

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С. П. КОРОЛЕВА**

# **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГОЛОГРАММ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Лабораторная работа 33**

УДК 535 (075)

В лабораторной работе изучаются физические основы оптической голографии на примере восстановления изображений (действительного и мнимого) трехмерных объектов; дано описание оптических схем получения и восстановления голограмм.

Лабораторная работа выполняется студентами всех факультетов вечернего отделения.

Составители: *О. А. Журавлев, Л. И. Федосова*

Рецензент *Л. П. Муркин*

Утверждена редакционно-издательским советом института  
9.01.80 г.

## Лабораторная работа №33

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГОЛОГРАММ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ.

Приборы и принадлежности:

- гелий-неоновый лазер,
- оптическая система,
- поворотное зеркало,
- подставка с голограммой.

Цель работы: ознакомление с физическими принципами голографии, восстановление голограмм с объемным изображением.

#### I. Физические принципы голографии.

Чтобы понять физические принципы голографии, вспомним принципы фотографии. При фотографировании световая волна, отраженная от предмета, фокусируется объективом фотоаппарата на фотопленке. Эмульсия фотопленки реагирует на освещенность, которая пропорциональна квадрату амплитуды световой волны. Обработанная фотопленка (негатив) представляет собой двумерное поле почернения, то есть более ярким участкам предмета соответствует более темные участки негатива. На позитиве получается прямое двумерное изображение предмета. Таким образом на фотографии записано распределение амплитуды в волне, приходящей от предмета. Но волна, кроме амплитуды, характеризуется еще фазой. Фаза зависит от расстояния до различных точек предмета, поэтому ее значения определяют расположения точек предмета в пространстве, их удаленность от наблюдателя. На фотографии изображение не зависит от фазы волны, поэтому фотографическое изображение не имеет объемности.

В 1948 году Д. Габор придумал способ фотографической записи не только амплитуд, но и фаз волны. Этот способ записи он назвал голографией, что означает полная запись. При голографической записи используется интерференция двух волн. Схематично процесс записи голограммы можно видеть на рис.1. Лучи света, рассеянные предметом, падают на регистрирующую среду (фотопластинку). На фотопластинку падает еще одна волна  $I$ , когерентная первой. Происходит интерференция двух волн. Для восстановления голографического изображения осветим полученную голограмму сферической или плоской волной  $I$  (рис.2), подобной опорной волне, использованной при записи голограммы. На интерференционных полясах голограммы произойдет дифракция этой волны, также, как на дифракционной решетке. При этом образуется всего три максимума интерференции

в отличие от обычной дифракционной решетки, где может образовываться больше максимумов. Максимум нулевого порядка представляет собой плоскую волну  $I^0$ , подобную освещающей волне, только ослабленную. Максимум  $+I$ -го порядка дает сходящуюся волну  $I$ . В точках пересечения лучей этой волны образуется действительное изображение. Это изображение обладает свойством псевдоскопичности: более удаленные части предмета будут ближе к наблюдателю, выпуклые места будут казаться вогнутыми. Максимум  $-I$ -го порядка дает волну 2 расходящуюся. В точках пересечения продолжения лучей этой волны, за голограммой, получается мнимое изображение предмета. Это изображение будет копией предмета. Оно объемное. При перемещении глаза наблюдателя, открываются части изображения до этого невидимые. Изображение выглядит так, как если бы мы смотрели на предмет через окошечко, равное голограмме. Если часть голограммы закрыть непрозрачным экраном, то изображение все равно будет видно полностью, потому что при записи голограммы в каждую ее точку приходили лучи от всех точек предмета.

Таким образом, при записи голограммы используется интерференция света, а при восстановлении изображения - дифракция. Известно, что интерферировать могут только когерентные лучи. Поэтому для записи голографического изображения нужны высококогерентные источники излучения. Этими источниками являются лазеры (О.К.Г. - оптические квантовые генераторы). Обычно в оптической голографии применяют газовые лазеры типа ЛГ 36А, ЛГ 38 и другие. Эти О.К.Г. обладают высокой пространственной и временной когерентностью.

