**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ЮЖНО- УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ.**

**Реферат**

**По курсу “Общая физика”**

**На тему: “Голография: основные принципы и применение”**

**Выполнил: студент Пинкус К.О.**

**группа ЭиУ-202**

**Проверил: Ивашкова З.А.**

Челябинск 2003г.

СОДЕРЖАНИЕ.

1 ВВЕДЕНИЕ 3

2 СУТЬ ЯВЛЕНИЯ ГОЛОГРАФИИ. 6

2.1 Голографирование. Восстановление изображения предмета. 8

3 КЛАССИФИКАЦИЯ ГОЛОГРАММ. 9

3.1 Регистрирующие среды и их применение 9

3.1.1 Толщина среды 10

3.1.2 Отражение и пропускание 10

3.1.3 Синтез голограмм на ЭВМ 10

3.2 Регистрируемые параметры объектной волны 10

3.3 Модулируемые параметры 11

3.3.1 Амплитудная модуляция 12

3.3.2 Фазовая модуляция 12

3.3.3 Фазовая и амплитудная модуляция 13

3.4 Конфигурация 13

3.4.1 Свойства объектной волны 13

3.4.2 Свойства опорной волны 14

3.5 Регистрирующий материал и конфигурация 14

3.6 СВОЙСТВА ИСТОЧНИКОВ 16

3.6.1 Когерентность 16

3.6.2 Поляризация 17

3.6.3 Длина волны света 17

3.7 Описание голограммы 18

4 НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ГОЛОГРАММ. 18

4.1 Мультикомплексные голограммы. 18

4.1.1 Пространственное мультиплексирование 18

4.1.2 Составные изображения 19

4.1.3 Голограммы, записанные с помощью сканирующего источника света 19

4.2 Цветные голограммы 20

4.2.1 Голограммы, восстанавливаемые в белом свете 20

5 ПРИМЕНЕНИЕ ГОЛОГРАФИИ 21

5.1 Голографический портрет. 22

5.1.1 Лазер 22

5.1.2 Экспериментальные установки 23

5.1.3 Восстановление изображений 24

6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ 25

7 Литература 26

# ВВЕДЕНИЕ

Фотографический способ основан на том, что он позволяет получить так называемое оптическое изображение, как говорят оптики, сформировать изображение. Роль формирующей системы при этом поручается объективу фотоаппарата. С его помощью на светочувствительной поверхности фотопластинки (фотопленки) создается сфокусированное изображение.

За счет чего же получается сходство фотографического изображения с оригиналом? Прежде всего за счет того, что каждая точка предмета передается в виде некоторого кружка рассеяния. Между всеми точками предмета и изображения сохраняется пропорциональность. Процесс получения изображения по аналогии с процессом наблюдения можно представить так: предмет — волновое поле, рассеянное предметом,— фотообъектив — изображение предмета на фотопластинке.

Куда же пропадает информация об объемности предмета, создающая дифракционную картину? Этот вопрос долгое время волновал оптиков.

Оказалось, что информация о предмете никуда не исчезает, порок кроется в самой фотопластинке, которая как приемник светового излучения инерционна. Она не может разрешить во времени колебания со световыми частотами. Кроме того, она, как и другие фотоматериалы, реагирует только на усреднённую во времени Интенсивность световых колебании, рассеянных предметом. Эта интенсивность пропорциональная квадрату амплитуды световых колебаний. Значит, фотопластинка регистрирует только амплитудную информацию.

Но фотопластинка совершенно нечувствительна к тому, в какой фазе подошла к ней световая волна. Поэтому информация о фазе рассеянной световой волны безвозвратно теряется. Следовательно, фотопластинка регистрирует только половину информации, принесенной рассеянной световой волной. А это приводит к неполному, лишенному объемности отображению трехмерного образа. Итак, мы выяснили, что основная причина получения плоского изображения вместо объемного при обычном фотографировании заключается в невозможности зарегистрировать на фотопластинке фазовую информацию об оптическом изображении, приносимую световой волной.

И вот, наконец, способ, позволяющий фотографическим путем зарегистрировать фазу световой, волны, был найден. Оказалось, что для этого нужна среда, в которой должен происходить независимый от регистрируемой волны колебательный процесс, создающий эталонную волну, причем частота эталонной волны обязательно должна быть одинаковой с частотой регистрируемой волны. Кроме того, должно быть известно распределение фазы эталонной волны. Если в качестве приемника света взять фотопластинку, то на ней можно сравнить фазы регистрируемой волны с фазой эталонной волны в каждой точке.

Что же взять в качестве эталона? Для этой роли подходит только свет. В технике хорошо известны методы регистрации фазы электромагнитных волн, в которых свет используется в качестве эталона. Они основаны на явлении интерференции. При эталонном сравнении двух пучков света возникает интерференционная картина Важное условие ее неподвижности —применение когерентного света. Итак, решение задачи регистрации фазовой информации оказалось совсем простым. Способ регистрировать фазу в световой волне на фотопластинке был найден. Теперь на фотопластинку можно было записывать как амплитудную, так и фазовую информацию, т. е; регистрировать световую волну со всеми ее характеристиками. Это полностью решало проблему записи волнового поля пространственного предмета. Должны были возникнуть новые принципы формирования изображения на фотопластинке и последующего его воспроизведения. Конечно, сам способ такого фотографирования должен существенно отличаться от обычного. Формулируя свое изобретение, Габор рассуждал примерно так. Для того чтобы получить качественное изображение пространственного предмета, надо возможно более точно воспроизвести рассеянное им волновое поле. Чем с большими подробностями оно будет воспроизведено, тем больше гарантия, что глаз наблюдателя увидит изображение предмета, ничем не отличающееся от оригинала. Для этого нужно каким-то образом записать волновое поле, образованное световыми волнами, рассеянными освещенным или светящимся предметом, а затем нужно воссоздать изображение предмета при помощи обычного видимого света.

Вместо изображений пространственного предмета Габор предложил регистрировать пространственную структуру световой волны. Сложный узор волнового фронта, который содержит всю информацию о предмете, надо было как-то записать, т. е. «заморозить», а потом, когда захочешь снова увидеть предмет, «разморозить» световую волну, 'восстановить волновой фронт.

