

## ОБРАЩЕННОЕ ДОЛГОЖИВУЩЕЕ СВЕТОВОЕ ЭХО В КРИСТАЛЛЕ

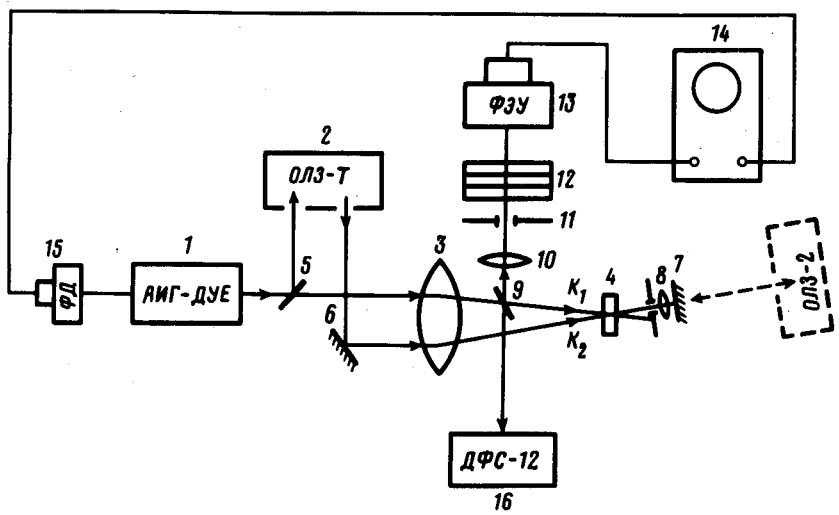
*Н.Н.Ахмедиев, Б.С.Борисов, В.А.Зуйков, В.В.Самарцев,  
М.Ф.Стельмах, А.А.Фомичев, М.А.Якшин*

Сообщается о наблюдении обращенного долгоживущего светового эхо в кристалле  $\text{LaF}_3 : \text{Pr}^{3+}$ . Максимальное значение времени задержки, при котором удалось зафиксировать в эксперименте сигнал светового эха, составило 5 секунд.

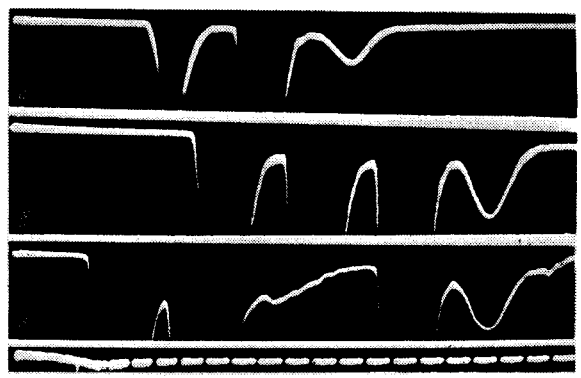
В экспериментальных работах <sup>1,2</sup> были созданы предпосылки для применения сигнала стимулированного светового эха (ССЭ) в оптических запоминающих устройствах (ОЗУ) и системах обработки информации с продолжительным ее хранением <sup>3-5</sup>. Известно, что

появление этого сигнала может быть вызвано путем резонансного воздействия на вещество не менее трех, разнесенных во времени, лазерных импульсов. Уже после трех импульсов резонансная среда, в условиях ее когерентного возбуждения <sup>6</sup>, высвечивает, кроме стимулированного эха, еще три эхо-сигнала. Возникает важная задача отсева лавины "ненужных" когерентных откликов от полезного сигнала (ССЭ). Она может быть решена в технике обращения <sup>7</sup>, с использованием пространственных закономерностей генерации эхо-сигналов.

Поиску и экспериментальному исследованию обращенного долгоживущего ССЭ в кристалле  $\text{LaF}_3 : \text{Pr}^{3+}$  с временем "памяти", намного превышающим время жизни возбужденного оптического состояния и посвящена наша работа.



