

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ  
И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

**(25—26 сентября 1985 г.)**

25 и 26 сентября 1985 г. в Институте физических проблем им. (С. И. Вавилова) АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*25 сентября*

1. Ю. Н. Д е н и с ю к. Особенности отображения волновых полей статическими и доплеровскими трехмерными голограммами.
2. Ю. Т. М а з у р е н к о. Голография нестационарных волн, основанная на дифракции импульсного излучения.
3. Г. И. Л а ш к о в. Перенос энергии с участием триплетных состояний в фазовой регистрации света.
4. В. И. С у х а н о в. Фазовые голограммы в регистрирующих средах с дисперсионной рефракцией.
5. К. К. Р е б а н е. Пространственно-временная голография сверхбыстрых событий, основанная на фотовыжигании спектральных провалов.

*26 сентября*

6. И. Б. Л е в и н с о н. Распространение сильно неравновесных фононов.
7. Н. Н. С и б е л ь д и н. Увлечение электронно-дырочных капель фоновым ветром.
8. И. К. Я н с о н. Неравновесные электроны и фононы в микроконтактах.

Краткое содержание шести докладов приводится ниже.

**К. К. Ребане.** Пространственно-временная голография сверхбыстрых событий, основанная на фотовыжигании спектральных провалов. Фотовыжигание устойчивых провалов в спектрах примесей в твердотельных матрицах оказалось эффективным методом спектроскопических исследований высокого разрешения. Изучаются атомы, ионы, малые и большие молекулы (включая хлорофилл и его аналоги) в моно- и поликристаллических, стеклянных, полимерных матрицах, структура этих матриц и процессы в них при сверхнизких температурах, в том числе свойства двухуровневых систем и возможные проявления фрактальной структуры стекол и полимерных пленок (см. приоритетные работы <sup>1, 2</sup>, обзоры <sup>3-6</sup> и <sup>7-8</sup>). Однако фотовыжигание провалов — не только метод спектроскопического исследования; он является также методом высокоселективного воздействия на спектральные характеристики вещества — на спектр поглощения и на связанную с поглощением спектральную зависимость показателя преломления. Наряду с новыми возможностями изучения вещества здесь открывается и перспектива для создания имеющих практическое значение устройств — сверхузкополосных оптических фильтров, спектральной памяти для вычислительных машин <sup>8, 9</sup>, а также создания голографии сверхбыстрых пространственно-временных событий пико- и наносекундного диапазона <sup>7, 10, 12</sup>. Эта новая область голографии основывается на возможности создания с помощью фотовыжигания провалов устойчивых спектральных решеток в веществе и на явлении фотохимически

аккумулированного стимулированного светового эха<sup>12, 13</sup>. При этом не требуются сильные световые поля; контрастность пространственно-спектральных решеток в веществе зависит от дозы облучения, а не от интенсивности света. Время сохранения записи определяется временем жизни продуктов фотовыжигания или характерным временем диффузии в матрице и достигает при температурах жидкого гелия многих часов и даже лет. Так, в<sup>14</sup> сообщается о времени полураспада фотопроявочной в спектре молекулярной примесной системы (хинизарин в дейтерированном органическом стекле), достигающем при температурах жидкого гелия 20 000 лет, но исследования времени жизни фотопроявочных и их температурной зависимости только начинаются.

Ниже будут изложены результаты экспериментального осуществления группой П. М. Саари в Институте физики АН ЭССР пространственно-временной голографии в полном соответствии с разработанной ранее теорией<sup>10</sup>. Следует сказать, что эта теория является линейной: эффекты, родственные световому эху, возникают в среде, действующей на пробный импульс как линейный фильтр (т. е. в приближении линейной диэлектрической восприимчивости).

Голограммы записывались в области максимума полосы поглощения молекул октаэтилпорфирина в полистироловой матрице при длине волны 620 нм. Образец светочувствительной среды погружался в оптический гелиевый криостат со сквозными окнами, где он охлаждался до температуры 4,8 К. Для записи и считывания голограмм применялся квазинепрерывный пикосекундный лазер на красителе родамин 6Ж, который синхронно накачивался аргоновым ионным лазером. Длительность импульсов от пикосекундного лазера составляла 3 пс, ширина спектра импульса была 6 см<sup>-1</sup>, частота повторения импульсов при средней выходной мощности лазера 100 мВт составляла 82 МГц.

