

## QJR2-1 型脉冲式可调谐染料激光器

北京光电技术研究所激光器研究室可调谐激光器小组

染料激光器与其他激光器相比,最突出的特点是输出波长在很大范围内连续可调,谱线宽度可以做得比较小,脉冲宽度窄(数个毫微米)。这些特点使它在很多方面获得了广泛的应用,如激光同位素分离、光化反应、高分辨光谱及瞬态光谱分析等。

自 1975 年以来我所研制了氮分子激光器和氮分子激光器泵浦的染料激光器。其性能如下:

泵浦源为双平板一次折迭式的氮分子激光器,输出参数如下:

输出波长: 3371 埃,

输出能量: 2.5 毫焦耳/脉冲,

脉冲宽度: 4 毫微秒,

脉冲重复频率: 1~30 次/秒,

发散角(半角): 上下 10 毫弧度,

左右 36 毫弧度,

该氮激光器泵浦的染料激光器使用 1800 条/毫米的光栅,25 倍扩束望远镜,获得如下输出特性:

波长调谐范围: 3600~7135 埃,

谱线半宽度(对 6000 埃): ~0.4 埃,

转换效率(使用若丹明 6G 对 5800 埃): ~10%,

脉冲宽度: 4 毫微秒,

脉冲重复频率: 0~20 次/秒,

发散角(半角,对整个调谐范围): ~5—10 毫弧度。

## 脉冲可调谐染料激光器输出线宽的研究

中山大学物理系光学教研室

本实验采用平板传输线电路激励  $N_2$ 。3371 埃激光经柱面透镜聚焦后对染料作横向激励。同时采用了多层介质膜反射镜、光束扩展器、光栅、标准器组成的谐振腔系统。对于各个元件和各种不同结构的装置对输出激光线宽的影响进行了实验观测,获得了 0.04 埃线宽的输出。实验表明,只要提高法布里-珀罗标准器的精巧度,或在腔内或在腔外增加另一个标准器,则输出线宽可以进一步收窄,但输出也将会锐减。

激光谐振腔中各元件的参数为: 输出镜  $M$  为宽带多层介质膜平面镜,在 6000 埃处反射率为 30%。染料池  $C$  是长度为 2 厘米的石英匣。扩束器  $T$  先后用 10 倍及 30 倍。法布里-珀罗标准器  $E$  为平行平板玻璃,厚度  $d=4.8$  毫米,折射率  $n=1.57$ ,两面镀多层介质膜,在  $\lambda=6000$  埃处,反射率  $R=50\%$ 。反射光栅  $G$  为 1200 线/毫米的复制光栅,其第一级反射率为 68%。工作染料为若丹明 6G,浓度为  $5 \times 10^{-3}$  克分子/升。

我们分别采用如下几种谐振腔结构,并对它们的输出激光束在 6000 埃处作了光谱线宽度的测定:

(A) 仅用  $C$ , 测得超辐射总带宽为  $\Delta\lambda_A=180$  埃。

(B) 用  $M$ 、 $C$ 、 $G$  组成谐振腔,测得输出线宽为  $\Delta\lambda_B=3.1$  埃。

(C) 用  $M$ 、 $C$ 、 $T$ 、 $G$  组成谐振腔( $T$  用 10 倍),测得其输出线宽为  $\Delta\lambda_C=0.28$  埃。

(D) 仍采用结构(C),只是把  $T$  改为 30 倍,结果输出线宽为  $\Delta\lambda_D=0.08$  埃。

(E) 用  $M$ 、 $C$ 、 $T$ 、 $E$ 、 $G$  组成谐振腔(目前最完备的结构)。标准器  $E$  作为一腔内选模滤光器, 其透射光谱的模距为  $\Delta\lambda_q = \lambda^2/2nd = 0.24$  埃; 透射模的宽度为  $\delta\lambda_E = \lambda^2(1-R)/2\pi nd\sqrt{R} = 0.057$  埃。结果, 测得输出激光线宽为  $\Delta\lambda_E = 0.04$  埃。