А



Б

Рис. 1.А – Блок-схема экспериментальной установки: 1 – (АИГ – ДУЕ) – возбуждающий лазер на красителе, включающий в себя накачивающий АИГ-лазер с частотой повторения 12,5 Гц и жидкостной лазер; 2 – (ОЛЗ-1) – оптическая линия задержки, 3 – линза, 4 – исследуемый образец, 5 – делительная пластина, 6, 7 – глухие зеркала; 8 – линза, 9 – полупрозрачное зеркало, 10 – линза, 11 – диафрагма, 12 – набор калиброванных светофильтров, 13 – фотоумножитель (ФЭУ), 14 – скоростной осциллограф, 15 – фотодиод, ОЛЗ-2 – оптическая линия задержек № 2, 16 – (ДФС-12) – спектрограф; Б – осциллограммы сигналов двухимпульсного ("а") и трехимпульсного ("б" и "в") обращенного светового эха в кристалле  $\text{LaF}_3 : \text{Pr}^{3+}$ . Сигнал эха – первый справа; остальные сигналы – ослабленные возбуждающие импульсы. Интервал  $\tau$  на всех осциллограммах равен 50 нс. Интервал  $T$  на осциллограмме "б" равен 50 нс, а на осциллограмме "в" – 75 нс. Развертка – 250 нс, метки – 10 нс. Длительность импульсов – 10 нс

В данном эксперименте резонансное возбуждение ионов  $\text{Pr}^{3+}$  (с концентрацией = 0,5 ат.%) в матрице  $\text{LaF}_3$  осуществлялось на энергетическом переходе  $^3H_4 - ^3P_0^8$  на длине волны 4777 Å. Время поперечной необратимой релаксации при указанной концентрации примесей составляло сотни наносекунд.

Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис. 1, А. Импульс излучения лазера на красителе 1 (с минимальной мощностью в импульсе  $10^3$  Вт) посредством линзы 3 фокусировался в направлении  $\mathbf{K}_1$  на исследуемый кристалл 4 толщиной 0,1 см, находящийся в оптическом криостате при температуре 1,6 – 4,2 К. Часть импульсного излучения лазера с помощью делительной пластины 5 направлялась в оптическую линию временных задержек 2 (ОЛЗ-1), формирующую в заданный момент времени второй возбуждающий импульс. На выходе из ОЛЗ-1 с помощью зеркала 6 и линзы 3 этот импульс направлялся на образец 4 под некоторым углом по отношению к первому импульсу. Направление воздействия второго импульса отображено на рис. 1, А волновым вектором  $\mathbf{K}_2$ . Третий возбуждающий импульс формируется в направлении  $-\mathbf{K}_2$  с помощью оптической линии задержек ОЛЗ-2. В простейшем режиме (в дальнейшем будем называть его двухимпульсным), когда временной интервал между вторым и третьим импульсами практически оказывался равным нулю, эта линия задержек заменялась обычным глухим зеркалом 7, формирующим стоячую волну. Сигнал двухимпульсного обращенного эха излучается в направлении  $-\mathbf{K}_1$  в момент времени, равный удвоенному интервалу времени между импульсами. Сигнал обращенного ССЭ формируется в момент времени  $t_c = 2\tau + T$  после первого импульса, где интервал времени между первыми двумя импульсами;  $T$  – временной интервал между вторым и третьим импульсами. Сигнал эха с помощью полупрозрачного зеркала 9 и линзы 10 через диафрагму 11 и набор калиброванных светофильтров 12 направлялся на фотоумножитель (18-ЭЛУ-ФМ). Отметим, что диафрагма и линза служили для существенного снижения засветки от рассеянного излучения возбуждающих импульсов, а набор светофильтров 12 позволял проводить регистрацию эхо-сигнала на линейном участке чувствительности фотоприемника. Наблюдение и исследование эхо-сигнала осуществлялось с помощью скоростного осциллографа 14 (ИЭ-7). Регистрация длины волны осуществлялась с помощью спектрометра ДФС-12.

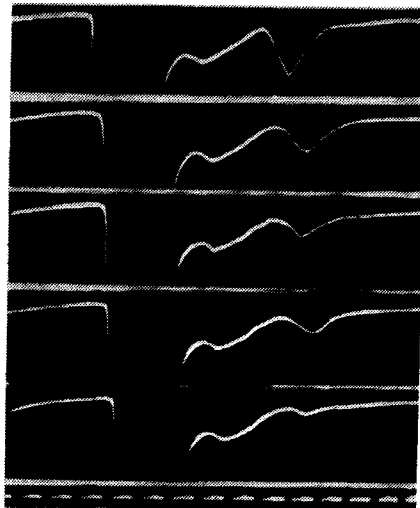


Рис. 2. Осциллограммы, иллюстрирующие обнаружение обращенного долгоживущего светового эха (первого справа) в кристалле  $\text{LaF}_3 : \text{Pr}^{3+}$ . Первый сигнал слева – ослабленный третий импульс длительности – 10 нс. Интервал  $\tau$  для всех осциллограмм равен 50 нс. Интервал  $T$  равен: "а" – 0,5 с; "б" – 1 с; "в" – 1,5 с; "г" – 2 с, "д" – 3 с. Развертка – 250 нс. Метки – 10 нс

