

# 独立调谐的双波长窄带染料激光器

韩全生 张治国

(中国科学院物理研究所)

**提要:** 本文报道了一种新型的双波长染料激光器,它无须增加任何腔内元件,两个波长的调谐是完全独立的,且频差范围不受一种染料增益谱宽的限制。

## Independently tunable two-wavelength narrow-band dye laser

Han Quansheng, Zhang Zhiguo

(Institute of Physics, Academia Sinica)

**Abstract:** We report a new kind of two-wavelength dye laser, which needs no additional intracavity element. The tuning of the two wavelengths is entirely independent and the frequency-difference is not limited by the gain spectral width of a single dye.

随着激光光谱学和非线性光学的不断发展,在很多研究工作中,例如 CARS 光谱、四波混频、双光子激发、和频和差频发生、同位素分离等,都需要有同步或相对延迟两个窄带可调谐激光。这样的器件已有报道<sup>[1~5]</sup>,但都由于某方面的缺陷而不能广泛应用。最大的问题是这些器件都利用同一种染料的同时空间或相邻空间的增益区。这就不可避免地造成两个严重的缺陷:由于模式竞争的结果,使得两个波长的光相对强度难以控制;由于两个波长同在一染料增益谱内,两波长的频差范围受到很大的限制。此外,在这类器件中大多靠插入附加的腔内元件来实现两个波长的空间分离或是偏振分离,例如加束分割器<sup>[1]</sup>、格兰棱镜<sup>[2]</sup>、光楔<sup>[2,5]</sup>、玻璃板<sup>[3]</sup>等,这些腔内插入元件带来了额外能量损耗,使激光效率大大降低。也有的器件是靠光栅

的不同的衍射级来实现波长分离<sup>[3,4]</sup>,由于两个波长的光都同时衍射到两个分支,能量也有相当大的损失。还有一个问题是,有部分设计<sup>[1,2,5]</sup>,两个波长的调节相互受到牵制,不能完全独立。

作者看到最近 Williams 和 Heddle 的报道<sup>[6]</sup>,他们用了一个双折射的分割器,将一束平面偏振  $N_2$  激光分割成空间分开的两部分,然后分别去泵浦两种(也可是同一种)染料,从而消除了上述的模式竞争和频差范围小以及调谐不能完全独立的缺陷。但是,他们的设计对泵浦光要求是平面偏振的,这一点给设备带来了很大的限制和麻烦,而且,双折射的分割器也给泵浦激光带来相当大的损失,因而,实际上也是很难广泛应用的。我们设计了一种新型的双波长染料激光器,完全克

收稿日期:1983年5月31日。

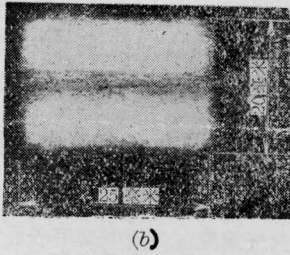
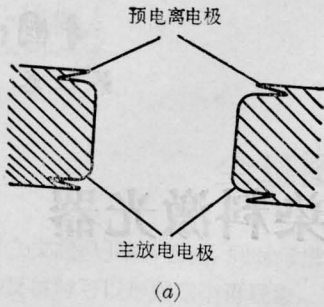


图1 N<sub>2</sub>激光器的放电电极截面(a)和激光束的截面光斑(b)

服了上述诸缺点。

我们的实验所用的泵源是自己研制的C-C型列陈电容N<sub>2</sub>激光器<sup>[7]</sup>(单脉冲能量~3毫焦耳,脉冲宽度~8毫微秒),特地设计了放电电极,其形状如图1(a)所示。增大主放电电极的高度,缩小倒角的弧度,并在其两侧加上刃形的预电离电极,从而使得激光输出的光斑呈规整的矩形,而且中间较暗,能量大致均匀分布在上下两侧,如图1(b)。

染料激光器的结构如图2所示。矩形截面的一束氮分子激光,经过上下并置的两个柱面镜CL,在染料池DC的窗口处聚焦成上下分开的两条平行线。染料池的结构和普通横向泵浦的染料池一样,只是高度适当增加,并在中间增加一薄的隔层,使形成上下两个容积,可以充以两种(或同一种)染料溶液。聚焦后的两条泵浦光分别激励上下两部分染料。一块30×60毫米<sup>2</sup>、2400条/毫米的全息光栅HG作掠入射配置,它既是腔内的共同色散元件,又是两束激光的输出耦合元件。端面反射镜M分别和两个上下放置的条形反射镜M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>构成两个独立的谐振腔。只要围绕铅垂轴分别调节条形反射镜M<sub>1</sub>和

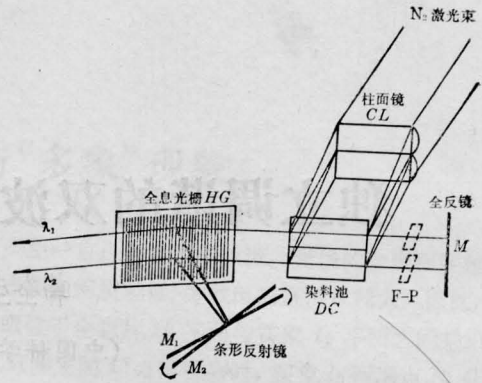


图2 双波长染料激光器的结构示意图

M<sub>2</sub>的角度,就可以得到所需要的任意两个波长λ<sub>1</sub>和λ<sub>2</sub>的染料激光输出。两束激光基本上是平行的,它们之间分开的距离取决于聚焦后的两条N<sub>2</sub>激光束的距离,可以通过两个聚焦柱面镜的倾仰角作小范围的调节,从10毫米到20毫米。

