

*Е.В. Тимощенко*

## **РЕЗОНАНСНОЕ ОТРАЖЕНИЕ КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМ ГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ**

В настоящем сообщении приведены результаты анализа особенностей резонансного взаимодействия планарного слоя нелинейной среды с нормально падающим электромагнитным полем когерентного излучения. Известно, что в таких условиях возможно проявление безрезонаторной оптической бистабильности (внутренней), которая обусловлена корреляциями образующих приповерхностный слой атомов в интенсивном лазерном поле. Однако при относительно малой толщине слоя активных атомов (примерно субмикронной) кроме внутренней бистабильности и связанного с ним оптического гистерезиса при резонансном воздействии коротких оптических импульсов могут проявиться такие явления, как самоиндуцированная прозрачность, нутационные осцилляции интенсивности, эффекты локального поля.

Приближение сверхтонкого слоя дает возможность использовать алгебраические уравнения для поля, вытекающие из электродинамических условий для напряженностей приложенного, проходящего и отраженного полей. Эти условия учитывают существование на границе раздела линейных сред активного слоя резонансно поляризуемых атомов, в котором поле считается бесструктурным. Резонансный отклик активного слоя описывается квантовомеханическими уравнениями Блоха. Приведенная ниже расчетная модель, впервые сформулированная в [1], учитывает также эффекты квазирезонансной поляризуемости активных атомов и ближнего диполь-дипольного взаимодействия. Интенсивности приложенного ( $Y$ ) и прошедшего ( $X$ ) полей было удобно нормировать по мощности поля, насыщающего резонансное поглощение в среде пленки.

Анализ бистабильности на основе такой модели проводится, как правило, в стационарной задаче, когда интенсивность излучения  $Y_i(t) \sim E_i^2(t)$ , зондирующего слой красителя, изменяется крайне медленно по сравнению с временами релаксации двухуровневой системы, так что  $Y_i(t) = Y$ . Это означает, что при данном значении интенсивности в среде устанавливается равновесие, характеризуемое определенными значениями материальных переменных. При изменении интенсивности излучения  $Y$  среда переходит к новому равновесному состоянию. При циклическом ее изменении нелинейные зависимости отклика среды демонстрируют гистерезис. В рамках использованных представлений интенсивности прошедшего в слой поля  $X$  и действующего в пленке (с учетом локальной добавки) поля  $X'$  связаны с интенсивностью поля  $Y$  следующими соотношениями:

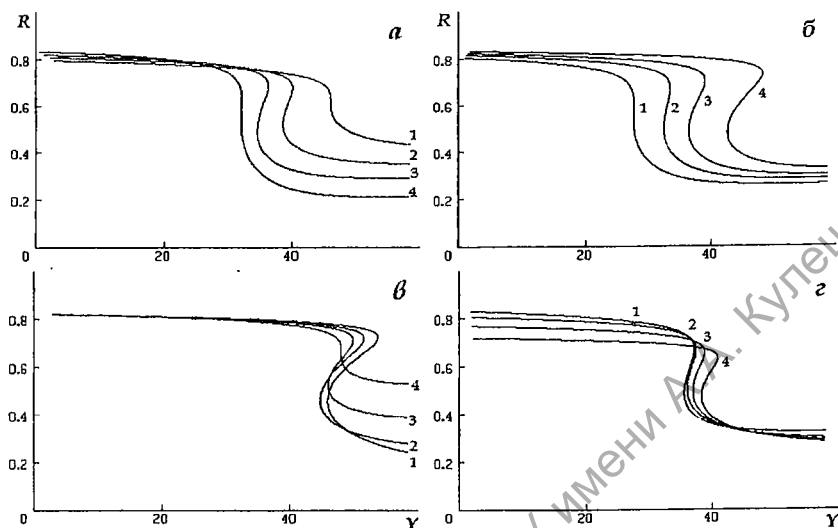
$$\frac{4\eta Y_0}{(1+\eta)^2} = X' \left[ 1 - \gamma\kappa(\Delta - \beta X') + \frac{\kappa}{1+\eta} \right]^2 + \kappa^2 X' \left( \frac{\Delta - \beta X'}{1+\eta} + \gamma \right)^2,$$

$$X = X' [1 - \gamma\kappa(\Delta - \beta X')]^2 + (\kappa\gamma)X', \quad \kappa = \frac{\kappa_0}{1 + \Delta^2 + X'}, \quad \kappa_0 = \frac{\mu^2 \omega_0 N l}{\varepsilon_0 c \hbar} T_2.$$

Здесь  $\beta$  – параметр резонансной нелинейности рефракции,  $\gamma = c/3\omega(1 + \eta)l$  – лоренцовский коэффициент учета ближних полей атомарных диполей,  $\Delta = (\omega - \omega_0)T_2$  – нормированная по параметру ширины линии отстройки частоты приложенного поля  $\omega$  от частоты резонанса поглощения  $\omega_0$ ,  $\kappa_0$  – ненасыщенный показатель резонансного поглощения слоя,  $\mu$  – дипольный момент перехода,  $N$  – объемная плотность активных центров,  $\eta$  – показатель преломления матрицы,  $l$  – толщина слоя. Приведенные соотношения допускают параметрический расчет эффективного энергетического коэффициента отражения слоя, который определяется так:

$$R = \frac{X'}{X} \left\{ \frac{\eta - 1}{2} \left[ 1 - \gamma\kappa(\Delta - \beta X') \right] + \frac{\kappa}{1 + \eta} \right\}^2 + \kappa^2 \frac{X'}{X} \left( \frac{\Delta - \beta X'}{1 + \eta} + \gamma \right)^2.$$

Для параметров нелинейности и поглощения приповерхностного слоя азокрасителя, возбуждаемого излучением гелий-неонового лазера, которые примерно оценивались на основе данных [2], ряд нелинейных кривых зависимости отражения проявляет бистабильность (рисунок), в этой области мощности  $Y$  возможен гистерезисный скачок резонансного отражения.



Зависимость резонансного коэффициента отражения граничного слоя от интенсивности приложенного поля (в относительных единицах):

$\Delta = 0$  (кривая 1), 0.5(2), 1.0(3), 2.0(4);  $\kappa_0 = 1.05$ ;  $\beta = 0.1$  (а);

$\kappa_0 = 0.88$ (1) 1.0(2), 1.1(3), 1.25(4),  $\beta = 0.1$ ,  $\Delta = 1.0$  (б);

$\beta = 0$ (1), 0.05(2), 0.1(3), 0.2(4),  $\kappa_0 = 1.2$ ,  $\Delta = 0.5$  (в),  $\gamma = 0.1$  (а-в);

$\gamma = 0$ (1), 0.1(2), 0.15(3), 0.2(4),  $\kappa_0 = 1.0$ ,  $\beta = 0.08$ ,  $\Delta = 0.5$  (г),  $\eta = 1.56$ .

### Литература

1. Тимощенко Е.В., Юревич В.А. // Доклады Национальной АН Беларуси. – 2010. – Т. 54. – № 6. – С. 56–61.
2. Томов А.В. // В сб.: Проблемы прикладной оптики. – Могилев, 2000. – С. 225–232.