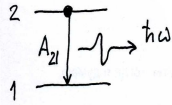


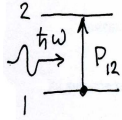
Раздел VII Физика твердого тела

Глава VI. Лазеры

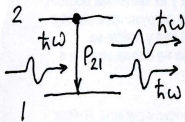
1. Основные радиационные процессы в лазерах



Спонтанное излучение, A_{21} - вероятность спонтанного излучения в единицу времени.



Вынужденное поглощение, P_{12} - вероятность вынужденного поглощения в единицу времени.



Вынужденное испускание, P_{12} - вероятность вынужденного испускания в единицу времени. Фотон

испускаемый при вынужденном процессе имеет ту же частоту ω , направление $\vec{k}$, фазу, что и первоначальный.

$P_{12} = P_{21} = B_{21}U(\omega)$, $U(\omega)$ - спектральная плотность энергии вынуждающего излучения.

В состоянии термодинамического равновесия:

$$B_{12}U(\omega)N_1 = B_{21}U(\omega)N_2 + A_{21}N_2$$

⇓

$$U(\omega) = \frac{A_{21}}{B_{21}} \frac{1}{\frac{N_1}{N_2} - 1} \quad (U(\omega) \text{ по Планку})$$

⇓

$$\frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1} = \frac{A_{21}}{B_{21}} \frac{1}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1} \left(\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{\hbar\omega}{kT}} \right) \quad (\text{по Больцману})$$

⇓

$$\boxed{\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3}}$$

Соотношение Эйнштейна

2. Основные условия лазерной генерации.

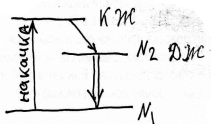
LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

А) Для получения усиления излучения при прохождении через рабочее вещество лазера необходимо создать инверсную населенность:

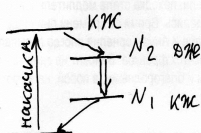
$$N_2 > N_1$$

(В состоянии термодинамического

равновесия $\frac{N_2}{N_1} = e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} < 1$)



Трехуровневая схема
(рубиновый лазер
 $Al_2O_3 + Cr^{3+}$)



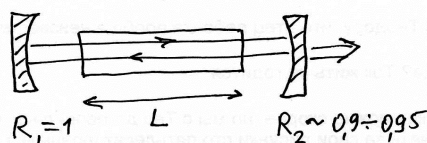
Четырехуровневая
схема (неодимовый
лазер, стекло + Nd^{3+})

Кж – короткоживущий уровень ($\sim 10^{-8} c$)

Дж – долгоживущий

уровень ($\sim 10^{-3} - 10^{-4} c$)

Б) Положительная обратная связь
(оптический резонатор)

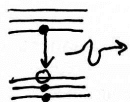


$$R_1 R_2 e^{2\chi L} > 1$$

χ - коэффициент усиления

3. Полупроводниковые инжекционные лазеры

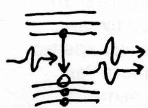
В настоящее время нашли широкое применение в информационной технике (лазерные принтеры, DVD – приводы, сканеры...)



Спонтанное излучение
(спонтанная рекомбинация
электрона и дырки)



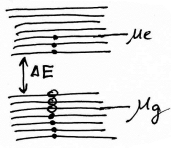
Вынужденное поглощение
(внутренний фотоэффект)



Вынужденное испускание
(вынужденная рекомбинация
электрона и дырки)

Инверсная населенность:

$$\mu_e - \mu_g > \Delta E$$

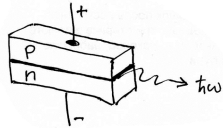


Ширина спектра
спонтанного излучения

$$\Delta E < \hbar\omega < \mu_e - \mu_g.$$

Положительная обратная
связь. В качестве зеркал

используются сколы граней кристалла.



Инжекционные п/п лазеры
представляют из себя
диоды на р-п переходе,
включаемые в прямом

направлении. В тонком слое р-п перехода (1-
2 $\mu\text{м}$) за счет инжекции электронов и дырок
создается инверсная населенность.

$$\text{GaAs} \quad j_{\text{порог}} \sim 10^2 \frac{\text{А}}{\text{см}^2}, P \sim 10 \text{ ВТ}, kn\partial \sim 50\%,$$

$$\lambda \quad 8200 - 9000 \text{ А}^0 \text{ (ИК излучение)}$$

Вопросы:

1. Основные радиационные процессы в лазерах.
2. Что такое инверсная населенность.
3. Как осуществляется положительная обратная связь в лазерах.
4. Устройство полупроводникового инжекционного лазера.