

氮激光泵浦的双色染料激光器

王效敬 金天峰 王京运

(杭州大学物理系)

提要: 用氮激光泵浦单一染料盒盛装的若丹明 6G 获得同时调谐双波长运转。给出实验装置和输出特性。

A nitrogen laser pumped double wavelength dye laser

Wang Xiaojing, Jing Tianfen, Wang Jingyun

(Department of Physics, Hangzhou University)

Abstract: This paper presents an experimental device for simultaneously tunable operation at two wavelengths, using a single rhodamine 6G cell pumped by a nitrogen laser. The experimental setup and output features are given.

一、引言

同时输出可调谐双波长或多波长的染料激光器,在非线形光学混频、相干反斯托克斯喇曼光谱技术、激发态光谱学及光学信息处理等方面,会有许多重要的应用;它还为非简并和简并双光子受激跃迁及双光子激光器的研究提供了方便。关于这类激光器已有许多报导,例如[1~3]。结合[1~3]所介绍的实验装置特点,我们提出一种单光栅单反射镜的双波长调谐装置。在氮激光泵浦单一染料若丹明 6G 的条件下,获得了同时输出两种波长的窄线激光。

二、装置原理

实验装置的结构如图 1 所示。我们在

Hänsch 型腔内插入一块格兰棱镜,将光束分为二束相互正交的偏振成分,偏振矢量与纸面平行的一束,经望远镜 T_1 扩束后,直接射到光栅上;偏振矢量与纸面垂直的一束,经镜 M_2 转向、望远镜 T_2 扩束,然后经镜 M_3 反射到光栅上。 G 、 M_2 及 M_3 都可以绕平行于光栅槽纹的轴线作旋转调节。倘若光栅的位置,对两束光都符合 Littrow 排置,则光栅的两个一级闪耀谱所满足的光栅方程分别是:

$$\lambda_1 = 2d \sin \theta_1 \quad (1)$$

$$\lambda_2 = 2d \sin \theta_2$$

其中 λ_1 和 λ_2 分别表示腔臂 1 和 2 的调谐波长, d 为光栅周期, θ_1 和 θ_2 分别表示 λ_1 光束和 λ_2 光束对光栅平面的入射角(见图 1)。

两腔臂的传输光束,都要经过氮激光泵浦的若丹明 6G 染料盒。旋转光栅,可使

收稿日期: 1983 年 3 月 1 日。

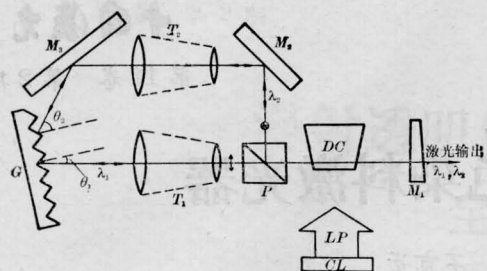


图1 双波长调谐实验装置

M_1 —部分反射镜; M_2, M_3 —全反射镜; P —格兰棱镜;
 G —反射光栅(1200条/毫米) • 和 ↓—分别表示垂直和
 平行于纸面的偏振矢量; T_1, T_2 —望远镜;
 DC —染料盒; CL —柱面透镜; LP —氮激光束

$\theta_1 = \theta_2 = \theta_0$, 于是 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_0 = 2d \sin \theta_0$ 。这时只有波长 λ_0 的激光输出, 我们把 λ_0 叫做“中心波长”。转动镜 M_3 可使两入射射线间的夹角 $(\theta_1 + \theta_2)$ 改变, 从而能变动中心波长。如果光栅从 θ_0 起转动 $\Delta\theta$, 则同时输出波长分别满足:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 2d \sin(\theta_0 + \Delta\theta) \\ \lambda_2 &= 2d \sin(\theta_0 - \Delta\theta) \end{aligned} \quad (2)$$

的两种波长的激光, 其波长差为:

$$\begin{aligned} \lambda_1 - \lambda_2 &= 4d \cos \theta_0 \sin \Delta\theta \\ &\approx 2 \Delta\theta \sqrt{4d^2 - \lambda_0^2} \end{aligned} \quad (3)$$

显然, 波长差近似地与 $\Delta\theta$ 成正比, 也与中心波长及光栅周期有关, 当然 $\Delta\theta$ 的最大允许值, 应由双波长有效调谐范围确定, 而有效调谐范围取决于染料的荧光谱特性、激发机制及泵浦水平等, 还与中心波长有关。

在调谐范围内, 当波长差适当大时, 双波长激光输出通过法布里-珀罗标准具, 能观察到两种颜色有明显区别的干涉环。另外, 腔内插入望远镜后, 输出线宽明显变窄。

三、实验结果

实验所用的氮激光器, 输出波长为 3371 埃, 脉宽为 10 毫微秒, 峰值功率为 150 千瓦, 重复频率为 1~30 次/秒可调。通过一个焦距为 12.5 厘米的柱面正透镜, 将氮激光聚焦于染料溶液。

调谐特性的测试, 由单色仪、光电转换装置与示波器组成的谱线探测系统完成。激光输出的线宽, 是用法布里-珀罗标准具照相系统测定的。现将双波长输出特性的几项实验结果列述于下。