Свой метод Габор и назвал методом восстановления волнового фронта. Практическое воплощение он получил только в 1964 г

# СУТЬ ЯВЛЕНИЯ ГОЛОГРАФИИ.

Согласно принципу Гюйгенса — Френеля, можно восстановить картину волнового поля, образованного электромагнитной волной, в любой момент времени и в любой точке пространства. Для этого надо записать распределение амплитуд и фаз волн (в данном случае световых) на произвольной поверхности или ее части, охватывающей источник волн. Иными словами, чтобы «заморозить» электромагнитные волны во всем пространстве, достаточно «заморозить» их только на некоторой поверхности.

Как восстановить в пространстве световую волну, т. е. «разморозить» ее? Для этого надо задать параметры, характеризующие среду. Предположим, нужно восстановить плоскую волну. Для этого мы должны задать для любой плоскости равномерно распределенные источники колебаний с определенной начальной фазой. Элементарные источники колебаний должны находиться на поверхности, перпендикулярной направлению распространения волн. Но это те обязательно. Все будет зависеть от типа волн. Возьмем для примера сферические волны, излучаемые точечным источником. Зададим в качестве поверхности, на которой «замораживаются» волны, сферу с центром в источнике. Амплитуды и фазы элементарных источников волн будут одинаковыми для всей поверхности. В случае с круговыми волнами при «замораживании» световых волн надо расположить элементарные источники колебаний с одинаковой фазой и амплитудой на концентрических окружностях.

Иными словами, мы должны зарегистрировать на некоторой поверхности мгновенные картины линий постоянной фазы в виде чередующихся прозрачных и непрозрачных областей. В этом нам помогает интерференция: мы получаем интерференционную картину, состоящую из светлых, (прозрачных) и темных (непрозрачных) полос. Интерференция и есть способ сравнения пространственной структуры двух пучков света. Вначале происходит их сравнение, а затем — регистрация их на фотопластинку.

Откуда возникли оба эти пучка и что они собой представляли в опытах Габора? Один пучок отражался от освещенного предмета и падал на фотопластинку. Он являл собой определенную комбинацию волн, конфигурация которых зависела от формы предмета. Она могла быть как очень простой, так и очень сложной. Другой пучок имел простую конфигурацию. Чаще всего он состоял из плоских волн. Создавался он когерентным источником света и назывался опорной волной. Второй пучок служил в качестве эталона. Он также падал на фотопластинку.

Оба световых пучка пересекались вблизи этой пластинки. При пересечении они интерферировали между собой, образуя области усиления или ослабления, чередующиеся по определенному закону во времени и пространстве. В результате интерференции получалась интерферограмма в виде чередующихся светлых и темных полос— неподвижная интерференционная картина.

Неподвижность интерференционной картины в пространстве обеспечивалась опорной (эталонной) волной. Это она «останавливала» («замораживала») световую волну.

Чтобы восстановить изображение предмета, достаточно осветить голограмму только опорным пучком, используемым при записи. Этот способ регистрации волнового поля ценен тем, что допускает простое восстановление исходной волны. Как только мы направляем на голограмму опорную волну, использованную при записи, за голограммой восстанавливается («размораживается») исходное волновое поле предмета. Согласно принципу Гюйгенса — Френеля, восстановлением мы обязаны эквивалентным источникам, образованным светлыми местами интерференционной картины. По этой причине волны «размораживаются», и наблюдатель видит пространственное изображение предмета.

Итак, можно сделать вывод о том, что голография— это фотографический метод. Но он существенно отличается от метода классической фотографии. Это радикально иной, двухступенчатый метод. В отличие от обычной фотографии изображения, которые получаются при восстановлении записанного на голограмме, полностью неотличимы от изображений реального предмета. Голография позволяет воспроизвести в пространстве действительную картину электромагнитных волн, т. е. волновую картину предмета тогда, когда .самого предмета уже нет.

## Голографирование. Восстановление изображения предмета.

Уширенный с помощью простого оптического устройства пучок лазера (рис.1) одновременно направляется на исследуемый объект и на зеркало. Отраженная от зеркала опорная волна и рассеянная объектом световая волна падают на обычную фотопластинку, где происходит регистрация возникшей сложной интерференционной картины. После соответствующей экспозиции фотопластинку проявляют, в результате чего получается так называемая голограмма — зарегистрированная на фотопластинке интерференционная картина, полученная при наложении опорной и предметной волн. Голограмма внешне похожа на равномерно засвеченную пластинку, если не обращать внимания на отдельные кольца и пятна, возникшие вследствие дифракции света на пылинках и не имеющие отношения к информации об объекте.

Для восстановления волнового поля предмета, тем самым для получения его объемного изображения, голограмму помещают в то место, где была расположена фотопластинка при фотографировании, и затем освещают голограмму световым пучком того же лазера под тем же углом, под которым было осуществлено экспонирование. При этом происходит дифракция опорной волны на голограмме и мы видим объемное со всеми присущими самому объекту свойствами (в нем сохраняется также распределение освещенности, как и в объекте) «мнимое» изображение. Оно кажется нам настолько реальным, что даже иной раз появляется желание потрогать предмет. Разумеется, это невозможно, так как в данном случае изображение образовано голографической копией волны, рассеянной предметом во время записи голограммы.

От голограммы в глаз попадает точно такая же волна, какая попала бы от самого предмета. Кроме мнимого изображения получается также действительное изображение объекта, имеющее рельеф, противоположный рельефу самого объекта, (рис. 1, а), если наблюдение ведется справа от голограммы, как показано на рис. 1, б. В этом случае трудно наблюдать действительное изображение невооруженным глазом. Если осветить голограмму с обратной стороны обращенным опорным пучком так, чтобы все лучи пучка были направлены противоположно лучам первоначального опорного пучка, то в месте первоначального расположения предмета возникает действительное изображение, доступное наблюдению невооруженным глазом. Его можно зарегистрировать на фотопластинку без применения линз.

