

河北大学 物理科学与技术学院《激光原理》测试题

第四章 激光振荡特性

一、简答题

1. 试解释均匀加宽激光器中的自选模效应（简明起见，仅考虑基横模运转）。
2. 对于内腔式均匀加宽单模气体激光器，在刚开机点亮预热的一段时间里，可观察到激光输出频率在增益曲线中心频率附近振荡。首先逐渐连续减小，然后突然跳变增大，再重复该过程。同时输出功率也随之起伏。试解释该现象。
3. 试解释驻波腔激光器中增益的轴向空间烧孔效应，并简要说明轴向空间烧孔的影响。
4. 试简单分析单模激光器在小信号增益系数大于阈值增益时，稳定工作状态建立的过程。

5. 什么是振荡线宽？简述影响激光器振荡线宽的因素。
6. 什么是兰姆凹陷？试定性解释兰姆凹陷产生的原因。
7. 一般固体脉冲激光器会出现弛豫振荡现象。试定性解释弛豫振荡产生的原因。
8. 为何单模激光器的线宽极限不为零，试定性说明其原因。

二、证明题

9. 激光器的工作物质长为 l ，折射率为 η ，谐振腔长 L ，谐振腔中除工作物质外的其余部分折射率为 η' ，工作物质中光子数密度为 N ，光的单程损耗为 δ ，真空中的光速为 c 。试证明对频率为中心频率的光

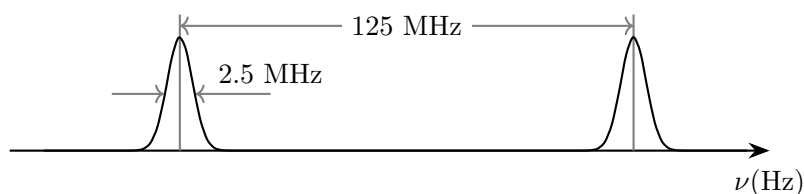
$$\frac{dN}{dt} = \Delta n \sigma_{21} c N \frac{l}{L'} - N \frac{\delta c}{L'}$$

其中 $L' = \eta l + \eta'(L - l)$ 为腔的光学长度。

三、综合题

10. 某无源 F-P 腔激光谐振腔的在工作物质中心频率附近的一段频谱，如下图所示。（设腔内充满工作物质，折射率均为 $\eta = 1$ ）。试计算：

- (1) 该 F-P 谐振腔的腔长 L ；
- (2) 该 F-P 谐振腔的时间常数；
- (3) 若对工作物质进行激励，为了使激光器出现自激振荡，中心频率处小信号增益系数 g_m^0 应为多少？



11. He-Ne 激光工作物质的多普勒宽度 $\Delta\nu_D = 1450 \text{ MHz}$ ，中心频率处小信号增益系数 $g_m = 1.2 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 。腔长 $L = 120 \text{ cm}$ ，放电管长 $l = 100 \text{ cm}$ 。输出镜的透射率为 0.06，忽略光腔的其它损耗。

- (1) 试求该激光器的纵模间隔；
- (2) 试求该激光器的阈值增益系数；
- (3) 若仅有基横模运转，试估算有几个纵模可以振荡。

注：多普勒加宽工作质小信号增益系数为

$$g_i^0(\nu) = g_m \exp \left[- (4 \ln 2) \left(\frac{\nu - \nu_0}{\Delta\nu_D} \right)^2 \right]$$

12. 如下图所示的激光谐振腔，其中凹面反射镜 M_1 与平面反射镜 M_2 的反射率分别为 $r_1 = 0.95$ 和 $r_2 = 0.85$ ，两个布儒斯特窗口对特定偏振光的透过率均为 $T = 98\%$ ，光腔的长度为 $L = 50\text{ cm}$ ，增益介质的长度为 $l = 30\text{ cm}$ ，增益介质的折射率为 $\eta = 1$ 。

- (1) 若凹面反射镜 M_1 的曲率半径为 $R_1 = 1\text{ m}$ ，试判断该腔的稳定性；
- (2) 若增益介质的小信号增益系数 $g^0 = 0$ 时，试求光腔的单程损耗因子；
- (3) 若中心频率处小信号增益系数为 $g^0 = 4 \times 10^{-3}\text{ cm}^{-1}$ ，请问该激光器能否振荡，并说明原因。

