

氩离子激光泵浦的连续染料激光器的研究

长春市第一光学仪器厂 天津市染料工业研究所
中国科学院电子学研究所 中国科学院长春应用化学研究所

Investigation on argon ion laser pumped CW dye laser

1st Optical Instrument Factory, Changchun; Tianjin Institute of Dye Industry
Institute of Electronics, Academia Sinica
Changchun Institute of Applied Chemistry, Academia Sinica

Abstract

Parameters and sizes of components and parts in the experimental setup for a CW dye laser are presented, jetting and cycling system of dye solution are described. Main experimental results obtained until recently are presented, which include oscillation threshold, laser conversion efficiency, the maximum output power, and the effect of additive COT on the conversion efficiency. Main problems of the device are discussed and suggestions for improvement are raised.

一、引言

有关连续染料激光器的专题文章, 在国外已有很多报导^[1, 2]。

由于连续染料激光器具有输出功率高(从几百毫瓦至几十瓦)、转换效率高(大于30%), 可获得优于 10^{-5} 埃的窄线宽, 光谱覆盖范围宽, 而且能够连续调频、连续运转等特点, 因此, 当这一器件出现后很快就被用于高分辨激光光谱学和激光分离同位素等新兴的学科领域。在许多应用中最引人注目的例子是利用该器件首次成功地分离了铀、钙、氯以及多种稀土元素的同位素, 并在无多普勒加

宽的饱和吸收光谱、双光子光谱以及高激发态光谱学中获得了令人鼓舞的结果。

二、实验装置和实验结果

在我们的实验装置中染料激光的光学系统采用了如图1、2所示的象散补偿三反射镜折迭腔^[3]。

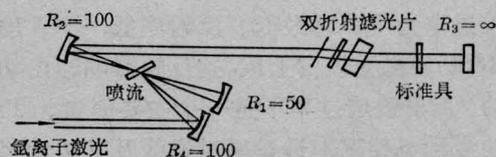


图1 光学系统(1)

收稿日期: 1979年4月16日。

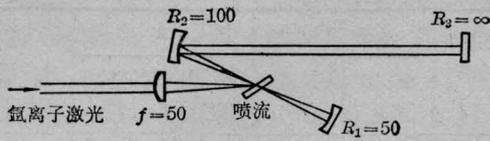


图2 光学系统(2)

在实验中使用的氦离子激光器全谱线功率一般在3~6瓦,当氦激光器输出为TEM₀₀模时染料激光的振荡阈值显著降低。在我们的实验条件下,最低的振荡阈值为500毫瓦。泵浦方式既采用过透镜聚焦,也采用过凹面镜聚焦,两者对激光转换效率的影响没有明显的差别,而在光路调整时以凹面镜聚焦较为灵活方便。泵浦光束的光轴与染料激光束的光轴夹角以小于10°左右为宜。三反射镜折迭腔各光学元件的几何尺寸和安装结构满足于稳定的工作条件。激光输出耦合镜采用了平面镜,其透过率分别为2%、5%、7.5%,一般规律是泵浦功率低时,透过率选得小些合适。

激光工作物质是溶于乙二醇溶液中,浓度为10⁻³摩尔的若丹明6G染料。

为了获得高光学质量的染料喷流,我们采用了一套特殊的循环过滤系统(如图3)和较高质量的喷嘴。循环过滤系统是由不锈钢齿轮泵、G₂、G₃型滤球、缓冲容量瓶及回收染料溶液的容量瓶组成,并由聚乙烯管连接。

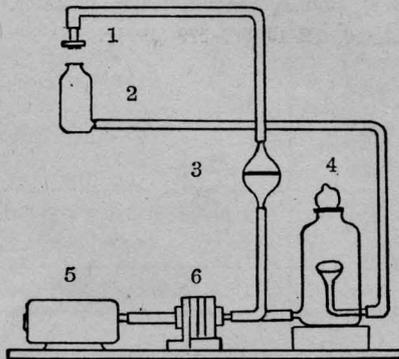


图3 染料溶液循环系统

1—喷嘴; 2—回收瓶; 3—滤球; 4—缓冲瓶;
5—电机; 6—齿轮泵

驱动齿轮泵的动力源是一个可变速的电机,即单相串级电机。正常运转时喷流流速为6~10米/秒。

喷嘴是由一对单色仪的缝片组成,刃口间距为0.3~0.7毫米。产生的喷流厚度略小于刃口宽,约为0.2~0.5毫米^[4](见图4)。为了保证喷流厚度的均匀性,缝隙平行度为0.1毫弧度。为降低激光光束在喷流液面上的反射损耗,使激光光束与喷流表面成布儒斯特角。

