

利用光电流效应测定选支 CO 激光器的输出谱线波长

归振兴 王裕民 张顺怡 冯建中

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文介绍了一种利用激光光电流效应测定选支 CO 激光器输出波长的简便方法。测量结果和用光谱仪测得的相符合。

Output wavelength measurement of a branch selected CO laser by OGE

Gui Zhenxing, Wang Yumin, Zhang Shunyi, Feng Jianzhong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: A simple method is presented for measuring output wavelength of a CW branch-selected CO laser by OGE. The measured result is in agreement with that by a monochromator.

室温选支 CO 激光器输出谱线的波长通常是用光谱仪测量的。这里介绍一种利用激光光电流效应和光栅方程测定激光波长的方法。这种方法比较简便,精度也较高,原则上也适用于其他调谐激光器。

测量原理

图1给出了选支 CO 激光器及光电流测试线路。输出激光波长与光栅转角的关系应满足光栅方程:

$$\lambda_n = 2d \sin \alpha_n \quad (1)$$

其中 d 是光栅常数, α_n 是光栅对 λ_n 的自准角。

当光栅偏离 α_n 时腔对 λ_n 的偏折损耗增大,输出功率减小。由于 CO 激光器的感生

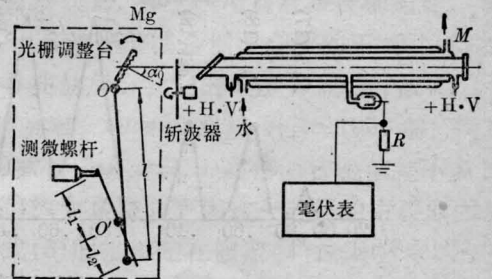


图1 用光电流效应测量的装置示意图

光电流信号正比于腔内光强^[1],因此通过转动测微螺杆,观察一系列光电流信号的峰值位置,这便是谱线 P_n 对应光栅转角的位置 α_n 。如果预先能确定某已知波长 λ_0 的光栅转角 α_0 和测微螺杆的刻度 N_0 ,则其它谱线波

收稿日期: 1984年1月23日。

长可以用下式求得:

$$\lambda_n = 2d \sin \left[\alpha_0 - (N - N_0) \cdot \frac{\Delta\alpha}{\Delta N} \right] \quad (2)$$

式中的 $\frac{\Delta\alpha}{\Delta N}$ 是测微螺杆转动一格 (1/100 毫米) 相应光栅转角的变化量, 在小角度调整范围内可近似用下式表示:

$$\frac{\Delta\alpha}{\Delta N} = \frac{l_2}{1.75l_1l} \quad (\text{度/格})$$

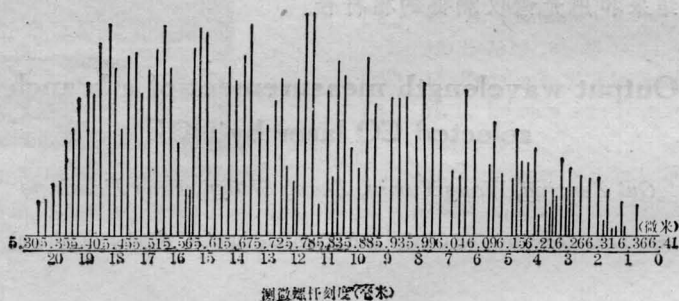
由此可见, 测定 λ_0 的位置 N_0 是整个方法的基础。可以利用惰性气体对 CO 光谱的共振吸收线来标定 λ_0 , 如: Ne 对 P_{14-13} (22) 的最强 OGE 信号, Ar 对 P_{13-12} (20) 和 Kr 对 P_{13-12} (15) 的正 OGE 信号等^[2], 都是很容易确定的; 或者用某种仅对一条已知谱线能透过(或吸收)的材料来判别; 当然也可以从

