

# УСТОЙЧИВОСТЬ НУТАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ИЗЛУЧЕНИИ, ОТРАЖЁННОМ ТОНКОЙ ПЛЁНКОЙ

Ю. В. Юревич, В. А. Юревич, И. В. Марченко

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова,

Могилёв

E-mail: va\_yurevich@mail.ru

Нелинейные факторы, сопровождающие резонансное взаимодействие, способны нарушить когерентность поля и поляризации и значительно усложнить динамику когерентных процессов. К этим факторам относят диполь - дипольное взаимодействие, которое типично для материалов с высокой концентрацией активных центров и относительно большими дипольными моментами, присущими этим структурным элементам – так называемых плотных резонансных сред. Считается, что подобные материалы представлены также полупроводниковыми квантоворазмерными гетероструктурами, резонансно реагирующими на излучение в экситонной области спектра. Подобные структуры являются также удобной экспериментальной и теоретической моделью для изучения динамики когерентных эффектов. На их основе в тонкоплёночном исполнении разрабатываются нелинейные модулирующие элементы в компактных оптических устройствах обработки информации. Изучение особенностей динамики их реакции на излучение в когерентном режиме поэтому представляет нетривиальную и практически важную проблему.

В этой связи поставлена задача моделирования динамики отражения резонансно поляризуемой плёнки в рамках полуклассического подхода с использованием приближения сверхтонкого слоя. Нелинейный отклик среды описывается уравнениями квантовомеханической матрицы плотности, поле (отраженное  $E_r$ , прошедшее  $E$  и действующее на атомы) - соотношениями, полученными из электродинамических условий для полей и граничного слоя с резонансной поляризацией:

$$E_r = -r E_i + \frac{\mu N l}{\epsilon_0(\eta+1) c} \frac{d\rho}{dt}, \quad E = \frac{2}{\eta+1} E_i + \frac{\mu N l}{\epsilon_0(\eta+1) c} \frac{d\rho}{dt}, \quad (1)$$

$$\frac{d^2\rho}{dt^2} + \frac{2}{T_2} \frac{d\rho}{dt} + \omega_0 \left( \omega_0 - \frac{2\mu^2 N}{3\epsilon_0 \hbar} n \right) \rho = \frac{2\mu}{\hbar} \omega_0 n E, \quad \frac{dn}{dt} + \frac{1}{T_1} (n-1) = \frac{2\mu}{\hbar \omega_0} \frac{d\rho}{dt} \left( E + \frac{\mu N}{3\epsilon_0} \rho \right).$$

Здесь  $E_i$  – напряжённость приложенного поля,  $\rho$  и  $n$  – вероятностные переменные поляризованности и разности населённости,  $\mu$  – матричный элемент дипольного перехода,  $N$  – концентрация активных диполей,  $T_1$  и  $T_2$  – времена продольной и необратимой фазовой релаксации,  $\eta$  и  $l$  – показатель преломления и толщина слоя,  $r_0$  – коэффициент отражения

слоя. Система (1) модифицирована с учётом вклада в действующее на активные центры поле ближних полей элементарных диполей. Отстройка частоты от резонанса  $\omega_0$  тогда зависит от разности населённости и в силу этого носит нелинейный характер. Модельные параметры среды выбраны для квантоворазмерных структур на основе InGaAs.

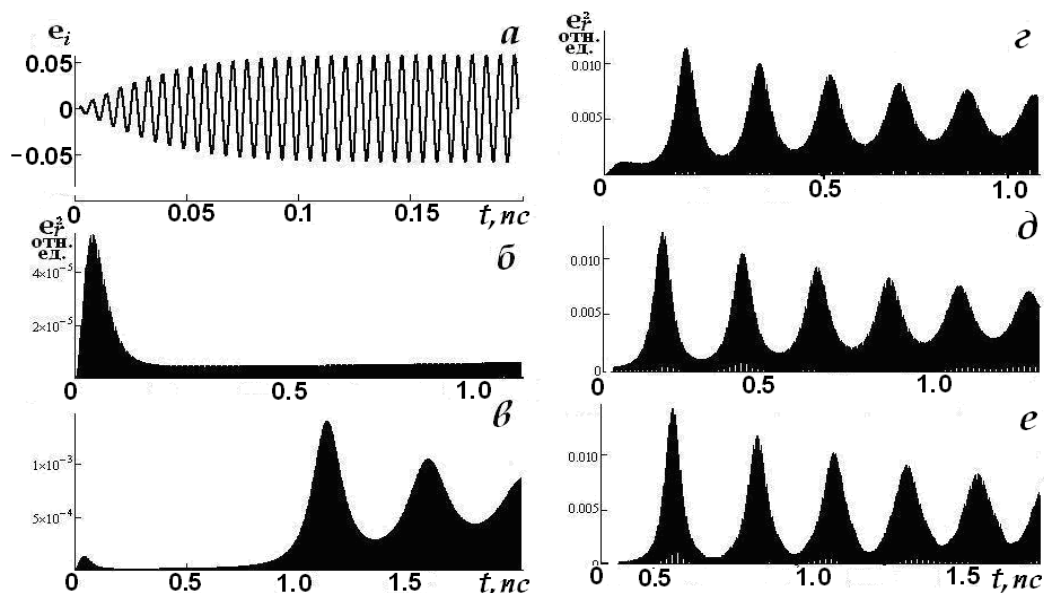


Рис. 1. Форма приложенного сигнала (а),  $e_0 = 0.05$  (б),  $0.15$  (в),  $1.25$  (г – е),  $\kappa = 1.2$ ; (б);  $2.0$  (в, г),  $2.5$  (д),  $3.0$  (е),  $T_2 = 1 \cdot 10^{-11}$  с,  $\omega_{12} = 1.45 \cdot 10^{14}$  рад/с

На рисунке для разного уровня возбуждения и ненасыщенного поглощения, рассчитываемого как  $\kappa = \mu^2 N l \omega_{12} T_2 / \epsilon_0 \hbar c$ , приведена временная картина интенсивности нормированного отражённого поля  $e_r = \mu E_r / \hbar \omega_{12}$ .

Судя по зависимостям, варианты расчёта мощности отражённого сигнала представлены, в основном, серией нутационных пульсаций, огибающих высокочастотную несущую составляющую и затухающих к равновесному значению. Затухание пульсаций в схеме взаимодействия при относительно медленной необратимой фазовой релаксации обусловлено нарушением когерентности поля и поляризационного отклика среды вследствие смещения собственной частоты активных диполей из-за их взаимного влияния за счёт ближних полей. Нарастание мощности приложенного излучения (нормированной величины  $e_0^2$ ) должно приводить к сокращению переходного периода при выходе на режим пульсаций. С увеличением резонансного поглощения нарастает контраст и скважность импульсов, при этом снижается частота их следования.

Для относительно медленных огибающих переменных материальные уравнения модели (1) сводятся к оптическим уравнениям Блоха. В докладе приведены результаты анализа свойств равновесных состояний укороченной системы в рамках математической теории устойчивости.