

实验光谱学 导论

(苏) B. И. 马留舍夫 著
林中 包学成 译
缪家鼎 校
浙江大学出版社

高等学校教学用书

实验光谱学导论

(苏) В.И. 马留舍夫 著

林 中 包学诚 译

缪家鼎 校

浙江大学出版社

内 容 简 介

本书是作者在莫斯科物理工程学院授课教材基础上编著的,经苏联教育部审定为高等学校物理专业教学参考书。

本书详细阐述最广泛应用的光谱仪器的工作原理,深入讨论光谱仪的光谱和光度特性、仪器的测量误差,介绍光谱测试方法、光谱仪器型式和测量条件的合理选择。

本书可作为综合性大学物理系,应用物理系,光学、光谱及光学仪器专业本科生的教学用书,研究生的参考书,也可作为上述领域工程技术人员的参考书。

实验光谱学导论

(苏)B. И. 马留舍夫 著

林中 包学诚 译 缪家鼎 校

责任编辑: 樊建勋

浙江大学出版社出版

浙江上虞汤浦印刷厂排版

肖山东湘印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本 850×1168 1/32 15 印张 400千字

1988年10月第一版 1988年10月第一次印刷

印数 1—4000

ISBN 7-308-00087-7

TP·009 定价: 3.50 元

序 言

光谱仪器和光谱研究方法现已广泛应用于物理、化学、生物、地质、医药等科学技术各个领域，以及学校和工厂的实验室中。

本书本质上属于教学参考资料，主要是帮助广大未经专门训练的研究人员了解实验光谱学的基本原理和熟悉广泛使用的光谱仪器。

作者根据上述目的，相当详细地叙述各章内容，以便使仅学过普通物理和数学的广大专业人员，以及物理和物理工程系光学专业的3—4年级学生容易理解。

本书主要是作者在莫斯科物理工程学院讲授了20多年的《光谱学实验方法》课程讲稿的扩充。

由于篇幅关系，本书只能限于论述经典的光谱仪器，例如棱镜光谱仪、衍射光谱仪以及法布里-珀罗干涉仪。尚未广泛应用的新型现代光谱仪器只在绪论中简单提一下，详细内容请参看有关文献。

作者衷心感谢M.A.马辛格和С.Г.拉乌青，书评家M.O.布拉宁、Г.Н.日晴和B.B.列别杰夫提出的宝贵意见和建议，并在手稿中已加以考虑。

В.И.马留舍夫

绪 论

光谱仪器的应用 光谱方法在各种光学方法中占有特殊的地位,它利用各种光谱仪器来研究辐射、吸收、反射、散射等的光谱。研究这些光谱能够得到关于辐射源物理过程以及辐射传播介质物理性质的大量信息。

光谱仪器应用在很宽的电磁波区域:从波长 $\lambda \approx 1-10$ 埃(\AA)*的软X射线辐射到 $\lambda \approx 1-2\text{mm}$ 的毫米波。这一电磁波区域称为光谱区域或光学区域。光学区域的确定与该区域内光谱仪各分光方法的共同性和这些光谱研究方法的共同性有关。在光学区域以外应用其它的方法和仪器:在较硬的X射线区域($\lambda < 1 \text{\AA}$)采用X射线方法,而在更长的无线电波区域中($\lambda > 1-2\text{mm}$)则采用借助天线、振荡回路、波导、谐振器等的纯无线电技术方法。

光学区域占24个倍频程,这是广泛运用光谱仪器的原因之一。光谱研究方法和光谱分析测量方法在科学技术所有领域的发展中起着特别重要的作用。它们被用来解决各种不同的科学的和实用的问题,而且这些问题的目的常常与纯粹的光谱问题不同,并不是仅研究电磁辐射本身,而是研究不同的物理现象或过程,以及根据光谱中含有的那些信息解决实际的问题。

光谱方法相当复杂,合理地使用它们以获得最多信息量,要求研究人员对光谱仪器有一定的知识和实际的技能。必须掌握各种仪器的作用原理、它们的光谱和光度特性,善于根据提出的任务、光谱类型和所用仪器型号等正确选择光谱的记录和处理条件。