CO 光谱分布的规律中找出某些特征线的位置, 如 P_{12-11} (16) 等。

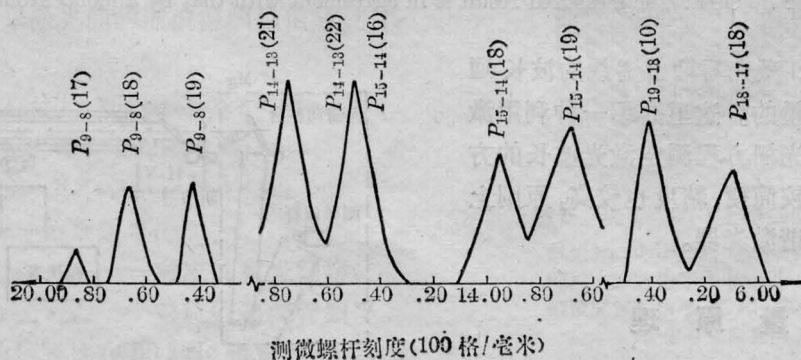
测量结果

先将 CO 激光器输出的激光束通过 He-Ne 放电池, 这时得到最大的光电流信号是 Ne 的 $6S_4-6P_1$ 跃迁, 标定出 CO 谱线为 P_{14-13} (22)。记下此时的测微螺杆读数和光栅自准角度 α_0 。以此为基准, 以后根据出现光电流的峰值位置 N , 代入(2)式便可算得谱线波长, 结果列于附录表 1。本实验的光栅常数为 150 线/毫米。

图 2 给出的是调谐光栅时的光电流幅度分布。



(a) 选支 CO 激光器的光电流幅度分布图



(b) 部分谱线的光电流信号调谐谱放大图

图 2

波长误差一般为 $\pm 5 \text{ \AA}$,

(2) 实验发现, 用光电流法确定谱线位置是极灵敏的。一般测微螺杆的读数误差可控制在 ± 0.5 格, 由此而带来的计算误差仅 $\pm 2 \text{ \AA}$ 。因此测量波长精度较高。特别对

讨论

(1) 从附录的表 1 可见, 用光电流法测得的波长值基本上与光谱仪测定的相符合,

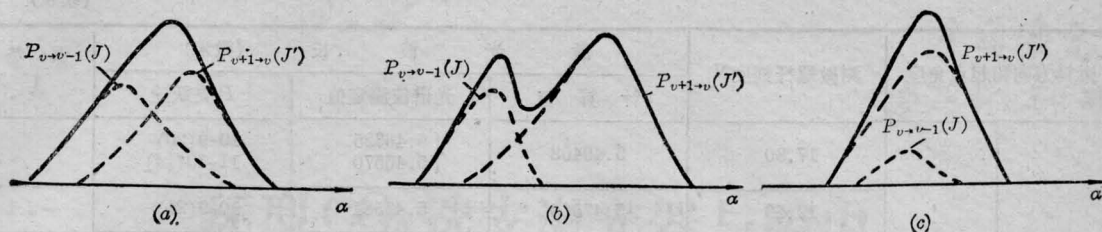


图3 两条谱线同时振荡时,腔内光强随光栅转角的变化示意图
(虚线表示每条谱线的强度变化,实线表示总光强的变化,也正比于光电流信号的变化)

CO 激光器,随着振动支的提高,输出光谱强度减弱,而光电流效应却增强,这就更有利于对弱谱线的测量。

(3) 由于光电流信号正比于腔内光强,没有分辨谱线的能力,因此测量双谱线振荡时就会有三种结果,见示意图3。图中(b)是能够分别测定两谱线波长的情况,这较多发生在高振动支;(c)能测定强线的波长,而另一条弱线就无法测得;还有一种是调谐光栅时,总光强的峰值位置介于两条谱线之间

(图3(a)),用光电流法测得的波长也介于两谱线波长之间,这是光电流法测光谱的一个弱点。但随着激光器的波长分辨率提高,这弱点也将随之克服。

(4) 这里采用了逐步推算法计算波长,获得了好结果,原因是逐步纠正了 $\frac{\Delta\alpha}{\Delta N}$ 随角度差增大而带来的误差。若精密设计光栅调整台,直接显示转角差,或保持 $\frac{\Delta\alpha}{\Delta N}$ 不变,则测量更方便了。

