

НЕЛИНЕЙНЫЙ РЕЗОНАНС ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА СИСТЕМОЙ ТОНКИХ ПЛЁНОК

Е. В. Глазунова, В. А. Юревич

*Могилевский государственный университет, физико-математический факультет,
кафедра экспериментальной и теоретической физики,
ул. Космонавтов 1, 212022 Могилев, Беларусь, glasunova81@mail.ru*

Тонкий поверхностный слой активных атомов с резонансной поляризуемостью представляет собой удобную модель для анализа таких нетривиальных свойств взаимодействия как нелинейное поглощение или нелинейная рефракция. Несмотря на относительно небольшие продольные размеры (толщина слоя может быть меньше, даже значительно меньше длины волны воздействующего излучения) нелинейность пропускания или отражения способна проявляться весьма существенно. Оказывается также высокой критичность пропускания поверхностного слоя от частоты падающего излучения. Соответствующие расчеты позволили вскрыть такое свойство нелинейных слоев как бистабильность или гистерезис в пропускании, позже регистрировавшееся в реальных экспериментах. Нелинейностью может быть обусловлено существование двух режимов пропускания при одном и том же значении интенсивности поля внешнего сигнала. Режимы пропускания характеризуются разными значениями пропускания. Бистабильность и гистерезис должны наблюдаться также при измерениях формы резонансных спектральных кривых поглощения в поверхностных слоях.

В докладе приведены результаты расчета зависимости отражения излучения системой, образуемой планарным прозрачным диэлектрическим слоем и тонкой пленкой резонансных атомов, от интенсивности внешнего светового поля.

Световая волна падает нормально на диэлектрический слой (см. схему рис.1), фактически представляющий собой резонатор. Второе из зеркал стыкуется с тонким резонансным слоем. Вклад поверхностной поляризованности обуславливает изменение в энергетическом коэффициенте отражения зеркала. Резонатор является системой, критичной к фазовым характеристикам излучения. Включение тонкого резонансного слоя должно сильно изменить его фазочувствительность. Этим будут обусловлены индуцированные световым полем изменения в его эффективном отражении рассматриваемой физической системе. Следствия этих изменений рассматриваются для стационарного режима взаимодействия внешнего поля и сред резонансной системы.

Выражение, связывающее интенсивность падающего на резонатор излучения с нормированной к уровню мощности насыщения интенсивностью отраженного им излучения,

может быть записано с использованием соответствующей формулы для эффективного отражения плоского резонатора, приведенной в [1]:

$$I = \frac{r_0 + R + 2\sqrt{r_0 R} \cos(2kL + \varphi)}{1 + r_0 R + 2\sqrt{r_0 R} \cos(2kL + \varphi)} I_0, \quad (1)$$

где r_0 – энергетический коэффициент отражения входного зеркала, L – расстояние между зеркалами, k – модуль волнового вектора. Величины эффективного отражения R и фазового смещения φ , обусловленные резонансной поляризацией в поверхностном слое, рассчитывались на основе выражений, полученных в [2]:

$$\begin{aligned} R &= \left(\sqrt{r} - \frac{\kappa}{1 + \Delta^2 + I} T \right)^2 + \kappa^2 \left(\frac{\Delta - \beta I}{1 + \Delta^2 + I} T \right)^2, \\ \varphi &= \operatorname{arctg} \left[\frac{\kappa \frac{\Delta - \beta I}{1 + \Delta^2 + I} T}{\sqrt{r} - \frac{\kappa}{1 + \Delta^2 + I} T} \right], \\ T &= \sqrt{1 - r} \left[\left(1 + \frac{\kappa}{1 + \Delta^2 + I} \right)^2 + \kappa^2 \left(\frac{\Delta - \beta I}{1 + \Delta^2 + I} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь r – энергетический коэффициент отражения второго зеркала, κ – ненасыщенный показатель поглощения в резонансном слое, β – параметр резонансной нелинейной рефракции, Δ – нормированная отстройка частоты внешнего излучения от центра спектральной линии резонансного поглощения (обычно: $-1 \leq \Delta \leq 1$).

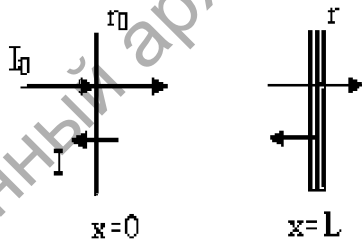


Рис. 1. Схематический рисунок тонкопленочного резонатора.

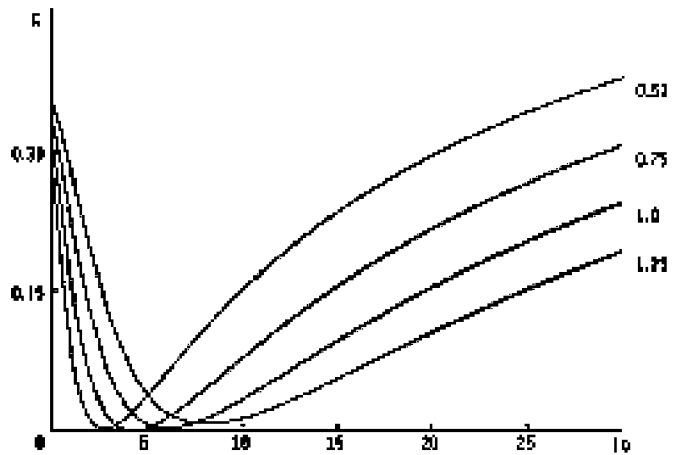


Рис. 2. Зависимость величины эффективного отражения R от падающей интенсивности, нормированной к уровню мощности насыщения.

На основе (1), (2) рассчитывалась зависимость для разных значений параметров рассматриваемой резонаторной модели. Зависимость выражает нелинейную характеристику

отражения модели. Расчет для разных значений k оказалось удобным проводить параметрически, изменяя величину I как линейно нарастающий неотрицательный параметр и вычисляя соответственно I_0 . Результаты расчета соответствующей зависимости $R(I_0)$ приведены на рис. 2. Зависимости проявляют минимум пропускания, что, в сущности, и является следствием нелинейного резонанса отражения (при отсутствии активного слоя зависимости представляют собой прямые линии).

Литература

1. Справочник по лазерам. Под ред. А. М. Прохорова. – Москва, 1984. – Т. 1. – 484 с.
2. В. А. Юревич. ЖПС **66**, 667 (1999).