

Эффект запираания стимулированного фотонного эха при взаимодействии с нерезонансными лазерными импульсами

**Гарнаева Гузель Ильдаровна, кандидат физико-математических наук, доцент;
Харисова Миляуша Райифовна, студент**

Казанский (Приволжский) Федеральный университет (г. Казань)

Исследованы особенности формирования стимулированного фотонного эха в присутствии внешних пространственно неоднородных электромагнитных полей. Получена зависимость интенсивности сигналов стимулированного фотонного эха от напряженности электрического поля лазерного излучения.

Ключевые слова: эффект запираания, стоячая волна, фотонное эхо.

Оптическая эхо - голография позволяет запоминать, преобразовывать и обрабатывать информацию.

В целях оперативной обработки информации возникает проблема локального стирания информации и подготовка рабочей ячейки для перезаписи. Перспективным является не стирание, а запираание информации, то есть создание таких условий, когда при считывании записанная информация не может проявиться в виде отклика резонансной среды. Такого эффекта можно достичь путем воздействия на резонансную среду различными пространственно – неоднородными внешними возмущениями, приводящими к случайным сдвигам или расщеплениям исходных монохромат неоднородно уширенной линии.

В области стирания информации разрабатывались многие методы. Эти методы были основаны на пути воздействия на систему определенной последовательностью оптических импульсов. Процесс стирания информации является энергетически не выгодным. В связи с этим «запираание» эхо - голографической информации более приемлема. Но для этого создаются условия, при котором информация не проявляется в резонансной среде в виде отклика.

Отметим, что в работе [1] был теоретически предсказан и экспериментально подтверждён эффект запираания долгоживущего фотонного эха (ДФЭ) в кристалле $\text{LaF}_3\text{Pr}^{3+}$ (переход $^3H_4(0) \rightarrow ^3P_0$, $\lambda=477,7\text{нм}$) при воздействии на временном интервале между первым и вторым лазерными импульсами неоднородного электрического поля. В работе [2] была исследована эффективность подавления отклика стимулированного фотонного эха СФЭ при различных схемах воздействия на резонансную среду пространственно неоднородных электрических полей.

В данной работе исследуется эффект запираания СФЭ в случае, когда в качестве неоднородного внешнего возмущения, приводящего к случайным сдвигам или расщеплениям исходных изохромат неоднородно уширенной линии, выступает нерезонансное лазерное излучение (стоячая волна). В этом случае пространственная неоднородность связана с изменением напряженности электрического поля лазерного излучения (чередование пучностей и узлов стоячей волны).

При воздействии нерезонансного лазерного излучения на образец, каждый j -й оптический центр, принадлежащий данной изохромате неоднородно уширенной линии, получает частотный сдвиг

$$f_j(\tau_\eta, \Delta, \vec{r}_j) = \Delta + \varepsilon(\tau_\eta, \vec{r}_j)$$

где $\Delta = \omega - \Omega_0$ - начальный частотный сдвиг отдельной изохроматы, Ω_0 - центральная частота неоднородно уширенной линии, \vec{r}_j - радиус - вектор местоположения j -го оптического центра, τ_η - η -й временной интервал воздействия нерезонансного лазерного излучения, $\varepsilon(\tau_\eta, \vec{r}_j)$ - дополнительный частотный сдвиг j -го оптического центра на временном интервале τ_η .

В случае воздействия нерезонансной стоячей волны можно записать [3, 4]

$$\varepsilon(\tau_\eta, \vec{r}) = \hbar^{-1}(\delta E_2(\vec{r}) - \delta E_1(\vec{r})) = C_D E_{0\eta}^2 \cos(\vec{k}_\eta \vec{r}_j)$$

где C_D – постоянная динамического эффекта Штарка [5], $E_{0\eta}$ - амплитуда напряженности электрического поля η -го нерезонансного лазерного импульса.