Запись и считывание голограмм осуществлялись следующим образом. Пучок от пикосекундного лазера расширялся в телескопе до поперечного размера 5 см и далее разделялся на опорный и объектный лучи. Оба луча при помощи системы призм и зеркал направлялись на расположенный в криостате образец, где они пересекались под углом 6°. При этом импульсы в объектном луче были задержаны относительно соответствующего импульса в опорном луче на промежуток времени  $\tau$ . Эта задержка изменялась путем передвижения одной из отражающих призм в опорном канале в пределах  $\tau = \pm 300$  пс от переднего фронта объектного импульса. Вспомним, что необходимая для голографической записи интерференция возникает только при задержках между импульсами, не превышающих времени фазовой релаксации возбужденного электронного состояния примесной молекулы<sup>12, 13</sup>, которое составляло 200—300 пс.

На входе в криостат опорный пучок имел плоский волновой фронт и обладал средней по времени интенсивностью 0,5 мВт·см<sup>-2</sup>. Волновой фронт сигнального пучка формировался отражением от объекта (монеты) либо прохождением через транспарант (изображение стрелки) и обладал сложной пространственно-временной структурой. Средняя интенсивность объектного пучка была в два-три раза ниже интенсивности опорного пучка.

Максимальный контраст воспроизводимого сигнала достигался при экспозициях в несколько десятков секунд. За это время в среде накапливалось фотовыжигающее действие большого количества (около 10<sup>10</sup>) одинаковых последовательностей опорного и объектного импульсов, следующих с частотой 82 МГц. Для воспроизведения записи в голограмме объектный канал перекрывался экраном, а в качестве пробного луча использовался либо ослабленный нейтральными фильтрами опорный луч, либо этот же луч, направленный противоположно лучу опорных импульсов при записи. Воспроизведенные от голограммы изображения фотографировались на удалении 20 см от выходных окон криостата с экранов, расположенных соответ-

ственно для прямого и обратного считывающих лучей с задней и с передней стороны криостата относительно направления записывающих лучей.

На рис. 1 приведена фотография голографического пространственно-временного изображения монеты, записанного путем фотохимического выжигания спектральных провалов. Временной ход события — прохождение по

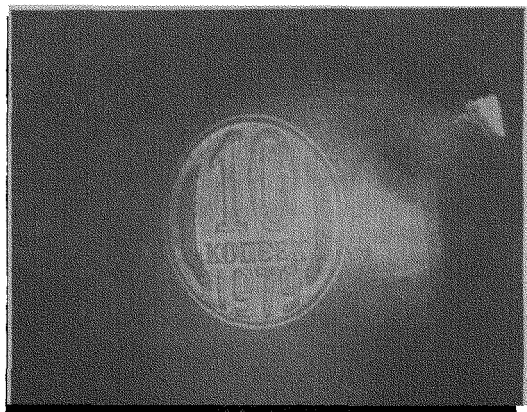


Рис. 1. Фотография мнимого голографического изображения монеты, записанного и воспроизведенного при помощи пикосекундных импульсов (длительность 3 пс, ширина спектра  $6 \text{ см}^{-1}$ ).

Голограммы записывались фотохимическим выжиганием спектральных провалов на длине  $620 \text{ нм}$  в неоднородной полосе чисто электронного перехода (неоднородная ширина  $200 \text{ см}^{-1}$ ) молекул октаэтилпорфина в полистироловой матрице при температуре  $1,8 \text{ К}$  (однородная ширина чисто электронной линии не более  $0,05 \text{ см}^{-1}$ ). Опорный пикосекундный импульс опережал при записи рассеянный от монеты сигнал на  $10 \text{ пс}$ . Эта же задержка сигнала наблюдалась при считывании голограммы зондирующим пикосекундным импульсом. Экспозиция записи голограммы составляла  $1 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-2}$ , что достигалось накоплением фотовыжигающего действия  $10^{16}$  идентичных пар опорного и объектного импульсов, следующих с частотой повторения  $82 \text{ МГц}$  пикосекундного лазера

монете полосы освещенности пикосекундным импульсом — на фотографии потерян в результате усреднения по времени выдержки фотографирования. Однако наличие этого хода может быть и было авторами установлено по

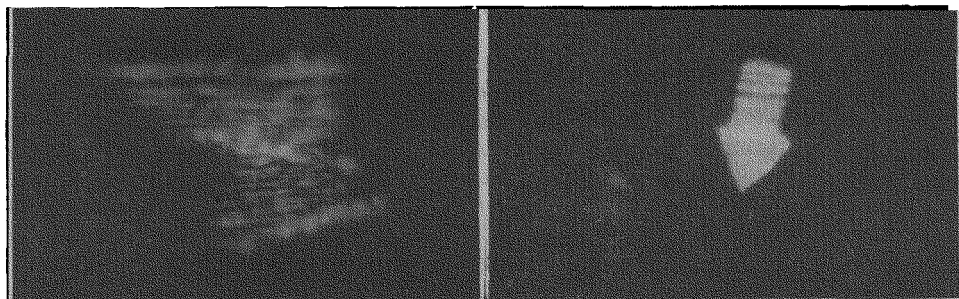


Рис. 2. Коррекция пикосекундного сигнала путем обращения волнового фронта при помощи пространственно-временной голограммы.

