

УДК 778.38

В.В.ЗВЕРЕВА, В.В.МАНИКАЛО, И.В.СТАШКЕВИЧ

СТЕРЕОЭФФЕКТ И СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГОЛОГРАММ

The work presents the formation of a composite hologram of the object generated by the program of 3-D computer graphics with consideration for the stereoeffect mechanism. The expressions for calculation of the parameters to be used in formation of a set of the plane object images and their conversion to holographic photographic plate have been derived. For experimental testing of the results obtained a hologram has been synthesised.

Одним из первых процесс получения синтезированных голограмм с использованием в качестве объекта набора плоских изображений был рассмотрен в работе [1]. Здесь же предложен двухшаговый метод получения композиционной голограммы, который считается оптимальным и который мы будем рассматривать дальше.

В отличие от [1] для получения синтезированной голограммы мы использовали модель объекта, созданную с помощью трехмерной компьютерной графики (*3D Studio MAX*).

Основной задачей на этапе получения плоских транспарантов является создание модели объекта в *3D Studio MAX* с учетом исходных параметров: расстояния, с которого будет рассматриваться изображение объекта, размера модели объекта, размера фотопластины, на которую производится запись транспарантов, и размера самого плоского транспаранта.

В связи с тем, что при рассматривании синтезированной голограммы каждым глазом фактически рассматриваются отдельные плоские фотографии объекта, а реальный объект имеет глубину, иллюзия объемности возникает только при определенных размерах объекта. Глубина снимаемой модели выбирается из тех же соображений, что и в стереокино [2]. Разница в том, что в стереокино изображение объекта всегда локализовано в плоскости экрана, а на голограмме изображение может располагаться не в плоскости фотопластины.

Восприятие стереоскопичности восстанавливаемого на экране изображения зависит от расположения плоскости рампы при съемке стереоизображений. (Плоскостью рампы называется плоскость в снимаемом пространстве, соответствующая плоскости экрана [3].) Выступающая относительно плоскости рампы часть объекта d_1 соответствует величине предэкранного изображения Δ_1 , а заглубленная часть объекта d_2 — величине заэкранного изображения Δ_2 . С учетом выражений для определения глубины предэкранного Δ_1 и заэкранного Δ_2 изображения, выведенных в [2], получаем формулы для расчета максимально выступающей d_1 и заглубленной d_2 части снимаемого объекта относительно плоскости рампы:

$$d_1 = \frac{pl_a l_b}{b_0 + pl_a}, \quad (1)$$

$$d_2 = \frac{pl_a l_b}{b_0 - pl_a}, \quad (2)$$

где l_a – расстояние от глаз наблюдателя до плоскости локализации изображения объекта; b_0 – стереоскопический базис, обычно принимаемый за 65 мм; p – параллакс между одноименными точками правого и левого изображений, достигающий 0,03 рад от величины расстояний до плоскости рампы в случае полного нарушения стереоэффекта; l_b – расстояние от камеры до плоскости рампы при съемке модели объекта.

Сценой в *3D Studio MAX* является некоторое виртуальное пространство, в котором располагается модель объекта. Объекту присваиваются реальные материалы, устанавливаются источники освещения и камера, с помощью которой "фотографируется" модель объекта с разных сторон. Основной задачей на данном этапе является расчет координат точек местоположения камеры в виртуальном пространстве *3D Studio MAX*, с которых необходимо проводить фотографирование объекта, чтобы в результате на синтезированной голограмме увидеть объемное изображение. Для этого два определенных плоских изображения, полученных фотографированием с разных ракурсов, должны составлять стереопару. Следовательно, положение камеры при съемке должно определяться по законам стереоэффекта.

Угол α_0 (рис.1), в пределах которого наблюдается стереоэффект, определяется размерами и взаимным расположением транспаранта и голографической фотопластины, на которой регистрируется промежуточная голограмма:

$$\alpha_0 = 2 \arctg \frac{c-a}{2x}, \quad (3)$$

где x – расстояние между транспарантом и голограммой при регистрации последней, a – поперечный размер изображения транспаранта 1, c – поперечный размер голограммы 2.