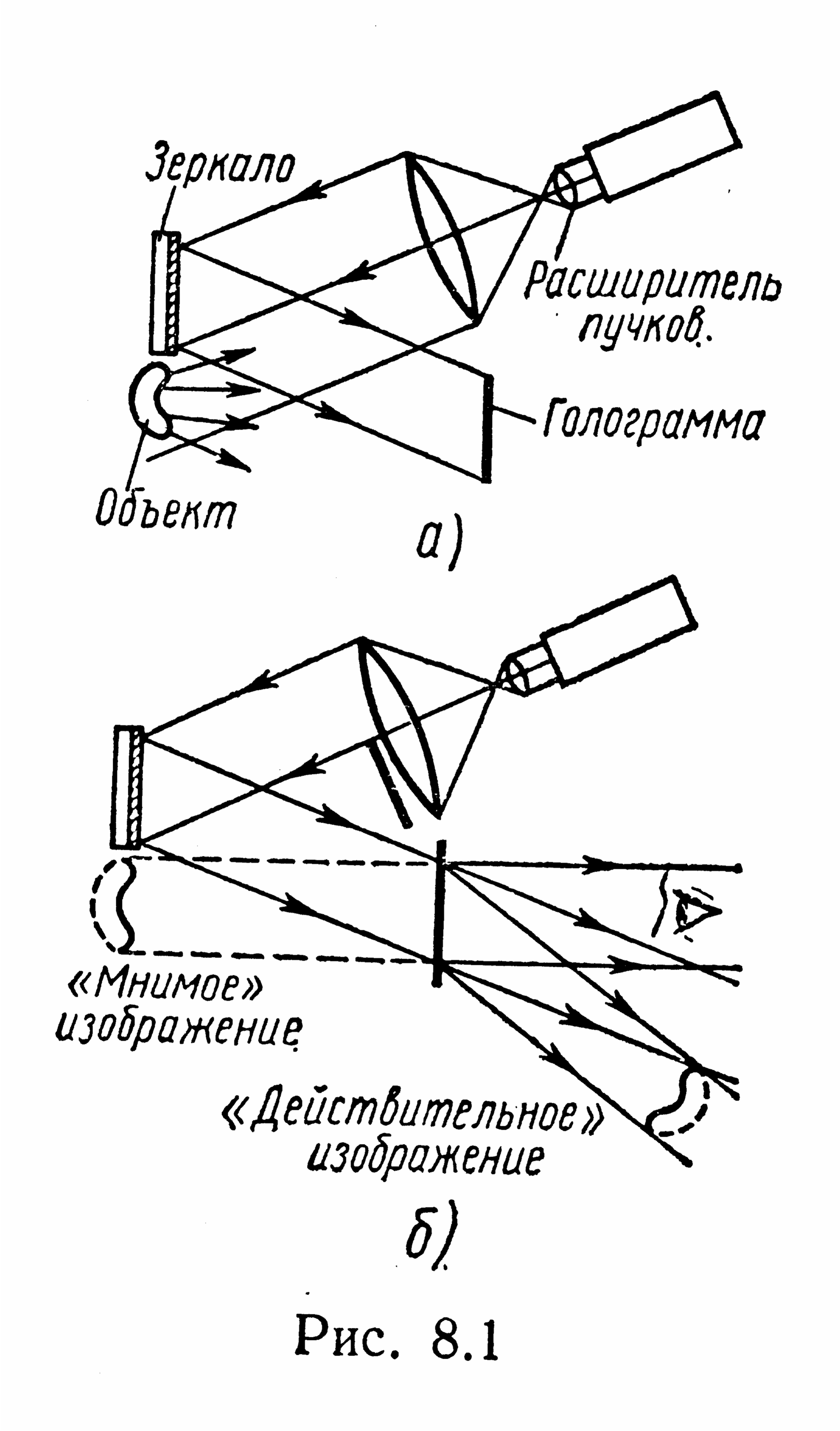


Рис.1

# КЛАССИФИКАЦИЯ ГОЛОГРАММ.

## Регистрирующие среды и их применение

В этом разделе мы рассмотрим общие характеристики материалов, применимые почти к любой среде, а не конкретные голографические среды Во-первых, мы отметим важную роль, которую играет в голографической среде, глубина записи. Во-вторых, рассмотрим два класса голограмм, на которые они делятся по способу освещения обработанной голограммы, отражательные и пропускающие. И наконец, отметим тот факт, что некоторые голограммы не регистрируются а синтезируются с помощью ЭВМ.

### Толщина среды

Если при регистрации интерференционных полос используется только поверхность регистрирующей среды, то получаются тонкие плоские или поверхностные голограммы Важным моментом является не сама величина толщины регистрирующей среды, а влияние, которое она оказывает; даже если среда толстая, но запись по глубине не используется, результат оказывается таким же, как от тонкой среды. Мы имеем толстую, или объемную, голограмму в том случае, когда трехмерная интерференционная картина регистрируется и используется по всей глубине слоя среды. Именно использование объема регистрирующей среды позволяет нам восстанавливать только одно изображение вместо основного и сопряженного ему изображений.

### Отражение и пропускание

Между отражением и пропусканием имеется относительно простое различие. В одном случае свет, используемый для освещения голограммы при восстановлении волнового фронта, отражается от среды в виде волнового фронта изображения, а в другом свет проходит через голограмму. В случае работы на отражение теряется обычно меньше света

### Синтез голограмм на ЭВМ

В этом случае в ЭВМ вводятся параметры, описывающие объект, и она вычисляет объектную волну. Опорная волна может складываться с объектной математически, и результат, получаемый на графопостроителе, должен быть аналогом оптической записи. В общем случае этого не делается, но голограмма, синтезированная на ЭВМ, будучи воспроизведенной на графопостроителе, представляет собой систему прозрачных апертур, закодированную таким образом, чтобы дать искомую волну изображения.

## Регистрируемые параметры объектной волны

Амплитуда и относительная фаза световой волны, идущей от объекта, изменяются определенным образом. Эту волну можно записать в виде:



Где функция а(х, у) описывает изменения амплитуды в плоскости голограммы, а φ(x, у) — изменения относительной фазы. Параметры ν и γ представляют собой соответственно оптическую частоту и постоянную распространения. Естественно, что и амплитуда, и фаза объектной волны сохраняются в голограмме. Однако, если фазовая или амплитудная информация устраняются, мы имеем то, что называют соответственно голограммой амплитудной информации или голограммой фазовой информации. Можно также употреблять термин чистофазовая голограмма, когда в голограмме сохраняется только фазовая информация φ(x, у). Голограмма амплитудной информации используется довольно редко, поскольку она дает плохое качество изображения. В случае когда объект является диффузно отражающим, большая часть информации заключается в фазе. В некоторых случаях, таких, как акустическая голография или голограммы, синтезированные на ЭВМ, при записи или вычислении волнового фронта объектной волны амплитудная информация вообще не учитывается.

