

07;12

Голографический экран для проекции трехмерного изображения методом аспектов, сфокусированных в точки

© Ю.Н. Денисюк, Н.М. Ганжерли, Д.Ф. Черных

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
194021 Санкт-Петербург, Россия
e-mail: nina@holo.ioffe.rssi.ru

(Поступило в Редакцию 19 мая 2003 г.)

Предложен, рассмотрен и осуществлен экспериментально голографический экран для проекции трехмерных изображений методом сфокусированных в точки аспектов изображаемой сцены либо посредством проекции узких строчечных голограмм. Созданное таким экраном изображение воспроизводит только горизонтальный параллакс, что позволяет существенно сократить объем информации, необходимой для синтеза трехмерных изображений. Рассмотрена схема проекции через экран, а также метод его регистрации.

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 система аспектов изображаемой сцены. Матрица создается сканирующим пучком лазера, в который в последовательном порядке вводятся записанные из разных точек аспекты сцены. На этапе проекции аспекты просвечиваются сфокусированным в точку лазерным пучком. Сканируя экран, такой пучок образует матрицу светящихся точек, через каждую из которых виден один из аспектов трехмерной сцены. 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, и у наблюдателя возникает иллюзия трехмерности проецируемого изображения. Было отмечено, что задачу записи и проекции трехмерного изображения можно существенно упростить, если ограничиться воспроизведением одного только горизонтального параллакса изображаемой сцены. Однако в этом случае зона видения, через которую наблюдатель может видеть изображение, трансформируется из квадратной в узкую горизонтальную полосу, наблюдение через которую весьма затруднено. Для того чтобы расширить эту полосу в вертикальном направлении, было предложено ввести в систему проекции специальный, так называемый одномерный диффузный экран. Однако создание двухкомпонентной оптической системы, состоящей из очень большой линзы и одномерного диффузного экрана, является достаточно сложной задачей.

Ниже рассмотрен специальный голографический экран, который выполняет функции фокусировки и рассеяния света в вертикальном направлении одновременно. Схема регистрации такого экрана представлена на рис. 1. Свет лазера фокусируется цилиндрической линзой в виде узкой вертикальной линии в плоскость диффузора D и далее в виде диффузного света падает на светочувствительную среду F . Туда же направляется волновой фронт W , сходящийся в точку S позади регистрирующей среды. В зоне пересечения двух пучков

регистрируется голограмма H , которая имеет вид эллипса, вытянутого вдоль горизонтального направления. Голограммы регистрировались на отечественных голографических фотопластинках ПФГ-03М и проявлялись в рекомендованном для этих пластинок голографическом проявителе ГП-3.

Записанный таким способом голографический оптический элемент (экран) обладает свойством трансформировать излучение, исходящее из точки S , в вертикальную диффузную полосу DL (рис. 1). При проекции трехмерного изображения через экран светящиеся точки, в которые сфокусированы различные ракурсы сцены, располагаются вдоль горизонтальной линии LL (рис. 2). В соответствии со свойствами экрана каждая из этих точек проецируется в зону видения VZ в виде вертикальной светящейся диффузной полосы DL . Через каждую точку такой полосы DL наблюдатель h видит изображение одного и того же аспекта, который проецируется через данную точку горизонтальной полосы LL . Другие аспекты трехмерной сцены будут видны через соответствующие им вертикальные полосы DL .

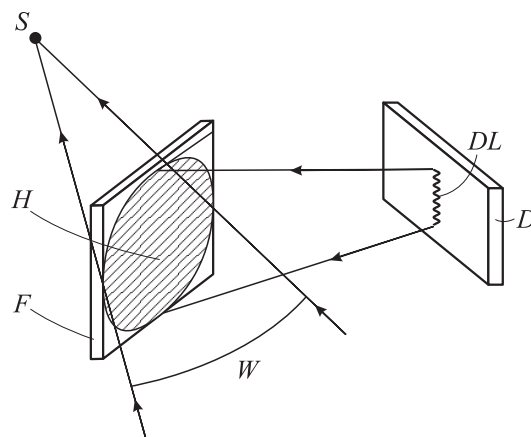


Рис. 1. Схема регистрации голографического экрана: W — сходящийся в точку S волновой фронт; D — диффузор, на который цилиндрической линзой проецируется вертикальная световая линия DL ; F — светочувствительный материал с зарегистрированной голограммой H .

