

我们称之为方位偏差信息输出。

为了提高信噪比,分析镜也可采用渥拉斯顿棱镜(Wollaston prism),它输出的一对正交偏振光分量具有反相的基频信号,分别送入电桥两臂上一对对称的光电管中,电桥输出端反相的信号互相迭加,而同相的噪声则互相抵消。采用这样的光路设计,再加上在电子线路中设置窄带的选频网络,可使系统具有高抗干扰性。

表2 (单位:度)

样品编号	参考值	实验值	偏差
No. 1	0.033	0.041	0.008
No. 2	-0.1046	-0.1045	0.001
No. 3	-0.0269	-0.0220	0.0049
No. 4	-0.046	-0.037	0.009
No. 5	-0.044	-0.035	0.009
No. 6	0.0770	0.0797	0.0027
No. 7	-0.046	-0.046	0.000
No. 8	-0.0175	-0.0162	0.013

实验证明,在光强足够的前提下,方位传递精度 $\Delta\alpha_0$ 与距离无关。事实上,增大距离后压缩了接收光束的孔径角,还有利于减小斜光束的

定位误差。 $\Delta\alpha_0$ 一般做到 0.01° 以内并不困难。在设计和工艺上采取一定措施后可使 $\Delta\alpha_0 \leq 0.003^\circ$ 。表2给出我厂某产品在精确测定偏振面旋转角的几组典型数据,其中“参考值”由有关文献查得,实验值系多次平均的结果,测量值的复现性优于 0.005° 。以上数据由北京药物研究所提供。

本文的计算部分是在北京大学姜伯驹等同志的指导下完成的,北京计算中心吴同宽等同志协助进行了数据处理,本厂阴边杰、安邦林、岳邦茂诸同志和笔者共同进行了系统的设计和调试工作,为本文提供了实验基础,此外,王秀兰同志绘制了文中的插图,在此谨致谢忱!

参 考 文 献

- [1] F. T. Arecchi and E. O. Schulz-Dubois, *Laser Handbook*, (1972), 707—711.
- [2] 中国科学院上海光学精密机械研究所晶体调制组, *激光*, 2-2 (1975), 8—12.
- [3] F. T. Arecchi and E. O. Schulz-Dubois, *Laser Handbook*, (1972), 977—978.
- [4] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, Macmillan, New York, (1959).

重复脉冲闪光灯抽运的染料激光器*

邱元武 俞祖和 张治国 王庭鸾 罗正纪

(中国科学院物理研究所)

调频激光器,特别是染料激光器,作为光谱光源,在激光光谱学中起十分重要的作用。染料激光器的抽运方式很多,其中闪光灯抽运的染料激光器,由于装置较简单和总效率较高而被广泛地应用。本文报道一台重复脉冲闪光灯抽运的染料激光器的初步实验结果。

一、激 发 机 理

虽然染料分子是由许多原子组成的,但是它的能级以及吸收和发射过程可以模仿简单的双原子分子而画成如图1所示的能级图^[1]。染

料激光器的吸收和发射过程与染料分子的四个能态有关:分子吸收抽运辐射后,从基态激发到第一(或第二)激发单态 S_1 (或 S_2)的较高振动能级,并很快地通过非辐射跃迁而到 S_1 的最低振动能级,再经过辐射跃迁到基态 S_0 的较高振动能级,又很快地通过非辐射跃迁回到 S_0 的最低振动能级。因为基态 S_0 的较高振动能级在室温的热平衡分布中几乎没有粒子数,所以有可能对于 S_1 的最低振动能级形成粒子数反转。由此可见,染料激光器是四能级系统的激光器。

* 1978年12月18日收到。

因为 $T_1 \rightarrow S_0$ 的辐射跃迁是自旋禁戒跃迁, 所以 T_1 的辐射寿命很长, 于是通过 $S_1 \rightarrow T_1$ 的系际交叉, 大部份分子将积累在 T_1 , 即三重态的陷阱效应, 而使基态的粒子数被抽空, 影响激光的产生。更为严重的是三重态吸收(图 1 中的 $T-T$ 吸收) 光谱往往延伸到荧光发射区域, 由此导致的损耗常常可以超过激光器的增益。因此染料激光器要用上升时间很快的短脉冲光源抽运, 以使积累在 T_1 的粒子数尚未达到足以影响激光的产生之前, 就达到临界反转而输出激光。