光谱研究中得到的信息容量和质量不仅与光谱仪器本身型号

* $1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{m} = 0.1 \text{nm}$ ——译者注。

的正确选择有关,并且也与辐射源的工作规范、辐射探测器的类型和工作规范的选择有关。在光电记录式光谱仪器中,必备部分是相当复杂的放大记录组件,合理使用这些器件要求具备一定的实用电子学知识。

进行光谱照相记录时,必须考虑到用作辐射探测器的感光底片的特性。因此,现在广义的“光谱仪器”是指包括辐射源、照明系统、光谱仪以及带有放大记录组件的辐射探测器在内的整套装置。

光谱仪器的类型 光谱仪器本身可定义如下:将光学区域内的电磁辐射按波长或频率展开成光谱并对这些光谱进行研究的光学仪器称为光谱仪器。可以把光谱研究理解为确定辐射能量与波长或频率的关系。在这种仪器中,辐射展开成光谱的程序相应于将电磁脉冲展开成傅里叶级数或傅里叶积分的数学运算,而光谱中辐射能量与波长关系的研究程序相应于傅里叶展开中确定系数的运算。

所得光谱可根据所用的辐射探测器采用不同的方法来分析。在辐射作用下产生某种信号或“响应”的器件称为辐射探测器。换言之,在探测器中,电磁辐射能变换成另一种型式可直接进行测量的能。现在最常用的方法有下列几种:目视法(眼睛作为辐射探测器)、照相机(感光乳剂作为探测器)、光电法(各种光电管和如热电偶那样的热探测器作为探测器)。根据所用探测器的类型,光谱仪器大致可分为光谱目测式分光镜、照相记录式摄谱仪及光电记录式分光计和分光光度计。

采用某种方法确定了辐射能量与波长的关系以后,我们可以作出这一关系的曲线图,通常把这曲线图称为光谱。然而这样测得的光谱在一般情况下与被测辐射的真实光谱并不相符,因为光谱仅会有系统误差和随机误差。光谱包含的信息量与光谱仪的类型、参数及获得光谱的条件有关。

每种光谱仪均用下列基本参数表示它的特性:线色散、分辨率、色散区域、光强(集光能力)和光度精度。此外,每种光谱仪还

标明可用的最佳光谱区域。

线色散定义为比值 $dl/d\lambda$ ，这里 dl ——光谱中极相近波长 λ 和 $\lambda + d\lambda$ 辐射的间距。分辨率 \mathcal{R} 表示该光谱仪能够“分辨”的相邻单色谱线 λ 和 $\lambda + \delta\lambda$ 间的最小光谱区间 $\delta\lambda$ （即由它可断定光谱中两相邻谱线的存在）。

色散区域是指光谱中谱线波长和它的位置间具有单值关系的那一波长区域。光谱仪器的集光能力 \mathcal{P} 表示仪器的光度特性——它等于光源亮度 B 和直接测得的能量值 Φ 之间的比例系数，即 $\Phi = \mathcal{P}B$ 。集光能力与光谱仪的一系列几何参数和分光参数，从光源到辐射探测器整个光路中的辐射损失（§ 1.5, 1.7 节），以及光谱记录方法有关。由于任何能量值的测量总带有随机误差 $\delta\Phi$ （ $\delta\Phi$ ——均方误差， $\delta\Phi = \sqrt{\overline{\delta\Phi^2}}$ ），仪器集光能力就将影响光谱能量特性测量结果的相对误差 $\delta\Phi/\Phi$ 。

引起随机测量误差的原因很多，但对每一种光谱仪（包括辐射探测器和放大记录组件）存在着最小或极限的测量误差。对于现代光谱仪器，这一误差由某种占优势的起伏过程引起的记录噪声值决定。

此外，每台光谱仪，如已经指出的，具有极限的理论分辨率，即可分辨的最小的光谱间隔 $\delta\lambda$ （或 $\delta\nu$ ），它的大小也与仪器的一系列几何参数和分光参数，以及所用辐射探测器的类型有关。光谱仪器分辨率定量地可由 $\mathcal{R} = \lambda/\delta\lambda$ 值确定。

