

序列脉冲快 Q 开关红宝石激光器

天津大学精仪系 李世忱

完全用我们自己的方案 76 年研制成功这一激光器, 77 年应用于高速摄影得到良好的效果。该器件采用单次泵浦、重复 Q 开关工作, 达到的主要指标是: 脉冲重复率 5~100 千周连续可调, 脉冲个数由 1 到数十个可调, 各脉冲半峰宽度约 30 毫微秒, 各脉冲能量约 0.1 焦耳, 脉冲能量分布均匀。

本文从近似求解速率过程出发, 对激光器的输出特性和泵浦过程进行了较为全面的理论计算, 用此结果指导实验, 达到了提高器件运转性能的目的。文中最后给出整机的电路框图和重点简介。

1. 电光晶体 Q 开关损耗函数的分析: 考虑了晶体在实际电路中的特性, 由晶体对光强的调制机理得到由此引入的腔损耗速率的时间函数形式, 从而得到对于红宝石激光器晶体 Q 开关的开启时间常数 $\tau \leq 20$ 毫微秒可认为是快 Q 开关的认识, 从而认为理论处理时由于 Q 开关引入的损耗函数可以以方脉冲(阶跃形式)来近似。

2. 用近似方法处理速率方程, 得到激光脉冲的完整波形表式以及脉冲半峰宽度的新的近似表式, 与数值积分结果甚相符合。得到激光脉冲上升和衰减时间的方便表式。

3. 序列脉冲激光器泵浦过程: 把匹配良好的仿真网络供电的泵灯闪光波形简化为具有上升时间为 t_r 的梯形函数, 用这一模型作为泵速率的时间函数, 求解速率方程得到泵速率 W_p 和序列脉冲周期 T 以及反转参数的方程:

$$W_p T = \ln \frac{1 - \eta_f}{1 - \eta_0}$$

和为使序列脉冲有效地稳定运转的正确延时

$$t_D = \frac{1}{2} t_r + T + \frac{1}{W_p} \ln \frac{2}{1 - \eta_f}$$

同时给出求解末值反转比 η_f 的简便方法。

理论上定量证明了该重复 Q 开关系统是稳定系统, 对于扰动造成的反转水平的波动有迅速恢复到平衡态的能力, 并证明这种能力随泵速率的提高而加强。对于轻失调其稳定性因子是

$$\Gamma = \frac{1 - \eta_0}{1 - \eta_f} \cdot \frac{\eta_f(\eta_0 - \eta_i)}{\eta_0(\eta_f - \eta_i)}$$

η_0 和 η_i 是反转比初值和阈值。

给定 η_0/η_i 和 T , 可由以上结果得到 W_p , 从而又可由下式决定泵浦电源的储能

$$U_E = \frac{W_p h\nu_{31}}{\sigma_{13} K} \frac{\pi}{4} l t_L$$

其中 σ_{13} 是吸收截面, K 是光泵效率, 约等于 0.05, l 是红宝石棒长, t_L 是闪光灯闪光时间。最后决定仿真网络参数。文中还注意给出计算所需的红宝石的有关参数。

巨脉冲红宝石激光器的若干问题

中国科学院安徽光机所 301 组

本文研究和讨论了巨脉冲红宝石激光器的若干问题。实验测量了电光调 Q、染料调 Q 及电光-染料双调 Q 红宝石激光的相干长度, 进行了比较。实验结果跟国外稍有不同。实验研究了电光调 Q 红宝石激光器

的最佳工作条件。在一定的光泵功率下存在一个最佳延迟时间使激光输出功率最高。理论计算的红宝石放大器输出功率特性跟实验结果一致。研究了丝状振荡对腔内光学元件的破坏。电光调 Q 和电光-染料双调 Q 的破坏阈值显然比染料调 Q 高。最后讨论了红宝石激光器的输出功率跟红宝石棒光学质量的关系。国外都认为这两者是无关系的。我们的结果是输出功率跟红宝石棒的等效焦距有关。 $\phi 10 \times 100$ 毫米的红宝石棒其等效焦距大于 3 米时,能输出 200~300 兆瓦的功率。上述问题对于巨脉冲红宝石激光器的性能改善及各种应用具有重要意义。

