

ПРИКЛАДНАЯ ГОЛОГРАФИЯ

Лекция 4

лектор: О.В. Андреева

Основные свойства голограмм

- Восстановление объектной волны;
- Делимость голограммы;
- Воспроизведение градаций яркости объекта в широком динамическом диапазоне;
- Возможность обращения волнового фронта;
- Высокая информационная ёмкость.

Классификация голограмм



Классификация голограмм

Типы голограмм, различаемые:

- по соотношению структуры интерференционной картины и геометрии регистрирующей среды
(двумерные-трехмерные; пропускающие-отражательные)
- по используемой схеме записи
- по характеру фотоотклика регистрирующей среды

Типы голограмм, различаемые по используемой схеме записи

- *Голограмма осевая*
- *Голограмма внеосевая*
- *Голограмма безопорная*
- *Голограмма сфокусированного изображения*
- *Радужная голограмма*
- *Голограмма Френеля*
- *Голограмма Фраунгофера*
- *Голограмма Фурье*
- *Композиционные голограммы, пиксельные голограммы*
- *Голограмма Габора*
- *Голограмма Денисюка*
- *Голограмма Лейта и Упатниекса*
- *Голограмма Бентона*

Типы голограмм, различаемые по используемой схеме записи

Два варианта названий:

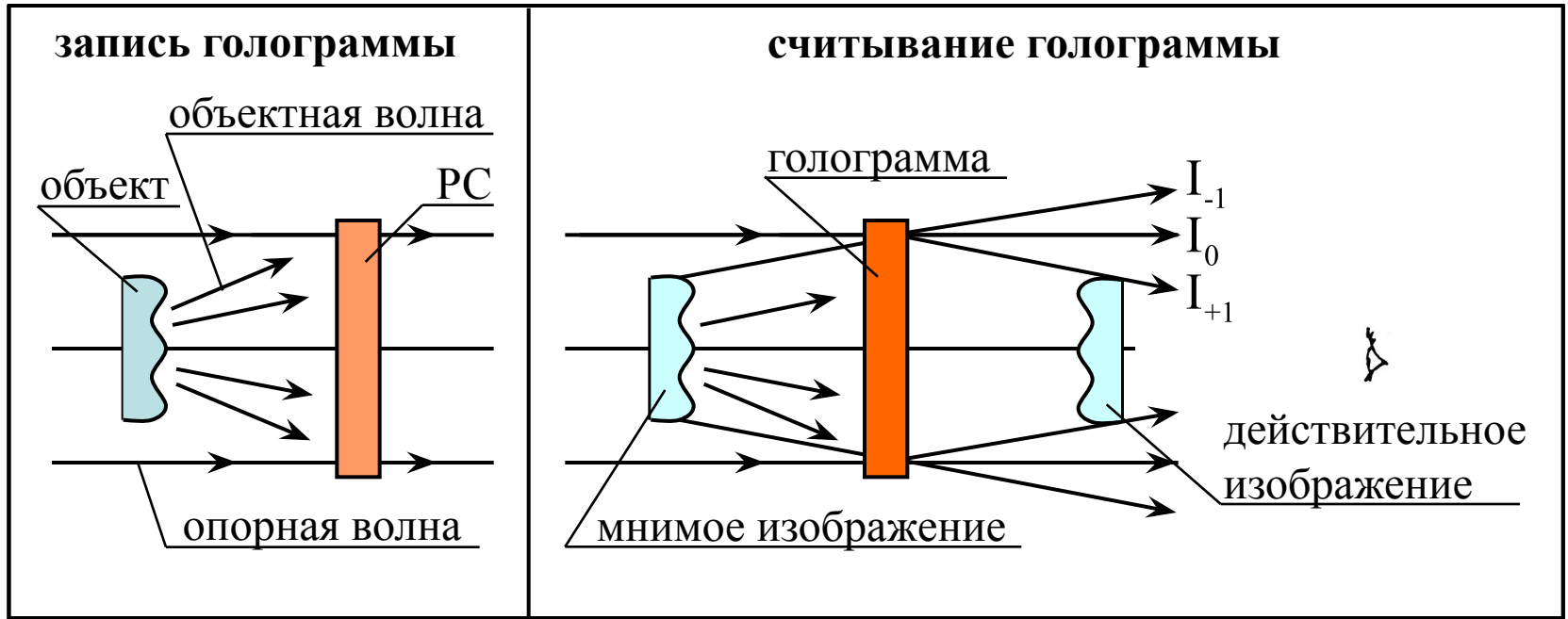
- название голограммы по имени автора схемы и создателя голограммы данного типа
- название голограммы по отличительным особенностям схемы записи

