

# 西北大学 2005 年招收攻读硕士学位研究生试题

科目名称: 激光原理

科目代码: 449

适用专业: 光学

共 3 页

答案请答在答题纸上, 答在本试题纸上的答案一律无效

## 一、概念简述 (6 分/题, 共 36 分)

1. 光波模式, 光子的量子状态, 相格, 相干体积;
2. 光谱线的线型、线宽和线型分类, 并写出一种线型函数数学表示式;
3. 激光横模分布特点及形成机理, 与激光高相干性的关系;
4. 热反应, 冷反应, 级联现象;
5. 频率牵引效应, 自由振荡激光器的尖峰效应 (激光输出);
6. 晶体的电光效应、Pockels 效应、Kerr 效应及光学双稳态。

## 二、分析说明 (8 分/题, 共 24 分)

1. 激光纵、横模的基本特征和实现激光稳定振荡的条件;
2. Lamb 凹陷稳频原理;
3. 锁模激光器的工作原理和分类。

## 三、画图标示与说明 (8 分/题, 16 分)

1. 双凸型非稳腔的几何放大率, 并给出其表达式;
2. 画出  $\text{CO}_2$  与激光有关部分能级图, 标示能级符号和跃迁过程, 说明 He-Ne 激光器中, 实现粒子数反转的主要激发过程。

#### 四、推导与说明 (16 分)

利用 ABCD 定律推导并说明由两曲率半径分别为  $R_1$ 、 $R_2$  的反射镜组成, 腔长为  $L$  的谐振腔

- 1) 构成稳定谐振腔的条件;
- 2) 画出其在稳定性  $g$  因子图上的分布范围。

#### 五、设计与分析 (15 分)

设计一台腔内剪切式激光放大器, 要求:

1. 画出其结构原理图, 标明各元件的符号及相关技术参数;
2. 分析说明该器件的工作程序及原理;
3. 应注意的问题。

#### 六、证明 (10 分)

物质辐射跃迁过程中, Einstein 三系数的关系式为

$$\begin{cases} \frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \\ \frac{B_{12}g_1}{B_{21}g_2} = 1 \end{cases}$$

#### 七、计算 (16 分/1 题, 17 分/2 题, 共 33 分)

1. 设一工作物质为二能级系统,  $E_2$  能级自发辐射寿命为  $\tau_s$ , 无辐射跃迁寿命为  $\tau_{nr}$ , 假设在  $t=0$  时刻能级  $E_2$  上的粒子数密度为  $n_2(0)$ , 工作物质体积为  $V$ , 自发辐射光的频率为  $\nu$ , 求:



- 1) 自发辐射光功率随时间  $t$  的变化规律;
- 2) 能级  $E_2$  上的粒子在衰减过程中发出的自发辐射光子数;
- 3) 量子产额  $\eta_2$  (自发辐射光子数与初始时刻能级  $E_2$  上的粒子数之比)。

2. 有一台输出为  $632.8\text{nm}$  的 He-Ne 激光器, 已知其上能级寿命为  $\tau_2=2\times 10^{-8}\text{s}$ , 管内气压为  $2\text{mmHg}$ , 放电管内径  $d=10^{-3}\text{mm}$ , 谐振腔镜的反射率分别为,  $r_1=100\%$ ,  $r_2=98\%$ , 腔长  $L=1.0\text{m}$ , 自然线宽  $\Delta\nu_N=10^7\text{Hz}$ , 设温度  $T=400\text{K}$ , Ne 原子量  $M=20$ ,  $\alpha=9.6\times 10^7\text{Hz/mmHg}$ , 试求:

- 1) 碰撞线宽和 Dopple 线宽;
- 2) 该器件属于何种线型;
- 3) 当烧孔宽度  $\delta\nu=2\Delta\nu_H$  时, 腔内光场  $I_r$ ;
- 4) 估算  $\nu=\nu_0$ ,  $\nu\neq\nu_0$  时每个纵模的输出功率。