

文章编号 1004-924X(2003)05-0457-04

# 全自动生化分析仪用分光光度计

霍建伟<sup>1</sup>, 马海涛<sup>2</sup>, 王丽秋<sup>1</sup>, 刘 剑<sup>1</sup>, 陈今涌<sup>1</sup>, 唐玉国<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022;

2. 吉林大学, 吉林 长春 130022)

**摘要:** 结合国家九五攻关“全自动生化分析仪的研制与开发”项目, 研制了一种用于全自动生化分析仪的紫外-可见分光光度计。该分光光度计采用全息凹面平像场光栅为分光元件, 以硅光电二极管阵列为探测器。光度测试采用后分光技术, 从光源辐射的复合光先经样品溶液吸收后再由全息凹面平像场光栅分光, 光电二极管阵列同时接收 12 路光谱信号, 多个光谱信号同时检测, 实现快速测量。

**关键词:** 生化分析仪; 分光光度计; 全息凹面平像场光栅; 光电二极管阵列探测器

中图分类号: TH744.1 文献标识码: A

## Spectrophotometer for full-auto-biochemical analyzer

HUO Jian-wei<sup>1</sup>, MA Hai-tao<sup>2</sup>, WANG Li-qiu<sup>1</sup>, LIU Jian<sup>1</sup>, CHEN Jin-yong<sup>1</sup>, TANG Yu-guo<sup>1</sup>

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,*  
*Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China;*

2. *Jilin University, Changchun 130022; China)*

**Abstract:** Spectrophotometer is one of the key components in a full-automatic biochemical analyzer and it has its direct effect on the accuracy of the entire system. An ultraviolet-visual spectrophotometer has been developed for full-automatic biochemical analysis by using holographic aberration-reduced grating as spectro-scope and photoelectron diode array as detector. Composite light coming from lamp-house is absorbed by sample solution first and then illuminated to the surface of the concave holographic aberration-reduced grating. The photoelectron diode array can receive 12 beams of light signal at the same time for fast measurement, and this is why it is referred to as back-dividing-light technology

**Key words:** biochemical analyzer; spectrophotometer; concave holographic aberration-reduced grating; photoelectron diode array detector

收稿日期: 2003-01-16; 修订日期: 2003-09-17.

基金项目: 国家“九五”科学仪器科技攻关 (96-A23-C-2-102)

## 1 引言

生化检验是医生确定病人病情的重要手段之一。当病人某些组织发生病变时,其血液或尿液中的某些成分就会与正常人的指标不一样,医生以此来确定病情。生化分析仪就是用于测定人体液(血液、尿液)的各种生化指标的分析仪器,它可以准确、快速地为医生和化学检验人员提供检验数据,在临床诊断和化学检验中具有重要作用。

全自动生化分析仪是一种自动化程度较高的生化分析仪,它将生化分析中的取样、加试剂、混合、保温反应、检测、结果计算以及清洗等步骤的部分或全部由模仿手工操作的仪器来完成。可以快速处理样品并迅速报告结果,工作效率得到极大提高,同时也节省人力、降低运行成本。

全自动生化分析仪作为典型的光、机、电、算结合的精密仪器,涉及的学科门类多、技术复杂,其中的分光光度计是该仪器的核心部分之一,其优劣直接影响仪器的精度指标。本文介绍了一种用于全自动生化分析仪的紫外-可见分光光度计。该光度计采用后分光技术,输出从 340 nm 到 800 nm 的 12 个分立的波长,以全息凹面平像场光栅为分光元件,以光电二极管阵列探测器接收信号。

## 2 后分光技术

后分光技术是目前全自动生化分析仪中大量采用的一种分光光度法技术。分光光度法是基于比尔定律基础上建立起来的一种常用的分析方法。其原理是:特定波长的单色光通过样品溶液时,其吸收强度与样品溶液浓度和光通过的距离(即光径)成正比。

分光光度法最终机理是因为不同的物质有其特定的生色基团,生色基团能对特定波长的光产生强的吸收效应,因此无论通过溶液的是单色光还是复色光,溶质也只对其特定波长的光产生强吸收。只要保证光电接收器感应到的是单色光,通过溶液的是单色光还是复色光并不重要,这为后分光技术提供了可能。用复色光通过反应体系后,再通过单色器对吸收后的复色光分成单色光测定,这就是“后分光技术”。

使用后分光技术,可以在同一体系中测定多种成分。如果比色皿中有多种特征吸收不同的多组成物质,当复色光通过后,各物质分别对各自的特征性光波产生吸收,之后再分成光谱对不同的波长进行测定,这样就可以在同一体系中同时得到多组分结果。

