

А. РЕБАНЕ, Р. КААРЛИ, П. СААРИ

## ЗАПИСЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ИСКАЖЕННОГО ПИКОСЕКУНДНОГО СИГНАЛА ПРИ ПОМОЩИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ГОЛОГРАФИИ НА ОСНОВЕ ФОТОХИМИЧЕСКОГО ВЫЖИГАНИЯ ПРОВАЛОВ

A. REBANE, R. KAARLI, P. SAARI. KUJUTISE SALVESTUS JA MOONUTATUD PIKOSEKUNDILISE SIGNAALI LAINEFRONDI PÕORAMINE AEGRUUMI HOLOGRAAFIA ABIL FOTOKEEMILISE AUGUPOLETAMISE BAASIL

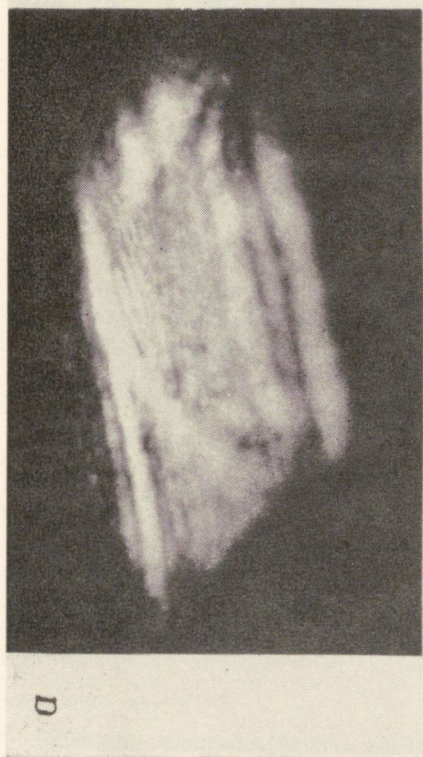
A. REBANE, R. KAARLI, P. SAARI. IMAGE RECORDING AND WAVE FRONT CONJUGATION OF DISTORTED PICOSECOND SIGNAL BY MEANS OF SPACE-TIME HOLOGRAPHY ON THE GROUNDS OF PHOTOCHEMICAL HOLE BURNING

(Представил К. К. Ребане)

Метод фотохимического выжигания провалов (ФВП) [1, 2] в неоднородно уширенных спектрах примесных молекул в твердотельных матрицах находит в настоящее время широкое применение в лазерной спектроскопии высокого спектрального разрешения, а также привлекает значительное внимание как новый многообещающий способ оптической записи информации [3, 4]. Если использовать для выжигания и зондирования фотохимических провалов сверхкороткие лазерные импульсы, в среде возникает с исключительно высокой эффективностью своеобразный когерентный оптический отклик. Это явление — фотохимически аккумулированное стимулированное световое эхо (ФАССЭ) [5–8] — не только представляет интерес как метод спектроскопических исследований, но и позволяет практически реализовать пространственно-временную голографию. Этот обобщенный на временное измерение вариант голографии, теория которого вместе с первыми экспериментальными подтверждениями приведена в [9, 10], позволяет запечатлеть и восстанавливать не только пространственное распределение светового поля, но и его развитие во времени.

Недавно нами была осуществлена запись пространственно-временной структуры пикосекундного сигнала [11]. В настоящей работе, являющейся продолжением цикла экспериментальных исследований возможностей пространственно-временной голографии в средах с ФВП, описываются восстановление обращенной волной первоначальной структуры искаженного пикосекундного сигнала, а также запись голограммы от рассеивающего свет объекта разнесенными во времени пикосекундными импульсами.