## Модулируемые параметры

Голограмма может изменять либо амплитуду, либо фазу освещающей (восстанавливающей) волны, либо одновременно и тот и другой параметр. Тем, кто знаком с теорией связи, поможет аналогия с амплитудной модуляцией (АМ) и фазовой модуляцией (ФМ) временного сигнала. Распределение энергии в плоскости регистрации голограммы, обусловленное интерференцией объектной и опорной волн, дается выражением

(1)



где а(x,y) и а(x,y) -изменения амплитуд объектной и опорной волн, а φ0(x, у) и φг(x, у) — изменения фаз объектной и опорной волн соответственно. Параметры ξ0 и ξг определяются как

(2)



(3)



где λ — длина волны света, а θо и θr — углы падения объектной и опорной волн на плоскость голограммы. Выражение (1) описывает поверхностную, или тонкую, голограмму.

### Амплитудная модуляция

Голограмму называют амплитудной тогда, когда восстанавливающая волна модулируется таким образом, что после прохождения через голограмму ее амплитуда становится пропорциональна величине, описываемой выражением (1). Эта волна после прохождения некоторого расстояния вызывает появление волн, идущих ,в трех направлениях. Одна из этих волн пропорциональна исходной волне от объекта. Амплитудную модуляцию можно получить либо за счет поглощения части волны, либо в случае отражательной голограммы за счет коэффициента отражения, который изменяется по x и y.

### Фазовая модуляция

Фазовой называют голограмму, которая модулирует фазу восстанавливающей волны таким образом, что результирующая волна имеет относительный сдвиг фазы, пропорциональный величине, описываемой выражением (1); иными словами, волну можно представить в виде функции ω(x, y), записываемой как

(4)



где

(5)



Параметр р — коэффициент фазовой модуляции. Прошедшая через голограмму волна приводит к образованию многих волн, одна из которых пропорциональна волне, идущей от объекта. Если величина р мала, то объектная волна восстанавливается с минимумом шума. Если же р не мал, то некоторые из остальных волн, образованных волной, описываемой выражением (4), могут стать источником шума в восстановленной объектной волне [1]. Фазовую модуляцию можно получить, заставляя коэффициент преломления или толщину голограммы меняться в зависимости от х и у пли меняя профиль голограммы и используя ее как отражатель.

### Фазовая и амплитудная модуляция

Многие голографические регистрирующие материалы, такие, как фотоэмульсия, вызывают амплитудную и фазовую модуляцию освещающей волны; при этом амплитуда модулированной волны Пропорциональна I (х, у), а фаза — величине φН(x, у). Как амплитуда, так и фаза волны содержат всю записанную информацию в соответствии с выражением (1). Этот эффект имеет место в случае, когда применяют тонкую фотоэмульсию. Однако он еще не изучен достаточно хорошо, и мы его здесь рассматривать не будем. Очень полезным является случай амплитудной и фазовой модуляции, когда желаемое изменение амплитуды волны создается; амплитудной модуляцией, а изменение фазы — фазовой модуляцией. Этого можно достичь с помощью толстых (объемных) голограмм.

## Конфигурация

Под конфигурацией мы понимаем все то, что связано с положением объекта, применением линз для формирования изображения или выполнения преобразования Фурье над объектной волной, структурой опорной волны, с формой поверхности и способами экспонирования голографического материала.

### Свойства объектной волны

В общем случае, если объект расположен близко к голографическому записывающему устройству, регистрируется то, что называется голограммой Френеля. Если объект мал и находится всего лишь в нескольких сантиметрах от голограммы, мы все же получим то, что называется голограммой Фраунгофера. Если объект располагается очень близко к голограмме или изображение объекта формируется в непосредственной близости голографическому записывающему устройству, мы получаем голограмму сфокусированного изображения. Поскольку в этом случае восстановленное изображение располагается вблизи от голограммы, лучи света разных длин волн не смогут разойтись на большой угол, прежде чем будет сформировано изображение. Это означает, что для освещения голограммы можно применять источник, имеющий широкий спектр излучения. Это свойство делает голограмму сфокусированного изображения особенно полезной при использовании в дисплеях

Если, для того чтобы в плоскости регистрации голограммы получить двумерный пространственный Фурье-образ распределения амплитуд и фаз объектной волны, используется линза, то получаем голограмму Фурье. В случае когда рассеивающий объект и точечный опорный источник находятся на одинаковом расстоянии регистрирующей среды, мы имеем голограмму квази–Фурье.

### Свойства опорной волны

Влияние формы опорной волны гораздо сильнее, чем это кажется на первый взгляд. От опорной волны зависят положение и размер изображения, его поле зрения и разрешение; она определяет разрешение, которым должен обладать регистрирующий материал.

Если точечный источник опорной волны расположен на том же расстоянии от голограммы, что и объект, то голограмма имеет почти те же свойства, что и голограмма Фурье. Поэтому такую голограмму можно назвать голограммой квази-Фурье. От положения точечного источника опорной волны зависят и другие параметры. Конечное разрешение записывающего устройства накладывает ограничения на поле зрения изображения, ёго разрешение или на то и другое вместе. Выбирая положение точечного источника опорной волны, можно найти компромиссное решение между пределами, ограничивающими поле зрения и разрешение изображения. Если источник находится в области объекта, то мы получаем максимальное разрешение ценой ограниченного поля зрения. Если же источник расположен на бесконечности (плоская опорная волна), то „мы имеем максимальное поле зрения и невысокое разрешение. Если точечный источник опорной волны поместить между объектом и бесконечностью вдали от голограммы, то мы получим промежуточные значения поля зрения и разрешения изображения

## Регистрирующий материал и конфигурация

В качестве регистрирующего материала, как правило, употребляется плоская фотографическая эмульсия, которая экспонируется одновременно и целиком.