图 2 中的实线是由实验测得的双波长同时输出的调谐曲线, 两条曲线上编号相同的点, 对应着同时输出的两种波长。从图上看, 波长 λ_2 的输出能量高出波长 λ_1 很多, 这是由于格兰棱镜分束后光强的不对称性以及谱线间的竞争所引起的。两种波长光的振荡跃迁都消耗着同一激光上能级的粒子集居数, 所以一种波长振荡所消耗的粒子集居数多, 必然会减少另一种波长振荡跃迁的集居数。为了证明这一点, 我们用黑纸遮挡从格兰棱镜分出的两束光之一, 只使一种波长振荡, 则输出能量升高。图 2 中虚线示出了单波长振荡(即一个腔臂振荡)的调谐曲线。当然, 如果除去格兰棱镜后, 单腔的输出能量要更高一些。

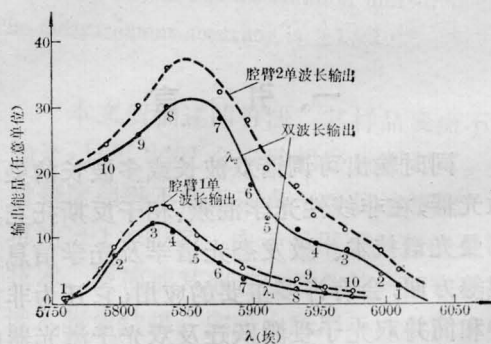


图2 双波长同时输出的能量-波长调谐曲线
 若丹明 6G 为 6×10^{-3} 克分子/升浓度的乙醇溶液;
 中心波长 λ_0 取 5886 埃

我们发现, 当中心波长 λ_0 取不同值时, 双波同时输出的调谐范围有很大的差别。下表给出调谐曲线底宽 $\lambda_{1 \max} - \lambda_{1 \min}$ ($\approx \lambda_{2 \max} - \lambda_{2 \min}$) 与 λ_0 的实验值关系:

λ_0 (埃)	5817	5846	5886	5950
$\lambda_{1 \max} - \lambda_{1 \min}$ (埃)	35	134	216	102

望远镜对线宽有明显的压缩作用。例如 T_1 取 30 倍, 测得 λ_1 的线宽为 0.4 埃, T_2 取 3 倍, 测得 λ_2 的线宽为 7 埃(应注意到, T_2 所在的腔较 T_1 所在的长)。如果 T_2 也改用 30 倍, 则两种波长输出的线宽基本上相当。图 3(a)、(b) 是双波长同时输出的法布里-珀罗标准具的干涉图照片, 图 3(c) 为单波长输出法-珀标准具干涉图照片。从图 3(a)、(b) 中容易看出两组条纹(对应两种波长)的宽度是接近的, 还看到多次曝光与单次曝光的条纹分布及宽度是一致的, 说明双波长输出的频

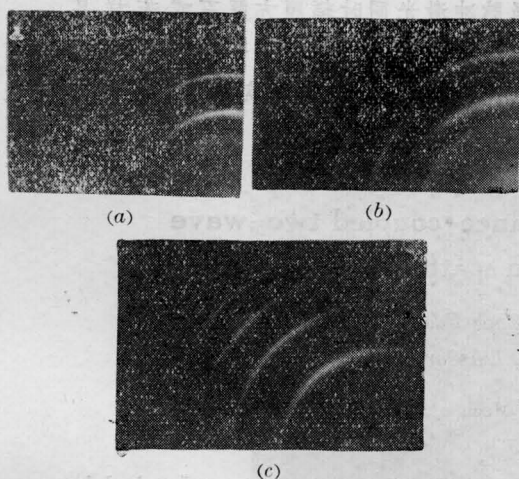


图 3 激光通过法-珀标准具的干涉图

(标准具的空气间隙取 0.42 毫米)

- (a) 双波长一次曝光, $\lambda_1=5824$ 埃, $\lambda_2=5946$ 埃
- (b) 双波长七次曝光, $\lambda_1=5824$ 埃, $\lambda_2=5946$ 埃
- (c) 单波长一次曝光, $\lambda_2=5946$ 埃

率特性有一定的稳定性。

图 4 (见彩色插页) 是双色激光通过法-珀标准具干涉的彩色图(照片)。

四、结 束 语

我们的实验是初步的, 比较粗糙。双波长输出的许多性能, 诸如脉冲能量(绝对)值、脉宽等尚未测定; 在染料、溶剂的选用及配比方面, 也未作仔细研究。为了提高双波激励能量的传输效率、加大输出光的“色差”及增宽调谐范围, 采用合适的混合染料是必要的。一般说双波长输出, 应采用二元混合染料; 三波长输出, 应采用三元混合染料^[4~6], 依次类推。但是, 染料混合的元数越多, 能量传输效率越低, 各波长的输出也降低。

参 考 文 献

- [1] Pilloff H. S.; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **21**, No. 8, 339.
- [2] T. W. Hänsch; *Appl. Opt.*, 1972, **11**, No. 4, 895.
- [3] Lotem, R. T. Lynch; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, No. 6, 344.
- [4] P. Burlamacchi, H. F. Raneasandoval; *Opt. Commun.*, 1979, **31**, No. 2, 185.
- [5] P. Burlamacchi, D. Cutter; *Opt. Commun.*, 1977, **22**, No. 3, 283.
- [6] R. E. Drullinger; *Opt. Commun.*, 1981, **39**, No. 4, 263.