Решение уравнения для одночастичной матрицы плотности во вращающейся системе координат было получено в работе [2]. В этом случае эффективность «запираания» (воспроизведения) информации в отклике СФЭ в случае схемы возбуждения на рисунке 1 можно оценить из выражения:

$$I \sim E \cdot E^*$$

где фазовая часть напряженности электрического поля отклика СФЭ имеет вид

$$E \sim \frac{1}{V} \int_{-\infty}^{\infty} \int \exp\{i[\tau_2 f(\tau_2, \Delta, \vec{r}) - \tau_1 f(\tau_1, \Delta, \vec{r})]\} g(\Delta) d\Delta dV,$$

где τ_1 и τ_2 - временные интервалы воздействия нерезонансных лазерных импульсов и предполагается, что оптические центры распределены равномерно по образцу.

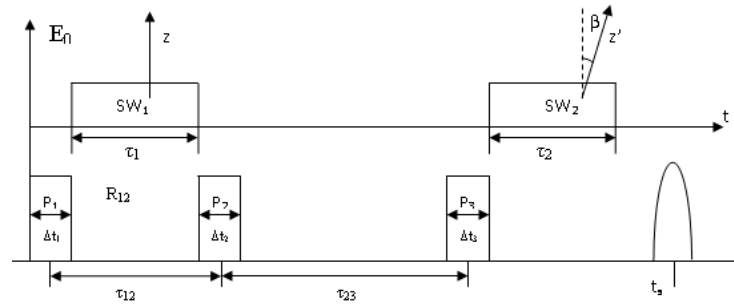


Рис. 1. Порядок возбуждающих импульсов при формировании сигналов стимулированного фотонного эха (СФЭ)

P_1 , P_2 и P_3 – возбуждающие импульсы, τ_{mn} – временной интервал между m -ым и n -ым импульсами, SW_1 , SW_2 – стоячие волны, τ_1 и τ_2 – длительности нерезонансных лазерных импульсов.

На рисунках 2 и 3 приведены результаты численного расчета интенсивности отклика СФЭ в зависимости от величины напряженности электрического поля лазерного излучения (стоячей волны) при разных частотах стоячих нерезонансных волн лазерных импульсов. Из рисунков 2 и 3 следует, что увеличение частоты стоячих нерезонансных волн приводят к значительным изменениям интенсивности отклика СФЭ. Это означает, что обратимое разрушение фазовой памяти системы приводит к эффекту «запирания» сигналов СФЭ, что может быть использовано для многоканальной записи информации.

