

РЕЗОНАНСНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ НЕОДНОРОДНО УШИРЕННОЙ СИСТЕМЫ "МОДА РЕЗОНАТОРА – 2-УРОВНЕВЫЕ АТОМЫ"

Свойство бистабильности или гистерезиса в оптических системах, возбуждаемых лазерным излучением, включая малоразмерные планарные структуры из нелинейных сред, интересно для применения при создании современных устройств передачи, хранения и обработки информации.

В этой связи проведено расчетное изучение резонансных кривых поглощения монохроматического поля лазерного излучения активной средой, помещенной в плоский резонатор. В качестве основной задачи ставилось определение роли неоднородного уширения (гауссовой формы разброса основных частот ω_0 активных частиц по отношению к центру линии Ω), принципиален также при этом учет штарковского смещения уровней основного перехода в интенсивном световом поле. В рамках полуклассического подхода и обобщенной 2-уровневой схемы сформулировано следующее дисперсионное соотношение для нормированных интенсивностей поля в резонаторе (X) и внешнего поля (X_0) с частотой ω :

$$X_0 = X \left\{ \left[1 + \frac{\chi \tau_2^*}{\pi} \int \frac{d(\omega_0 - \Omega)}{-1 + (\omega_0 - \omega)^2 \tau_2^2 + X} e^{-(\omega_0 - \Omega)^2 \tau_1^2} \right]^2 + \left[(\omega_0 - \Omega) \frac{\chi \tau_2^*}{\sqrt{\pi}} \int \frac{(\omega_0 - \omega) \tau_2 - \beta X}{-1 + (\omega_0 - \omega)^2 \tau_2^2 + X} e^{-(\omega_0 - \Omega)^2 \tau_1^2} d(\omega_0 - \Omega) \right]^2 \right\}$$

Здесь ω_r – частота моды резонатора, τ_1 – время жизни фотона в резонаторе, показатель ненасыщенного поглощения (усиления) в резонаторе, β – фактор автомодуляционного смещения линии поглощения; величинами $1/\tau_2$ и $1/\tau_1^*$ определены соответственно параметры однородной и неоднородной ширины спектрального контура.

На основе приведенного выше соотношения можно рассчитать резонансные кривые частотной зависимости пропускания $X(\Delta = \omega - \Omega)$

при фиксированном уровне возбуждения X_0 . Соотношение в таком случае следует решать как трансцендентное уравнение относительно X . Рис. 1 воспроизводит ряд характерных результатов вычисления нормированных спектральных кривых. Можно отметить следующее. Расчетной оценкой, проведенной в [1], установлено, что при однородном уширении резонансные кривые, построенные для значений $\chi > 8$, характеризуются гистерезисным поведением. Бистабильность кривых, соответствующая гистерезису, проявляется, однако, при высоком уровне поглощения. При отсутствии штарковского эффекта спектральные кривые пропускания симметричны и столь же симметрично положение областей бистабильности на шкале отстройки частоты Δ . Нелинейное штарковское смещение приводит к асимметрии кривых и, соответственно, положение области бистабильности расчетной зависимости $X(\Delta)$ по отношению к центру линии Ω зависит от знака β .

Отметим далее, что гистерезисный ход кривых спектра поглощения пленок при неоднородном уширении проявляется только в случае существования автомодуляционного смещения основной частоты перехода – перекрытие симметричных резонансных кривых приводит к "смазыванию", характерных для однородно уширенных линий бистабильных изгибов на краях центральных "провалов". Скачок пропускания при гистерезисном переключении резонансной кривой достигает 50%, что значительно превышает подобное изменение поглощения в случае, если среда характеризуется только однородным уширением основного перехода. Заметно также, что с ростом насыщения гистерезисный ход частотной зависимости практически не может реализоваться (рис. 1, в), хотя на нелинейной зависимости $X(X_0)$ существование бистабильного S-образного изгиба при соответствующем фиксированном значении Δ вполне возможно.

Приведенное соотношение получено в приближении среднего поля и может быть также использовано при изучении свойств излучения, проходящего сквозь особо тонкие (субмикронные) планарные слои резонансных сред с высокой плотностью активных центров (тогда $\omega_r - \Omega = 0$).

Расчет дисперсионных кривых позволил сделать вывод о том, что оптический гистерезис в пропускании светового поля неоднородно уширенными средами внутри резонатора возможен только в условиях вызванного штарковским эффектом автомодуляционного уширения линии.

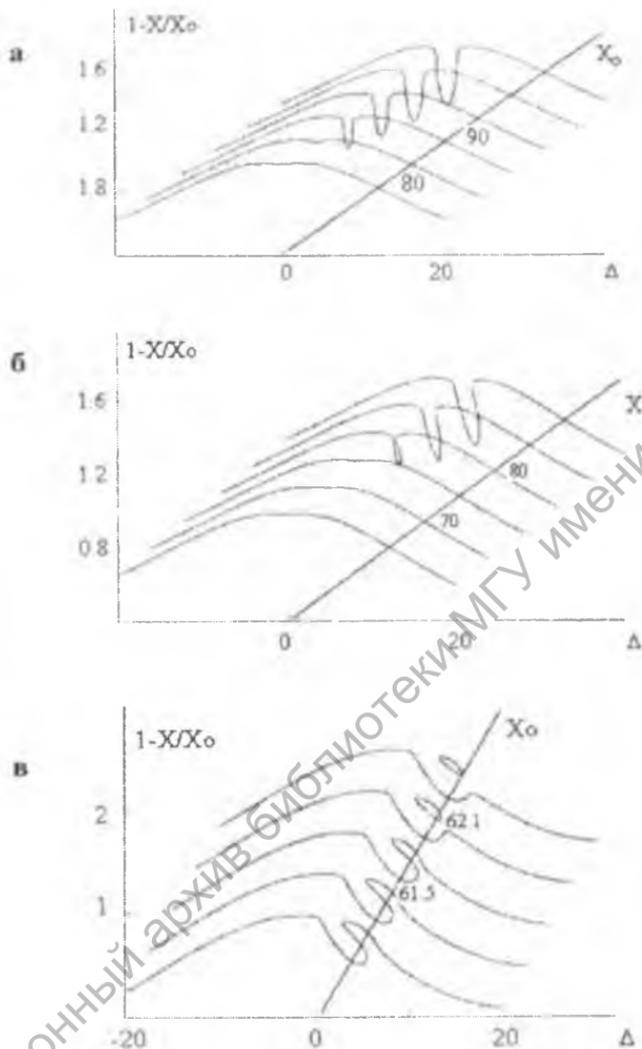


Рис.1. Частотная зависимость пропускания слоя для различных значений нормированной интенсивности поля падающей волны X : $X = 11.0$ (а,б), 12.0 (в); $\beta = 0$ (а), 0.05 (б), 0.1 (в), $\tau_1/\tau_2^* = 3$.

Литература

1. Юревич В.А. Журнал прикладной спектроскопии. – №67 (669). – 2000.