

А. РЕБАНЕ, Р. КААРЛИ

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПО ФРАГМЕНТУ ИМПУЛЬСНЫХ СВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОЙ ГОЛОГРАФИИ

A. REBANE, R. KAARLI. IMPULSS-SIGNAALIDE TAASESITAMINE FRAGMENDI JARGI AJALIS-
RUUMILISE HOLOGRAAFIA MEETODIL

A. REBANE, R. KAARLI. REPRODUCTION OF PULSED LIGHT SIGNALS BY THEIR FRAGMENTS
USING TIME-AND-SPACE DOMAIN HOLOGRAPHY

(Представил К. К. Ребане)

Исчерпывающая запись быстроменяющихся импульсных световых полей была впервые продемонстрирована в [1-4]. В этих экспериментах пространственно-временные голографические образы световых сигналов субнаносекундной длительности записывались на специальных светочувствительных средах — примесных полимерных материалах — с эффектом фотовыжигания узких спектральных провалов [5, 6]. Из-за высокой спектральной селективности процесса фотовыжигания провалов в этих средах (ширина провалов составляла 10^{-2} см⁻¹ и менее при температуре 2 К) каждая монохроматическая составляющая падающего полихроматического светового поля записывала собственную картину интерференции с полем опорного импульса. Далее, при воспроизведении записанного сигнала на голограмму подавался считывающий опорный импульс, который возбуждал характерный спектрально селективным средам когерентный оптический отклик — фотохимически аккумулярованное стимулированное световое эхо (ФАССЭ) [2, 3]. Было показано, что в условиях, когда опорные импульсы имеют плоский волновой фронт и их длительность не превышает минимальной длительности элементов исходного светового поля, сигнал ФАССЭ может воспроизводить полностью как временную, так и пространственную структуру исходного светового поля [4, 7-9].

Цель настоящей работы — показать экспериментально, что в определенных условиях исчерпывающая пространственно-временная запись импульсных световых полей осуществима и без использования специальных выделенных опорных импульсов. Считывание таких голограмм можно осуществлять световыми импульсами, содержащими определенные пространственно-временные фрагменты исходного светового поля.

Использованная в данной работе экспериментальная установка в основных чертах оставалась аналогичной установке, описанной в [2, 4]: сверхкороткие световые импульсы задавались пикосекундным лазером (на красителе родамин 6Ж), который накачивался аргоновым ионным лазером с модулированной добротностью. Лазер на красителе генерировал импульсы с длительностью 2 пс и спектральной шириной 6 см⁻¹ и имел при частоте повторения импульсов 82 МГц среднюю выходную мощность 100 мВт. Временная регистрирующая система состояла из электронно-оптического преобразователя (ЭОП) с синхронной разверт

кой и многоканального оптического анализатора. Пространственные образы фиксировали при помощи фотоаппарата.

Образец для записи голограммы был изготовлен в виде пластинки с поперечными размерами $1,5 \times 1,5$ см и толщиной 0,5 см и был погружен в оптический гелиевый криостат, где находился при температуре 2 К. Светочувствительной средой голограммы, как и ранее [4], служил полимеризованный раствор октаэтилпорфина в стироле с максимумом поглощения при длине волны 620 нм и с неоднородной шириной спектра 200 см^{-1} .

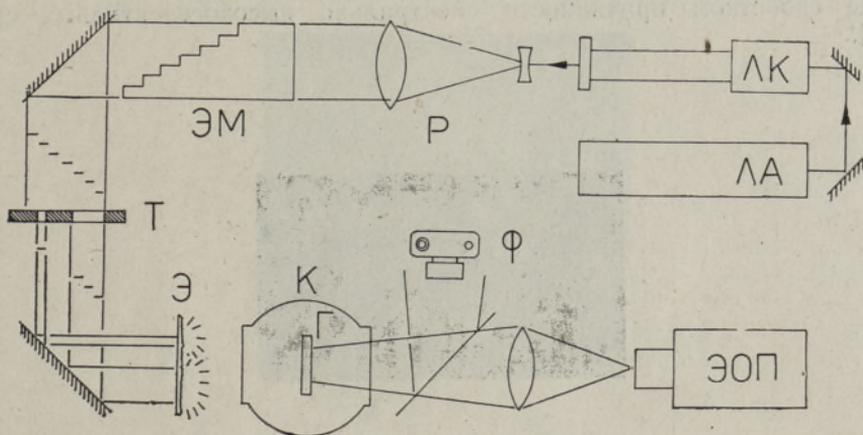


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для записи безопорных пространственно-временных голограмм. ЛА — аргонный ионный лазер с модулированной добротностью; ЛК — пикосекундный лазер на красителе; Р — расширитель пучка; ЭМ — эшелон Майкельсона; Т — трафарет; Э — рассеивающий экран; К — криостат; Г — голограмма; Ф — фотоаппарат; ЭОП — электронно-оптический преобразователь.