子数积累到 $N_T \approx 10N_{ic}$ (此时净增益为零) 的时间是 $t \approx 10/k_{ST}$, 其中 k_{ST} 是 $S_1 \rightarrow T_1$ 的速率常数。对于罗丹明 6G, $k_{ST} = 1.6 \times 10^7 \text{ 秒}^{-1}$, $t \approx 6 \times 10^{-7} \text{ 秒}^{[2]}$, 所以抽运光源的脉冲宽度应小于 1 微秒。

此外, 也可以借助于三重态猝灭剂, 通过 $T_1 \rightarrow S_0$ 的非辐射跃迁缩短 T_1 的寿命, 从而消除三重态的陷阱效应和减小三重态的吸收损耗。

二、实验装置

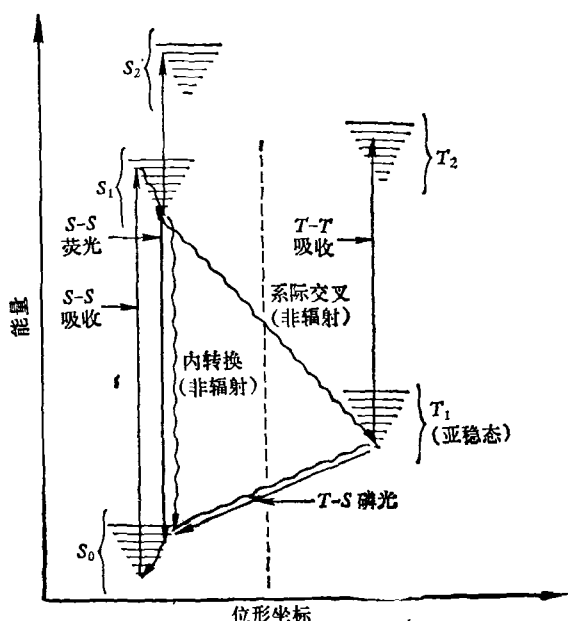


图 1 染料分子的能级图

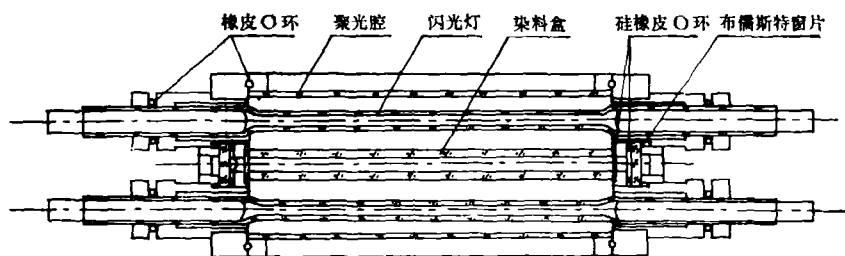
根据 T_1 的粒子数 N_T 的速率方程, 可以算得从 S_1 粒子数抽运达到临界反转 N_{ic} 至 T_1 粒

图 2 表示激光器头的构造, 聚光腔是镀铝派热克斯玻璃双椭圆腔^[3], 长轴 2.8 厘米, 短轴 2.5 厘米, 腔长 10 厘米。

闪光灯是直管氙灯, 灯管由石英管做成, 它的内径为 3 毫米, 外径为 7 毫米; 电极由铍钨棒做成, 极距为 10 厘米。充气气压是 75 毫米汞柱。当储能电容为 0.2 微法、输入能量为 22.5 焦耳时, 光脉冲宽度为 1 微秒。

染料盒由石英管做成, 内壁磨毛, 内径为 3 毫米, 外径为 7 毫米, 长为 10 厘米。布儒斯特窗片由熔融石英做成, 厚 3 毫米, 平面度仅 $\lambda/4$, 用硅橡皮 O 环密封。

闪光灯和聚光腔的冷却系统由离心泵及热交换器组成。染料溶液的循环系统由齿轮泵、过滤器和热交换器组成, 流量为 3 升/分。染料是显微镜用的未提纯罗丹明 6G, 溶剂是乙醇。过滤器的滤板孔径为 4.5—9 微米。热交换器保证染料溶液与冷却系统蒸馏水的温差小于



0 1 2 3 4 5 厘米

图 2

1℃.

谐振腔由曲率半径10米的全反射凹面镜和平面输出镜构成,腔长80厘米.两个反射镜都蒸镀多层介质膜,带宽5400—6600埃.反射镜基片的平面度仅 $\lambda/4$.

