

光谱仪

多波段光谱仪

多波段光谱仪的典型代表有基于凹面光栅的平场光栅分光方式和基于平面光栅的Czerny-Turner分光方式等。当要求实现高亮度光学系统时，通常采用平场光栅分光方式。

图1:平场光栅分光结构

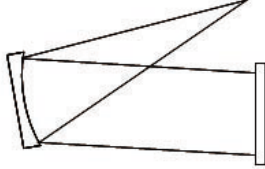
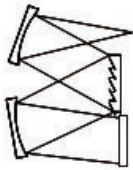


图2:Czerny-Turner分光结构

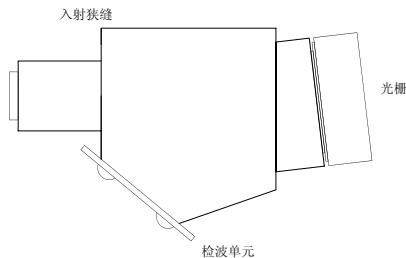


多波段光谱仪由入射狭缝、凹面光栅和检波器三部分组成。

光谱仪的波长分辨率主要由入射狭缝决定。光栅作为分散光线的基本单元，是决定光谱仪整体性能的重要因素。检波器主要用来接收光栅所分散出的光线。

多波段光谱仪可同时测量多个不同波长且主体体积较小，被广泛应用于血液分析仪器、食品成本分析等领域。

图3:多波段光谱仪的结构示意图



光学配置

采用凹面光栅的分光配置方式有以下两种。

罗兰 (ROLAND) 式配置

采用凹面光栅结构的多波段光谱仪，其阵列检波器排列于罗兰圆上。

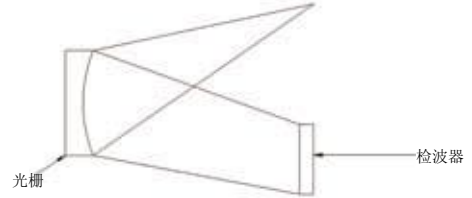
图4



平场式配置

把消像差光栅作为阵列检波单元排列于同一平焦场上。

图5



光栅种类

多波段光谱仪种类有利用凹面光栅的平场光栅系列

刻划光栅

用钻石刻划机在金属表面 (A1等) 上刻划一条条沟槽而成。只需更换钻石刻划机的刀刃形状，还可以制作出闪耀光栅

全息光栅

用双激光束干涉条纹砂刻而成。利用离子束照射方法，可制作出任意图案的闪耀光栅。

测光电路

多波段光谱仪的工作系统如下图6所示。其中，由检波器检测出的光谱经增幅器增幅后，通过A/D转换器由模拟信号转换为数字信号并输出至PC机。

图6:测光电路示意图



检波器种类

根据材质不同，检波器的灵敏波长也会有所不同。

- Si: 200~1000nm
- InGaAs: 900~1700nm

根据使用硅的CCD工作模式不同，还可分为正面照射型和背面照射型。与普通的硅检波器相比，背面照射型CCD的灵敏波长范围扩大至200~1100nm波段。

波长校正

光谱仪通常需要定期校正其波长，波长校正常用低压汞灯。
单色光谱仪以435.7nm波长为代表值进行校正。多波段光谱仪则通常采用水银的三个主要明线光谱（435.7nm、546.1nm、577.0nm）进行高次多项式校正。波长和像素之间的关系可用以下3次方多项式来表示。

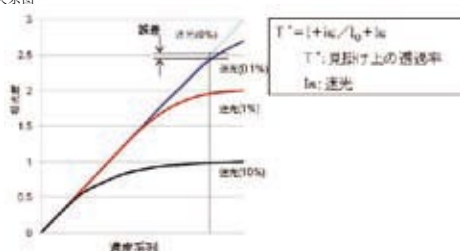
$$\lambda(\text{nm}) = a_0 + a_1\text{pix} + a_2\text{pix}^2 + a_3\text{pix}^3$$

pix: 图像传感器的任意像素数

a0~3: 光谱仪的固有相关系数

测量精度

图7：杂散光和测量误差关系图



吸收率实际值 (A)	杂散光引起的光吸收率误差	
	杂散光1%	杂散光0.1%
1	0.037	0.0038
2	0.296	0.0409
3	1.037	0.3
4	2	1.04
5	3	2

根据测量的吸收光谱曲线的半波宽(NBW)和多波段光谱仪的波长分辨率(SBW)，求出测量值和实际值之间的误差。

图8：NBW和SBW解说图



[专业术语解释]

波长分辨率

表示用光谱仪可测量的光谱带宽，相当于光谱峰值50%的带宽。主要取决于狭缝直径和光栅沟槽数。

波长精度（重复再现性）

重复进行相同测量时的波长误差。

波长的温度依赖性

表示外部温度每变化1度时的波长变化值。

光谱仪

分光方式

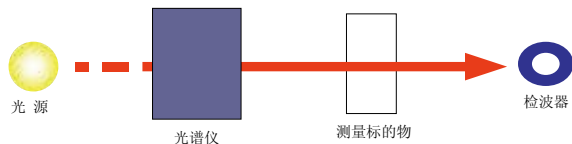
● 前分光方式

把分光光谱直接入射到测定标的物的测量方式。

优点：特定光谱以外的光线不会照射到标的物上。

缺点：须在暗室中进行操作。

扫描波长需要一定时间。

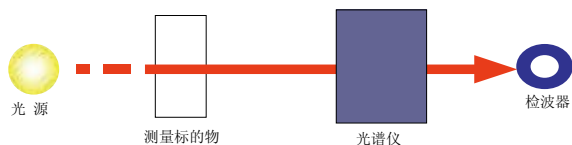


● 后分光方式

对测量标的物透射或反射出来的光谱进行分光并测量的方式。
多波段光谱仪从其机体构造来看，必然属于后分光结构。

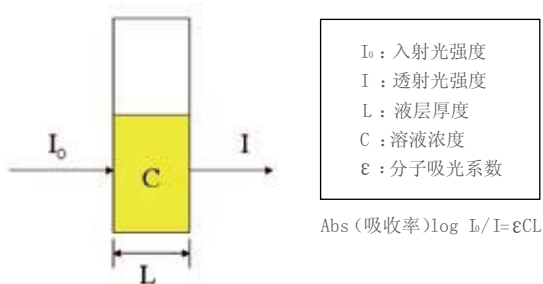
优点：能够进行开放式测量和瞬间测光。

缺点：连续光谱的入射光有可能会对标的物产生影响。



光吸收率

特定波长



光分散

光栅波长范围 $\lambda_0 \sim \lambda_n$ 除以检波器长度 L 的值 (mm)。
有时还用波长范围 $\lambda_0 \sim \lambda_n$ 除以检波单元数量之比 (nm/px1) 来表示。

杂散光

受光谱仪内部的光学元件或内壁的光散射影响，发射光谱中常常会掺和着极少量非指定波长光线，这部分光线统称为杂散光。比如，光栅的高次光或内部反射光等都属于杂散光，去除这些杂散光的主要方法就是在检波器前面设置可过滤杂散光的滤光片等光学器件。

波长精度

已知光谱（明线光谱等）测定值和绝对值之间的误差。

闪耀波长

光栅中衍射效率最高的波长。

动态范围

最大灵敏波长和最小灵敏波长之比。

分光配置 (mount)

是指由入射狭缝、光栅和检波器所构成的光学配置。