Запись пространственно-временных голограмм осуществлялась следующим образом (рис. 1). Луч от пикосекундного лазера после прохождения через телескопический расширитель (Р) пропускали через эшелон Майкельсона (ЭМ). В результате каждый импульс лазера разделялся по поперечному сечению на семь вертикальных сегментов с временной задержкой между соседними сегментами 34 пс, что соответствовало разности во временах пролета импульсов света через соседние сегменты эшелона. Промодулированный таким образом сигнал пропускался через трафарет, который перекрывал полностью 4, 5 и 7-й сегменты, а остальные заштриховывал темными полосками с целью улучшения их наблюдаемости. Далее луч направлялся на матовый экран (Э), откуда рассеянный свет проникал через окна криостата на расположенную на расстоянии 15 см от экрана регистрирующую среду. После прохождения через голограмму рассеянный с экрана свет совместно с воспроизведенным с голограммы сигналом либо фотографировался, либо фокусировался на входную щель ЭОП (см. фотографию записываемого сигнала на рис. 2, а).

Запись голограммы проводилась при экспозиции длительностью несколько сот секунд. За это время в среде аккумулировалось действие порядка 10^{10} идентичных записывающих импульсов. Для считывания голограммы часть использованных при записи сегментов перекрывалась таким образом, чтобы голограмма освещалась избранным фрагментом исходного пространственно-временного образа.

На рис. 3 приведены пространственное изображение и временная развертка сигнала, которые наблюдались при считывании беспорядочной голограммы фрагментом, содержащим первые три импульса и где последний импульс отсутствовал.

Было установлено, что освещение записанной голограммы избранным фрагментом воспроизводило недостающую часть исходного пространственно-временного сигнала только в случае, если считывающий фрагмент опережал при записи во времени недостающую часть полного пространственно-временного образа. В противном случае, если считывающий фрагмент принадлежал запаздывающей части сигнала, ФАССЭ-отклик от голограммы отсутствовал, что согласуется с исследованным ранее свойством причинности спектрально высокоселективных сред [7-9].

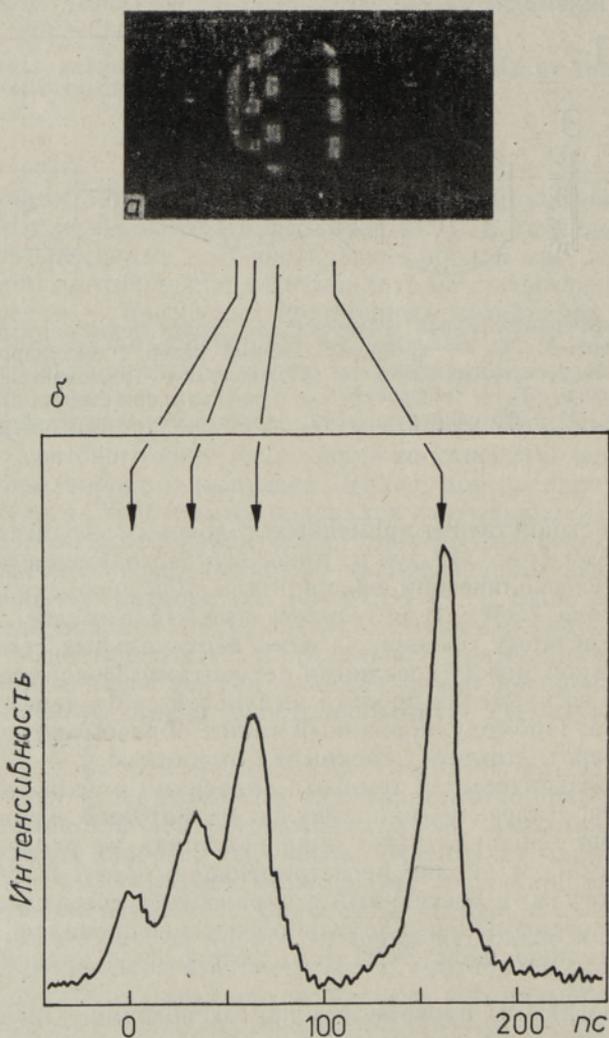


Рис. 2. Пространственный (а) и временной (б) образы записанного сигнала. Соответствие между пространственными и временными фрагментами сигнала указано стрелками.

Приведенный на рис. 3, б результат, на первый взгляд, не согласуется с выводами предыдущих анализов пространственно-временной записи. А именно, из [1-4, 7-9] следует, что ФАССЭ-отклик элемента среды может воспроизводить временную форму исходного сигнала лишь с точностью до длительности самого считывающего импульса. В описанном же выше эксперименте считывающий фрагмент из трех импульсов воспроизводит с голограммы всего лишь один импульс.