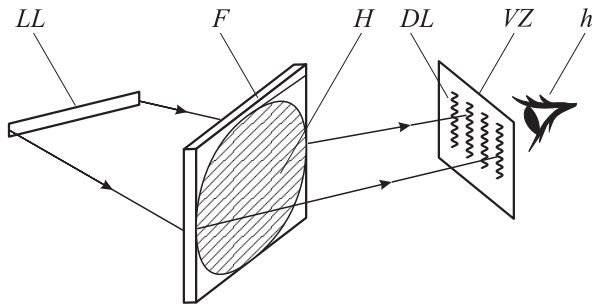


Рис. 2. Схема реконструкции голографического экрана, воспроизводящего горизонтальный параллакс: F — светочувствительный материал с зарегистрированной голограммой H ; LL — восстанавливающая световая линия, VZ — зона видения, сформированная системой восстановленных вертикальных диффузных линий DL ; h — наблюдатель.

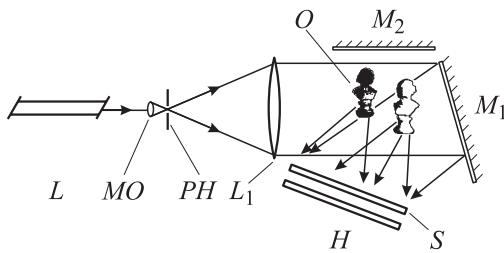


Рис. 3. Схема регистрации матрицы линейных голограмм Лейта трехмерной сцены: L — лазер; M_1, M_2 — зеркала; MO — микрообъектив; O — объект; L_1 — линза; H — светочувствительная среда; PH — пинхол; S — щелевая диафрагма.

Таким образом, точки зоны видения VZ растягиваются в вертикальном направлении, что дает возможность наблюдать проецируемое изображение при значительном смещении глаза в вертикальном направлении.

Полученный рассмотренным способом экран может быть использован для проекции трехмерных изображений посредством проекции аспектов, полученных методом обычной фотографии, а также посредством проекции аспектов, генерируемых голограммой, поскольку излучение каждой из точек голограммы может рассматриваться в качестве аспекта. В последнем случае, используя данный экран, можно получить круп-

ноформатные изображения с помощью узкой строчечной голограммы. Проведенный нами эксперимент был посвящен исследованию именно этого способа проекции. В 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. 3). 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 полоску, вследствие чего регистрируемые голограммы имели вид полосок высотой 1.5–2 мм 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 9×12 см записывалось до 40 линейных голограмм, каждая из которых регистрировала либо последовательное изменение взаимного расположения объектов трехмерной сцены, либо новый объект. Линейные голограммы восстанавливались пучком, имеющим вид светящейся линии. Восстановленное изображение направлялось на зарегистрированный по схеме (рис. 1) голографический экран H . В районе плоскости голографического экрана H наблюдалась трехмерная сцена, причем движение глаз по горизонтали создавало эффект обзора сцены. Угол обзора изображаемой сцены в горизонтальном направлении был несколько ограничен как геометрией данной схемы регистрации, так и малым действующим размером голограммы, который определялся недостаточной яркостью экспонирующего излучения.

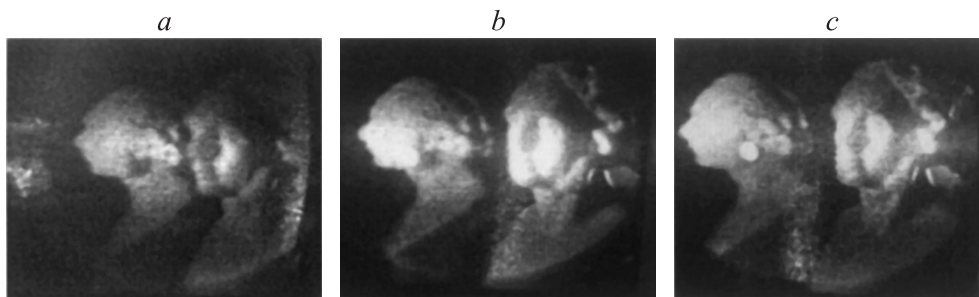


Рис. 4. $a-c$ — изображения трехмерной сцены на голографическом экране для трех положений глаза наблюдателя.

Процируемое экраном изображение, восстанавливая такой типичный эффект трехмерности, как возможность обзора изображения, вместе с тем было несколько дефокусировано в точках, находящихся вне плоскости экрана. Этот эффект достаточно заметен на рис. 4.

Таким образом, проведенные нами эксперименты показали возможность проекции трехмерного изображения при использовании однокомпонентного экрана, выполненного с помощью достаточно простой технологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-02-17854) и Научной школы (грант № 00-15-96771).

Список литературы

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