这样，每台光谱仪由于存在着最小的 $\delta\phi$ 和 $\delta\lambda$ 而限制了它的信息量。如果在规定时间内记录光谱段 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ ，则可分辨的最小光谱间隔（光谱元）数等于 $\tilde{\eta} = \Delta\lambda/\delta\lambda$ 。如果这时记录的平均辐射通量为 ϕ ，则记录能量元数，或信噪比等于 $\tilde{\chi} = \phi/\delta\phi$ 。上述两个量的乘积 $\tilde{\eta}\tilde{\chi} = \frac{\Delta\lambda}{\delta\lambda} \frac{\Phi}{\delta\Phi}$ 可以认为是光谱仪信息量的特性参数，或者质量参数[2]。考虑到关系式 $\Phi = \mathcal{P}B$ 和 $\mathcal{R} = \lambda/\delta\lambda$ ，求得

$$\tilde{\eta} \tilde{\chi} = \frac{\Phi}{\delta\Phi} \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{B}{\lambda} \frac{\Delta\lambda}{\delta\Phi} \mathcal{P} \mathcal{R} \propto \mathcal{P} \mathcal{R}$$

由此可见,对于亮度 B 的某辐射源,光谱段 $\Delta\lambda$ 和光谱区域 λ , 在规定的记录噪声 $\delta\Phi$ 下, 仪器的信息量与集光能力和分辨率的乘积 $\mathcal{P} \mathcal{R}$ 成正比。但是,在大多数情况下,对于每一种光谱仪,乘积 $\mathcal{P} \mathcal{R}$ 实际上是常数,因此增大 \mathcal{P} 就会减小 \mathcal{R} , 反之亦然。只有在改变仪器的几何参数或分光参数时,也即换用另一类型的仪器时,才能独立地增大 \mathcal{P} 和 \mathcal{R} 。

实验光谱学正沿着研制具有更大的 \mathcal{P} 和 \mathcal{R} 值,即更大信息量的新型光谱仪的道路发展。然而应该指出,光谱仪实际得到的信息量取决于该光谱仪适用的光谱区域、记录噪声的性质、光谱记录的时间和工作规范。

在光谱研究的实践中,现在应用了大量不同的光谱仪,它们在辐射展开成光谱的方式,光谱记录方法,信息量等方面都不一样,并且根据所研究的光谱区域,仪器的光学系统和结构亦各有特点。此外,电子计算机开始广泛用于测量过程自动化和所得光谱的自动化处理[1]。

近来,最广泛应用的是辐射在空间分解为光谱的光谱仪,其中不同波长的辐射按方向分解。光谱未分解的入射辐射束转换成不同波长光束的组合,以不同方向从色散元件出射。这时,光束相对某规定方向的偏向角 φ 与波长有关,即 $\varphi = \varphi(\lambda)$ 。利用折射棱镜或衍射光栅作为色散元件的棱镜和衍射光谱仪器,以及在轴外区域记录光谱的法布里-珀罗干涉仪(第六章)都属于这一类光谱仪器。

光谱仪器中记录空间分解光谱的方法有摄影法和光电法。然而现有的经典光谱仪器都是利用棱镜和衍射光栅将辐射分解成空间光谱并用光电法记录,由于仪器的物理集光能力和分辨率较小,所以信息量也比较少。随着光电记录光谱方法的发展,研制出了较经典仪器具有更高集光能力和分辨率的新型光谱仪。

例如,光电记录干涉图样中心斑强度(即记录轴上光谱)的法

布里-珀罗干涉仪较衍射分光计和棱镜分光计有更高的集光能力(同样分辨率下)。在这种仪器中,辐射光谱成分的分析依赖于相干光束程差的变化,由此在规定的方向上辐射通量强度随波长而变化。

此外,研制出许多新型的光谱仪器,它们是根据完全不同的原理设计的,因而能够得到更大的集光能力。其中之一就是康奈斯(Connes)在1957年提出的干涉选择振幅调制分光计(SISAM)[3]。不同的光谱元不仅由于色散而分离,并且也由于辐射振幅调制深度与波长相关而分离。相干光束程差变化时产生的振幅调制深度,除了分布在调制深度接近于100%的窄光谱区域中的光波外,对于所有其他的波长是很小的。