该器件的激光输出特性与一般的掠入射光栅染料激光器的输出相同。在不加其他任何压窄线宽元件的情况下,我们获得两个波长激光的线宽约3~5千兆赫。将反射镜M、M<sub>1</sub>和M<sub>2</sub>镀成全反射膜,选用不同的染料,我们在这个装置中可以获得复盖400毫微米到700毫微米整个可见光波段的任意两个波长的激光,它们之间具有稳定的相对强度。表1给出同时选用红光染料DCM和紫光染料2,5-二取代噁唑进行实验的主要结果。

如果需要进一步压窄线宽和细致调谐,可以在腔内两个光路上各自加上一个F-P标准具,如图2中的虚线所示。

在用两种不同染料运转的情况下,由于两种染料增益大小不同,两个波长的激光脉

表 1

| 染料  | 溶剂   | 浓度(M)              | 泵浦能量(毫焦耳) | 激光波长(毫微米) | 输出能量(微焦耳) |
|-----|------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| DCM | 乙醇   | 5×10 <sup>-3</sup> | ~1        | 660       | 30        |
| 噁唑  | 二氧六环 | 5×10 <sup>-3</sup> | ~1        | 405       | 70        |

(下转第333页)

anti-Stokes( $\alpha S_1$ ) 散射波, 是由处于  $H_2$  第一振动激发态的分子与入射光子相互作用产生的, 因此它的光强受  $H_2$  激发态分子数的影响。激发态分子数多, 轴向  $\alpha S_1$  散射强, 反之, 则轴向  $\alpha S_1$  散射弱。当气压增高时, 分子间碰撞加剧, 激发态分子寿命减少。所以在相同的泵浦条件下, 气压高时  $H_2$  激发态分子数小于气压低时  $H_2$  激发态分子数, 即轴向  $\alpha S_1$  散射光强随着气压的增高而减弱。这就引起了  $S_1$  环状散射光强随着气压增高而减弱。当气压增高到一定程度, 轴向  $\alpha S_1$  散射光强很弱, 不能参予四波混频作用,  $S_1$  的环状散射消失。上述的解释可以由下面的实验证实: 当提高泵浦强度时, 激发态分子数增加。如果泵浦增强引起的激发态分子数的增加量, 大于气压增高引起的激发态分子数的减少量, 则当泵浦增强时, 有可能在原来观察不到  $S_1$  环状散射的较高气压下, 观察到  $S_1$  的环状散射。同样, 如果降低泵浦而引起的激发态分子数的减少量, 大于气压降低引起的激发态分子数的增加量, 则泵浦降低时, 可能在原来能观察到  $S_1$  环状散射的较低气压下, 反而观察不到  $S_1$  的环状散射。我们在实验上, 使气压在  $10 \sim 24$  大气压范围内变化, 并相应改变泵浦强度, 观察到了上述现象。

在低气压端,  $S_1$  环状散射光强明显大于轴向散射光强, 这可能是由于  $S_1$  轴向散射作为产生高阶 Raman 散射的一个“源”, 已经基本倒空所至。

## 五、结 束 语

以上的讨论表明, 一阶 Stokes 散射实际上存在着两种物理过程, 即非参量受激散射过程和参量四波混频过程, 这是本质上不同的两种物理过程。氢气压力和泵浦强度是影响这两种物理过程的两个重要因素。当气压或泵浦强度改变时, 产生  $S_1$  散射的物理过程也发生变化,  $S_1$  的输出能量随之改变。在一定的气压和泵浦强度范围内, 两种物理过程能够同时存在, 各自产生相应的  $S_1$  散射, 此时对应着较大的  $S_1$  能量输出。

本工作得到了姚敏言、娄彩云同志的热情帮助和支持, 在此表示衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- [1] V. Wilke, W. Schmidt; *Appl. Phys.*, 1979, **18**, 177~181.
- [2] F. R. Anssenege *et al.*; *Opt. Commun.*, 1981, **37**, No. 1, 59~66.
- [3] R. B. Andreev *et al.*; *Opt. and Spectrosc.*, 1981, **51**, No. 4, 358~361.

(上接第 322 页)

冲并不是很精确同步的<sup>[8]</sup>。但是它们之间的时间差很小, 大约只有自身脉宽的十分之一。如果需要进一步改善同步的准确性, 可以通过调整染料的浓度或是调整泵浦光的相对能量来实现。改变两条泵浦光的相对能量, 只要简单地改变两个柱面镜所截取的  $N_2$  激光的相对面积就可以了。

## 参 考 文 献

- [1] B. R. Marx *et al.*; *Opt. Commun.*, 1976, **18**, 427.

- [2] R. Wallenstein; *Laser Handbook 3*, Ed. by M. L. Stitch (North-Holland, Amsterdam, 1979), p. 230.
- [3] Y. Prior; *Rev. Sci. Instrum.*, 1979, **50**, 259.
- [4] S. G. Dinev *et al.*; *Opt. Commun.*, 1980, **32**, 313.
- [5] M. N. Nenchev, Y. H. Meyer; *Appl. Phys.*, 1981, **24**, 7.
- [6] S. W. Williams, *et al.*; *Opt. Commun.*, 1983, **45**, 112.
- [7] 韩全生等;《物理》, 1983, **12**, 231.
- [8] 张治国等;《物理学报》, 1983, **32**, 1143.