Запись искаженного прохождением через неровную стеклянную пластинку пикосекундного сигнала осуществлялась в условиях аналогичных записи изображения монеты, за исключением изменения порядка на обратный моментов подачи импульсов: здесь опорный импульс прибыл на записывающую среду после объектного. Фотография записываемого искаженного сигнала приведена слева. Считывание голограммы с целью коррекции производилось в направлении, противоположном опорному импульсу при записи. Рассеянный с голограммы запаздывающий сопряженный сигнал обращен как в пространстве, так и во времени, и после прохождения через ту же искажающую среду (пластинку) в обратном направлении первоначальный вид неискаженного сигнала — изображение стрелки — восстанавливается (справа)

возникновению интерференции восстанавливаемого с голограммы изображения с прямым изображением освещаемой пикосекундными импульсами монеты.

В отличие от голографии стационарных волн, в голографии зависящих от времени событий возникает проблема правильного отражения принципа причинности в теоретическом описании. В теории <sup>10</sup> это достигается учетом дисперсионных соотношений Крамерса — Кронига, что равноценно использованию преобразования Гильберта (вместо преобразования Фурье) при переходе от частотного распределения к временной зависимости. В эксперименте принцип причинности, естественно, соблюдается автоматически. Это

свойство голограмм можно использовать для обращения волнового фронта и, следовательно, для соответствующей коррекции сигналов. На рис. 2 приведен пример восстановления, искаженного неровной стеклянной пластиной (пространственно-временного) изображения стрелки.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гороховский А. А., Каарли Р. К., Ребане Л. А.— Письма ИТЭФ, 1974, т. 20, с. 474.
2. Kharlamov B. M., Personov R. I., Bykovskaya L. A.— Opt. Commun., 1974, v. 12, p. 191.
3. Rebane L. A., Gorokhovskii A. A., Kikas J. V.— Appl. Phys. Ser. B, 1982, v. 29, p. 235.
4. Friedrich J., Haarer D.— Angew. Chem. (Intern. Ed.), 1984, v. 23, p. 113.
5. Thijssen H. P. H., van der Berg R., Völker S.— In: Photoreaktive Festkörper: Konferenzbuchband der VW-symposiums. Mettelberg, 16.— 21.9.84.— Karlsruhe: Wahl-Verlag, 1984, p. 763.
6. Personov R. I.— In: Spectroscopy and Excitation Dynamics of Condensed Molecular Systems/Eds V. M. Agranovich, R. M. Hochstrasser.— Amsterdam: North-Holland, 1983, p. 55.
7. Rebane K. K.— J. Lumin., 1984, v. 31—32, p. 744.
8. Moerner W. E. Molecular Electronics for Frequency Domain Optical Storage: Persistent Spectral Hole-Burning.— J. Mol. Electron. (in press).
9. Szabo A., U.S. Patent No. 3.896.420 (July 22, 1975). Castro G., Haarer D., MacFarlane R. M., Thommsdorff H. P. U.S. Patent No. 4.101.976 (July 18, 1978).
10. Burland D. M. U.S. Patent No. 4.158.890 (June 19, 1979).
11. Саари П. М., Ребане А. К.— Изв. АН ЭССР. Физ.-мат., 1894, т. 33, с. 322.
12. Ребане А., Каарли Р., Саари П.— Ibidem, 1985, т. 34, с. 444.
13. Ребане А. К., Каарли Р. К., Саари П. М.— Письма ЖЭТФ, 1983, т. 38, с. 320.  
Rebane A., Kaarli R., Saari P., Timpmann K., Anijalg A., Opt. Commun., 1983, v. 47, p. 173.
14. Саари П. М., Каарли Р. К., Ребане А. К.— Квант. электрон., 1985, т. 12, с. 672.
15. Ребане К. К.— УФН, 1984, т. 143, с. 487.
16. Breinl W., Friedrich J., Haarer D.— Chem. Phys. Lett., 1984, v. 106, p. 487.