Временная когерентность - это способность к интерференции световых волн, излучаемых источником в разные моменты времени. Временную когерентность можно количественно характеризовать максимальным интервалом времени ( $\Delta t$ ), в пределах которого излучение сохраняет когерентные свойства. Часто вместо времени когерентности используют понятие длины когерентности. Длина когерентности  $\Delta l$  - это отрезок пути, который проходит световая волна за время когерентности

$$\Delta l = c \cdot \Delta t$$

где  $c$  - скорость света.

Пространственная когерентность - это способность к интерференции лучей, испущенных разными участками источника.

При создании схемы голографирования необходимо помнить о том, чтобы расстояния, пройденные опорным и предметным лучами, не отличались друг от друга на величину, большую чем длина когерентности.

Рассмотрим одну из схем голографической записи, изображенной на рис.3. Луч света от лазера Л падает на полупрозрачное зеркало  $Z_1$ , делится на два пучка. Пучок 1 (предметный) после отражения от зеркала  $Z_2$  расширяется линзой  $O_1$  и освещает предмет. Свет, рассеянный предметом, падает на фотопластинку. Пучок 2 (опорный), пройдя систему линз  $O_2$ , тоже падает на фотопластинку. На фотопластинке две световых волны интерферируют. В результате чего на фотопластинке возникает система сложных интерференционных полос. После проявления получается голограмма, которая внешне выглядит как слегка засвеченная фотопластинка. Интерференционные полосы на ней не видать простым глазом.

## II. Описание установки.

Установка для восстановления голограммы (рис.4.) состоит из лазера ЛГ (1) с блоком питания (2). Луч света от лазера направляется с помощью оптической системы (3) на поворотное зеркало (4). Луч от зеркала направляется на голограмму (5), установленную в подставку. Для вострировки установки голограмма может поворачиваться вокруг вертикальной и горизонтальной осей.

## III. Порядок выполнения работы.

### 1. Включить лазер.

Для этого необходимо:

- а) тумблером "сеть" подать напряжение на нагрев катода,
- б) через 2-3 минуты включить тумблер "высокое напряжение",
- в) через 1-2 минуты нажать кнопку "поджиг", и должна возникнуть генерация направленного излучения.

2. Произвести вострировку оптической схемы установки. Добиться равномерного освещения плоскости голограммы.
3. Поворачивая голограмму вокруг вертикальной оси, добиться четкого мнимого изображения.
4. Изменяя угол наблюдения убедиться в трехмерности изображения.
5. Исследовать влияние площади восстановления на качество изображения. Для этого следует закрыть бумагой часть голограммы.
6. Восстановить действительное изображение предмета. Для этого нужно повернуть голограмму вокруг вертикальной оси на  $180^\circ$ . Изображение будет перед голограммой.
7. Описать увиденное по пунктам с 4 по 6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики, т. III, М. Наука, 1978, § 133.