На рис. 1, Б приведены осциллограммы, иллюстрирующие наблюдаемые в исследуемом кристалле сигналы обращенного двухимпульсного светового эха (осциллограмма "а", соответствующая  $T = 0$ ) и обращенного ССЭ (осциллограммы "б" и "в", соответствующие различным значениям интервала  $T$ ). С целью наблюдения долгоживущего ССЭ при заданном временном интервале между первыми двумя импульсами ( $\tau = 50$  нс) временной интервал  $T$  увеличивался до значений, больших времени жизни верхнего оптического состояния, равного  $\sim 50$  мкс. Осциллограммы, иллюстрирующие явление обращенного долгоживущего светового эха в исследуемых кристаллах, приведены на рис. 2, где сигнал эха, — первый справа. Максимальное значение интервала  $T$  (соответствующего времени хранения информации), при котором еще удавалось зафиксировать сигнал обращенного долгоживущего светового эха в исследуемых нами кристаллах равнялось пяти секундам. Отметим, что это не самое большое время памяти, которое может наблюдаться в этих кристаллах<sup>1, 2</sup>.

Как известно<sup>3-5, 9, 10</sup>, столь длительная оптическая "память" связана с переносом в течение интервала  $T$  информации о "решетке" неравновесной разности населенностей после первых двух импульсов с оптических подуровней на сверхтонкие подуровни основного ( $^3H_4$ ) состояния, причем важно, чтобы на энергетический переход между парой сверхтонких подуровней существовал запрет. Всевозможные неконтролируемые включения (и, прежде всего, ионов Nd), вызывающие переходы между сверхтонкими подуровнями, приводят к существенному укорочению оптической памяти.

Отметим также, что даже при точном соблюдении резонансных условий при возбуждении долгоживущего эха на  $^3H_4 - ^3P_0$  переходе исследуемый кристалл излучал часть поглощенной энергии на переходе  $^1D_2 - ^3H_4$ , что выразилось в существовании желтого свечения кристалла на длине волны 5925 Å наряду с излучением эхо-сигнала на длине волны 4777 Å. Наличие такого свечения потребовало частотной селекции сигналов эха.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность С.П.Чернову за предоставленные для экспериментов кристаллы, а также И.Х.Бикбову, Л.И.Стрельцу, Р.Г.Усманову и И.Х.Хадыеву за помощь в подготовке и проведении эксперимента.

#### Литература

1. Chen Y.C., Chiang K., Hartmann S.R. Opt. Comm., 1979, 29, 181.
2. Morsink J.B.M., Wiersma D.A. Chem. Phys. Lett., 1979, 65, 105.
3. Elson B.M. Aviation Week and Space Technology, 1983, 118, 102.
4. Ахмедиев Н.Н., Борисов Б.С., Кокин А.А., Самарцев В.В. Электронная промышленность, 1984, № 9, 56.
5. Ахмедиев Н.Н., Борисов Б.С., Зуйков В.А., Самарцев В.В., Усманов Р.Г., Хамидуллин Б.Ш. Изв. АН СССР, сер. физ., 1986, 50, 1488.
6. Набойкин Ю.В., Самарцев В.В., Зиновьев П.В., Силаева Н.Б. Когерентная спектроскопия молекулярных кристаллов. Киев: Наукова думка, 1986, 200 с.
7. Zuiikov V.A., Samartsev V.V. Phys. Stat. Sol. (a), 1982, 73, 625.
8. Weber M.F. J. Chem. Phys., 1968, 48, 4774.
9. Зуйков В.А., Самарцев В.В., Усманов Р.Г. Изв. АН СССР, сер. физ., 1982, 46, 600.
10. Duppen K., Wiersma D.A. J. Opt. Soc. Am., 1986, 3B, 614.