

图6 光学高速扫描装置

全息凹面光栅用来装架激光拉曼光谱仪有

杂散光小, 结构简单的优点. 全息凹面光栅还可以做成焦比 $F/1$, 因而可望有大的集光本领, 适于装架成星体光谱仪器. III型全息光栅在某个指定波长, 可以有超过百万以上的分辨率, 可供做同位素光谱分析之用.

参 考 文 献

- [1] W. I. Welford, *Aberration Theory of Gratings and Grating Mountings*, *Progress in Optics*, 4 (1965), 243.
- [2] H. G. Beutler, *J. Opt. Soc. Am.*, 35(1945), 311.
- [3] 波冈武, 野田英行, *光学*, 3-1(1974).
- [4] 江苏师院物理系光栅组, 全息凹面光栅象差理论, *江苏师院学报*, 第一期 (1978).
- [5] 江苏师院物理系光栅组, 全息平面光栅的研制和工艺, *江苏师院学报*, 第一期 (1978).
- [6] H. M. Smith, *Principles of Holography*, J. Wiley and Sons Inc, Interscience, New York, 1969. (全息学原理(中译本), 科学出版社, 1973年.)

光谱法测定锂同位素的丰度*

汤 晓 冯宝华

(中国科学院物理研究所)

一、引 言

测定同位素的丰度, 通常使用质谱法, 但是质谱仪设备庞大, 价格昂贵, 操作复杂, 不易普及, 不能满足经常性的, 大批样品分析工作的要求. 与此相比, 用空心阴极灯作光源, 用法布里-珀罗标准具作分光器来测定同位素丰度, 虽然精度稍差, 但由于所需设备简单、操作方便, 因而仍有很大的实用意义.

早在五十年代, 就有不少人用光谱法测定锂同位素的丰度^[1]. 1972年福岛弘之^[2]改进了实验方法, 使测量精度有了较大提高. 我们在此基础上, 改进了空心阴极灯的结构和氦气循环系统, 简化了样品制备的手续, 采用锁相放大器, 降低了工作电流, 提高了光强的稳定性, 从而保证了测量的精度.

二、原 理

同一元素的同位素原子, 由于核的质量或结构不同, 原子的光谱线会分裂成属于各同位素的谱线组. 利用各谱线组的强度比来确定相应同位素的丰度比, 这就是光谱法的基本原理. 一般来说, 各谱线组的强度比并不恰好等于相应同位素的丰度比. 这是因为: 第一, 由于各种原因, 谱线不能充分分开; 第二, 谱线有自吸收现象; 第三, 在化合物中, 不同的同位素原子, 由于核质量的差别, 其离解能也不同, 光谱测量中, 离解能低的同位素的丰度, 其测量值会比实际值高些; 第四, 对轻元素而言, 核质量的差别, 引起多普勒加宽的程度也不同. 核质量小的同位素, 多普勒加宽严重, 谱线的峰值强度会低

* 1978年6月16日收到.

些,因而它的丰度的测量值就比实际值偏低些。但是第三和第四两点的影响是很小的,完全可以忽略不计。因此主要是解决第一和第二两个问题。

锂共振线 6708 \AA 的同位素位移与它的精细结构分裂数值相近,所以,四条线中有两条是重叠在一起的,实验上只能观察到三条,如图 1 所示。

为了用法布里-珀罗标准具分开这三条线,它的自由光谱区必须大于 0.32 \AA 。但如果自由光谱区选得过大,就会降低仪器的分辨本领,容易引起仪器加宽而使谱线重叠^[1]。若有意识把自由光谱区定为 0.32 \AA , 这时 A_1 线和 B_2 线便重叠在一起,可以记录到的是 $(A_1 + B_2)$ 和 $(A_2 + B_1)$ 这两条谱线,因为自由光谱区较小,所以这两条线分得很开。根据光谱学中熟知的强度定则,我们有