对于后分光式分光光度计,从光源辐射的复合光先通过样品溶液再经单色器分光。由于后分光式分光光度计可同时提供多个波长,采用面阵 CCD、光电二极管阵列等平面光电探测器可同时对几个波长进行测试,测试速度快。

## 3 全息凹面平像场光栅<sup>[1-2]</sup>

采用凹面反射光栅作为色散元件,可以不用准直和聚焦成像系统,这样不仅可以简化系统结构,而且使探测波长小于 195 nm 的远紫外光谱区成为可能。目前,因为在远紫外光谱区,特别是波长小于 110 nm 以下时,可采用的反射膜层的反射率都很低,因而减少光学元件数量对于减少光能量的损失特别重要,因此凹面光栅得到越来越广泛的应用。

近年来,电子技术和计算机技术的迅速发展,为光谱仪器实现自动化,快速测量提供了优越的条件。面阵 CCD、光电二极管阵列、微通道板等元件的出现,使得人们能同时检测多个信号的想法得以实现。但是利用凹面光栅作为分光元件的光度计,光栅和探测器的位置受罗兰圆的限制,探测器只能沿光谱像面弯曲,从而限制了这些新型探测器的使用。为了能够使用这些元件作为接收器,需要设计出一种可以在有限的平直谱面上获得较好像质的光谱仪器,即所谓的平像场光谱仪。全息凹面平像场光栅的出现使这一想法得以实现。全息凹面平像场光栅的设计思想是:由于凹面衍射光栅的主要缺陷是存在像散,那么可以通过采用全息的方法使光栅刻痕按一定规律弯曲,并且光栅刻痕间距不等,以此方法可使在一个窄的光谱范围内凹面光栅的像散得以补偿。当以一定的入射角和一定的物距入射光栅时,在某一位置处就可得到近似平的光谱像,并且可用光电二极管阵列、面阵 CCD、微通道板等平面元件接收信号。

## 4 分光光度计的设计<sup>[3-5]</sup>

### 4.1 光学系统的设计

采用 50 W 碘钨灯作为分光光度计的光源,其波长辐射范围为 320 nm ~ 800 nm。由于光源会散发出大量的热,因此必须有适当的散热装置。本项目中采用水冷装置,水从进水口进入内外两层不锈钢壁组成的内腔,热量被水从出水口带出。

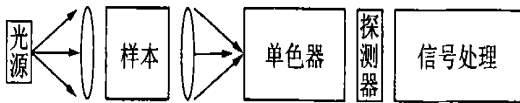


图 1 分光光度计

Fig. 1 Spectrophotometer

图 1 是本分光光度计的光路图。从光源辐射的复合光先经准直透镜准直后变为平行光入射到比色皿,比色皿光程为 1 cm,它具有一对相互平行并垂直于光束的洁净光学窗,内盛样品溶液。透射光经聚焦透镜进入单色器。为提高紫外光的入射能量,准直和聚焦透镜均采用透紫外光材料制成,比色皿采用石英比色皿。

采用的全息凹面平像场光栅的技术参数如下:

刻划密度  $N$ : 454.27 1/mm;

波长范围:285 ~ 800 nm;

线色散率倒数:17 (nm/mm);

入臂:130 mm;

入射角:11.3°;

出臂:130 mm (285 nm), 128 mm (720 nm);

出射角:- 3.8°(285 nm), 7.36°(720 nm);

光栅刻划面宽度:30 mm。

当复合光以入射角  $i = 11.3^\circ$  入射到光栅表面时,由光栅方程  $d(\sin i + \sin \theta) = m\lambda$  可知,取一级光谱即  $m = 1$ ,光栅常数  $d = 1/N$ ,  $N$  为光栅每毫米刻线数即 454.27,光栅方程变为

$$\frac{1}{454.27} \times (\sin 11.3^\circ + \sin \theta) = \lambda$$

由于入射角固定  $i = 11.3^\circ$ ,且已知 285 nm 和 720 nm 波长处的衍射角,则可根据上式求出各单色光的衍射角,进而确定各单色光在光谱像面上的

位置以及相邻单色光的间隔。由上式算得各单色光的衍射角如表 1 所示。

表 1 衍射角

Tab. 1 Angle of diffraction	
波长 (nm)	衍射角 (°)
340	- 2.37813
404	- 0.711693
450	0.485608
480	1.26654
505	1.91749
546	2.98562
570	3.61132
600	4.39407
660	5.96219
700	7.01002
750	8.32317
800	9.64074

由表 1 可看出波长 700 nm 处的衍射角达到 7.010 02°,波长 800 nm 处的衍射角更高达 9.640 74°,而光栅的入射角为 11.3°,并且各单色光光谱像面和入射狭缝到光栅顶点的距离都在 130 mm 左右,这样光谱像面的长波波带与入射狭缝非常接近,这给光路结构、干扰光的减小、探测器的安排等都带来不便。所以在入射方向上增加了一个小反射镜,这样将光源安排在探测器(光谱像面)的左侧,使得总体结构更加合理。

