

07;12

## Создание системы аспектов трехмерной сцены

© Н.М. Ганжерли, Д.Ф. Черных

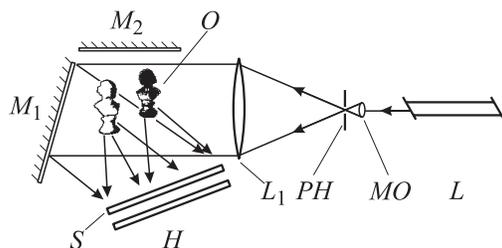
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург  
E-mail: nina@holo.ioffe.rssi.ru

Поступило в Редакцию 24 апреля 2003 г.

Рассматриваются две схемы создания матрицы голограмм аспектов трехмерной сцены. Голографический вариант является дополнением к фотографическому способу регистрации системы аспектов, описанному в предыдущих публикациях.

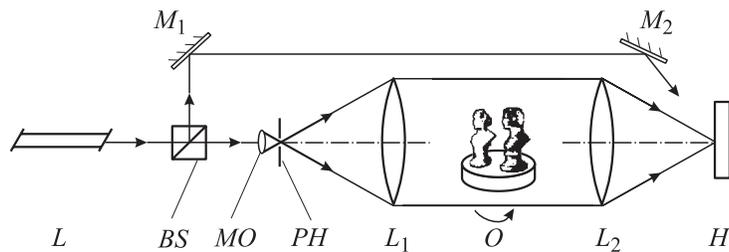
Ранее сообщалось о методе создания трехмерных изображений [1–3], согласно которому трехмерное изображение формируется матрицей сфокусированных в точки аспектов изображаемой сцены. На первом этапе регистрируется сама система аспектов. На этапе проекции аспекты просвечиваются сфокусированным в точку лазерным пучком. Сканируя экран, такой пучок образует матрицу светящихся точек. В результате наблюдатель видит локализованное на экране двумерное изображение, конфигурация которого изменяется в зависимости от точки наблюдения таким же образом, как при наблюдении реального трехмерного объекта. В результате у наблюдателя возникает иллюзия трехмерности проецируемого изображения. Отмечено, что процесс сканирования экрана системой сфокусированных в точки аспектов сцены эквивалентен одновременному сканированию экрана системой независимых тонких световых пучков, каждый из которых проецирует на экран свой, присущий ему аспект сцены. Рассмотрен вариант дисплея, который воспроизводит только горизонтальные параллаксы трехмерной сцены. В этом случае зрительская зона должна быть расширена в вертикальном направлении с помощью одномерного диффузного экрана.

В данной работе рассмотрены две схемы получения системы аспектов трехмерной сцены на основе голографии. Голографический вариант является дополнением к описанному в выше упомянутых публикациях фотографическому способу создания матрицы аспектов.



**Рис. 1.** Схема регистрации матрицы линейных голограмм Лейта трехмерной сцены:  $L$  — лазер,  $M_1$ ,  $M_2$  — зеркала,  $MO$  — микрообъектив,  $O$  — объект,  $L_1$  — линза,  $H$  — светочувствительная среда,  $PH$  — пинхол,  $S$  — щелевая диафрагма.

В первом эксперименте снимались линейные голограммы Лейта трехмерной сцены, которая состояла из нескольких объектов  $O$  и зеркал  $M_1$  и  $M_2$ , используемых для дополнительной подсветки и усиления эффекта глубины сцены (рис. 1). В качестве объектов использовались два бюста из белого матового фарфора высотой 6 см, расположенные на разных расстояниях от зеркал и регистрирующей среды  $H$ . Объекты  $O$  освещались частью коллимированного пучка, который затем падал на зеркало  $M_1$  и, отражаясь от него, подсвечивал объекты. Часть коллимированного пучка, отраженная от зеркала  $M_1$ , формировала референтный пучок. В плоскости пересечения референтного и объектного пучков располагалась регистрирующая среда  $H$ , в качестве которой использовались отечественные фотопластинки для голографии ПФГ-03М. Перед фотопластинкой устанавливалась неподвижная диафрагма  $S$ , вырезающая из падающих пучков узкую горизонтальную полосу, вследствие чего регистрируемые голограммы имели вид полосок высотой 1.5–2 и длиной до 75 мм. Дальнейшее уменьшение высоты полоски приводило к снижению разрешения в зарегистрированном объекте. Фотопластинка последовательно перемещалась в вертикальном направлении относительно горизонтальной щели, в результате чего регистрировалась матрица линейных голограмм. На фотопластинке размером  $9 \times 12$  см записывалось до 40 линейных голограмм, каждая из которых регистрировала либо последовательное изменение взаимного расположения объектов трехмерной сцены, либо новый объект. Каждый