Для устранения этого мнимого противоречия следует иметь в виду, что минимальная длительность ФАССЭ-отклика голограммы определя-

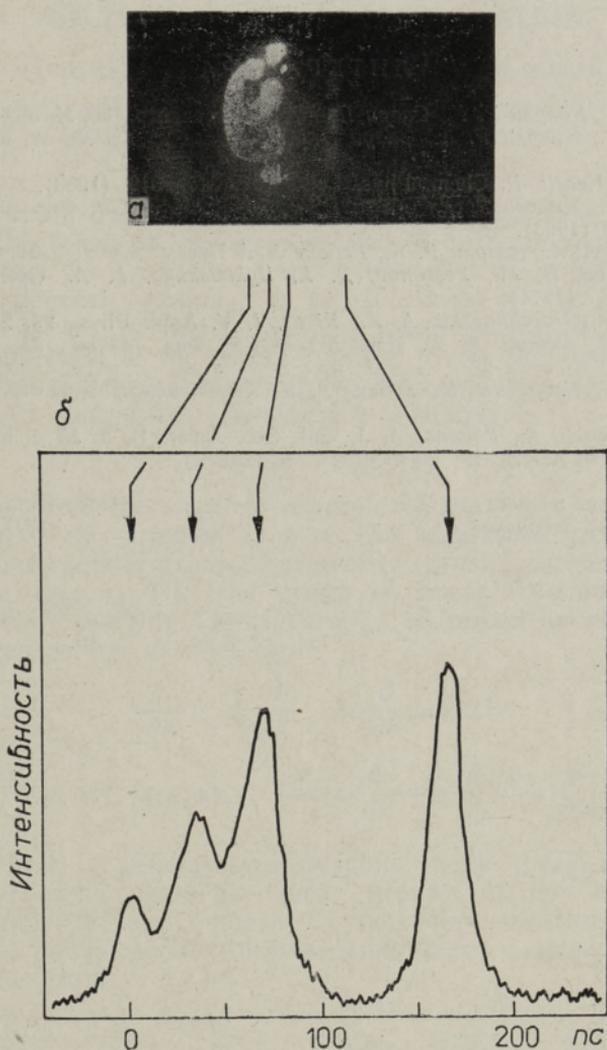


Рис. 3. Пространственный (а) и временной (б) образы сигнала, которые наблюдались при считывании голограммы фрагментом. В пространственном изображении считывающему фрагменту соответствуют три ярко освещенных сегмента слева. Воспроизведенным является более слабо освещенный сегмент справа. Во временном изображении считывающим фрагментом является последовательность из трех импульсов с задержками 0, 34 и 68 пс, которые воспроизводят недостающий импульс при задержке 170 пс. Несовпадение относительных интенсивностей считывающих и воспроизведенных сигналов в частях а и б вызвано дополнительным ослаблением считывающего сигнала на входе в ЭОП.

ётся в общем случае не длительностью считывающего импульса, а свойствами корреляционной функции пространственно-временных амплитуд записывающего и считывающего световых полей [10]. В данном эксперименте из-за наличия рассеивающего экрана названная корреляционная функция имеет острый пик, что и обеспечивает неискаженное воспроизведение недостающей временной части исходного сигнала.

Авторы благодарны К. К. Ребане и П. Саари за поддержку и обсуждение данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребане А. К., Каарли Р. К., Саари П. М. *Опт. и спектр.*, **55**, № 3, 405—407 (1983).
2. Ребане А. К., Каарли Р. К., Саари П. М. *Письма в ЖЭТФ*, **38**, вып. 7, 320—323 (1983).
3. Rebane, A., Kaarli, R. *Chem. Phys. Lett.*, **101**, 317—319 (1983).
4. Ребане А. К., Каарли Р. К., Саари П. М. *Изв. АН ЭССР. Физ. Матем.*, **34**, № 3, 328—330 (1985).
5. Гороховский А. А., Каарли Р. К., Ребане Л. А. *Письма в ЖЭТФ*, **20**, 474—479 (1974); Kharlamov, B. M., Personov, R. I., Bykovskaya, L. A. *Opt. Commun.*, **12**, 191—193 (1974).
6. Rebane, L. A., Gorokhovskii, A. A., Kikas, J. V. *Appl. Phys.*, **29**, 235—250 (1982).
7. Саари П. М., Ребане А. К. *Изв. АН ЭССР. Физ. Матем.*, **33**, № 3, 322—332 (1984).
8. Саари П. М., Каарли Р. К., Ребане А. К. *Квант. электроника*, **12**, № 4, 672—682 (1985).
9. Saari, P., Kaarli, R., Rebane, A. J. *Opt. Soc. Amer. B*, **3**, № 4, 527—533 (1986).
10. Ребане А. *Изв. АН ЭССР. Физ. Матем.* (в печати).

Институт физики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
17/XI 1986