Регистрирующий материал может быть термопластиком, тогда говорят о термопластической голограмме. Записываются фотохромные и бихромат-желатинные голограммы. Почти любая среда, способная записать изображения, может применяться для регистрации голограммы. Если регистрирующий материал отличается от фотоэмульсии, то его название используется для того, чтобы определять тип голограммы.

Положение фотопластинки при голографировании. Фотопластинку в принципе можно расположить в любом участке поля стоячих волн. В частности, пусть имеем интерференционную картину, создаваемую пучками света от двух точечных источников О1 и 02 (рис. 2). Для записи голограммы в таком световом поле фотопластинку можно расположить по-разному. На рис. 2 показаны несколько положений фотопластинки (/ — по Габору, 2 — по Лейту и Упатниексу, 3—по Денисюку \*, 4—двухмерная голограмма с «обращенным опорным пучком», 5 и 6 — так называемые «безлинзовая» Фурье-голограмма и голограмма Фраунгофера). В зависимости от места расположения пластинки в поле стоячих волн меняется форма интерференционных полос. В общем случае интерференционные полосы являются кривыми, представляющими собой сечения семейства гиперболоидов или параболоидов вращения плоскостью голограммы. В зависимости от назначения и цели выбирают то или иное расположение пластинки относительно источника опорной волны и предмета. Лейт и Упатниекс располагали фотопластинку в положении 2, чтобы лучи света от источников пересекались в области фотопластинки под некоторым углом. В этом случае становится возможным раздельно наблюдать действительное и мнимое изображения. В методе Денисюка (положение 3) с целью получения объемной голограммы фотопластинку следует расположить между источниками света на прямой, соединяющей их. Это дает возможность поместить несколько интерференционных полос по толщине фотопластинки.

\* В этом случае интерференция предметной и опорной волн фиксируется не на плоскости, а в объеме — голограмма представляет собой толстослойную фотоэмульсию, иначе говоря, фоточувствительный объем (объемная голограмма).

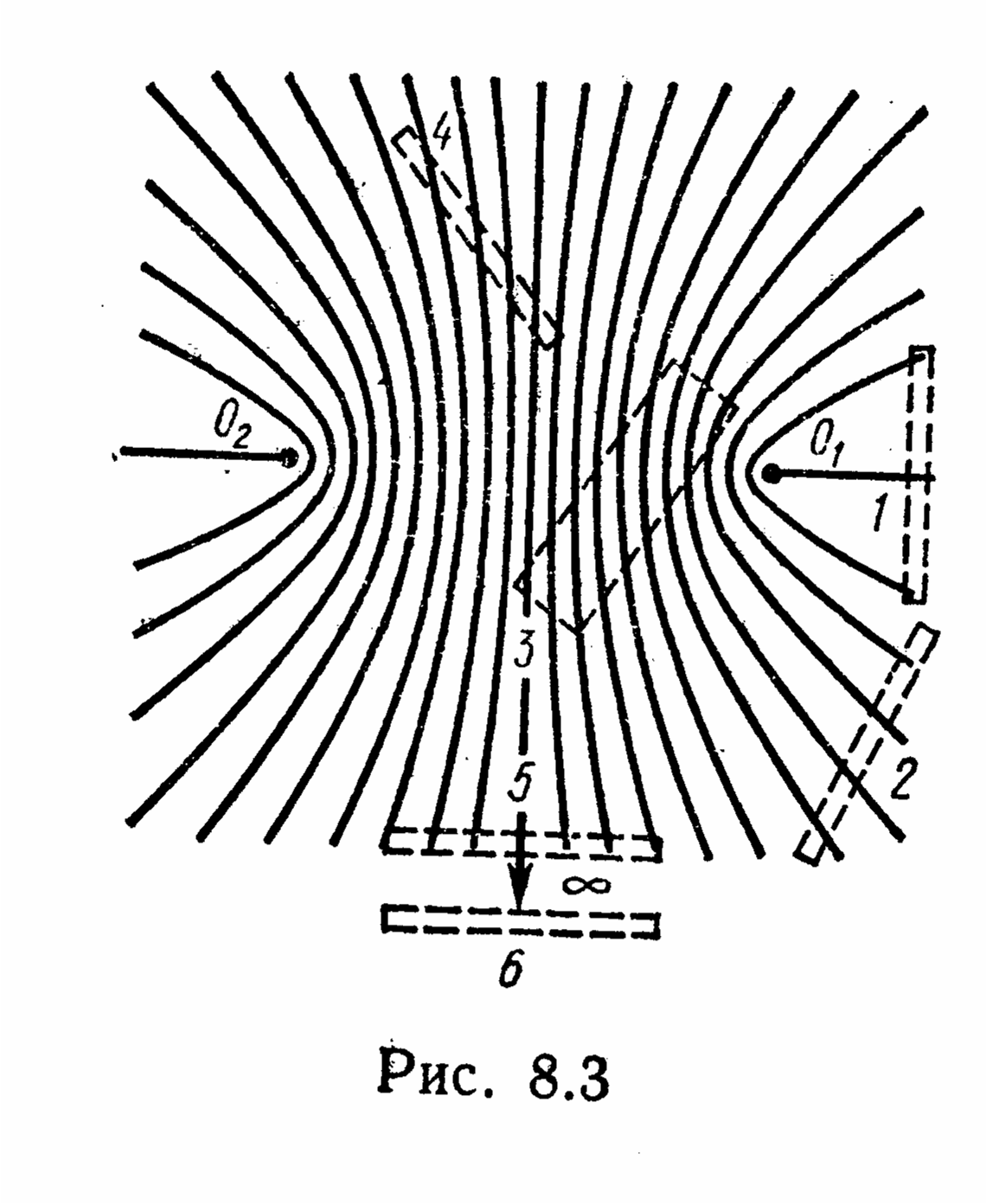


Рис. 2

## СВОЙСТВА ИСТОЧНИКОВ

### Когерентность

Мы должны различать свойства опорной волны и волны, освещающей объект, с одной стороны, и свойства восстанавливающей волны — с другой. Термин некогерентная голограмма обычно сохраняется за голограммами, записанными при использовании некогерентного света. При записи некогерентной голограммы интерференционные полосы образуются благодаря интерференции света от какой-либо точки изображения с самим собой. Для этого формируют два изображения объекта с помощью делительного устройства. Свет от соответствующих точек изображения является когерентным и может интерферировать. Свет, который не интерферирует, образует фоновое освещение голограммы. Другой способ получения интерференционных полос, когда источник света имеет низкую когерентность, заключается в формировании на голограмме изображения решетки и помещении объекта в один из порядков этой решетки.