**Рис. 2.** Схема регистрации аспектов трехмерной сцены на основе голограмм Фурье:  $L$  — лазер,  $BS$  — делитель пучка,  $M_1$ ,  $M_2$  — зеркала,  $MO$  — микрообъектив,  $O$  — объект на вращающейся платформе,  $L_1$ ,  $L_2$  — линзы,  $H$  — светочувствительная среда,  $PH$  — пинхол.

элементарный участок линейной голограммы может рассматриваться как аспект трехмерной сцены. При освещении матрицы линейных голограмм референтным пучком наблюдалась трехмерная сцена, причем движение глаз по горизонтали давало угол обзора сцены порядка  $45^\circ$ , а перемещение глаз от одной линейной голограммы к другой давало эффект меняющейся сцены. Недостатком схемы можно считать небольшой угол обзора сцены в горизонтальном направлении.

Вторая серия экспериментов была основана на регистрации линейки голограмм Фурье, причем каждая из голограмм регистрировала отдельный ракурс трехмерной сцены. Схема записи голограмм представлена на рис. 2. Луч лазера с помощью микрообъектива  $MO$  и линзы  $L_1$  преобразовывался в коллимированный пучок, который освещал трехмерную сцену из различных объектов  $O$ , находящихся на вращающейся платформе. Далее свет фокусировался с помощью второй линзы  $L_2$  в плоскость регистрирующей среды  $H$ , где пересекался с референтным пучком. В качестве регистрирующей среды использовались голографические фотопластинки ПФГ-03М. Референтный пучок представлял собой нерасширенный луч лазера, который либо падал на регистрирующую среду со стороны объектного пучка, либо направлялся навстречу объектному пучку. Каждая последующая голограмма регистрировала сцену, отличающуюся поворотом платформы с объектами на угол  $1$  или  $2^\circ$  в зависимости от желаемого разрешения. При этом светочувствительная среда, на которой записывались голограм-

мы, перемещалась в горизонтальном направлении на фиксированное расстояние, несколько превышающее размер голограммы. Запись голограмм проводилась вблизи плоскости фокуса второй линзы, а не точно в фокальной плоскости, чтобы уменьшить эффекты, связанные с нелинейностью регистрации. Каждая голограмма линейки голограмм может рассматриваться как аспект трехмерной сцены. При освещении линейки голограмм референтным пучком в виде светящейся линии при перемещении глаз в горизонтальном направлении возможно наблюдение вращения трехмерной сцены. Особенностью схемы является то, что референтный луч распространяется в плоскости, перпендикулярной направлению регистрации линейки голограмм. В этом случае на стадии восстановления исключаются помехи от наложения на действительное изображение сопряженных изображений от других голограмм.

Одним из вариантов такой схемы является случай, когда используются непрозрачные объекты. При реконструкции изображения на светлом фоне наблюдаются тени объектов, которые меняют взаимное расположение от одной голограммы к другой, чем создается иллюзия обзора трехмерной сцены. Угол обзора определяется числом зарегистрированных аспектов в линейке голограмм и углом поворота платформы с объектами от одной голограммы к другой. В нашем эксперименте угол обзора изменялся от 55 до 110°.

Оба варианта создания матриц аспектов трехмерной сцены хорошо согласуются с системой проекции трехмерных изображений, описанной в публикациях [1–3] и воспроизводящей горизонтальный параллакс.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 01–02–17854) и Научной школы (грант 00–15–96771).

## Список литературы

- [1] *Denisjuk Y.N., Markov V.B., Ganzherl N.M.* // Proc. SPIE. 1997. V. 3011. P. 45–52.
- [2] *Денисюк Ю.Н., Марков В.Б., Ганжерли Н.М.* // Оптика и спектроскопия. 1998. Т. 84. № 1. С. 104–109.
- [3] *Денисюк Ю.Н., Ганжерли Н.М., Орлов В.В., Бруй Е.Б., Савостьяненко Н.А.* // Оптика и спектроскопия. 1999. Т. 86. № 5. С. 864–872.