

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПИКОСЕКУНДНАЯ ГОЛОГРАФИЯ ПОСРЕДСТВОМ ФОТОХИМИЧЕСКОГО ВЫЖИГАНИЯ ПРОВАЛА

А.К.Ребане, Р.К.Каарли, П.М.Саари

Фотохимическим выжиганием спектральной голограммы с последующим зондированием ее временного отклика слабыми пикосекундными импульсами осуществлены запись и считывание формы цуга пикосекундных лазерных импульсов.

1. В голографии на традиционных фотоматериалах осуществляется запись пространственно-угловых характеристик поля. В данном сообщении демонстрируется, что если регистрирующая интерферограмму среда является высокоселективно фотохромной, то становятся возможными также запись и воспроизведение спектрально-временных характеристик излучения.

Такими средами являются низкотемпературные матрицы с примесными молекулами, поддающиеся фотохимическому выжиганию провала (с типичной шириной 10^{-3} см^{-1} при монохроматическом облучении) в их неоднородно уширенном спектре поглощения¹⁻³.

Если на такую среду посылаются цуг пикосекундных импульсов, то в ее спектре появляется решетка узких полос пропускания с шагом $\Delta\nu = 1/\tau$, где τ — расстояние между импульсами в цуге⁴, т. е. записывается спектральная голограмма в виде фурье-образа временной формы цуга. При пропускании одиночного пикосекундного импульса через такую голограмму как спектральный фильтр, спектр этого ("считывающего") импульса трансформируется, что должно привести к появлению в отклике повторных импульсов с интервалами τ .

2. В эксперименте в качестве фотохромной среды использовалась полистироловая матрица с примесью порфираза при 1,8К (неоднородное уширение $\approx 500 \text{ см}^{-1}$). Голограммы выжигались путем облучения образца цугами пикосекундных импульсов (пиковая интенсивность 10^{-1} Вт/см^2 , длительность 2 — 3 пс, задержка между импульсами в цуге 80 пс, частота следования цугов 82 МГц), полученных размножением импульсов от синхронно накачиваемого пикосекундного лазера на красителе родамин-6G.

На рис. 1 приведен вид полученной спектральной¹⁾ голограммы.

Временной отклик голограммы исследовался при помощи системы электронно-оптического преобразователя (ЭОП) с синхронной разверткой⁵, на экране которого развертывалась во времени интенсивность прошедшего через образец света при падении на него одиночных ослабленных в 10^5 раз импульсов лазера.

На рис. 2 видно, что во временном отклике образца после выжигания спектральной голограммы с достаточным контрастом действительно появляется "эхо" в виде двух дополнительных импульсов направленного излучения, задержанных соответственно на 80 и 160 пс, т. е. воспроизводится записанный пикосекундный сигнал.

3. Для выяснения соотношений рассматриваемого явления с ранее известными, а также возможностей его использования в голографии сигналов произвольной формы, заметим следующее. Во-первых, спектральная тонкая структура провала может быть рассмотрена также как результат интерференции: созданное первым (опорным) импульсом когерентное возбуждение молекул взаимодействует с последующей ("объектной" или "кодовой") частью излучения. Во-вторых, по физической сути дополнительные импульсы во временном отклике голограммы представляют собой спонтанное когерентное излучение ансамбля когерентно возбужденных диполей со специально приготовленным неоднородным распределением частот перехода. Отсюда следует: а) длительность записываемого и воспроизводимого сигнала ограничена временем фазовой релаксации $T_2 \approx 10^{-9}$ с молекул, б) явление может быть трактовано как новая, свойственная высоко селективным фотохромным средам модификация (стимулированного) светового эха²⁾ или фотохимически аккумулированное стимулированное световое эхо (ФАССЭ).

Различия же между явлениями происходят от различий в механизмах опустошения и характерных временах восстановления основного состояния поглотителей (для стимулированного эха актуально время жизни T_1 возбужденного состояния молекул, для ФАССЭ время жизни фотопродуктов $T_{\phi} \gtrsim 10$ часов, а м. б. и годы). Отсюда следует ряд выгодных свойств ФАССЭ: (1) картину интерференции в среде легко накапливать до высокого контраста даже в случае слабых импульсов, многократно (в $\sim 10^{10}$ раз в данном эксперимен-

1) Пространственный аспект проблемы в данной работе не рассматривается — лучи коллинеарны с обычным для лазера распределением поля по сечению.

2) Возможности светового эха в сверхскоростной голографии пространственно-временных событий указаны в работах видных специалистов этих областей (см., например, ⁶⁻⁸).

те) повторяя запись их в течение длительного времени. (2) процессы записи и считывания пикосекундных событий разделяемы — образование ФАССЭ сводится к линейной фильтрации считывающего импульса, мощность, время подачи и даже повторение которого существенно не сказываются на относительной интенсивности импульсов отклика.