Существует много различных ситуаций, когда голограмма регистрируется в когерентном свете, а изображение с нее восстанавливается некогерентным светом. Название голограммы определяют характеристиками голограммы, не связанными с когерентностью. Например, голограмма, записанная в когерентном свете, но при восстановлении освещаемая белым светом, называется отражательной голограммой, восстанавливаемой в белом свете (такая голограмма называется также голограммой Денисюка или голограммой Липпмана — Брэгга— Денисюка.

Возможно, что голограмма восстанавливает ту часть света, которая имеет длину волны используемого при регистрации голограммы излучения, поскольку толстая голограмма действует как комбинационный интерференционный фильтр. Может применяться и тонкая голограмма, если для компенсации дисперсии света применяется решетка. Такие голограммы были названы поверхностными отражательными голограммами. При освещении белым светом вполне удовлетворительное изображение дают голограммы сфокусированного изображения и радужные голограммы.

### Поляризация

Во многих случаях свет источника является поляризованным, в особенности если источником служит лазер. Это означает, что мы имеем дело с поляризованной опорной волной. Объектная волна во многих случаях, таких, как отражение света от объекта при формировании объектной волны, оказывается поляризованной случайным образом. Поскольку интерференция может произойти только между волнами, имеющими одинаковую поляризацию, часть объектной волны не регистрируется. Обычно о поляризационных свойствах записи голограмм не упоминают. Применение этого свойства для проверки некоторых характеристик объекта путем выбора направления поляризации опорной волны называется поляризационной голографией.

### Длина волны света

Применяя свет нескольких длин волн, можно записать цветную голограмму. Разумеется, сама голограмма не является цветной, но при освещении ее светом со многими длинами волн, мы получаем цветное изображение. Другие названия голограмм, связанные с длиной волны, относятся к области спектра или типу применяемой волны; например, микроволновая голограмма, акустическая голограмма и рентгеновская голограмма.

## Описание голограммы

Названия голограмм, рассмотренные нами, употребляются только в том случае, если голограмма чем-то отличается от стандартной. Если говорят, что кто-то собирается записать голограмму, то это, по всей вероятности, означает, что планируется использовать лазер, поместить фотопластинку в френелевскую область объекта, расположить внеосевой точечный опорный источник по крайней мере на таком же расстоянии от плоскости регистрации, на котором от нее находится объект, применять плоскую фотоэмульсию и регистрировать поверхностную голограмму.

# НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ГОЛОГРАММ.

## Мультикомплексные голограммы.

Мультикомплексной называют такую голограмму, на которой одновременно записано много изображений, либо раздельно записаны отдельные части одного изображения, либо единственное изображение записано несколько раз.

### Пространственное мультиплексирование

При решении задачи хранения данных для записи многих голаграмм можно использовать единственную фотопластинку или какой-либо иной материал, причем каждая голограмма может независимо восстанавливать изображения записанных на ней данных. При этом голограммы могут образовывать решетку типа шахматного поля, а для считывания изображения с каждой голограммы лазерный луч сканирует по решетке.

Встречается и другой способ пространственного разделения голограммы, когда одна и та же объектная волна или волна от одного и того же объекта, но с разных ракурсов записывается на голограмме в виде полос. В первом случае полосковая голограмма просто повторно записывается много раз, так чтобы можно было восстановить изображение со всей голограммы. Второй случай имеет место при записи синтезированных голограмм для целей отображения информации.

### Составные изображения

Под составными голограммами мы имеем в виду голограммы, которые формируют изображения, состоящие из отдельных частей каждая из которых была записана самостоятельно

### Голограммы, записанные с помощью сканирующего источника света

Голограммы, записанные с помощью сканирующего источника— это такие голограммы, при регистрации которых использован; либо сканирующий пучок света для освещения объекта, либо сканирующий опорный пучок для освещения голограммы.

Сканирующий объектный пучок,

Иногда сечение освещающего объект пучка уменьшается в такой степени, что он не может больше освещать весь объект одновремено, а должен сканировать по объекту. В результате формируется многоэкспозиционная голограмма, в которой изображение каждго из освещаемых пучком участков объекта регистрируется отдельно.

Если размеры объекта велики, можно сузить освещающий объект пучок и заставить его сканировать по объекту, так чтобы на голограмму падала объектная волна большей яркости. Это позволит уменьшить время экспозиции, необходимое для записи голограммы рассматриваемой части объекта. Полную экспозицию уменьшить нельзя.

Недостатком использования голографической системы со сканированием помимо необходимости использовать более сложное оборудование является также уменьшение дифракционной эффективности голограммы. Это уменьшение связано с увеличением: фоновой экспозиции, которая возникает при записи с многократной экспозицией.

Сканирующий опорный пучок

В случае сканирования опорным пучком объект освещается целиком, но при этом опорный пучок сканирует по голограмме. Следовательно, можно увеличить полную интенсивность света, падающего на часть голограммы, и уменьшить время экспозиции для части голограммы. Это позволяет голографировать объекты, имеющие движение в ограниченных пределах. Однако такой мет приводит к уменьшению дифракционной эффективности, что объясняется увеличением энергии опорного пучка по отношению к объектному

## Цветные голограммы

Цветными называют голограммы, способные воспроизводить цветные изображения. В сущности цветные голограммы — это мультиплексные голограммы, восстанавливающие перекрывающиеся изображения, каждое в своем цвете. Как и в случае мультиплексных голограмм, возникают различные проблемы в зависимости от того используются ли тонкие, т. е. поверхностные, голограммы или регистрирующая среда имеет заметную толщину. Голограммы, записанные на тонком материале, восстанавливают многократно повторяющиеся изображения, которые соответствуют многим дифракционным порядкам. Голограммы, записанные в толстой среде из-за усадки или набухания эмульсии могут не восстанавливаться освещением с исходной длиной волны. Если, например, рассматривать красные и белые изображения, то в противоположность черным и белым необходимо учитывать эффекты дисперсии. В случае голограммы сфокусированного изображения, поскольку расстояние между голограммой и телеграфируемым изображением; оказывается более коротким, таких проблем возникает меньше.