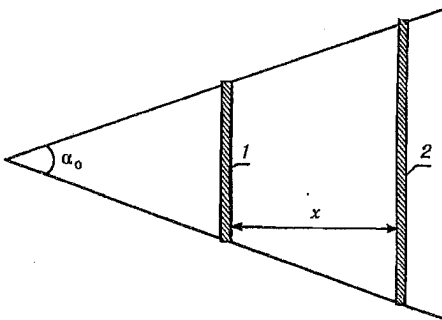


Рис.1. Определение угла, соответствующего зоне стереовидения (вид сверху):

1 – транспарант; 2 – голографическая фотопластина

Угол β , под которым пересекаются визирные оси глаз при рассматривании изображения, зависит от величины стереобазиса b_0 и расстояния до рассматриваемого изображения объекта l_a :

$$\beta = 2 \arcsin \left(\frac{b_0}{2l_a} \right). \quad (4)$$

Чтобы два разных снимка объекта образовывали между собой стереопару при рассматривании их с расстояния l_a , необходимо, чтобы камеры при фотографировании модели объекта располагались относительно нее так же, как и глаза наблюдателя при рассматривании этого объекта. При этом возможны два случая: 1) когда изображения, снятые из двух последовательных точек расположения камеры, образуют стереопару; 2) когда стереопару образуют изображения, не являющиеся соседними.

Для первого случая, число изображений N , полученных с разных ракурсов, строго определено и рассчитывается по количеству укладываемых углов β , под которыми пересекаются визирные оси глаз, в полном углу, в пределах которого перемещается камера при съемке изображений объекта (рис.2):

$$N = \frac{1}{\beta} \left(\alpha_0 + 2 \arcsin \left[\frac{b \cos \frac{\alpha_0}{2}}{l_b} \right] \right) + 1, \quad (5)$$

где b – поперечный размер модели объекта; l_b – расстояние, с которого камера «рассматривает» модель объекта, рассчитываемое по формуле: $l_b = (l_a b) / a$.

В случае, если рассчитанное число плоских изображений N не является целым числом, вся дробная часть отбрасывается. Теперь угол между крайними положениями осей камер (см. рис.2) уменьшается на величину 2δ , причем $\delta = (\beta\phi) / 2$, где ϕ – отброшенная дробная часть. Отбрасывание дробного результата при получении числа плоских изображений N связано с тем, что, если полученный результат округлить, одно из положений камеры может оказаться за пределами угла стереовидения.

Угол между крайними положениями осей камер θ (см. рис.2) определяется как

$$\theta = \alpha_0 + 2 \arcsin \left(\frac{b \cos \frac{\alpha_0}{2}}{l_b} \right) - 2\delta. \quad (6)$$

Малое количество ракурсных изображений N в первом случае не позволяет получить полную иллюзию объемности при повороте голограммы. Избавиться от этого недостатка можно увеличением числа изображений. Для этого угол β делится на желаемое число частей k , тогда общее число ракурсных изображений будет

$$n = k(N-1) + 1, \quad (7)$$

и стереопару образуют в этом случае не соседние ракурсные изображения.

В этом случае каждое последующее положение камеры соответствует повороту ее оси на угол

$$\eta = \frac{\theta}{n-1}, \quad (8)$$

где n – число предполагаемых плоских изображений (см. рис.2).

Таким образом, точками, соответствующими местам установки камеры, будут точки 1–4, лежащие на дуге окружности с радиусом l_b и центром в плоскости рампы (см. рис.2). Угол между осью камеры и плоскостью рампы при получении первого транспаранта равен

$$\xi = \frac{\pi - \theta}{2}. \quad (9)$$

На втором этапе осуществляется перенос разноракурсных транспарантов на голографическую фотопластину аналогично [1]. Для того чтобы в зоне просмотра не наблюдалось разрывов между изображениями транспарантов и не было наложений одного изображения на другое, запись на фотопластину производится на последовательно открываемые участки фотоэмульсии. Область экспонирования фотопластины последующего изображения транспаранта смешается относительно предыдущей области экспонирования, соответствующей предыдущему транспаранту, на величину, равную отношению поперечного размера фотопластины s к числу транспарантов n . После переноса n ракурсных изображений на голографическую фотопластину копированием получаем отражательную или пропускающую радужную голограмму [4, 5]. Но перед копированием необходимо решить вопрос о локализации изображения объекта на голограмме-копии при восстановлении последней.