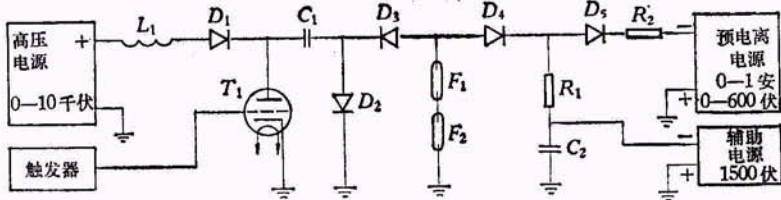


图3 电源线路图。 D_1, D_2 为2DL25/0.5; D_3 为2CZ200/1500; D_4, D_5 为2DL10/1; T_1 为ZQM1-1000/25; L_1 为25亨, 0.5安, 10千伏; C_1 为0.2微法, 25千伏; C_2 为20微法, 1.5千伏; R_1 为5千欧, 5瓦; R_2 为200欧, 200瓦

图3表示电源的线路,由高压电源、共振充电回路、触发器、放电回路、预电离电源和辅助电源组成.放电回路包括闸流管 T_1 ,低感电容器 C_1 和闪光灯 F_1, F_2 .共振充电回路包括电感 L_1 ,二极管 D_1, D_2 和电容器 C_1 .二极管 D_3, D_4 要求有快的响应,以免影响放电回路的速率.

三、实验结果

实验中激光输出能量由计量院标定的炭斗和检流计测量,光脉冲宽度由ITTF 4018型光电二极管和SS-6300型示波器测量,激光波长由三个棱镜摄谱仪测量,激光线宽由IT28-30型法布里-珀罗干涉仪测量.

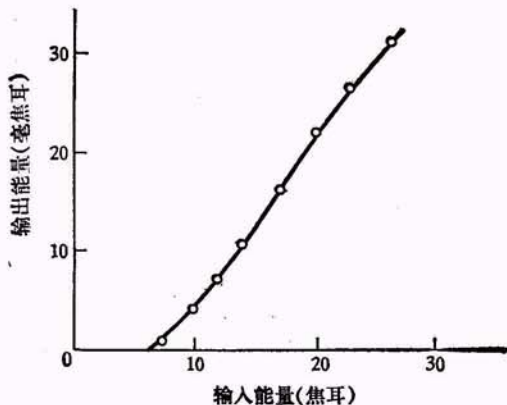


图4 激光输出能量与输入能量的关系 (输出耦合为60%;染料浓度为 3×10^{-4} 克分子)

图4表示激光输出能量与输入能量的关系.输入能量等于22.5焦耳时,输出能量等于27毫焦耳,总效率为0.12%.输出能量的起伏小于10%.图5表示在上述条件下激光脉冲的波形.激光脉冲宽度为0.8微秒,所以输出功率为34千瓦.图6表示输入能量22.5焦耳/脉冲时,激光输出的平均功率与重复率的关系.可见直到15次/秒,平均功率与重复率的关系基本上是线性的.

图7表示在激光器谐振腔内放入扩束望远镜(10倍),并以光栅(1200条/毫米)代替全反射凹面镜时,激光输出能量与波长的关系.激光调频范围大于400埃,激光线宽为2埃.图8表示在平凹谐振腔内插入干涉滤

图7表示在激光器谐振腔内放入扩束望远镜(10倍),并以光栅(1200条/毫米)代替全反射凹面镜时,激光输出能量与波长的关系.激光调频范围大于400埃,激光线宽为2埃.图8表示在平凹谐振腔内插入干涉滤

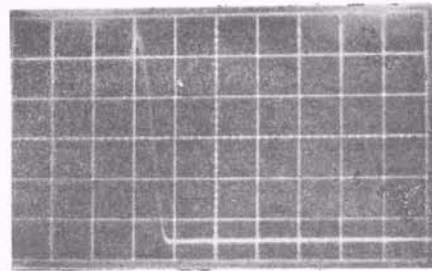


图5 激光脉冲的波形(1微秒/格)