### Голограммы, восстанавливаемые в белом свете

Голограмма представляет собой закодированную дифракционную решетку. Следовательно, когда голограмма освещается белым светом, волны с большими длинами волн отклоняются сильнее от оси освещающей голограмму волны, чем волны с более короткими длинами волн. В результате этого восстановленное изображение; смазывается. Такой эффект можно отчасти скомпенсировать, используя дифракционную решетку с шагом штриха, равным среднему периоду интерференционных полос на голограмме. Изложенные выше соображения применимы к тонким голограммам. Объемные голограммы обладают избирательностью по отношению к длине волны и будут отражать или пропускать только узкую полосу длин волн, обусловленную эффектом Брэгга.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГОЛОГРАФИИ

Голографический метод записи волнового фронта находит широкое применение в различных областях науки и техники и имеет перспективы в будущем. Перечислим лишь некоторые из них. Голограмму можно использовать в качестве комплексного оптического элемента. Такой оптический элемент может выступать во многих качествах. Известны голограммы, играющие роль линз (голограмма — зонная решетка), разлагающие свет в спектр (голограммы—дифракционные решетки), интерференционные фильтры (слои Липпмана) и т. д. Голографические дифракционные решетки содержат свыше 5000 полос на 1 мм. Метод голографии позволяет записывать на заданном малом участке фотоэмульсии (особенно толстослойной) в 100—400 раз больше страниц печатного текста, чем методы обычной микрофотографии. На обычную фотопластинку размером 32-32 мм2 можно записать 1024 голограммы, каждая из которых занимает площадь в один квадратный миллиметр. Одна голограмма— страница книги, одна пластинка — целая большая книга.

Многообещающим является применение голографии при распознавании образов и символов, что позволит создать читающие автоматы, обладающие большой надежностью.

Голографические устройства с использованием звуковых радиоволн совместно со световыми волнами дадут возможность видеть предметы, рассеивающие звуковые или радиоволны (звуко- и радиовидение).

Метод голографической интерферометрии позволяет исследовать изменения (например, деформацию), происшедшие в наблюдаемом объекте под каким-либо внешним действием. В основе регистрации таких малых деформаций лежит явление интерференции двух волн, существовавших в разные моменты времени. Как можно осуществить интерференцию таких волн? Для этого на одну и ту же фотопластинку регистрируют две голограммы, полученные от одного и того же исследуемого объекта в разные моменты времени. Малейшее изменение формы объекта из-за деформации в промежутке между двумя регистрациями изменяет фазу предметной волны. Следовательно, если в промежуток времени между двумя экспозициями (важно, чтобы фотопластинка не сдвинулась между двумя экспозициями) произошли какие-то деформации, то при просвечивании этих голограмм увидим изображение объекта, перерезанное интерференционными полосами, по форме которых можно судить о характере деформации. Точность измерения этого метода весьма высокая: он позволяет измерить деформации порядка десятой доли микрона. Возможности контроля размеров, формы и качества обработки сложных деталей с помощью голографии сделают этот метод наиболее ценным в производстве.

Ценность голографической интерферометрии заключается еще и в том, что она позволяет при любых относительных измерениях обойтись без эталона сравнения, например при деформации поверхности, перемещении из одного состояния в другое или при сжатии исходное и конечное состояния могут служить эталонами друг относительно друга.

## Голографический портрет.

Запись голографического портрета стала возможной благодаря созданию многокаскадных рубиновых лазеров с большой длиной когерентности излучения. Короткая длительность импульса твердотельных лазеров с модулированной добротностью позволяет пренебречь механической нестабильностью и движением объекта.

### Лазер

В качестве источников света для получения голографического портрета могут использоваться рубиновые лазеры с модулированной добротностью и Nd: YAG-лазеры с удвоением частоты генерации и модулированной добротностью. В настоящее время для съемки голографического портрета обычно используют рубиновый лазер с модулированной добротностью, поскольку он обеспечивает значительно более высокую энергию на выходе по сравнению с Nd: YAG-лазером с удвоением частоты генерации.

Отличительными свойствами лазерных систем, применяемых при голографировании человека, является совмещение высокоэнергетического выхода и большой длины когерентности. Для получения голограммы одного человека требуется энергия минимум 250 мДж и длина когерентности 1 м. Голографический групповой портрет обычно регистрируется при энергии 4—10 Дж и длине когерентности 5-10 м

Достаточную энергию и длину когерентности для рассматриваемого применения обеспечивают только системы, состоящие из генератора и усилителей. Обычно при голографировании одного человека применяют один усилитель, а для группового портрета необходимы два усилителя. Модулятором добротности генератора служат ячейки Поккельса, Керра или же просветляющийся краситель, поскольку точной синхронизации импульсов в данном применении не требуется.

### Экспериментальные установки

Короткое время экспозиции снижает требования к механической стабильности всей установки, и получить высококачественные пропускающие или отражательные голограммы становится сравнительно легко.

Наиболее важным требованием при получении таких голограмм является защита глаз человека от повреждения лазерным излучением. Не менее важную роль играет требование к оптическому пути опорного пучка. Необходимо предусмотреть, чтобы часть (около 10%) опорного пучка, отраженного фотографической пластинкой, направлялась в сторону от человека. Человек обычно находится на расстоянии 1—2 м от фотографической пластинки. Обычно голограммы записываются на фотопластинках Агфа 10Е75 или 8Е75 с размерами 9х12 или 18x24 см. Фотографические пластинки должны быть защищены фильтром с ограниченной полосой пропускания от засветки, вызываемой лампой-вспышкой или комнатным освещением (например, типа Schott glass RG-665). Если перед системой фильтр — фотографическая пластинка установлен затвор, то голограмма может быть получена при дневном освещении или в условиях нормального комнатного освещения, Работа такого механического затвора должна быть синхронизирована с лазером. Промышленностью выпускается электромеханический затвор, управляемый электромагнитом, с апертурой около 15 см, минимальное время открывания составляет 0,4—0,6 с. На рис. 3 показана экспериментальная установка для записи отражательных голограмм человека. В этом случае восстанавлимое с голограммы изображение можно наблюдать в белом свете. В этом случае особенно важно установить угол освещения пластинки, чтобы опорный пучок не попадал па человека.