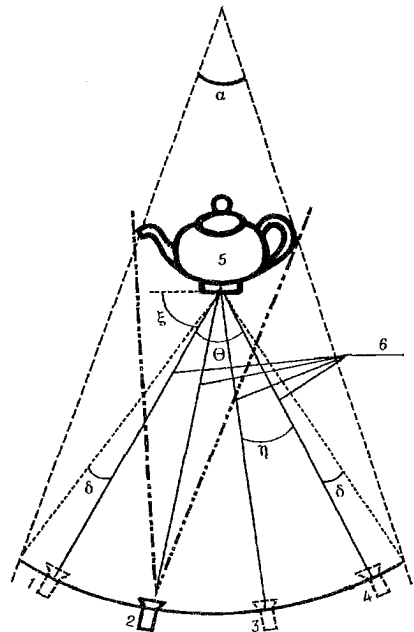


Рис.2. Схема расположения камер и модели объекта в виртуальном пространстве 3D Studio MAX:

1,2,3,4 – последовательные положения камеры, 5 – модель объекта; l_b – радиусы длиной l_b .

В отличие от стереокино, где локализация изображения осуществляется всегда в плоскости экрана, в случае синтезированной голограммы локализация плоских изображений объекта может осуществляться как за, так и перед плоскостью голограммы. Однако плоскость рампы объемного изображения объекта должна находиться в плоскости локализации изображения транспаранта.

Расстояние между фотопластиной и транспарантом равняется расстоянию между голограммой и глазами наблюдателя при рассматривании восстановленного на голограмме изображения.

При невыполнении этого условия ракурсные изображения на голограмме будут видны по отдельности, разделенные «мертвыми зонами», или с наложением одного изображения на другое.

Рассмотрим несколько случаев расположения голограммы-оригинала относительно глаз наблюдателя.

1. Голограмма, с которой происходило копирование, располагалась в некоторой плоскости II (рис. 3). На месте транспаранта V находилась фотопластина, на которую осуществляли копирование.

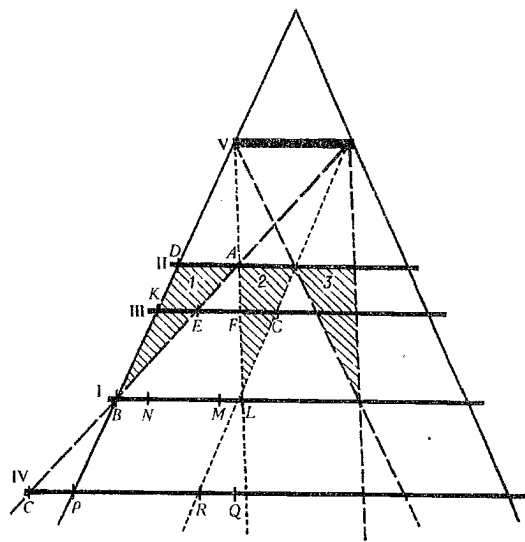


Рис.3. Определение относительного расположения голограммы-оригинала и глаз наблюдателя: I, II, III, IV – плоскости возможного нахождения наблюдателя и голограммы; V – местоположение транспаранта (1, 2, 3 – области, в которых видны изображения первого, второго и третьего ракурсов соответственно)

1. Глаза наблюдателя при рассматривании изображения на окончательной голограмме-копии находятся в плоскости II, каждым глазом он видит только одно изображение.

2. При помещении глаз наблюдателя в плоскости I каждый глаз видит только одно изображение, однако это изображение состоит из двух частей, каждая из которых соответствует своему ракурсному изображению. В этом случае для некоторой части рассматриваемого изображения стереоэффект всегда будет нарушаться, так как граница перехода от одного ракурсного изображения к другому для левого и правого глаз будет локализована в разных местах (соответственно на отрезке BN и LM). При перемещении глаза от точки B к точке L происходит

плавная смена первого ракурсного изображения вторым, дальше от точки L – второе ракурсное изображение сменяется третьим ракурсным изображением и т.д.