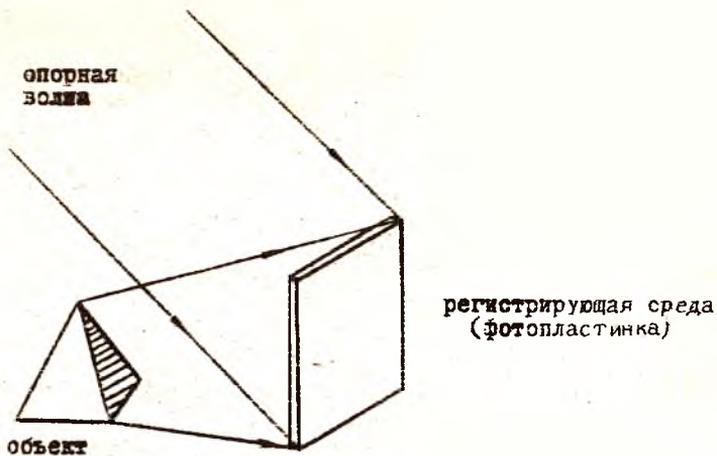


рис.1

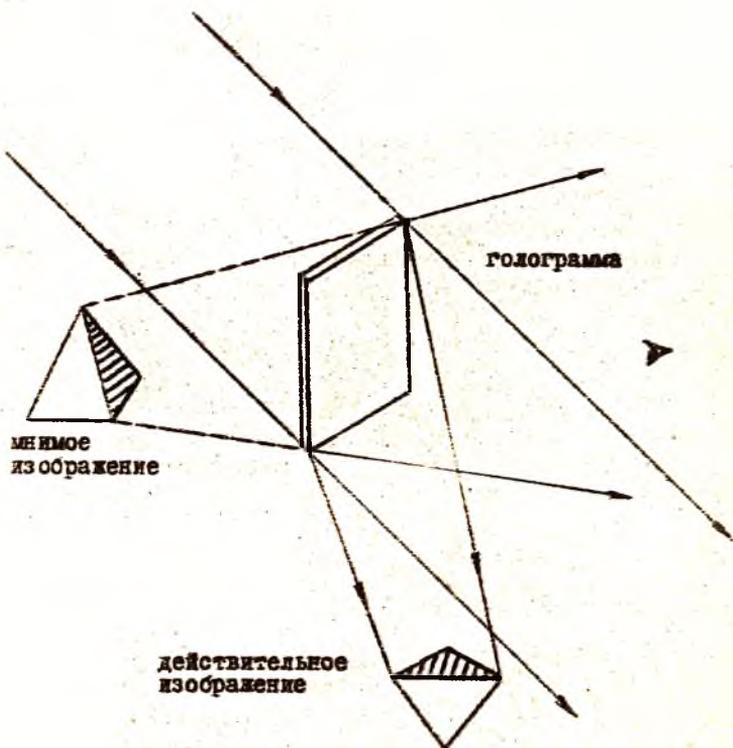


рис.2

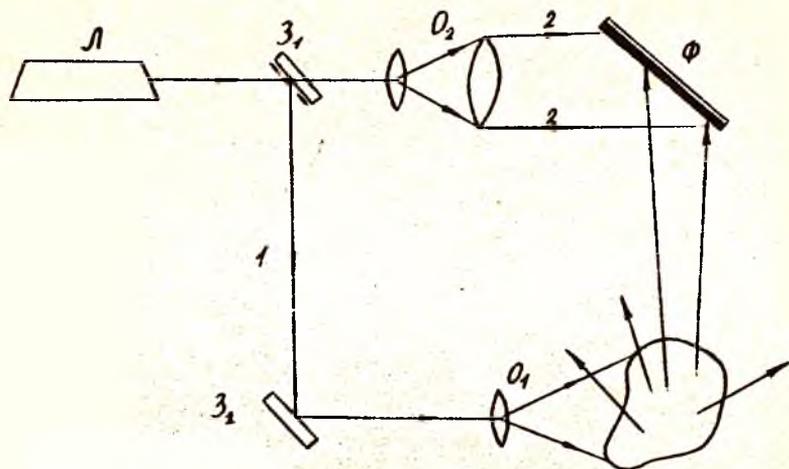


рис. 3

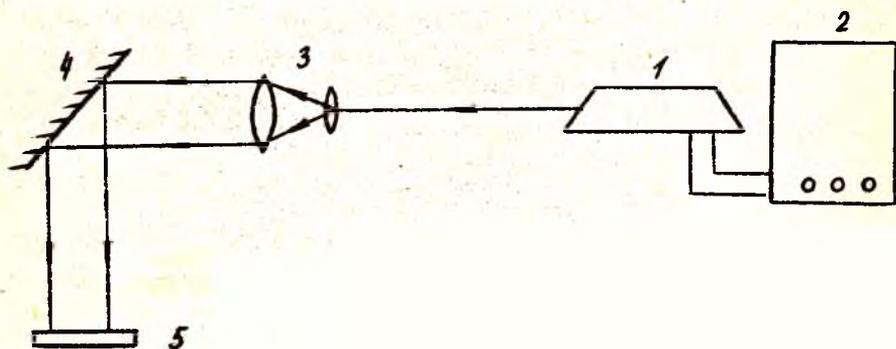


рис. 4

Составители: Олег Анатольевич Журавлев,  
Лидия Ивановна Федосова

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГОЛОГРАММ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Лабораторная работа № 33

Подписано в печать 8.07.82г. Формат 60x84<sup>I</sup>/16.

Бумага оберточная белая. Печать офсетная.

Усл.п.л. 0,46. Уч.-изд.л. 0,4. Тираж 250 экз.

Заказ № 202 . Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева,  
г.Куйбышев, ул.Молодогвардейская, 151.

Офсетный участок КуАИ,

г.Куйбышев, ул.Ульяновская, 18.