$$\begin{aligned} A_1 : A_2 &= B_1 : B_2 \\ &= 2 : 1 \quad (1) \end{aligned}$$

从实验上测得的 $(A_1 + B_2)$ 和 $(A_2 + B_1)$, 先求出

$$x = \frac{A_2 + B_1}{A_1 + B_2} \quad (2)$$

利用关系式 (1), 可以算出 ${}^6\text{Li}$ 在整个样品中所占的原子百分比为

$$\theta_{{}^6\text{Li}} = \frac{2x - 1}{1 + x} \times 100\% \quad (3)$$

这个方法是文献 [2] 所采用的, 它解决了标准具的自由光谱区和分辨率的矛盾, 能把谱线充分分开。此外, 还要对空心阴极灯实行水冷, 防止高温时产生多普勒加宽。

谱线的自吸收往往使测量值与实际值之间偏离很大。所以, 五十年代的工作都以已知丰度的样品作标准, 把在标准条件下测量的值进行定标或作校正曲线, 以后的实验就得严格符

合标准条件, 否则将产生极大的误差。为了减小谱线的自吸收, 一般采用光谱学中常用的办法, 那就是在样品中掺上石墨粉末, 借以降低样品在放电过程中的蒸发量, 减小发光区周围的基态原子的密度。另外还要采用尽可能小的工作电流, 这不仅对减小自吸收而且对提高光强的稳定性是十分有利的。我们采用了极低的工作电流 (2—3 mA), 有效地抑制了自吸收, 所以, 谱线的强度比直接地代表了相应同位素的丰度比。

三、实验装置

图 2 为实验装置的示意图。

由空心阴极灯发出的光, 经 $f = 11 \text{ cm}$ 的透镜会聚准直后, 由光束分裂器分出少量的光, 经单色仪选出 6708 \AA 线来, 由光电倍增管 1 把光讯号转变成电讯号, 直接被函数记录仪 (LZ3-204 型) 的 y_1 笔所记录, 见图 7 上部的直线。这个讯号代表总的光强, 只有当这个光强达到稳定时, 光谱测量才是有效的。

透过光束分裂器的光, 经法布里-珀罗标准

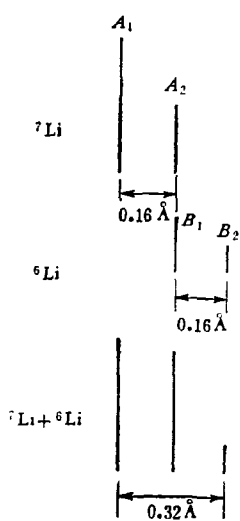


图 1 锂共振线 6708 \AA 的结构

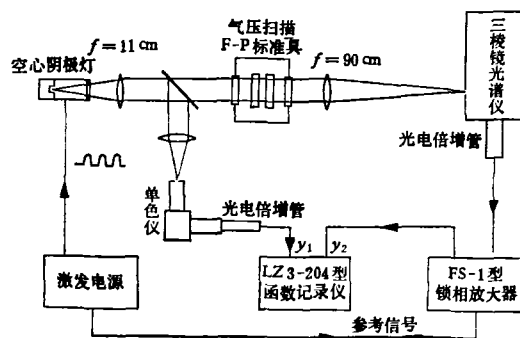


图 2 实验装置示意图

具多次反射后, 透过部分被 $f = 90 \text{ cm}$ 的长焦距透镜聚焦在光谱仪入射狭缝平面上, 产生一系列同心干涉圆环。光谱仪的入射狭缝被直径 1 mm 的小孔所取代。在光谱仪板盒处装上 1.5 mm 宽的出射狭缝, 并在其后边再按上光电倍增管 2 (9818 B, 工作电压 -1450 V)。法布里-珀罗标准具是以气压扫描来工作的, 所以光电倍增管接收到的是扫描开来的一串谱线序列的