选择振幅调制(即信号的调制深度与波长相关)也可用于增大普通的经典色散光谱仪的集光能力,例如在带有光栅选择振幅调制的分光计中。第一台这种类型的分光计是日拉尔(Girard)1963年研制成功的[4],其中不用普通衍射单色仪的入射和出射狭缝,而是安装了各类型(在日拉尔分光计中是双曲线型)透明和不透明段构成的同形栅板(遮片),且透明部分栅板的总面积要比普通单色仪的狭缝面积大得多。在入射栅板像垂直于色散线作不大的振动时,出射栅板辐射调制深度仅对于入射栅板像与出射栅板精确符合的那一波长等于100%。对于其它波长,调制深度不大。

1968年曾提出这样的设想[5](1970年得到实现[6,7]),用增大记录波长间隔的方法来增加入射到探测器上的出射辐射通量。为此,单色仪单缝装置由透明和不透明单元组成的多缝编码栅板所代替。这些单元在栅板上的相互位置遵循一定的规律(相应于阿达玛周期矩阵系数位置)[5,6]。编码栅板相对于被研究的光谱段间歇地移动(一个单元)时,通过测量整个栅板的总幅射量来记录光谱。这些测量结果与寻常光谱不一致,而为了得到寻常的光谱,可以借助于电子计算机进行解码阿达玛变换。

在上述新型光谱仪中,主要依赖增大几何集光能力或增加入

射到探测器的辐射通量，而不改变理论分辨率来改善仪器的参数。此外，在振幅调制式光谱仪中，如同经典仪器一样，循序扫描光谱，在每一瞬间仅测量一个光谱间隔，至于带有编码栅板的多狭缝分光计同时测量由编码栅板长度限定光谱段内的相当多的光谱间隔内发出的通量。

在频率调制分光计或傅里叶分光计中，同时记录整个被测光谱，信息量就可大大增加。傅里叶分光计(带有活动反射镜的迈克尔逊干涉仪)的相干光束程差的改变导致单色幅射分量的强度调制，且调制频率单值地决定于波长。这样，在复合光谱的情况下，谐波调制辐射总通量入射到探测器，此时探测器上产生的信号由直流分量和交流分量组成，它是能量按频率分布的函数，即被测辐射光谱的傅里叶变换。为得到寻常光谱必须利用电子计算机进行傅里叶变换[1]。

傅里叶分光计的理论分辨率决定于干涉仪活动反射镜的最大位移，原则上它可以作得很大，因而也是这种类型分光计的优点。实际上能得到分辨极限为 0.005cm^{-1} 。

但应该指出，大多数上述新型光谱仪并非在所有光谱区域都能获得信息量增益。这与下列情况有关。

能获得信息量增益的原因不仅依赖于增大几何集光能力，而主要依赖于增大探测器的入射总辐射通量 Φ ，即量 Φ 的增大所引起的信噪比提高。上述增益只发生在增大辐射通量不伴随产生噪声增高的情况下，也就是记录噪声值与探测器上的入射通量值无关的情况下。例如在红外光谱区域当利用热探测器或光敏电阻时，记录噪声通常仅决定于探测器本身的起伏过程，而与探测器上全部入射通量的绝对值无关。在可见、紫外和近红外($\lambda \leq 1.2\mu\text{m}$)光谱区域工作时，常利用光电管和光电倍增管作为探测器，这时随机测量误差决定于光学噪声或量子噪声，它的大小随总通量增加而增高。计算表明，在上述光谱区域内，不能取得所述的增益[2]。由于这种情况，傅里叶分光计、干涉选择调幅分光计、栅板和多缝分光计现在主要用于红外光谱区($\lambda > 1.2\mu\text{m}$)。例如，应用十分广