Д.Габор – изобретатель голографии



Тем не менее, говорил я себе, если исходить из принципа Гюйгенса, пучок должен содержать всю необходимую информацию. Что мешает нам ее «расшифровать»? Очевидно то, что мы регистрируем на пластинке только половину информации: мы пренебрегаем фазой волны. Нельзя ли выявить ее с помощью интерференции, налагая «когерентный фон»? Немного математики и несколько опытов позволили быстро проверить идею о «восстановлении волн». Достаточно было осуществить суперпозицию комплексной волны, приходящей от объекта, с простой волной (плоской или сферической), сделать фотографию, затем, осветив ее простой волной, восстановить исходную волну. Возникающее при этом изображение объекта было трехмерным..

Схема Габора



Особенности схемы:

- ☺ впервые реализована идея «восстановления волн»;
- ☺ низкая пространственная частота регистрируемой интерференционной картины;
- ☹ при освещении голограммы наблюдаются два изображения, накладываемые друг на друга;
- ☹ возможна регистрация только прозрачных объектов;
- ☹ использование монохромных источников излучения при считывании.



Ю.Н.Денисюк

Данное явление было зарегистрировано в качестве открытия в Советском Союзе.:

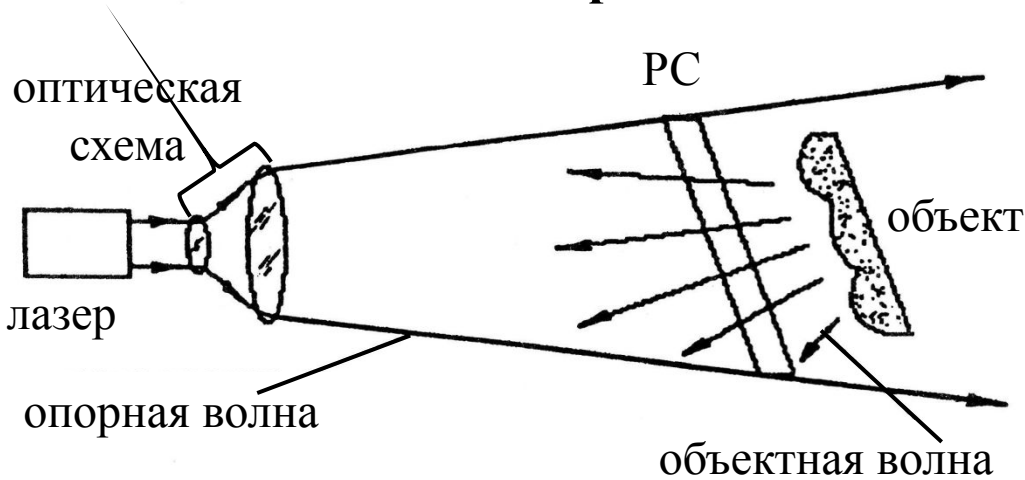
Формула открытия Ю.Н. Денисюка №88 с приоритетом от 1 февраля 1962 года: «Установлено ранее неизвестное явление возникновения пространственного неискаженного цветного изображения объекта при отражении излучения от трехмерного элемента прозрачной материальной среды, в которой распределение плотности вещества соответствует распределению интенсивности поля стоячих волн, образующихся вокруг объекта при рассеянии на нем излучения»

«Поразительно, что среди всего разнообразия известных физике эффектов до последнего времени не было явления, которое позволило бы объективно запечатлеть конфигурации предметов окружающего нас мира. Фотографии, полученные с помощью камеры-обскуры и линзы, - вот фактически и все, что имелось в этом направлении. Однако даже и этот, на первый взгляд очевидный способ регистрации, при ближайшем рассмотрении оказывается субъективным, т.е. рассчитанным на восприятие с помощью человеческого глаза или какого-либо иного зрительного аппарата с аналогичным строением.

