

可调谐染料激光器的研制

物理系光学专业 朱义民 石剑平 严孝柏

一、前言

一般激光器的振荡波长不能变化,大大限制了它的应用。可调谐染料激光器能在可见区附近,大幅度、连续地改变振荡波长,所以在下述几方面取得广泛的应用。

(1)同位素分离:利用同位素间锐吸收谱线的波长稍有不同,把激光器波长调谐到只属一种同位素的吸收谱线,就可以有选择地激发它,使与其它同位素分离。这种方法可用于分离 U^{235} ,据估计比传统的气体扩散法可节省90%的费用。

(2)测污雷达:不同物质对不同波长的入射光有强烈的散射或吸收,所以波长可调的激光器可应用于测定大气污染物质的成份和浓度。

(3)农业育种和医学应用:细胞中的染色体对外界光线的某一波长特别敏感,在这一波长的光线作用下引起遗传变异显著。例如激光育种试验中,我校生物系用可调谐染料激光器在 5600\AA — 6200\AA 的范围输出激光来照射水稻种子,其变异率比 Ar^+ 、 CO_2 、 $He-Ne$ 激光器高。

(4)光谱学:可调谐染料激光器输出的光,单色性和方向性好,强度高,并能自由选择波长,是光谱分析较为理想的光源。用于原子吸收光谱、荧光光谱和喇曼光谱,可提高分析灵敏度,并能在短时间内进行高精度的测量。

我们使用四种染料,获得在 5300\AA — 7000\AA 范围内任意波长的激光输出,并测定了染料的浓度与可调范围的关系。

二、基本原理与激光器结构

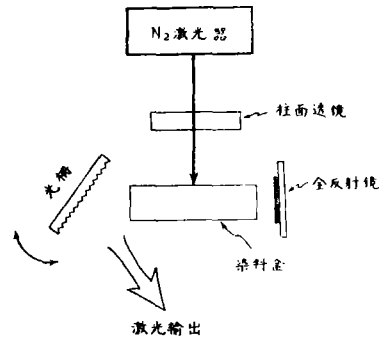
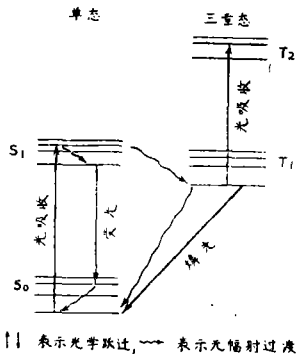
图1是典型的有机染料分子的能级图。激光器所利用的是 $S_1 \rightarrow S_0$ 许可跃迁的相对应的荧光。由于荧光光谱宽达几百埃。故可在其中某个范围内自由地选择振荡波长。

选择振荡波长的器件可以是光栅、稜镜和标准具等,我们选用的是1200条/毫米的反射光栅。当调节光栅的位置,使得只有选定波长的辐射可沿激光光轴方向传播,并在这些选定的波长上产生振荡。

S_1 态的寿命很短,要在 S_1 与 S_0 态间实现粒子数反转,必须有充分强的激励,又为了克服三重态的光吸收所产生的激光损耗,所以选用上升迅速的脉冲 N_2 激光器作激励源

可调谐染料激光器的结构如图2所示。

N_2 激光器:激光波长3371Å,脉冲功率1兆瓦,脉宽10毫微秒,重复率50次/分。
石英染料盒:长2厘米,厚0.5厘米,高2.5厘米。



三、工作染料与可調范围

依次调换荧光素钠,若丹明6G、若丹明B、甲酚紫四种染料,可以获得从5350Å~7000Å范围内的任意波长的激光输出。染料的溶剂为乙醇。具体数据如下表1所示:

表 1

染料	浓度(克分子/升)	可調范围*(Å)	光栅转角
荧光黄	2.8×10^{-3}	5350~5750	1°44'
若丹明6G	1.2×10^{-3}	5750~6200	1°50'
若丹明B	2.0×10^{-3}	5950~6350	1°26'
甲酚紫	4.2×10^{-3}	6450~7000	

* 测量误差为±20Å

四、染料浓度对可调范围的影响

染料激光器的振荡波长会随染料盒的长度、染料浓度、温度及共振腔的损耗情况而变化。当固定染料盒、共振腔和温度等条件后，改变染料的浓度时发现：浓度增高，最大振荡波长向长波移动；浓度降低时向短波移动。并存在一最佳浓度，使可调范围最大。

若丹明6G、荧光黄的浓度，与可调范围关系的实验结果见表2及图3。

表 2

染料	浓度	可调范围(Å)	染料	浓度	可调范围(Å)
若丹明 6G	3.1×10^{-2}	6000~5900	荧光黄	1.1×10^{-2}	5670~5450
	1.0×10^{-2}	6000~5850		2.3×10^{-2}	5610~5520
	4.8×10^{-3}	6050~5770		4.6×10^{-2}	5550
	1.2×10^{-3}	6200~5750		5.7×10^{-3}	5730~5450
	6.0×10^{-4}	6100~5700		2.9×10^{-3}	5750~5400
	3.0×10^{-4}	6000~5650		1.4×10^{-3}	5650~5350
	1.5×10^{-4}	5850~5600			
	7.5×10^{-5}	不起振			

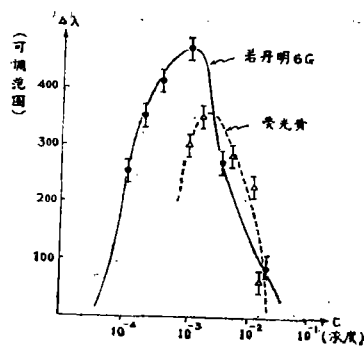


图 3 浓度与可调范围实验曲线