3. Для случая, когда глаза наблюдателя располагаются между плоскостями I и II – в плоскости III, картина видимости изменяется следующим образом. На интервале KE наблюдатель видит только одно первое ракурсное изображение. При смещении глаза к точке F правая часть первого ракурсного изображения сменяется левой частью второго ракурсного изображения, причем на сколько уменьшается видимая часть первого ракурсного изображения, на столько же увеличивается видимая часть второго ракурсного изображения. На интервале FG видно уже только второе ракурсное изображение.

Если плоскость III располагается на таком расстоянии от плоскости II, что длина отрезка EF меньше длины отрезка DA , то вероятность наблюдения стереоэффекта по всему изображению очень велика. Чем больше увеличивается длина отрезка EF по сравнению с DA , тем меньше вероятность наблюдения стереоэффекта по всему изображению. И когда длина отрезка

EF больше длины *DA*, стереоэффект может присутствовать только на части изображения.

4. Если плоскость расположения глаз лежит за пределами плоскости I (например, плоскость IV), везде в поле зрения наблюдателя будут попадать видимые части сразу трех ракурсных изображений. В точке *C* видно практически все первое ракурсное изображение, его размер зависит от удаленности плоскости IV от транспаранта V: чем больше расстояние, тем меньше видимая часть. В точке *P* видна уже только левая часть первого ракурсного изображения и правая часть второго ракурсного изображения. А при дальнейшем перемещении к точке *Q* появляется правая часть третьего ракурса. Таким образом, в точке *Q* видна левая часть изображения первого ракурса, средняя часть второго и правая часть третьего. На сколько уменьшается видимая часть изображения первого ракурса при перемещении глаза от точки *C* до точки *Q*, на столько же увеличивается видимая часть изображения третьего ракурса, при этом средняя часть второго изображения не изменяет своего размера, происходит лишь плавное ее смещение к левому краю, она сдвигается за уходящим изображением первого ракурса. Таким образом, в плоскости IV одним глазом всегда видны без наложения частичные изображения трех ракурсов. Стереоэффект по всему изображению на плоскости IV ни в одной из точек наблюдаться не будет.

II. При расположении голограммы в плоскости III изображения на фотопластину записываются последовательно с промежуточными неэкспонируемыми участками (например, *EF*). В этом случае, если плоскость расположения глаз совпадает с плоскостью голограммы III, наблюдаются «мертвые зоны», т.е. участки, где не видно ни одного ракурсного изображения. Стереоэффекта в плоскости IV не будет, так как видимое каждым глазом изображение состоит из трех частей, одна либо две из которых являются «мертвыми зонами».

Таким образом, качественное стереоизображение на синтезированной голограмме можно наблюдать только при расположении глаз в плоскости II или в непосредственной близости от нее.

Проведенный анализ экспериментально полученных синтезированных голограмм показывает, что если параметры схемы записи не соответствуют полученным на основании формул (1), (2), (6), (8) и (9), то наблюдаются искажения восстановленного изображения в виде наложения изображений транспарантов или наличия «мертвых зон».

1. De Bitetto // Appl. Opt. 1969. Vol.8. №8. P.1740.

2. Валуев Н. А. Стереоскопия. М., 1962.

3. Слабова А. Е., Кряжевская Е. В. // Техника кино и телевидения. 1992. №4. С.31.

4. Ванин В. А. // Квантовая электроника. 1978. Т.5. №7. С.1499.

5. Комар В. Г., Серов О. Б. Изобразительная голография и голографический кинематограф. М., 1987.

Поступила в редакцию 02.03.99.

УДК 535.37: 621.37

С.А.ПУХНАРЕВИЧ, М.А.СЕНИУК, С.А.ТИХОМИРОВ, Г.Б.ТОЛСТОРОЖЕВ

ДУАЛЬНАЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ АМИНООКСАДИАЗОЛОВ

The specific fluorescence properties as well as picosecond transient absorption features have been studied for amino-substituted oxadiazoles. The results are interpreted on the base of charge transfer reaction processes.

Аномальная двухполосная флуоресценция в полярных средах, впервые обнаруженная Липшертом [1] для бензонитрила и впоследствии зарегистрированная для его многочисленных аналогов, нашла интерпретацию в рамках модели состояний с внутримолекулярным переносом заряда и скру-