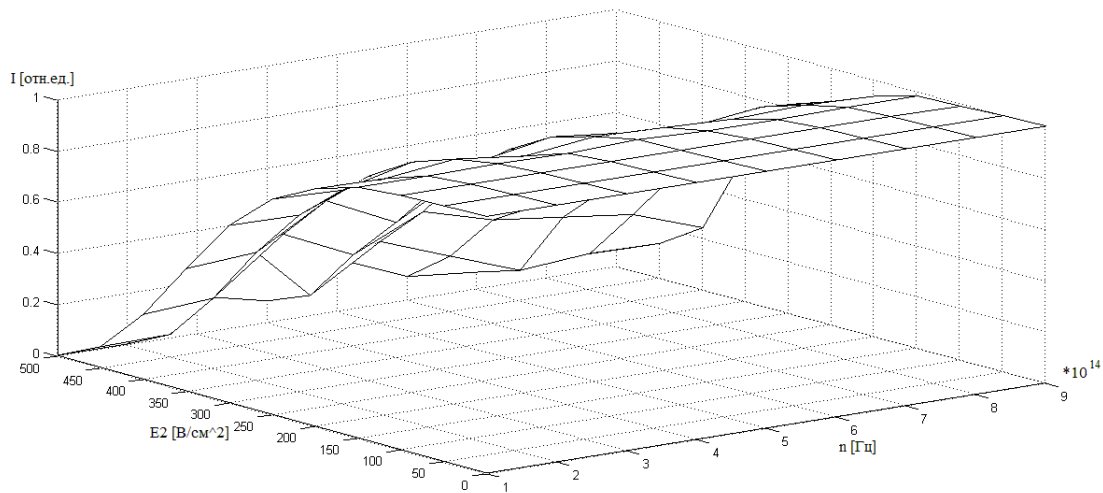


Рис. 2. Зависимость интенсивности от напряженности нерезонансных лазерных импульсов при различных частотах стоячих нерезонансных волн лазерных импульсов при $E_1=0$ В/см²

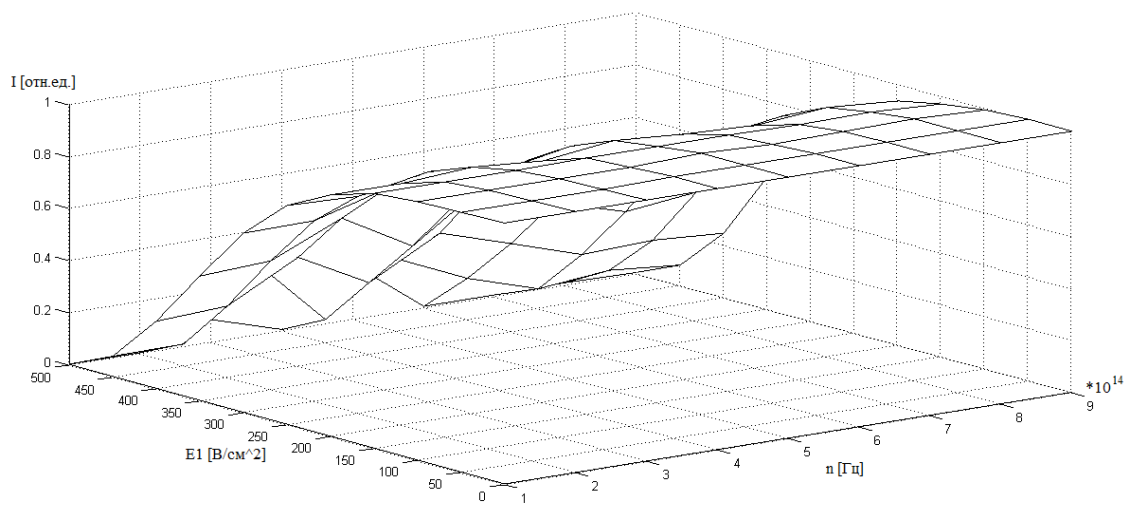


Рис. 3. Зависимость интенсивности от напряженности нерезонансных лазерных импульсов при различных частотах стоячих нерезонансных волн лазерных импульсов при $E_2=0$ В/см²

Из рисунков видно, что наиболее эффективное запирание откликов стимулированного фотонного эха происходит при более высоких частотах стоячих нерезонансных волн лазерных импульсов.

Выводы

1. Незначительное взаимное изменение частоты стоячих нерезонансных волн лазерных импульсов приводит к обратному разрушению фазовой памяти системы.
2. Запирание откликов СФЭ происходит при более высоких частотах стоячих нерезонансных лазерных импульсов.

Литература:

1. А.А. Калачев, Л.А. Нефедьев, В.А. Зуйков, В.В. Самарцев, *Оптика и спектроскопия*, **84** №5, 811, (1998).
2. L.A. Nefediev, G.I. Khakimzyanova, *Optics and Spectroscopy*, **98** №1, 35, (2005).
3. Н.Б. Делоне, В.П. Крайнов, *Атом в сильном световом поле*. М., 286, (1978).
4. И.И. Собельман, *Введение в теорию атомных спектров*. Наука, 319, (1967).
5. А.М. Бонч-Бруевич, В.А. Ходовой, *УФН*, **93**, вып. 1, 71-110, (1967).