衍射光栅理论指出, 当光栅作为谐振腔使用时, 其入射角等于衍射角  $\theta_m$ 。那么角色散为  $d\theta_m/d\lambda = 2\tan\theta_m/\lambda$ 。在腔内, 当光束沿相反方向从衍射光栅穿过染料激活区时, 只有衍射角  $d\theta_m$  等于光束发散角  $\Delta\theta_m$  内的那部分波长的反射光才获得放大并建立振荡, 而染料受激辐射是近似高斯型光束  $[I \sim \exp(-\frac{2r^2}{\omega^2})]$ , 经扩束后, 束腰截面为  $\omega$ , 这时的发散角为  $\Delta\theta = \lambda/\pi\omega$ 。故此无源单程线宽应为

$$\delta\lambda = \frac{\lambda}{2 \tan \theta_m} \cdot \Delta\theta = \frac{\lambda^2}{2\pi\omega \cdot \tan \theta_m}$$

由于实际上光束在腔内往返不止一次, 故输出的激光谱线宽度比上式估算的单程线宽为窄。

实验装置结构及测量结果一览表

装置	谐振腔结构	输出线宽的实验测定结果 (埃)	无源单程线宽的理论估计 (埃)
(A)	只有 $C$ (超辐射)	180 ( $\lambda_0 = 5900$ )	
(B)	包括 $M, C, G$	3.1	49
(C)	$M, C, T, G$ ( $T$ 为 10 倍)	0.28	0.52
(D)	$M, C, T, G$ ( $T$ 为 30 倍)	0.08	0.19
(E)	$M, C, T, E, G$	0.04	0.057

## 同轴脉冲氙灯泵浦的染料激光器

复旦大学光学系 戚霖

氙灯泵浦的染料激光器具有激光输出能量高、波长复盖区宽等特点, 经过锁模区可以得到波长可调的  $10^{-12}$  秒的超短脉冲。这样的激光器, 无论在大气测污、大气传输、水下通讯与测距, 以至激光分离同位素等方面都将成为有力的工具。我们采用同轴脉冲氙灯泵浦荧光染料若丹明 6G 得到 1 焦耳激光输出, 效率达 0.59%。

氙灯泵浦的染料激光的装置类似固体激光器。用作泵浦源的同轴脉冲氙灯的极间距离为 17 厘米, 气压 2~70 托, 氙灯的外套镀铝作为聚光腔, 激光介质若丹明 6G 溶液通过离心潜水泵进行循环。谐振腔采用平行平面腔, 反射镜镀宽带高温介质膜。用火花隙作为放电回路的开关。为了缩小放电的上升时间, 电容器的电感需尽量小。

为了研究不同气压的氙灯对激光效率的影响, 我们比较各种氙灯的发光光谱, 放电波形。实验结果证明, 氙灯气压上升, 发光效率显著上升, 光谱强度分布向长波方向移动, 光脉冲振荡随气压上升而消失。70 托的氙灯激光转换效率比 2 托的灯管大 12 倍。

在实验中, 我们还试验了放电区间隙极窄的同轴脉冲氙灯, 在相同的条件下, 它比一般的同轴氙灯的激光效率提高一倍。这是因为放电区间隙变窄增加了猝灭表面的面积, 减少到达猝灭表面的距离, 从而消除了“余辉”, 增加了回路所需的有效阻抗。随着放电区间隙变窄, 灯管允许承受的最大能量也将下降。因此只有在中小能量输出时, 这种结构是理想的。

在氙灯泵浦的染料激光器中, 三重态的猝灭作用极为重要。采用氧气作猝灭剂可以消除染料分子下  $Ti \rightarrow S$  的自旋禁戒, 消除三重态的聚积, 并延长激光脉冲时间。通氧气 10 分钟激光效率比通空气提高 30%, 比