附 录

表1 光电流法测量和光谱仪测量的激光波长对照表

运算方向和起点角度	测微螺杆刻度 N	激 光 波 长 (微米)			误 差 \AA
		计 算 值	光谱仪测定值	P 支跃迁	
↑ 23.72597029 ↑ 23.89753794 ↑ 24.1302911	20.76	5.30335	5.30465	8-7(19)	-13
	20.54	5.31554	5.31660	8-7(20)	-10.6
	20.295	5.32912	5.32869	8-7(21)	+4.3
	20.07	5.34159	5.34122	9-8(16)	+3.7
	19.86	5.35321	5.35295	9-8(17)	+2.6
	19.65	5.36348	5.36484	9-8(18)	-13.6
	19.41	5.37621	5.37687	9-8(19)	-6.6
	19.19	5.38837	5.38904	9-8(20)	-6.7
	18.955	5.40087	5.40136	9-8(21)	-4.9
	18.73	5.41330	5.41384	9-8(22)	-5.4
	18.505	5.42573	5.42646	9-8(23)	-7.3
	18.205	5.44229	5.44238	11-10(12)	-0.9
18.05	5.45023	5.45084	10-9(19)	-6.1	

(续表)

运算方向和起点角度	测微螺杆刻度 N	激 光 波 长 (微米)			误 差 \AA
		计 算 值	光谱仪测定值	P 支跃迁	
↑ 24.42873001 ↑ 24.67643506 ↑ 25.16853022 ↑ 25.43446426 ↑ 25.81574548 ↓	17.80	5.46402	{ 5.46325 5.46570	10-9(20) 11-10(14)	
	17.59	5.47560	5.47581	10-9(21)	-2.1
	17.35	5.48882	5.48852	10-9(22)	+3
	17.115	5.50177	5.50181	11-10(17)	-0.4
	16.89	5.51463	5.51415	11-10(18)	+4.3
	16.645	5.52811	{ 5.52664 5.53025	11-10(19) 12-11(13)	
	16.42	5.54056	{ 5.53929 5.54221	11-10(20) 12-11(14)	
	16.18	5.55368	{ 5.55209 5.55432	11-10(21) 12-11(15)	
	15.945	5.56722	5.56659	12-11(16)	+6.3
	15.57	5.58500	5.58454	13-12(11)	+4.6
	15.45	5.59098	{ 5.59159 5.59641	12-11(18) 13-12(12)	
	15.21	5.60415	5.60433	12-11(19)	-1.8
	14.99	5.61621	{ 5.61722 5.62063	12-11(20) 13-12(14)	
	14.69	5.63266	5.63298	13-12(15)	-3.2
	14.50	5.64306	5.64350	12-11(22)	-4.6
	14.24	5.65730	5.65688	12-11(23)	+4.2
	14.00	5.66955	5.67043	12-11(24)	-8.8
	13.74	5.68377	5.68415	12-11(25)	-3.8
	13.50	5.69689	{ 5.69711 5.70104	13-12(20) 14-13(14)	-2.2
	13.21	5.71273	{ 5.71043 5.71362	13-12(21) 14-13(15)	
12.96	5.72627	5.72638	14-13(16)	-1.1	
12.73	5.73882	5.73929 5.74598	14-13(17) 15-14(11)	-3.3	
12.14	5.77099	5.77083	15-14(13)	+1.6	
11.985	5.77943	5.77904	14-13(20)	+3.9	
11.745	5.79250	5.79262	14-13(21)	-1.2	
11.49		{ 5.80638 5.80934	14-13(22) 15-14(16)	0	
10.95	5.83575	5.83586	15-14(18)	-0.9	

(续表)

