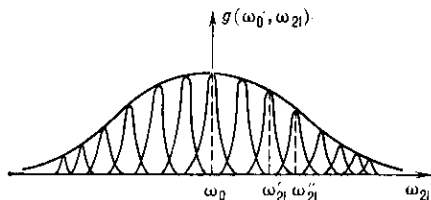


тона или др. элементарного возбуждения в твёрдом теле и т. д.; τ_2 — характерное время релаксации поляризации, оно связано с шириной спектральной линии, соответствующей резонансному с полем переходу: $\tau_2 = 2(\Delta\omega_0)^{-1}$; τ_1 — время релаксации числа активных частиц, оно определяется конечным временем жизни частиц на верх. уровне, обусловленном спонтанным испусканием и релаксационными процессами, происходящими в активной среде. Оно может зависеть также и от скорости накачки Q , обеспечивающей инверсию населённости. Т. к. ΔN имеет размерность концентрации (см^{-3}), то $\hbar\omega_2 Q$ имеет размерность $[\text{Вт}/\text{см}^3 \cdot \text{с}]$, если энергия фотона выражена в Дж.

Система ур-ний (22—23) является замкнутой и при надлежащих граничных условиях, накладываемых на поле, может описывать как развитие генерации и раз-

Рис. 12. Структура неоднородно-уширенных линий.



личные установившиеся режимы работы в Л.-генераторах, так и распространение эл.-магн. волн в Л.-усилителях. В этой системе ур-ний не учтены лишь флуктуации разл. величин, к-рые обычно считаются малыми. Однако в ряде случаев их учёт принципиален, напр. при расчёте предельной монохроматичности излучения Л. Для решения флуктуационных задач в правой части ур-ний (22—23) вводятся т. н. флуктуационные «силы», характер к-рых зависит от конкретного случайного процесса, влияние к-рого необходимо учесть.

Структура спектральной линии часто оказывается более сложной, если каждый элементарный квантовый объект, напр. атом, имеет свою собств. резонансную частоту, несколько отличную от частот др. атомов. Один из наиб. характерных примеров — движущиеся атомы или молекулы в газе, частота к-рых, измеряемая в неподвижной системе координат, зависит от скорости их движения из-за эффекта Доплера и релятивистского изменения масштаба времени. Др. пример — уширение из-за неоднородности среды, окружающей излучающие атомы. Структура такого типа линий (неоднородно уширенных) представлена на рис. 12. В этом случае частота ω_{21} является перем. параметром. Расстояние между резонансными частотами отд. частиц обычно много меньше индивидуальной ширины линии уровня каждой частицы: $|\omega_{21} - \omega_{21}'| < \Delta\omega_{21}$. Поэтому ω_{21} можно считать непрерывной переменной, а система ур-ний (22—23) легко обобщается на случай неоднородного уширения:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} + 2\delta \frac{\partial E}{\partial t} - c^2 \nabla^2 E = 4\pi \frac{\partial^2}{\partial t^2} \int \mathcal{P}(\omega_{21}) g(\omega_{21}, \omega_0) d\omega_{21};$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{P}(\omega_{21})}{\partial t^2} + \frac{2}{\tau_2} \frac{\partial \mathcal{P}(\omega_{21})}{\partial t} + \omega_{21}^2 \mathcal{P}(\omega_{21}) =$$

$$= -\frac{2\omega_{21}}{\hbar} \mu(\mu E) \Delta N(\omega_{21});$$

$$\frac{\partial \Delta N(\omega_{21})}{\partial t} + \frac{1}{\tau_1} \Delta N(\omega_{21}) = Q(\omega_{21}) + \frac{2}{\hbar \omega_{21}} E \frac{\partial \mathcal{P}(\omega_{21})}{\partial t}.$$

Здесь величины $\mathcal{P}(\omega_{21})$ и $\Delta N(\omega_{21})$, умноженные на ф-цию $g(\omega_0, \omega_{21})$, следует рассматривать как спектральные плотности поляризации и числа активных частиц. То же самое можно сказать и о накачке $Q(\omega_{21})$; $g(\omega_0, \omega_{21})$ — ф-ция распределения по частотам ω_{21} , чаще всего — нормальное распределение относительно переменной $\omega_0 - \omega_{21}$ (ω_0 — максимум распределения). Система (24) переходит в систему (22—23), если $g(\omega_0, \omega_{21}) = \delta(\omega_0 - \omega_{21})$. На основе последовательного анализа ур-ний (22—23) и (24) можно обосновать все

закономерности работы Л., описанные в предыдущих разделах.