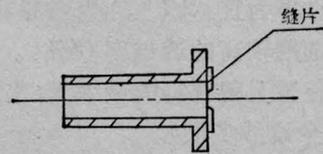


图4 喷嘴

调谐元件采用过三个布儒斯特角棱镜和一组双折射滤光片(材料是天然石英晶体),其设计工作有过报导^[5],双折射滤光片组各片厚度分别为0.5毫米、1毫米、4.5毫米;晶体光轴与表面成24°7'。我们进行了调谐和压缩线宽实验,当谐振腔系统处于高损耗时用一片双折射滤光片,用若丹明6G时,可获得5800~6100埃的连续调谐。再插入一片自由光谱范围为2.4埃的实心标准具时,压缩后的谱线宽度为0.04埃。

表1 输出耦合镜透过率比较

输出耦合镜透过率(%)	泵浦功率(瓦)	输出功率(毫瓦)	转换效率(%)
2	1.47	252	17.1
2	3.1	420	13.6
2	5.1	630	12.3
2	6.1	756	12.4
5	1.47	76	5.2
5	3.1	305	9.8
5	5.1	714	14.0
5	6.1	882	14.5
7.5	1.47	46	3.1
7.5	3.1	244	7.9
7.5	5.1	630	12.3
7.5	6.1	670	11.0

为了评价该系统的转换效率,我们对输出耦合镜的透过率进行了比较,从表1可以看出泵浦功率为全谱线1.5瓦时,输出耦合镜的透过率为2%,获得最高转换效率为17%。

当输出耦合镜透过率为5%或7.5%时,随着泵浦功率增加,转换效率继续增加,当泵浦功率超过5瓦以后,转换效率没有明显改变。上述结果可以得出这样的结论,当泵浦功率较低时(3瓦以上)输出耦合镜选用较低的透过率为宜(2%)。当泵浦功率较高时,应该选用较高的透过率(5%)。在我们这个实验装置上曾获得的最高输出功率为882毫瓦(全谱线多模)。

我们还观察了调谐元件引起的系统损耗(见表2)。

表2 调谐元件引起的损耗

泵浦功率(瓦)	未插入元件时输出功率(毫瓦)	插入元件时输出功率(毫瓦)	插入前后比(%)	插入标准具时输出功率(毫瓦)	插入元件前后比(%)
2	92	48	52	5.2	5.6
3	204	134	66	48	24

从表2可以看出,泵浦功率较高时,调谐元件引起的损耗较小。

我们在实验上评价了添加剂——环辛四烯对转换效率的影响(见表3)。

从表3可以看出在染料溶液中添加

表3 环辛四烯(COT)对激光效率的影响

泵浦功率(瓦)	未加 COT		加入 0.4% COT		加入 COT 效率增加倍数
	输出(毫瓦)	转换效率(%)	输出(毫瓦)	转换效率(%)	
1.6	10	0.6	44	2.8	4.4
3.3	107	3.2	256	7.8	2.4
4.4	231	5.1	504	11.5	2.3
5.1	262	5.2	630	12.4	2.4

0.4%的环辛四烯后(其他条件不变),激光输出功率提高了一倍多,这一结果在多次实验中重复出现,这清楚地表明,加入添加剂对激光效率的提高起着显著作用。但是我们也发现添加剂的作用只在一段时间内有效,过一段时间后作用消失,另一方面,加入添加剂后,溶液中散发一种强烈的刺激性气味,看来没有特殊必要时,一般不加为好。

参 考 文 献

- [1] R. L. Kohn, C. V. Shank *et al.*; *Opt. Commun.*, **3**, 177-178 (1971).
- [2] A. Dienes, E. P. Ippen, C. V. Shank; *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-8**, 388 (1972).
- [3] H. W. Kogelnik, E. P. Ippen *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-8**, 373-379 (1972).
- [4] 黑堀利夫·张, 吉夫·松尾幸人; 《レーザー研究》, **5**, No1, 34-38 (1977).
- [5] Gary Holtom, Omar Tesohke; *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-10**, 577-579 (1974).