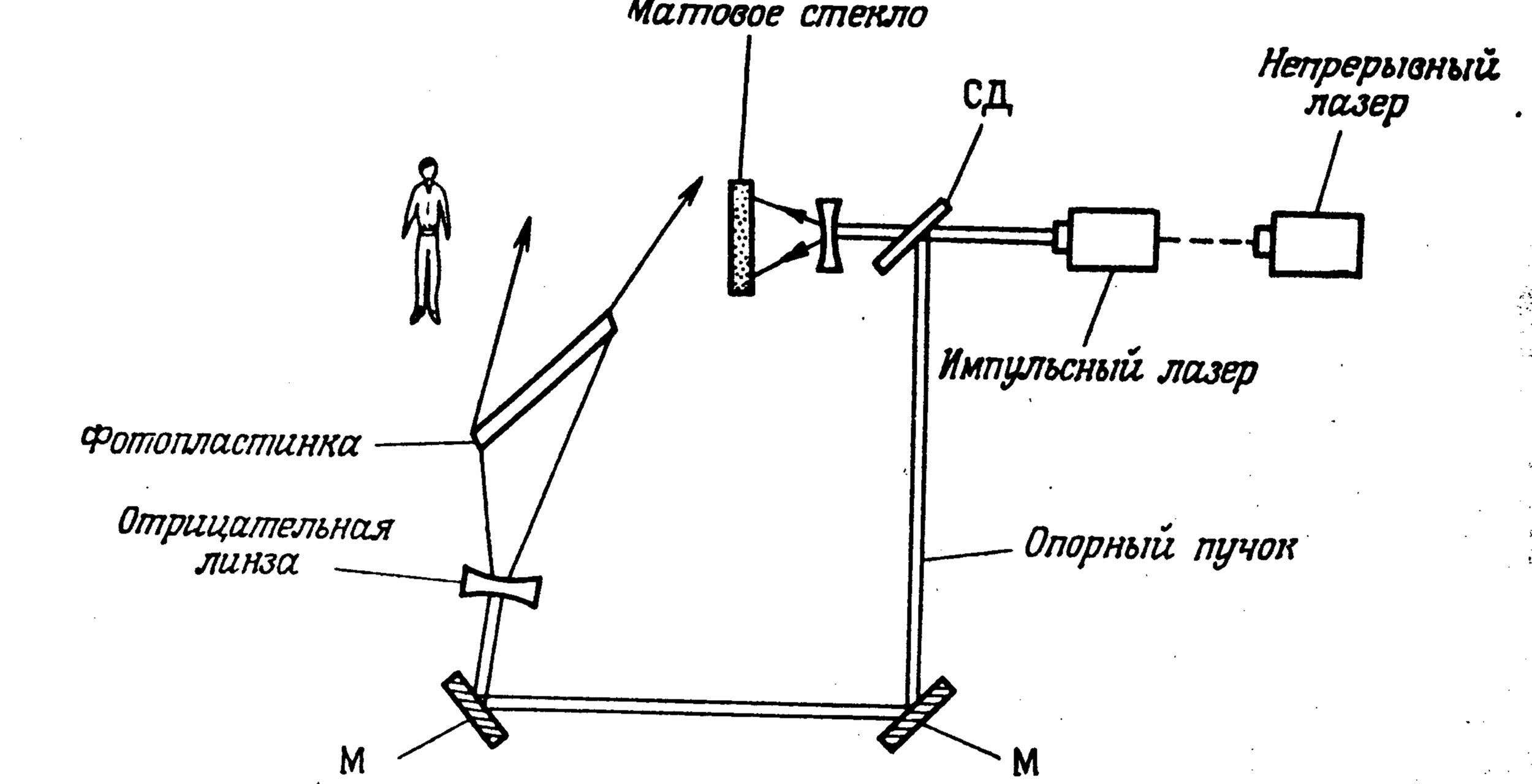


Рис. 3

### Восстановление изображений

Голографический портрет наблюдается обычным способом с помощью расширенных пучков от Не — Ne- или аргонового лазера или отфильтрованным светом дуговой лампы. Отражательные голограммы освещаются от источника некогерентного света.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, согласованные усилия многих исследователей позволили накопить ряд сведений и фактов о свойствах трехмерных голограмм. За этими на первый взгляд разрозненными фактами достаточно отчетливо вырисовывается то единое явление природы, которое лежит в их основе. Оказывается, что материализованная объемная картина волн интенсивности способна воспроизводить волновое поле со всеми его параметрами — амплитудой, фазой, спектральным составом, состоянием поляризации и даже с изменениями этих параметров по времен.

Однако общая картина этого явления пока еще далека от завершения. И дело здесь не только в том, что в ряде случаев мы не знаем полностью набор отображающих свойств некоторых видов голограмм. Есть все основания считать, что будут открыты новые неожиданные оптические свойства голограмм. Вполне вероятно, Что ряд новых эффектов будет обнаружен при применении светочувствительных материалов, обладающих специфическими свойствами, подобно тому как применение резонансных и поляризационных сред открыло возможность записи временных и поляризационных характеристик волновых полей. И наконец, прецедент объединения голографии и нелинейной оптики в динамическую голографию показывает, что внесение идей голографии в смежные с ней области знаний может привести к появлению совершенно новых направлений.

# Литература

1. Введение в когерентную оптику и голографию: Учеб. пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов.-Минск: Выш. шк.,1985.-144 с. Шепелевич В. В.
2. Оптическая голография т.1 С.Б. Гуревич, Г. Колфилд.
3. Оптическая голография т.2 С.Б. Гуревич, Г. Колфилд.
4. Оптика. Учебное пособие для вузов. М., “Высшая школа”, 1977г.   
   Годжаев Н.М.