信号,把它变成电讯号后,送到FS-1型锁相放大器放大,然后由函数记录仪的y₂笔记录,如图7下部的曲线所示。

空心阴极灯的结构如图3所示。阴极部分由不锈钢做成,内插一个盛放样品的石墨杯,尺寸见图4。不锈钢和放电空间之间用一中间带孔的石英片隔开,这样放电只能在阴极中心进行,可以避免阳极和不锈钢之间的大面积放电,这对降低工作电流十分有利。这种结构,加工方便,冷却效果好,样品装卸方便,而且不必使用真空油脂,避免沾污。

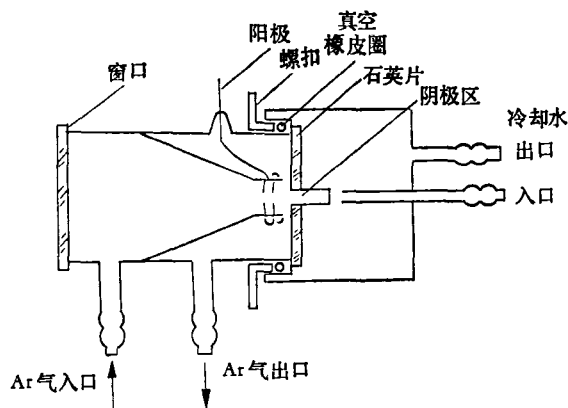


图3 空心阴极灯的结构

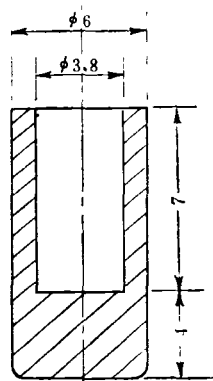


图4 石墨杯

空心阴极灯内,充以一定压力的氩气(纯度为99.999%),而且氩气不断流动,可以把放电产生的废物带走。实验观察到,光谱线的强度与灯内氩气的流量关系不大,但与气压的关系却十分密切。所以在氩气流动的系统中,我们采取了稳压措施,如图5所示。从钢瓶出来的氩气,经过一个橡皮球胆和LK-01型流量控制器,可以维持其恒压和恒流。空心阴极灯

物理

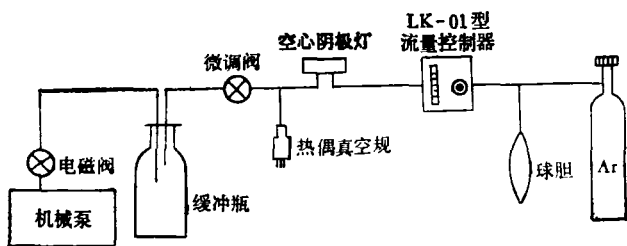


图5 氩气流动系统

12小时以内未见到明显的不稳定,电源开启后15分钟即可进行测试。

为了配合锁相放大器工作,我们采用了与文献[2]相似的电源,如图6所示。变压器次级的50周输出经整流二极管半波整流,所产生的脉动电压经限流电阻加到空心阴极灯上。这样,既减小了平均电流,又实现了调制的目的,获得了很好的效果。所用电流与其他作者进行了对比,如表1。

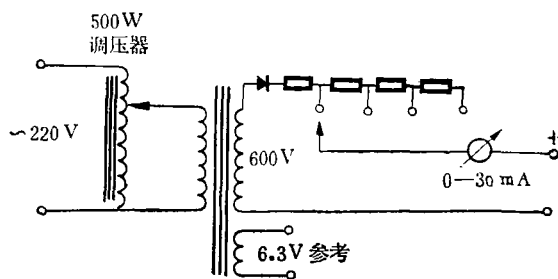


图6 激发电源的线路图

表1 所用电流比较表

五十年代 ^[1]	1972年 ^[2]	本工作
35mA	7mA	2—3mA

四、测试方法及结果

实验样品为Li₂CO₃,每次使用2mg左右。用石英小勺把样品放进石墨杯里,然后用清洁的石英小棍把样品紧压在杯底。再把石墨杯插入灯的阴极部位,安上中间带孔的石英片,装上带阳极的玻璃灯体,旋紧螺扣,压紧真空橡皮圈,使系统密封好。然后,抽去系统中的空气,再缓慢打开流量控制器,充入氩气,调节两个阀门,使灯内的气压保持在合适的范围。