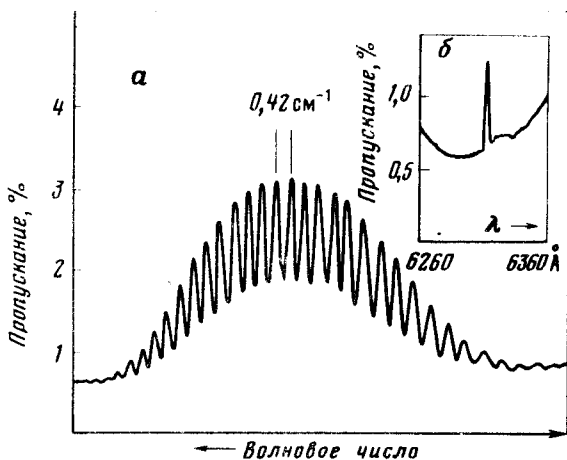


Рис. 1. Спектр пропускания образца после экспозиции цугами пикосекундных импульсов с суммарной плотностью энергии 20 мДж/см²: а — тонкая структура провала, возникшего через поглощение на бесфоновых переходах примесных молекул, измеренная сканированием лазерной линии с полушириной 0,075 см⁻¹, расстояние между максимумами равняется обратной величине интервала между импульсами в цуге; б — общий вид области провала, измеренного с разрешением 1 Å

Рис. 2. Временной отклик образца на пикосекундный импульс: а — до выжигания, б — после экспозиции 10 мДж/см², в — после экспозиции 20 мДж/см². Кривая г — приведенное для сравнения изображение части цуга выжигающих импульсов. Видимая полуширина импульсов 20 пс обусловлена разрешающей способностью ЭОП^а

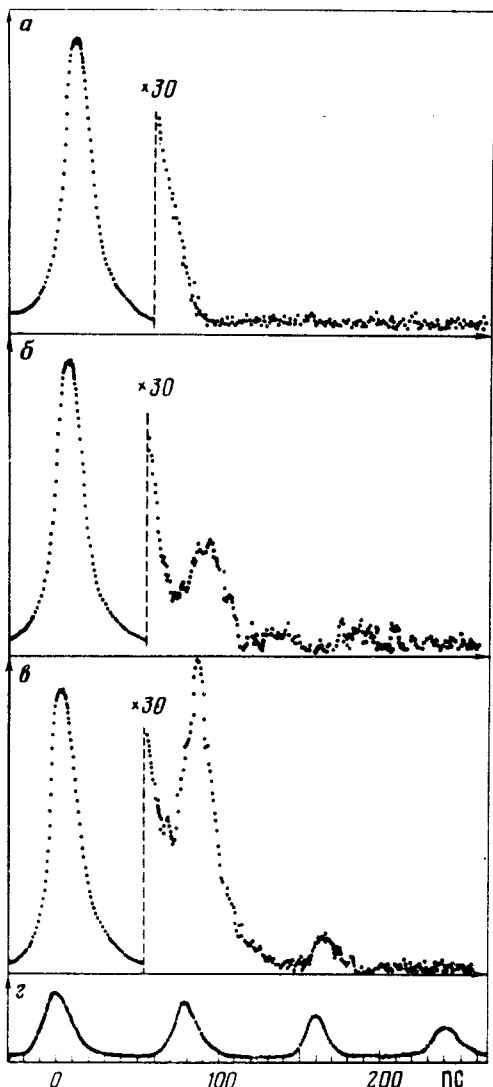


Рис.2.

4. Для оценки перспективности обнаруженного явления в создании сверхбыстродействующей голографической памяти⁶, устройств обращения волнового фронта и т. д. важно подчеркнуть, что уже в приведенных первых экспериментальных результатах получены ФАССЭ-импульсы с относительной интенсивностью порядка нескольких процентов (см. рис. 2) при беспрецедентно малой для экспериментов по фотонному эхо энергии считывающих импульсов 10^{-12} Дж/см² = 10^2 фотонов/см².

Авторы выражают благодарность К.К.Ребане за постоянный интерес и обсуждение данной работы, А.М.Фрейбергу, А.О.Аниязгу и К.Э.Тимпанну за сотрудничество при временных измерениях и Я.В.Кикасу за обсуждение вопросов фотохромизма.

Литература

1. Гороховский А.А., Каарли Р.К., Ребане Л.А. Письма в ЖЭТФ, 1974, 20, 474.
2. Kharlamov B.M., Perdonov R.I., Bykovskaya L.A. Optics Comm., 1974, 12, 191.

3. *Rebane L.A., Gorokhovskij A.A., Kikas J.V.* Appl. Phys. B, 1982, 129, 235.
4. *Ребане А.К., Каарли Р.К., Саари П.М.* Оптика и спектроскопия, 1983, 55, (в печати).
5. *Фрейберг А., Райдару А., Аниялг А., Тимпманн К.* Изв. АН Эст. ССР., сер., физ.-матем., 1980, 29, 187.
6. *Денисюк Ю.Н.* Голография и ее перспективы. Сб. Проблемы оптической голографии, под ред. Ю.Н. Денисюка, Л., Наука, 1981, стр. 7 – 27.
7. *Зуйков В.А., Самарцев В.В., Усманов Р.Г.* Письма в ЖЭТФ, 1980, 32, 293.
8. *Елютин С.О., Захаров С.М., Манькин Э.А.* Оптика и спектроскопия, 1982, 52, 577.

Институт физики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
11 июня 1983 г.
