对检测系统的影响。实验证明,系统的均匀性和稳定性都可以达到很高的精度,可以满足便携式红外光谱仪器设计的要求。

参考文献

- [1] 陆婉珍 现代近红外光谱分析技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2006 92—119
- [2] 刘振方, 胡亚平, 张文超 提高仪用 LED 型激光光源稳定性的措施[J]. 生命科学仪器, 2006, 4(12): 29—32
- [3] Schnable J G, Grochow ski P J, Wilhelm L. Portable LED-Array VIS-NIR Spectrophotometer/Nephelometer[J]. *Field Analytical Chemistry and Technology*, 1998, 2(1): 21—28
- [4] Malinen J, Kansakoski M, Rikola R, Eddison C G LED-Based NIR Spectrometer Module for Hand-Held and Process Analyser Applications[J]. *Sensor and Actuators B*, 1998, 51(1—3): 220—224
- [5] 马加兴, 李伟, 王耀军 同光源双光路位移传感器研究[J]. 机床与液压, 2003, (4): 46—47.
- [6] 倪志波, 宋连科等 波片厚度的双光路对比测量[J]. 曲阜师范大学学报, 2007, 33(4): 63—64

Study on the Uniformity and Stability of LED Source for Spectrometer

LU Xing-Hua^{a,b} CHEN Chang-Ying^{a,b} YU Zhi-Gang^{a,b} WANG Kang-Mo^{a,b}

^a(Key Laboratory of Disaster Forecast and Control in Republic of China, Jinan University, Guangzhou 510632, P. R. China)

^b(Institute of Optoelectronic Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, P. R. China)

Abstract Some correlative technique of LED sources for spectrometer were studied. The optical spectrum of the LED can be filtered less than 10nm by the narrow band filter. The output can be flattened over the wavelength scale by setting the pulse currents individually for the LED in the source array. Except driving the LED by the exact currents, double optical route method can further reduce the influence of the system bring by the stability of the light sources.

Key words Optical Measurement, LED Source, Uniformity, Stability, Double Optical Route