

真空紫外光谱仪杂散光的 吸收光谱测量方法

刘 宁 胡仁超

摘要: 本文提出了利用气体吸收光谱以及参数拟合的方法测量真空紫外光谱仪的杂散光,并用这种方法测量了N-100真空紫外光谱仪1650—1750Å的杂散光。

一、前 言

光谱仪是进行光谱分析的重要工具,利用光谱仪输出的单色光还可以进行其他工作。但是,当光谱仪用于定量测量时,会遇到杂散光问题。即光谱仪输出的通带以外的那部分光辐射会给实验结果带来误差。因此我们必须对杂散光进行测量。目前关于近紫外、可见以及红外波段光谱仪的杂散光,人们已经作了一些测量工作。其方法归纳起来主要有:(1)测量截止滤光片透过率的方法^[1],(2)级数透过率的方法^[2],(3)光学方法^[3],(4)卷积计算的方法^[4]。在真空紫外波段,以上几种方法并不是很适用。这主要是因为:(1)在真空紫外波段可使用的截止滤光片比较少,(2)在真空紫外波段获得较强的单色光比较困难。为此,本文提出了利用气体吸收光谱以及参数拟合的方法测量真空紫外光谱仪的杂散光。

二、测量方法

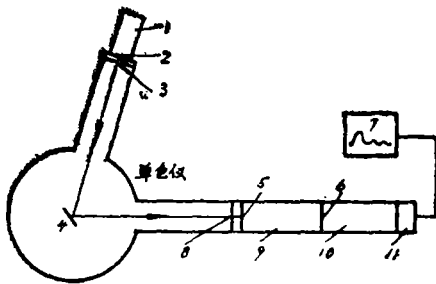


图 1 实验装置

- 1—光源 2—石英窗口 3—入射狭缝 4—光栅
5—MgI₂窗口 6—水杨酸钠板 7—记录仪
8—出射狭缝 9—吸收室 10—光电倍增管
11—放大器

实验所采用的测量装置如图 1 所示。

实验使用的光源是壁稳氩弧连续光源,光源前加石英窗口,光辐射的波段范围由 1650 Å 到可见。光谱仪是长春光机所研制的 N-100 真空紫外单色仪,波段范围为 500—3000 Å。吸收室放在光谱仪出射狭缝和探测器之间,吸收室内充入氧气作为吸收介质。

当一束平行的单色光入射到一均匀的气体吸收介质时,其入射光强 I_0 和透射光强 I 满足 Beer-Lambert 定律:

$$I = I_0 \exp\left(-\mu \frac{273}{T} \frac{p}{760} L\right)$$

(1)

其中 μ 是气体的吸收系数, T 是气体的绝对温度, p 是气体的压强, L 是气体的几何吸收路径。

由于光谱仪存在杂散光，因此，我们所测得的氧气的透过率并不满足Beer—Lambert定律。此时氧气的透过率与吸收系数和杂散光的关系近似为：

$$T = \frac{\exp\left(-\mu \frac{273}{T} \frac{p}{760} L\right) + S}{1 + S} \quad (2)$$

其中S称为杂散光比，它定义为光谱仪输出的通带以外的光辐射与通带以内的光辐射之比。

(2)式是在假设杂散光不被氧气吸收的情况下得到的。如果考虑氧气对杂散光的吸收，我们可以作进一步的近似。实际上，在我们这种情况下，被氧气吸收掉的杂散光是很少的。因此，(2)式中的近似是可行的。

实验中我们改变吸收室氧气的压强*p*，同时测出氧气的透过率。由(2)式有：

$$T_i = \frac{\exp\left(-\mu \frac{273}{T} \frac{p_i}{760} L\right) + S}{1 + S} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

其中*n*为测量次数，实验中我们一般取*n* = 10。

我们采用参数拟合的方法求S和μ，即利用LMF算法^[5]求

$$R = \sum_{i=1}^n \left[T_i - \frac{\exp\left(-\mu \frac{273}{T} \frac{p_i}{760} L\right) + S}{1 + S} \right]^2 \quad (4)$$