泛的傅里叶分光计多半用于红外区域(2—2000 μm), 这时最能充分地显示出它的优点。其它的新型光谱仪现在还没有得到广泛的应用。

这些新型光谱仪, 以及带有光电记录和光谱扫描的经典仪器仅适用于研究光源光谱, 这种光源的亮度在整个记录时间内不随时间变化。根据这个原则, 这类仪器不适用于研究脉冲光源光谱, 尤其不适用于研究脉冲激光辐射光谱。研究脉冲光源的积分(按时间)光谱, 普遍应用光谱空间分解和照相记录式经典光谱仪器。这时利用了感光乳剂非常重要的性质——短时间内同时记录宽广波长区域中大量的光谱单元(照相记录最充分运用光谱的所有信息)。根据单位时间记录的信息量, 照相方法比所有其它记录方法都优越。

借助于特种光谱仪(通常为辐射空间分解和照相记录式)可以研究被测光谱随时间的变化, 能用各种方法实现光谱的时间扫描[10]。为了进行时间扫描既可应用光学机械系统(例如转镜), 也可用带有电子光学变换器和电子时间扫描的光电子系统。现代光电子方法能够记录时间分辨约为 10^{-12}s 的光谱。

在辐射光谱成分分析的新方法中, 还应指出全息法, 这是激光有效地应用于全息照相技术后出现的。有种光谱学全息照相法, 光谱的研究分两个阶段[9,11]。首先利用双光束干涉仪(迈克尔逊干涉仪型式)和感光板得到被测辐射源的光谱全息图, 而后以全息图作为色散和聚焦元件, 借助单色激光辐射进行被测光源光谱成分的分析。必须指出, 由于在感光板上同时记录下整个被研究光谱区的全息图, 全息法亦可用于分析脉冲光源的积分光谱。

近来为取到吸收光谱开始应用崭新的方法, 而不用原有的光谱仪器, 即不将辐射分解成光谱。在这些方法中, 应用调频准单色辐射源, 并直接测量出被测物质的透射系数与波长的关系[10], 以调频激光器作为单色辐射源, 而在远红外区则用倍频回波振荡管。这种方法的分辨率决定于辐射的光谱宽度, 因而在许多光谱

区域中比传统的分光方法高得多。新方法的缺点是调频区域暂时比较小，实现调频时调试困难很大。新型光谱仪器的简要阐述参见文献[12,13]。

综上所述，新型光谱仪现在尚未都得到实际应用，其中很多种还处于实验样机阶段，必须继续完善。只有几种新型光谱仪器已投入成批生产(傅里叶分光计,日拉尔分光计)。

鉴于上述情况,也因本书篇幅有限,以下章节将只详细讨论现在最广泛使用的光谱仪,也就是一维色散光谱仪器(棱镜光谱仪和衍射光谱仪)和二维色散光谱仪器(法布里-珀罗干涉仪),以及利用这些仪器的基本分光光度测量方法。

目 录

绪 论

第一章 一维色散光谱仪器的基本特性	1
§ 1.1 概述 辐射在空间分解为光谱的仪器	1
§ 1.2 光谱的形成	3
§ 1.3 光谱仪器中的衍射现象	13
§ 1.4 光谱仪器的分辨本领 仪器函数	24
§ 1.5 一维色散光谱仪器的光度测量特性	34
§ 1.6 线光谱时的照度集光能力	37
§ 1.7 衍射和像差对单色谱线照度的影响	42
§ 1.8 连续光谱时光谱仪器的照度集光能力	47
§ 1.9 连续光谱的纯度	52
§ 1.10 线光谱时的通量集光能力	55
§ 1.11 连续光谱时的通量集光能力	61
§ 1.12 真实的和观测到的光谱轮廓 系统的仪器畸变 卷积 方程式	70
§ 1.13 狭缝仪器函数时的仪器畸变	85
§ 1.14 照相记录光谱时的仪器畸变	87
§ 1.15 光电记录光谱时的仪器畸变	90
§ 1.16 分光计的探测——放大部分引起的仪器畸变	94
§ 1.17 光电记录光谱时测量误差的相互关系	98
§ 1.18 一维色散光谱仪器的结构元件	102
第二章 棱镜光谱仪器	119
§ 2.1 光束在棱镜系统主截面内的折射	119
§ 2.2 不在主截面内的光线在棱镜中的折射 狭缝像的弯曲	129
§ 2.3 棱镜的像散	135
§ 2.4 棱镜和棱镜系统的色散	139