本生化分析仪需要的波长带宽为 8 nm。单色器的带宽与光栅色散、入出缝宽度有关。可在硅光电二极管阵列探测器上加光阑(相当于出射狭缝)以获得所需的光谱带宽。由于此光栅的线色散率的倒数为 17 nm/mm,而需要的光谱带宽为 8 nm,则光阑透光孔的宽度可设计为 0.4 mm。

由于波长为 340 nm 的单色光光强较弱,杂散光较大,为提高 340 nm 处的信噪比,在 340 nm 出射光阑处加了一片透紫外滤光片。

分光光度计的探测器采用硅光电二极管阵列,它以双列直插共 40 个引脚封装,其中有 35 个二极管探测器,因此也就有 35 个信号输出引脚,还包括 4 个地引脚以及一个空脚。每个二极管探测器宽为 0.9 mm,高为 8 mm,间距为 0.2 mm。

在波长标定时,采用低压汞灯作为标定光源,低压汞灯发出 546 nm 绿光和 578 nm 黄光,利用读数显微镜观察光阑的 546 nm 和 578 nm 两光孔,只要在这两处分别观察到绿光和黄光就可以

认为从光阑各光孔射出的光是所需的各单色光。

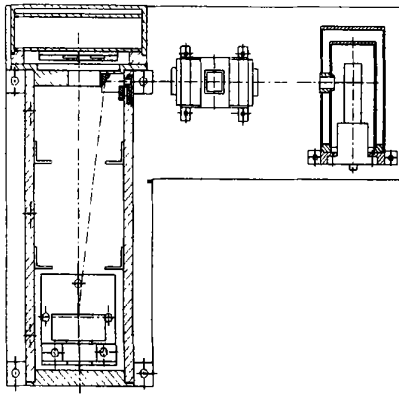


图 2 分光光度计结构图

Fig. 2 Structure of a spectrophotometer

标定好后,将光阑贴于光电二极管阵列探测器上,各单色光的光阑孔要与光电二极管阵列上的某一个二极管对应。由于光阑孔宽度为 0.4 mm,而每一个二极管宽度为 0.9 mm,所以可以做到使光阑孔透射的光全照射到某一个二极管上。

#### 参考文献:

- [1] CHRISP M P. Aberrations of holographic toroidal grating systems [J]. *Appl Opt*, 1983, 22(10):1508-1518.
- [2] CHRISP M P. X-ray spectrograph design[J]. *Appl Opt*, 1983, 22(10):1519-1529.
- [3] 罗庆尧,邓延倬. 分光光度分析[M]. 北京:科学出版社,1992. 57-60.  
LUO Q Y, DENG Y ZH. *Analyze with photometric* [M]. Beijing: Science Press, 1992. 57-60. (in Chinese)
- [4] 赵博,齐向东. 高效平面全息衍射光栅的获取方法[J]. *光学 精密工程*, 2001, 9(2):109-114.  
ZHAO B, QI X D. Manufacturing of high efficient holographic diffraction gratings[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2001, 9(2):109-114. (in Chinese)
- [5] 张江胜,冯长有. 光电定角比相法检测圆光栅测量精度的提高[J]. *光学 精密工程*, 2000, 8(5):482-486.  
ZHANG J SH, FENG CH Y. Improvement of measurement precision circular raster by photoelectric phase-comparing method for angle positioning[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2000, 8(5):482-486. (in Chinese)

作者简介:霍建伟(1976-),男,吉林长春人,1999年7月毕业于长春光机学院,获理学学士学位;1999年8月在中国科学院长春光学精密机械与物理研究所攻读硕士研究生,主要从事光谱技术方面的研究。

将 12 个光电二极管信号输出给 12 个前置放大器的输入端后由信号处理电路处理检测到的数据。光度计结构如图 2 所示。

#### 4.2 电子学系统的设计

生化分析仪分光光度计电子学系统设计包括硬件电路设计和软件设计:硬件电路包括光电二极管输出信号检测电路、波长选择及放大倍数选择电路、对数运算电路、A/D 转换电路、温控电路、控制及结果显示电路等;软件主要为 MCS-51 汇编程序,主要完成控制、数据运算、显示结果等功能。

## 5 结 论

本分光光度计由于采用后分光式光路,以全息凹面平像场光栅为分光元件,以光电二极管阵列探测器接收信号,可以实现光度的快速测量(每小时可作 500 次光度测量),而且由于没有活动元件,波长精度和重复性得到了保证。经过测试,分光光度计的主要指标都达到设计要求,具有高精度、高检测速度的特点,可以用于全自动生化分析仪。