Классификация лазеров и их применения. Л. можно классифицировать по особенностям активной среды (твердотельные лазеры, газовые лазеры, лазеры на красителях) и по способу накачки (лазеры с оптич. накачкой, газоразрядные лазеры, хим. лазеры) и т. д. Но любая из таких классификаций не выглядит убедительной, т. к. в рамки одного и того же класса Л. попадают системы, совершенно не похожие по др. признакам. По совокупности признаков (среда, способ накачки, генерируемая мощность и др.) удобно выделить след. виды Л.

1) *Твердотельные лазеры* на люминесцирующих средах (Л. на стёклах, активированных Nd, YAG-лазеры, рубиновые лазеры); накачка оптическая. Применение: лазерная спектроскопия, нелинейная оптика, лазерная технология (сварка, закалка, упрочнение поверхности). Лазерные стёкла применяются в мощных установках для лазерного термоядерного синтеза (ЛТС).

2) *Электроразрядные Л.* низкого давления на благородных газах: He—Ne, He—Xe и др. Маломощные системы, излучение высокой монохроматичности и направленности. Применение: спектроскопия, стандарты частоты и длины, настройка оптич. систем, маркшейдерские работы.

3) *Полупроводниковые лазеры*: накачка инъекцией через гетеропереход (см. *Гетеролазер*), а также электронным лучком. Гетеролазеры миниатюрны, имеют большой КПД, могут работать в импульсном и непрерывном режимах. Применение: спектроскопия, оптич. стандарты частоты, оптич. линии связи, звуко- и видеосистемы. Л. с электронной накачкой перспективны для проекционного лазерного телевидения, оптич. обработки информации.

4) N_2 - CO_2 - и CO -лазеры высокого давления; способ возбуждения — поперечный разряд с преионизацией и несамостоятельный (электроионизационный) разряд. Практически достижимая мощность > 10 кВт. Возможен импульсный режим работы. Применение: спектроскопия, лазерная химия, медицина, технология.

5) *Ионный аргоновый Л.* — лазер непрерывного действия, генерирующий зелёный луч; накачка — электрич. разряд. Достижимая мощность неск. десятков Вт. Применение: спектроскопия, нелинейная оптика, медицина.

6) *Экцимерные лазеры.* Рабочая среда — газовая смесь благородных газов с F_2 , Cl_2 , фторидами. Возбуждение сильноточным электронным лучком или поперечным разрядом. Импульсный режим работы. УФ-диапазон длин волн. Применение: спектроскопия, химия; рассматриваются проекты мощных систем для лазерного термоядерного синтеза.

7) *Лазеры на красителях.* Рабочая среда — жидкость (разрабатываются и газовые системы). Оптич. накачка (применяются как излучения др. типов Л., так и газоразрядных ламп). Осн. достоинство — большой диапазон плавной перестройки частоты генерируемого излучения.

8) *Химические лазеры.* Среда — смесь газов. Осн. источник энергии — хим. реакция между компонентами рабочей смеси. Возможны варианты Л. импульсного и непрерывного действия. Широкий спектр генерации в ближней ИК-области спектра; большие мощности непрерывного излучения и большие энергии в импульсе. Применение: спектроскопия, лазерная химия, системы контроля состава атмосферы. Рассматриваются проекты систем для ЛТС.

9) *Газодинамические лазеры* с тепловой накачкой. Осн. рабочая смесь: $N_2 + CO_2 + He$ или $N_2 + CO_2 + H_2O$. Излучающая молекула — CO_2 . Получена генерация на молекулах CO , CS , N_2O .

10) *Лазеры на свободных электронах* — система, с к-рой связываются перспективы дальнейшего раз-