运算方向和起点角度	测微螺杆刻度 N	激光波长 (微米)			误差 \AA
		计算值	光谱仪测定值	P 支跃迁	
26.1529853	10.825	5.84254	5.84242	16-15(12)	+1.2
	10.69	5.84987	{5.84870 5.84937}	14-13(25) 15-14(19)	
	10.44	5.86345	5.86306	15-14(20)	+3.9
	10.20	5.87647	5.87698	15-14(21)	-4.6
	9.87	5.89482	5.89446	16-15(16)	+3.6
	9.67	5.90566	{5.90518 5.90790}	15-14(23) 16-15(17)	
	9.38	5.92138	5.92151	16-15(18)	-1.3
	9.235	5.92923	5.92870	17-16(12)	+5.3
26.56779961	8.835	5.95087	{5.94927 5.95484}	16-15(20) 17-16(14)	
	8.60	5.96358	5.96342	16-15(21)	+1.6
	8.325	5.97828	5.97775	16-15(22)	+5.3
	8.00	5.99583	5.99551	17-16(17)	+5.2
26.92545071	7.775	6.00798	6.00696	16-15(24)	+10.2
	7.50	6.02281	6.02348	17-16(19)	-6.7
	7.21	6.03845	6.03774	17-16(20)	+7.1
	6.845	6.05741	6.05760	18-17(15)	-1.9
	6.58	6.07167	6.07142	18-17(16)	+2.5
	6.39	6.08189	6.08162	17-16(23)	+2.3
	6.07	6.09910	6.09960	18-17(18)	-5
	5.66	6.12113	6.12175	19-18(13)	-6.5
	5.525	6.12337	6.12852	18-17(20)	-2.5
	27.53325243	4.86	6.16454	6.16351	19-18(16)
4.675		6.17342	6.17338	18-17(23)	+0.4
4.60		6.17744	6.17731	19-18(17)	-3.7
4.34		6.19137	6.19229	19-18(18)	-9.2
4.05		6.20688	6.20697	19-18(19)	-0.9
27.74405392	3.905	6.21492	6.21544	20-19(13)	-5.2
	3.765	6.22221	6.22184	19-18(20)	+3.7
	3.635	6.22916	6.22946	20-19(14)	-3
	3.49	6.23691	6.2368	19-18(21)	+1.1
	3.37	6.24332	6.24367	20-19(15)	-3.5

(续表)

运算方向及起点角度	测微螺杆刻度 N	激 光 波 长 (微米)			误 差 \AA
		计 算 值	光谱仪测定值	P 支跃迁	
↓ 27.99248662 ↓	3.21	6.25186	6.2521	19-18(22)	-2.4
	3.11	6.25720	6.252808	20-19(16)	-8.8
	2.905	6.26902	6.2696	19-18(23)	-5.8
	2.83	6.27302	6.27268	20-19(17)	+3.4
	2.55	6.28795	6.28747	20-19(18)	+4.8
	2.27	6.30286	6.30247	20-19(19)	+3.9
	1.98	6.31831	6.31707	20-19(20)	+6.4
	1.83	6.32629	6.32602	21-20(14)	+2.7
	1.695	6.33320	6.3330	20-19(21)	+2
	1.555	6.34065	6.34054	21-20(15)	+1.1
	1.39	6.34942	6.3486	20-19(22)	+8.2
	1.27	6.35580	6.35525	21-20(16)	+5.5
	1.09	6.36536	6.3644	20-19(23)	+9.2
0.70	6.38606	6.38528	21-20(18)	+7.8	

* 起点角度是按光谱仪测定值计算的。

** Beck, R., Englisch, W., Gürs, K., Table of Lasers in Gases and Vapors, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 61~79.

参 考 文 献

- [1] 王裕民等;《光学学报》, 1983, 3, No. 9, 797.
 [2] 归振兴等;《激光与红外》, 1984, No. 5, 41.

一九八五年《量子电子学》征订启事

《量子电子学》是中国科学院安徽光机所、中国科技大学和长春光机学院联合倡议并由安徽省光学学会主办的国内公开发行的综合性学术刊物, 它面向全国各有关高等院校和研究所, 接受各地来稿。内容兼顾应用和基础, 着重反映在量子电子学领域中的应用研究和基础研究方面的成果和阶段性成果, 也刊登在国民经济建设中的开发应用新成果。

《量子电子学》现为季刊, 每期约 12 万字左右, 定价 0.80 元, 全年共计 3.2 元(包装及邮费在内)。如单位订阅, 可来信向编辑部索取征订单; 个人订阅可直接寄款至编辑部。本编辑部地址: 安徽合肥 25 信箱, 《量子电子学》编辑部。

《量子电子学》编辑部