

ДС.05. Квантовая радиофизика

1. Линия лазерного перехода рубина с длиной волны $\lambda_0 = 0,6943 \text{ мкм}$ описывается лоренцевой кривой с шириной линии $\Delta\nu = 330 \text{ ГГц}$. Время жизни верхнего лазерного уровня $\tau = 3 \text{ мс}$, квантовый выход люминесценции $\eta = 0,63$, показатель преломления рубина $n = 1,76$. Вычислить спонтанное τ_{cn} и безызлучательное τ_b времена жизни верхнего лазерного уровня, а также сечение перехода в максимуме линии σ .
2. Люминесцентная лампа состоит из трубки длиной $L = 1 \text{ м}$, содержащей аргон под давлением $p = 3 \text{ мм рт ст}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$. К трубке приложено напряжение $U = 74 \text{ В}$. Предполагается, что доля энергии, теряемая при столкновениях равна $\delta = 1,4 \cdot 10^{-4}$, упругие столкновения преобладают над другими столкновительными процессами, считая, что сечение упругих столкновений $\sigma_{уп} = 2 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$, вычислить электронную температуру в разряде T_e . Указания: считать, что давление и температура связаны соотношением $p = NkT$, где N - концентрация атомов аргона, и что длина свободного пробега $l_{св} = \frac{1}{\sigma_{уп}N}$.
3. Рубиновый лазер состоит из стержня диаметром $d = 6,3 \text{ мм}$, длиной $l = 7,5 \text{ см}$. Каждое из двух зеркал напылено непосредственно на торцы стержня. Сечение лазерного перехода $\sigma = 2,5 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$, показатель преломления стержня $n = 1,76$, концентрация активных ионов $N = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Стационарное значение произведения инверсии населенностей на объем активной среды $V_a \Delta n_0 = 6,66 \cdot 10^{15}$, число фотонов в резонаторе $q_0 = 5,8 \cdot 10^{14}$. Время жизни верхнего лазерного уровня $\tau = 3 \text{ мс}$. Вычислить полные потери γ и величину x , показывающую, во сколько раз накачка превышает пороговую.
4. Лазерный переход в Nd:YAG на длине волны $\lambda_0 = 1,06 \text{ мкм}$ описывается лоренцевой кривой с шириной линии $\Delta\nu = 195 \text{ ГГц}$. Спонтанное время жизни верхнего лазерного уровня $\tau_{cn} = 0,55 \text{ мс}$, квантовый выход люминесценции лазерного перехода $\eta = 0,42$, сечение перехода $\sigma = 3,5 \cdot 10^{-19} \text{ см}^2$, показатель преломления YAG $n = 1,82$. Определить полное τ и безызлучательное τ_b время жизни верхнего лазерного уровня.

5. Оценить КПД лампы вспышки η , необходимый для накачки рубинового стержня диаметром $d=1$ см и длиной $l=10$ см. Концентрация активных частиц $n=1,6 \cdot 10^{19}$ см⁻³, время жизни частиц на верхнем лазерном уровне $\tau=3$ нс. Длина волны излучения $\lambda_0=0,6943$ мкм, мощность, подводимая к лампе $P=10$ кВт. Считать, что инверсия наступает, если на верхнем лазерном уровне находится более половины активных частиц и что вероятность накачки $W_n = \frac{1}{\tau}$.
6. Лазерный резонатор состоит из двух зеркал с коэффициентами отражения $R_1=0,5$ и $R_2=1$. Длина активной среды $l=7,5$ см, сечение перехода $\sigma=3,5 \cdot 10^{-19}$ см⁻². Вычислить пороговую инверсию населенностей.
7. Вычислить КПД накачки в случае использования эллиптического отражателя с коэффициентом отражения внутренней поверхности $k_{omp}=0,9$, размерами полуосей $a=40$ мм и $b=35$ мм, если диаметр стержня и лампы составляют $2R_R=7,5$ мм и $2R_L=5$ мм, соответственно. Считать, что излучательная эффективность лампы $\eta_r=0,3$, поглощающая способность активной среды $\eta_a=0,25$, а квантовый выход мощности накачки $\eta_{кв}=0,5$.
8. Как изменится КПД накачки η , если вместо спиральной лампы диаметром $2R_L=18$ мм использовать плотную упаковку. Диаметр стержня рабочего вещества $2R_R=5$ мм, поглощающая способность активной среды $\eta_a=0,3$, поглощающая способность лампы $\eta_L=0,5$, поглощающая способность осветителя $\eta_{осв}=0,05$, излучательная эффективность лампы $\eta_r=0,4$, квантовый выход мощности накачки $\eta_{кв}=0,6$.
9. Приписать значение отрицательной температуры системе двух энергетических уровней. Населенности верхнего и нижнего уровней равны $n_2=10^{16}$ см⁻³ и $n_1=0,5 \cdot 10^{16}$ см⁻³, соответственно. Кратность вырождения верхнего уровня 2, нижний уровень не вырожден. Возможно ли в данной системе поглощение? Усиление?
10. Интерферометр Фабри – Перо, состоящий из двух одинаковых зеркал, разделенных воздушным промежутком длиной L , освещается световым импульсом длительностью $\tau=1$ пс при длине волны $\lambda=0,6$ мкм. Наблюдаемый на выходе пучок света состоит из регулярной последовательности импульсов длительностью 1 пс с интервалом $\Delta\tau=10$ нс между ними. Энергия импульсов экспоненциально уменьшается со временем с постоянной времени $t_s=100$ нс. Определить длину L , добротность резонатора Q , время жизни τ_ϕ фотона в нем и коэффициент отражения зеркал R .