

(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 θ_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 ω , 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

通氮气提高 50%。环辛四烯(COT)也有明显猝灭作用。当若丹明 6G 浓度为 $2 \times 10^{-4} M$ 时加入 $1 \times 10^{-5} M$ 的环辛四烯,激光频率可提高 20~30%。

溶液浓度对激光的输出波长有明显影响,浓度升高,激光输出波长向长波方向移动。并且溶液浓度变浓会使发散度急骤上升,当若丹明 6G 浓度为 $4 \times 10^{-5} M$ 时,激光发散度是 4 毫弧度(半角),而浓度上升到 $2 \times 10^{-4} M$ 时,发散度为 12 毫弧度。这是因为染料溶液的吸收系数极高,当溶液浓度升高,激励光经过很短路程就被吸收,在管壁附近形成极薄的环形增益区,引起了衍射。从摄得的光斑可以看到明显的衍射花样。

染料激光的输出波形光滑,激光脉宽在微秒量级。当灯管气压下降时,由于光脉冲振荡有时会出现双峰输出。

锁模连续染料激光器

郑州大学物理系 张兵临

1964 年锁模技术出现后,开始了超短光脉冲的大量理论和实验研究。染料激光器的问世,使超短光脉冲的发展进入了一个更新的阶段。尤其是加上腔倒空输出的锁模连续染料激光器,既可输出单个超短光脉冲,又可输出重复率可调的超短脉冲列。这对于许多研究工作是极其有用的,受到人们的高度重视。本文综述了锁模连续染料激光器的典型装置、超短光脉冲的测量方法、锁模连续染料激光器的若干应用以及发展趋势。

锁模连续染料激光器中,目前最吸引人的是同步泵浦染料激光器和被动锁模连续染料激光器。同步泵浦染料激光器大多采用锁模氩离子激光器去泵浦一个腔长匹配的染料激光器这种结构。据报道,用锁模氩离子激光器同步泵浦若丹明 6G 染料激光器,在两个独立调谐波长上实现了 5 微微秒的典型脉宽,最小脉宽短到 2.5 微微秒。用串联泵浦方法获得了 0.8 微微秒的脉宽。

用饱和吸收体的被动锁模连续染料激光器,目前已经获得了 0.3 微微秒的连续脉冲列。采用双锁模方法,在饱和吸收体和激光染料中可同时发出两种波长的超短光脉冲。

同步泵浦染料激光器与被动锁模染料激光器相比,前者不受饱和吸收染料的吸收带宽限制,具有较宽的调谐范围,而且工作可靠稳定;后者可获得较窄的光脉冲宽度,装置也较为简单。总之,各有特点,都在迅速发展。

微微秒、亚微微秒超短光脉冲的出现,使得原来采用雪崩光电管快速探测系统测定脉宽已不能适应。相继出现了二次谐波相关测量技术、双光子荧光法、条纹照相机等一系列测量脉宽的技术。目前,以前两种应用较为广泛。

锁模连续染料激光器已开始应用于物理、化学和生物等基础研究。例如,用同步泵浦染料激光器建立的多普勒双光子光谱装置,已精确地研究了钠原子 $3s-4d$ 跃迁。锁模连续染料激光器还可用于研究多光子过程,测定分子的振动弛豫、非辐射弛豫、“声子”弛豫、晶体的色心形成,研究半导体材料性质等。此外,还可用于化学中光离解和 Cage 效应的研究。在生物学中用于光合作用、视觉过程和 DNA 的研究等等。

锁模连续染料激光器出现不久,无论理论和实验都还在发展中。迄今,虽已获得了 0.3 微微秒的光脉冲,但仍未达到激活介质增益带宽的极限限制,还有可能获得更短的光脉冲,并将不断开拓出新的应用领域。