§ 2.5	棱镜系统引起的谱线弯曲	148
§ 2.6	棱镜和棱镜系统的分辨率	150
§ 2.7	棱镜光谱仪器中的光损失	157
§ 2.8	棱镜光谱仪器的基本型式	169

第三章 衍射光谱仪器186

§ 3.1	平面衍射光栅理论	187
§ 3.2	衍射光栅的分光特性	200
§ 3.3	振幅衍射光栅	215
§ 3.4	三角形刻线形状的衍射光栅——小阶梯光栅	218
§ 3.5	小阶梯光栅参数和工作光谱区域的选择	225
§ 3.6	在带有平面衍射光栅的仪器中光谱线的弯曲	237
§ 3.7	带有平面衍射光栅的仪器的光度特性	239
§ 3.8	带有平面衍射光栅的光谱仪器的基本型式	243
§ 3.9	衍射分光计和棱镜分光计的信息容量比较	259
§ 3.10	带有凹面衍射光栅的仪器	262
§ 3.11	凹面衍射光栅的像散	268
§ 3.12	像散的补偿方法	276
§ 3.13	带有凹面衍射光栅的摄谱仪和单色仪	282
§ 3.14	衍射光栅的质量	289

第四章 能量测量293

§ 4.1	辐射探测器及其主要特性	293
§ 4.2	作为辐射探测器的感光乳剂	300
§ 4.3	感光乳剂的感光度和光谱灵敏度	311
§ 4.4	互易律的失效	316
§ 4.5	感光光度测量 光谱线相对亮度的确定	320
§ 4.6	标准光源	336
§ 4.7	光度测量技术 测量误差	341
§ 4.8	利用感光方法测定光谱线的轮廓	348
§ 4.9	光度测量时连续光谱背景的消除	352
§ 4.10	热辐射探测器	354

§ 4.11	光电探测器	362
§ 4.12	利用光电方法测量光谱线的相对亮度	372
§ 4.13	光谱的调制记录方法	377
第五章	吸收光谱测量	380
§ 5.1	吸收光谱的表示方法	381
§ 5.2	吸收光谱的仪器畸变	384
§ 5.3	透射系数的测量方法	388
§ 5.4	用双光束分光计测量吸收光谱	390
§ 5.5	双光束分光计工作的说明	395
§ 5.6	供测量吸收光谱用的典型仪器	398
第六章	法布里-珀罗干涉仪	403
§ 6.1	法布里-珀罗干涉仪的结构	404
§ 6.2	法布里-珀罗干涉仪产生的干涉图样上的强度分布	405
§ 6.3	法布里-珀罗干涉仪的仪器函数	410
§ 6.4	法布里-珀罗干涉仪中的衍射作用	413
§ 6.5	干涉图样的线性参数	418
§ 6.6	法布里-珀罗干涉仪的光谱特性	421
§ 6.7	摄影记录光谱的法布里-珀罗干涉仪	428
§ 6.8	实际应用法布里-珀罗干涉仪的意见	432
§ 6.9	光电记录光谱的法布里-珀罗干涉仪	436
§ 6.10	法布里-珀罗干涉仪与衍射式分光计的比较	442
附录 1	增大棱镜光谱仪器色散的方法	447
附录 2	红外光栅在大衍射角下的使用	451
附录 3	波长 $\lambda = 0.65\mu\text{m}$ 上钨的发射率 $\epsilon(\lambda, T)$ 与温度的关系	555
附录 4	感光光度实验的附加说明	456
参 考 文 献	461

第一章 一维色散光谱仪器的基本特性

§ 1.1 概述 辐射在空间分解为光谱的仪器

辐射在空间分解为光谱的仪器按色散元件型式来分有如下几种：三界面折射棱镜、各种衍射光栅（包括迈克尔逊阶梯光栅）及干涉仪（法布里-珀罗干涉仪，陆末-盖克平板），按色散元件种类则可分为棱镜、衍射和干涉等三类仪器。可以把近来出现的全息分光计列入这类光谱仪器，这种分光计用全息图作为色散元件，并把辐射进行空间分解为光谱。