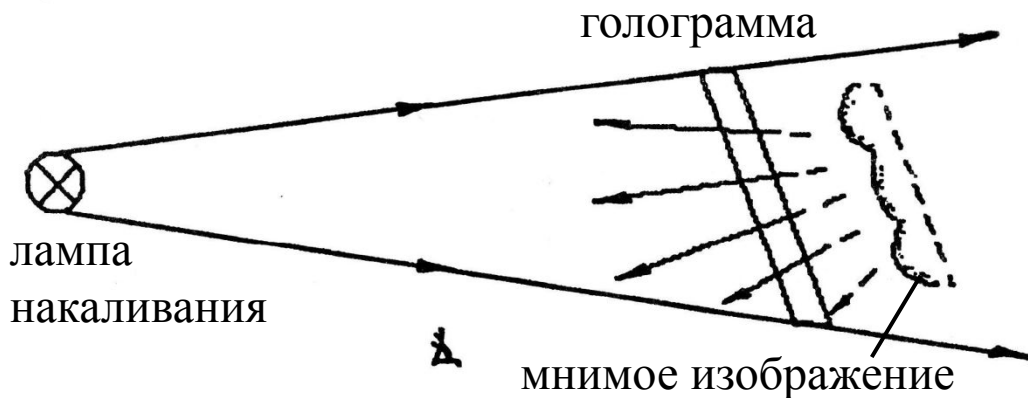
Первый действительно объективный способ регистрации формы предметов – голография и лежащее в ее основе явление были обнаружены только в середине нашего (XX-го)

Схема Денисюка

Запись голограммы



Считывание голограммы



Особенности схемы:

- ☺ наблюдение изображения в белом свете;
- ☺ нечувствительность к вибрациям элемента «объект-РС»;
- ☹ Высокая разрешающая способность регистрирующей среды.

Характеристики объектов, влияющие на качество получаемого изображения:

- рельеф поверхности объекта
- отражающая способность объекта
- градиент яркости элементов объекта
- материал, из которого изготовлен объект
- качество закрепления объекта в голографической схеме