最小时的S和μ。由于同时还得到了氧气的吸收系数μ，因此，由氧气吸收系数测量的准确性就可以判断杂散光测量的准确性。

三、实验结果

实验中我们测量了氧气在1650—1750Å的吸收系数以及光谱仪在此波段的杂散光。表1表示了1700Å处实验所测的一组数据及计算结果。图2表示了此组数据所对应的点以及由参数拟合所得到的曲线。此时吸收室的长度为5.28cm，温度为22°C。

由于我们使用的是壁稳氩弧连续光源，它在近紫外及可见波段有很强的辐射，因此造成了光谱仪的杂散光比较大。并在实验中发现，杂散光大部分来自于长波辐射（1800Å以上的光辐射）。

表 1

<i>p</i>	9.24	8.59	8.08	7.66	7.50	7.15	7.01	6.81	6.54	5.96
<i>T</i>	0.31	0.34	0.36	0.37	0.38	0.40	0.41	0.41	0.42	0.46
$\mu = 24.44 \pm 0.22 \quad S = 0.13 \pm 0.07$										

我们将所测量的氧气在1650—1750Å的吸收系数与前人的工作^[6]进行了比较。其结果如图3，4所示（其中·表示了我们所测得的结果）。

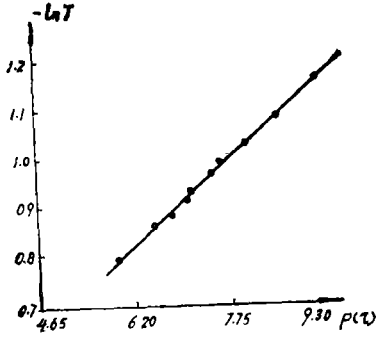


图2 实验结果

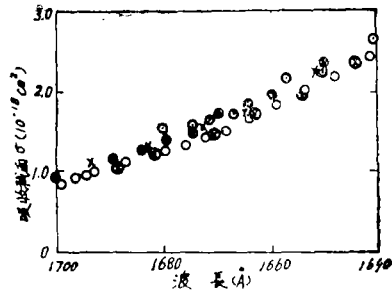


图3 O₂在1640—1700Å的吸收截面*

○ Watanabe等 [1953] × Blake等 [1966]
 ⊙ Metzger等 [1964] ⊗ Hudso等 [1966]

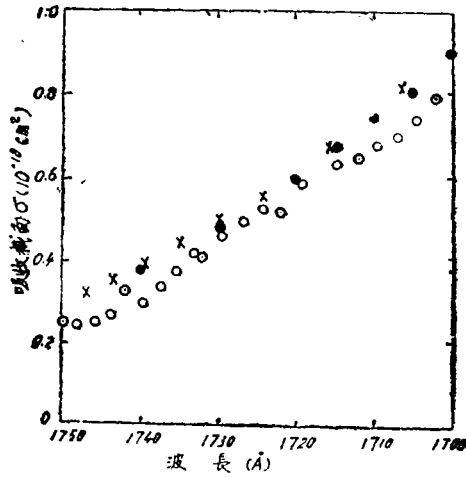


图4 O₂在1700—1750Å 的吸收截面

由图3、4可以看到，用参数拟合方法测出的氧气的吸收系数是准确的。因此也说明了所测得的杂散光也是准确的。由于实验中光强测量误差和压强测量误差较大，使得杂散光测量的误差也比较大。如果进一步提高光测量和压强测量的精度，还可以得到较好的结果。

参 考 文 献

- [1] K.D.Mielenz et al.; Appl.Opt., 1982, 21, 3354.
- [2] C.Miranda et al.; Appl.Spectrosc., 1971, 25, 557.
- [3] A.W.S.Tarrant; Opt. Acta, 1978, 25, 1167.
- [4] Wilbur Kaye, American Laboratory, 1983, November, 13.
- [5] 邓乃扬著;《无约束最优化计算方法》,科学出版社, 1982.
- [6] R.D.Hudson; Rev. Geophys. and Space Phys., 1971, 9, 305.

* 吸收截面σ与吸收系数μ的关系为 $\mu = n \cdot \sigma$, $n = 2.69 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$

Measurement of Stray Light in VUV Monochromator Using Gas Absorption Method

Liu Ning Hu Renchao

Abstract

A method based on gas absorption and least-square fit is developed for measuring the stray Light in vacuum ultraviolet monochromators. Measurements of stray light in a N-100 Vacuum ultraviolet monochromator are carried out in the region 1650—1750Å