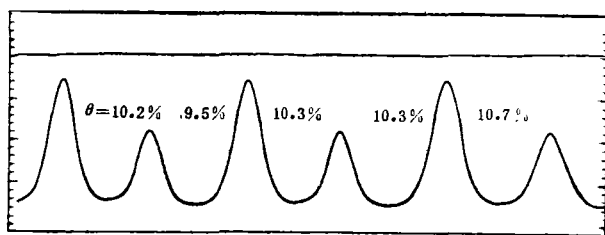


图7 4号样品的分析曲线 (${}^6\text{Li}$ 丰度为10%)

为了获得满意的测量结果,必须进行条件试验。在我们的装置中,氩气流量从流量控制器上读数,其刻度并非流量之绝对值。我们选用4格作为每次实验必须固定的条件。气压用RZH-2型热偶真空计测量,把测量范围开关扳向 $1-10^{-1}$ 托(Torr),不能直接读出以托为单位的气压值,所以只能读取满量程为100格的小格数。在我们的实验中,采用17格作为一个固定的气压值。接通激发电源,调整光路和测试系统,使之达到最佳工作状态,在确保必要的讯噪比的前提下,尽量减小工作电流。

抽空法布里-珀罗标准具的密封罩,然后以某一固定的速率往罩子里充入空气。这时,函

数记录仪就记下如图7所示的曲线。根据曲线上相邻两个峰值高度之比,即可求出 ${}^6\text{Li}$ 在样品中所占的原子百分比。多次记录这样的曲线(我们一般记10—20次),把各次所得的结果求平均,即可确定测量误差。由于我们的光电倍增管暗流噪声太大,不得不加大锁相放大器的时间常数,限制

了分析速度的提高。我们的实验中,分析一个样品大约需45分钟。

表2列出了本工作的分析结果,并和质谱法所得的结果进行比较

从表2可知,我们的实验误差为0.5—2.0%绝对原子,仍有改进的余地,但可满足一定的要求。误差来源主要是光电倍增管的暗流噪声。如能使用低暗流、高灵敏度的光电倍增管,实验误差肯定可进一步降低,而且还可以减小锁相放大器的时间常数,从而提高分析速度。

这种方法也可应用于其它元素的同位素分析。感谢张志三先生对本工作的指导。

表2 分析结果比较表(单位为 ${}^6\text{Li}$ 绝对原子%)

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8
质谱法*	4.3 ± 0.2	90.89 ± 0.03	99.8	10.4 ± 1.1	19.9 ± 1.1	38.9 ± 1.1	70.1 ± 1.1	79.6 ± 1.1
光谱法	4.7 ± 0.7	90.3 ± 2.0	99.3 ± 1.5	10.0 ± 0.5	18.7 ± 1.2	37.7 ± 0.6	69.5 ± 1.3	78.9 ± 0.8

* 样品1—3为直接由质谱仪分析,样品4—8为由样品1和2按不同比例配制而成。

参 考 文 献

[1] A. P. Стриганов, 王传珏 徐世秋译, 同位素的光谱

分析, 科学出版社, (1957), 35.

[2] 福岛弘之, 分光研究, 21-6 (1972), 416.

[3] S. Tolansky, High Resolution Spectroscopy, MET-HUEN and CO. LTD., LONDON, (1947).

用快速放电泵浦的可见及紫外激光器*

傅淑芬 陈建文 刘妙宏

(中国科学院上海光机所)

1967年 Shipman^[1]将 Blumlein 快速放电装置应用于 N_2 分子激光器, 1976年 Burnham^[2]又将它成功地用于准分子激光器, 致使 Blumlein 快放电系统成为紫外和可见激光器的重

要泵浦源之一。这吸引了许多研究者, 从而使快放电泵浦技术日臻完善, 相继出现了具有各种预电离类型的高气压器件^[3-10]。有力地推动

* 1978年8月17日收到。