一维色散光谱仪器由三个基本部分组成：入射准直系统（准直仪）、色散系统、照相机（摄谱仪）或出射准直系统（单色仪）（图 1.1）。入射准直仪由物镜和狭缝组成。狭缝置于准直仪物镜焦平面的光轴上，相对色散元件以一定方式定向。光由被测光源入射准

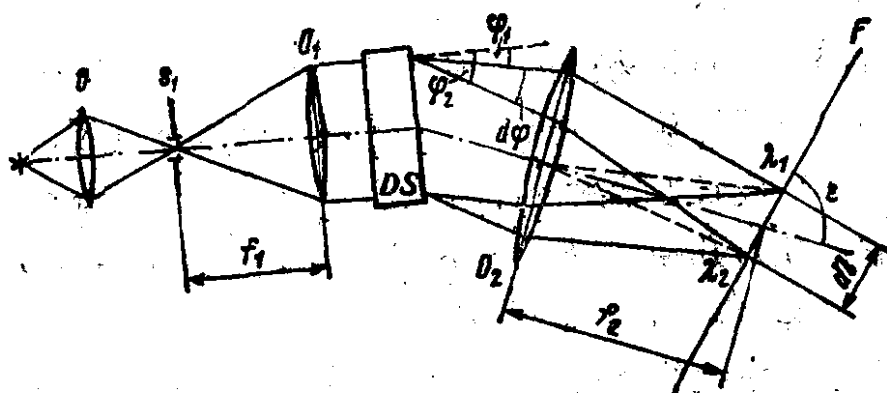


图 1.1 一维色散光谱仪器的原理图 Q—聚光物镜
S₁—入射准直仪狭缝，O₁、O₂—准直物镜和摄影物镜，
DS—色散系统，f₁和f₂—物镜的焦距，φ_{1,2}—波长λ₁和λ₂平行光束的偏转角
直仪狭缝时（如借助透镜使之在狭缝上成像），狭缝上每一点有平行光束从准直仪物镜射出。这些未经分解为光谱的辐射束投射到

色散系统上,由后者转变为单色平行辐射束组,视不同的波长偏转不同的角度 φ 。色散系统的作用在于射出一组平行光束,其数目取决于入射辐射的波长数。如果色散系统偏转不同波长的平行光束,使它们位于所有波长的公共平面上(色散平面),则具有这种色散系统的仪器称为一维色散光谱仪器。棱镜光谱仪、衍射光谱仪及全息分光计均属此类。

具有对称轴的法布里-珀罗干涉仪是二维色散仪器,因为不同波长的辐射是沿着以仪器光轴为中心的圆半径分解的,从而光谱线呈现为环形的等倾干涉条纹。陆末-盖克平板原则上也属于二维色散的仪器,因为它也是给出等倾条纹,虽然借助于它所得到的光谱和一维色散的光谱相似。

来自色散系统的单色平行光束组随后投射到照相物镜上,物镜聚焦平行光束,在其焦平面上形成入射狭缝 s_1 的不同波长“成像”组。这里的“像”加上了引号,因为甚至是狭缝式光谱仪器,也只在宽缝(宽度大于某个值 s_{10})和单色辐射条件下,才会是狭缝的真实像(几何光学范围内)。在法布里-珀罗干涉仪的情况中,照相物镜的焦平面上形成不同波长干涉极大值组,分布在准直系统入射光阑的“像”域内。

这些“像”在照相物镜焦平面上的几何位置也就组成了被测辐射的光谱,“像”的数目决定于光源光谱中单色分量数,而它们的强度——每一波长处辐射的光谱亮度,则决定于光谱仪器的参数——它的相对孔径(光强)。连续光谱光源条件下,各波长的“像”彼此叠在一起,焦平面上呈现接连一片的光谱。

每个色散系统的特征是它的角色散和光谱范围。假设辐射中有两无限接近的波长 λ_1 和 λ_2 ,相差 $d\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ 。如果它们经色散系统出射的平行光束间夹角等于 $d\varphi$ (图 1.1),则比值 $d\varphi/d\lambda$ 称为色散系统的角色散。角色散值和色散系统的类型有关。通常干涉计的角色散比衍射光栅的大,而光栅的又比棱镜的大。角色散是光谱仪器的重要特性,它影响着谱线波长测量的精度、光强和分辨本领。