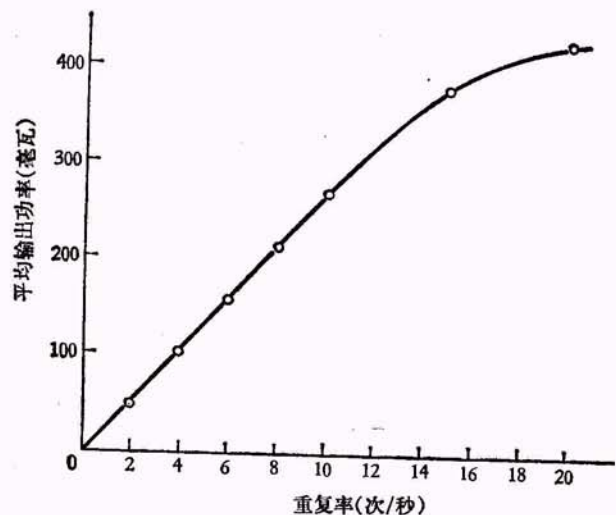


图6 激光平均输出功率与重复率的关系 (输出耦合为60%;染料浓度为 3×10^{-4} 克分子;输入能量为22.5焦耳/脉冲)

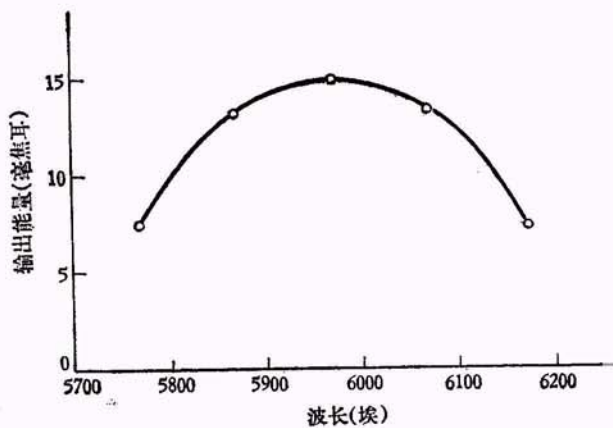


图7 激光输出能量与波长的关系
(染料浓度为 3×10^{-4} 克分子; 染料温度为 20°C ;
输入能量为 22.5 焦耳)

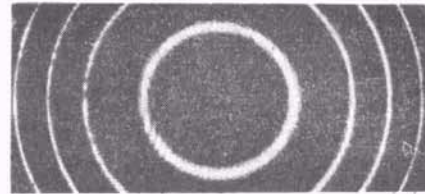


图8 激光通过法布里-珀罗干涉仪形成的干涉环
(干涉仪板距 1 毫米)

光片(中心波长 5914 埃, 透过率 75%) 和一块标准具(厚 2 毫米, 反射率 60%) 时, 激光通过法布里-珀罗干涉仪形成的干涉环。激光线宽为 0.1 埃, 这时激光输出能量为 10 毫焦耳, 是宽带输出能量的 75%。

在本实验中, 染料未经提纯, 布儒斯特窗片和反射镜基片的平面度仅为 $\lambda/4$, 预电离电流小于 100 毫安。如对上述各方面加以改进, 总效率还可提高 1 至 2 倍。

本工作是在沈元壤先生和张志三先生指导下完成

的。所用闪光灯由中国科学院上海光学精密机械研究所提供, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] M. Bass, T. F. Deutsch and M. J. Weber, *Lasers*, Vol. 3 (A. K. Levine and A. J. DeMaria eds.), Marcel Dekker, Inc., (1971), 275.
- [2] B. B. Snavely, *Dye lasers* (F. P. Schäfer ed.), Springer Verlag, (1973), 90.
- [3] S. Chu and E. Commins, *Appl. Opt.*, **16**(1977), 2619.
- [4] (上接第 475 页)
(1974), 275.
- [5] C. Störmer, *Z. Astrophys.*, **1**(1932), 237—274; G. Lemaitre, *Ann. Soc. Sc. Brux.*, **45A**(1935), 162, 194; **56A**(1936), 102; 张永立, *Ann. Soc. Sc. Brux.*, **49A**(1939), 285, 301; 张永立, 国立贵州大学数理研究报告, 第 1 号 (1937).
- [6] M. S. Livingston et al., *Rev. Mod. Phys.*, **9** (1937), 262.
- [7] W. V. R. Malkus, *Phys. Rev.*, **83**(1951), 899; W. C. Cathers et al., *Phys. Rev.*, **149**(1966), 1070; E. Goto et al., *Phys. Rev.*, **132**(1963), 387; L. W. Alvarez et al., *Science*, **167**(1970), 701; R. L. Fleischer et al., *Phys. Rev.*, **177** (1969), 2029; **184**(1969), 1393, 1398; **D4**(1971), 24.