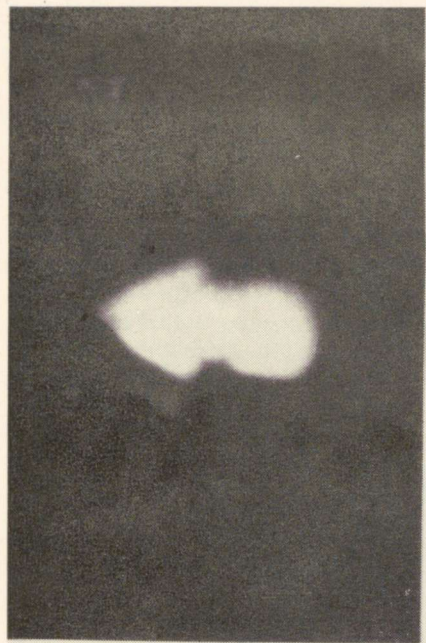
Аналогично [11] в данных экспериментах голограммы записывались в области максимума полосы поглощения молекул октаэтилпорфирина в полистироловой матрице на длине волны 617 нм. Образец светочувствительной среды погружался в оптический гелиевый криостат со сквозными окнами, где он охлаждался до температуры 1,8 К. Для записи и считывания голограмм применялся пикосекундный лазер на красителе родамин 6Ж с частотой повторения импульсов 82 МГц. Длительность импульсов пикосекундного лазера составляла 2 пс, ширина спектра импульсов —  $6 \text{ см}^{-1}$ , средняя выходная мощность лазера — 100 мВт.



а



б



г



з

Рис. 1. а, в — искаженный сигнал непосредственно на входе в криостат со светочувствительным образцом; б, г — воспроизведенный сигнал, где искажения устранены благодаря обращению волнового фронта.



Рис. 2. Мнимое изображение монеты, сфотографированное непосредственно с расположенной в кристате голограммы.

В экспериментах по обращению волнового фронта пучок, идущий от пикосекундного лазера, расширялся в телескопе до 5 см в поперечнике и разделялся при помощи полупрозрачной пластинки на опорный и сигнальный пучки. Оба пучка при помощи призм и зеркал направлялись на расположенный в криостате образец, где они пересекались под углом  $6^\circ$ . На расстоянии 50 см от криостата сигнальный пучок с плоским волновым фронтом проходил через транспарант, имеющий форму стрелки, высотой 7 мм, а на расстоянии 35 см пропускался через неровную стеклянную пластинку, искажающую и разбрасывающую сигнальный пучок в пределах угла  $4^\circ$ . Изображения искаженного сигнального пучка на входе в криостат показаны на рис. 1, а, в.

Для записи голограмм в рассеянном свете расширенный в телескопе пучок пикосекундного лазера направлялся при помощи зеркала на десятикопеечную монету, расположенную на расстоянии 7 см от внешнего входного окна криостата. Рассеянный монетой свет проходил через входные окна криостата и попадал непосредственно на светочувствительную среду с ФВП. Опорный пучок опять же отщеплялся от лазерного луча полупрозрачной пластинкой и направлялся через образец под небольшим углом относительно отраженного от монеты-объекта света с целью четкого пространственного разделения опорного и сигнального пучков.

В обоих случаях передвижением оптической линии задержки в опорном канале достигалось отсутствие перекрытия во времени сигнального и опорного импульсов (подробнее о временных соотношениях при голографировании импульсных полей см. [9, 10]). Однако при этом значении задержки выбиралось таким образом, чтобы оно не было больше времени фазовой релаксации в регистрирующей среде, т. е. не превышало значения 300 пс. Выбор очередности подачи на регистрирующую среду опорного и сигнального импульсов вытекал из условия причинности отклика спектрально селективной среды [9]: для получения при считывании голограммы обращенной волны сигнальный импульс должен при записи опережать опорный импульс, для получения при считывании голограммы необращенной волны, восстанавливающей мнимое изображение монеты, первым на регистрирующую среду должен был подаваться опорный импульс.

При записи голограмм средняя интенсивность излучения на входе в криостат составляла  $1 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ . Максимальный контраст воспроизводимого с голограммы сигнала достигался в этих условиях при экспозициях от 1 до  $10^2$  сек, т. е. при дозах облучения светочувствительной среды порядка  $10 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-2}$ . За это время в среде накапливалось фотосенсибилизирующее действие большого количества ( $\sim 10^{10}$ ) одинаковых последовательностей опорного и сигнального импульсов, следующих с частотой 82 МГц повторения пикосекундного лазера.