被动锁模的 Nd:YAG 激光器

中国科学院上海光机所 陈绍和 陈兰荣

文章讨论了被动锁模激光器中超短光脉冲产生的动力学过程。分析表明,在激光腔中光束通过工作物质的横切面与光束通过染料的横切面的最佳比是获得高信噪比、高稳定性锁模的基本条件。推导出最佳横切面积比 $\delta_{最佳}$ 的表示式:

$$\delta_{最佳} = \frac{\text{光束通过工作物质横切面}}{\text{光束通过染料横切面}} = \frac{\sigma_v}{\sigma_s} \frac{L}{C \tau_0 t_n M} \quad (1)$$

σ_v ——工作物质受激发射截面,

σ_s ——饱和染料寿命,

L ——腔长,

M ——非线性阶段开始时振荡周期中尖峰数。

激光器单横模运转,对 9860 染料、9740 染料、十一甲川染料、五甲川染料(分别溶于氯苯、二氯乙烷, τ_0 不同)进行锁模试验,确认了上述的分析和公式(1)是正确的。 δ 存在一个最佳值,当 $\delta = \delta_{最佳}$ 意味着激光腔中染料和工作物质的饱和效应同时来到,当 $d > \delta_{最佳}$,染料过早饱和,减少了染料的非线性作用。 $d < \delta_{最佳}$,工作物质过早饱和,浪费了部分反转粒子数。因此,只有幅度比较大的尖峰(几率比较小)可能使染料饱和。几种情况均影响锁模脉冲的信噪比或锁模的几率。文章的第二部分是介绍超短脉冲的测量和实验结果,我们采用双光子荧光方法对锁模脉冲的脉冲宽度和对照比进行了定量测量,并观察它的光滑性,用 F-P 标准具对锁模脉冲的光谱宽度和形状进行测量并观察了光滑性。通过傅里叶变换推算了锁模脉冲的形状(时间)和宽度,并与双光子荧光方法测量结果进行比较,从而判断锁模质量的好坏。激光器腔长 1.5 米。

对 9860 染料, $\tau_0 = 6$ 微微秒, $\delta_{最佳} = 1.47$

(1) $\delta = 0.83$, 染料透过率 $T_0 = 0.5, 0.6, 0.7$, 光泵功率从阈值起到高于阈值 10% 各种光泵功率,在示波器上观察到的锁模脉冲系列几率 $< 50\%$ 。

(2) $\delta = 1$, $T_0 = 0.5$, 在示波器上观察到锁模脉冲系列几率 $\approx 80\%$, 双光子荧光测对照比 ≈ 2.5 (几率 80%)。

对 9740 染料、五甲川染料(它与 9740 的分子结构式、吸收光谱完全相同), 溶液氯苯, $\tau_0 = 8.3$ 微微秒, $\delta_{最佳} = 1$

(1) $\delta = \delta_{最佳} = 1$, 对照比 2.8~3, 几率 $> 80\%$ 。双光子荧光光线光滑, 光谱光滑, 高斯分布。光谱宽度与脉冲时间宽度进行傅里叶变换相互吻合。 $\Delta\nu\Delta t \approx 0.4 \sim 0.5$ 的几率 $> 80\%$ 。锁模最窄脉冲宽度 ~ 30 微微秒。通过腔内插入不同厚度 F-P 标准具后, 锁模脉冲展宽到 100~200 微微秒。

(2) 五甲川染料, 溶于二氯乙烷。 $\tau_0 = 20$ 微微秒, $\delta_{最佳} = 0.44$, $\delta = 1$, 对照比 ≈ 2.5 。十一甲川染料, 溶于丙酮。(1) $\delta = 1$, 锁模很差。(2) $\delta = 0.6$, 对照比 ≈ 2.6 , $\Delta\nu\Delta t = 0.4 \sim 0.7$, 几率 $\approx 60\%$ 。锁模最窄脉冲宽度 ~ 30 微微秒。腔内插入 F-P 标准具后, 脉冲展宽到 100~200 微微秒。