Воспроизведение с голограммы пикосекундных импульсов, обращенных по отношению к записанному искаженному сигналу, осуществлялось подачей на образец считывающего пучка, который проходил через образец в направлении, противоположном направлению опорного пучка при записи. В результате образец излучал в направлении искажающей пластинки импульсы ФАССЭ\*, которые запаздывали относительно считывающих импульсов на время, равное времени опережения опорного импульса при записи, и проходя через неровную пластинку воспроизводили первоначальный плоский волновой фронт и контур транспаранта сигнала. На рис. 1, б и г приведены изображения восстановленного сигнала, сфотографированного с экрана на удалении 15 см от искажающей

\* Обращение волнового фронта наносекундных лазерных импульсов посредством стимулированного светового эха в парах  $\text{Yb}$  в случае параллельного возбуждения проведено в [12].

пластинки в местоположении транспаранта. Поперечная структура скорректированного изображения скорее всего связана с нелинейностью и особенностями выжигания в оптически плотном образце в ходе записи спектральной голограммы.

Воспроизведение записанного на голограмме в рассеянном свете мнимого изображения монеты осуществлялось подачей на образец считывающих пикосекундных импульсов, совпадающих по направлению с опорными импульсами при записи, но ослабленных в  $10^2$  раз пропусканием через пачку нейтральных фильтров. Как и в случае обращенной волны, импульсы ФАССЭ, воспроизводящие изображение монеты, запаздывали относительно считывающих импульсов на 30 пс, что равно времени задержки между сигнальным и опорным импульсами при записи голограммы. На рис. 2 приведено воспроизведенное с голограммы мнимое изображение монеты, сфотографированное через выходные окна непосредственно за криостатом.

В заключение следует обратить внимание на хорошее качество воспроизведенных как обращенного, так и необращенного (мнимого) сигналов, что подтверждает предсказанную в [9, 10] эффективность использования пространственно-временной голограммы на средах с ФВП в целях запечатлывания и обработки пикосекундных световых сигналов и полей.

Авторы благодарны К. К. Ребане за обсуждение и И. Ренге за изготовление образцов оптического качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гороховский А. А., Каарли Р. К., Ребане Л. А. Письма в ЖЭТФ, 20, вып. 7, 474—479 (1974).
2. Kharlamov, B. M., Personov, R. I., Bykovskaya, L. A. Opt. Commun., 12, № 12, 191—193 (1974).
3. Castro, G., Haarer, D., Macfarlane, R. M., Trommsdorff, H. P. US Patent 4, 103, 346 (1978).
4. Rebane, K. K. Laser Study of Inhomogeneous Spectra of Molecules in Solids. Proc. of Conference «Laser 82», New Orleans, USA, Dec. 1982.
5. Ребане А. К., Каарли Р. К., Саари П. М. Опт. и спектр., 55, № 3, 405—407 (1983).
6. Ребане А. К., Каарли Р. К., Саари П. М. Письма в ЖЭТФ, 38, вып. 7, 320—323 (1983).
7. Rebane, A., Kaarli, R., Saari, P. Anijalg, A., Timpmann, K. Opt. Commun., 47, № 3, 173—176 (1983).
8. Rebane, A., Kaarli, R. Chem. Phys. Lett., 101, № 3, 317—319, (1983).
9. Саари П. М., Каарли Р. К., Ребане А. К. Квант. электроника, 12, № 4, 672—682 (1985).
10. Саари П., Ребане А. Изв. АН ЭстССР. Физ. Матем., 33, № 3, 322—332 (1984).
11. Ребане А., Каарли Р., Саари П. Изв. АН ЭстССР. Физ. Матем., 34, № 3, (1985).
12. Carlson, N. W., Babbit, W. R., Mossberg, T. W. Optics Lett., 8, 623—625 (1983).

Институт физики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
23/VII 1985