Мобильный стенд для записи голограмм полупроводниковым лазером



Основные узлы мобильного стенда для записи голограмм полупроводниковыми лазерами

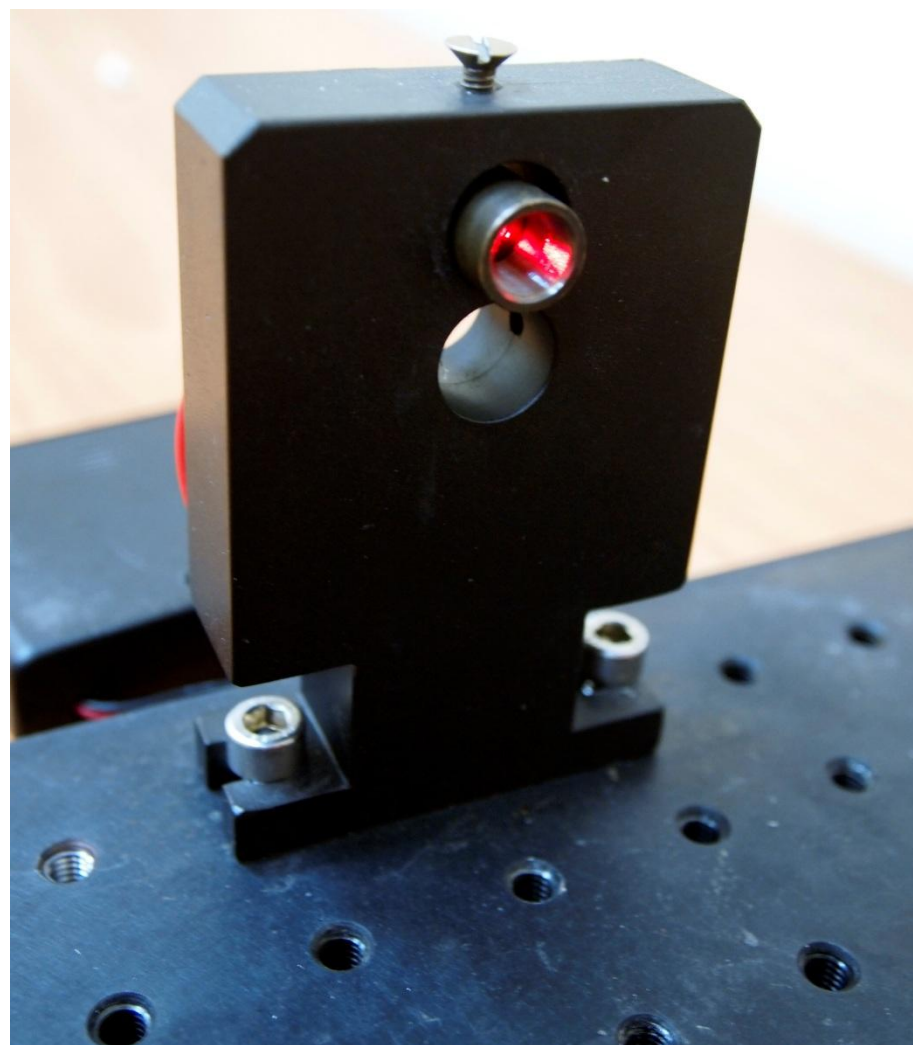
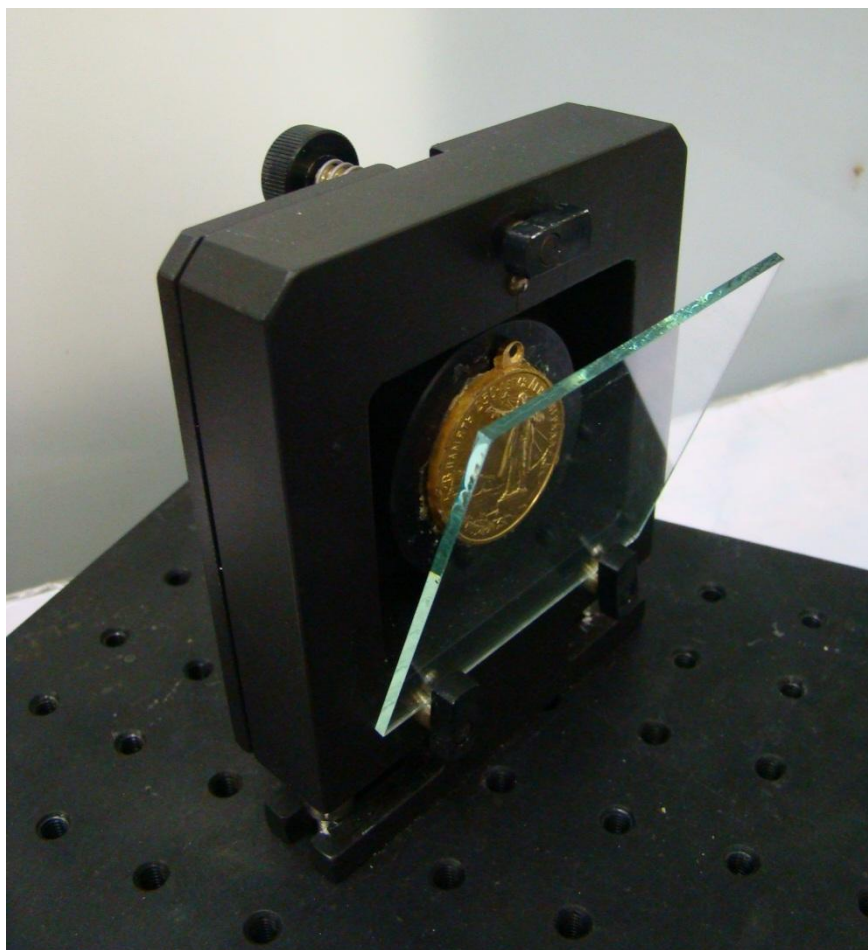
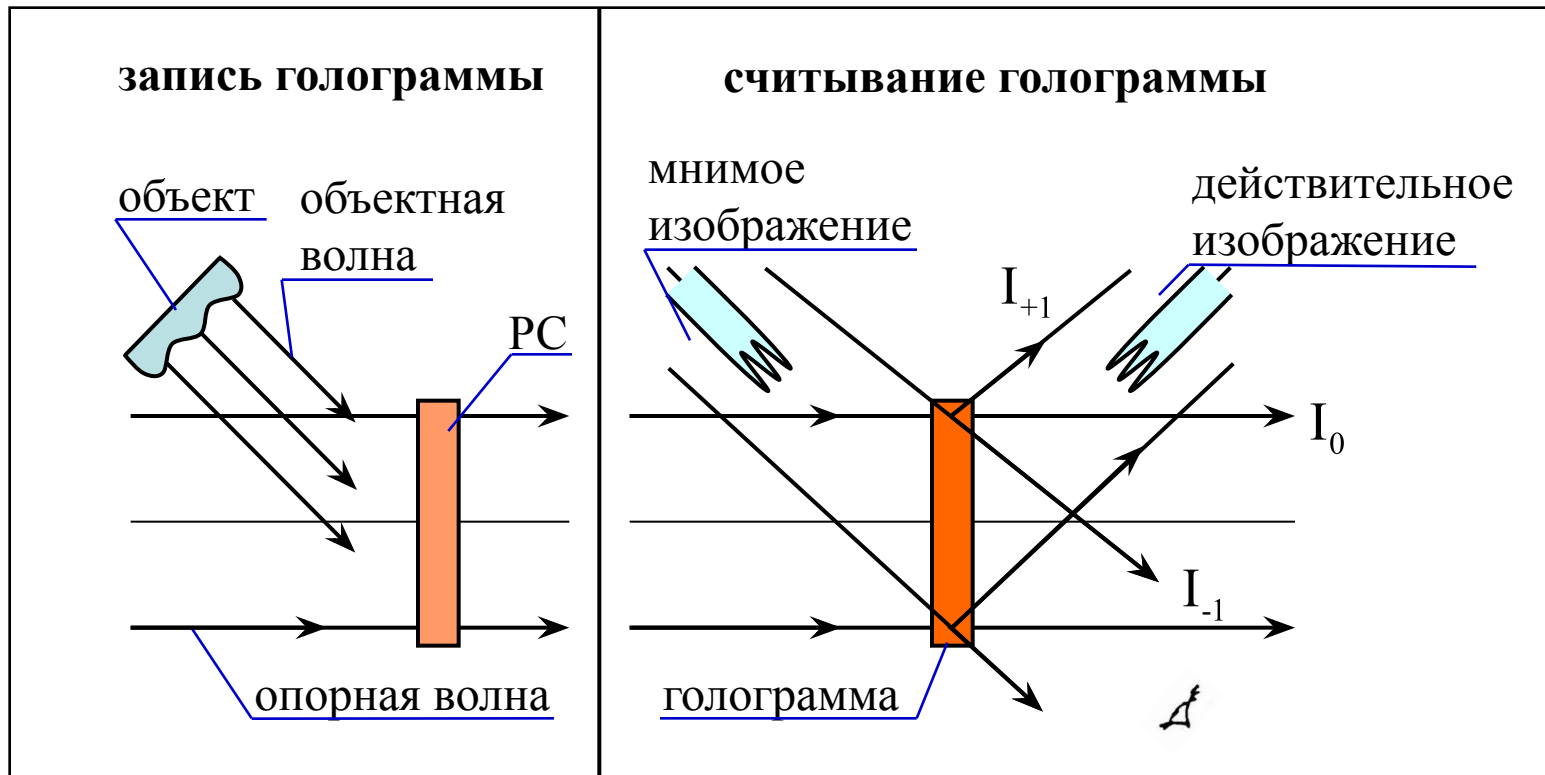


Схема Лейта и Упатниекса



Особенности схемы:

- ☺ возможность наблюдения только одного изображения;
- ☹ использование монохроматических источников излучения при считывании;
- ☹ более высокая пространственная частота интерференционной картины

Лазер в качестве источника излучения



Э. Лейт



Ю. Упатниекс

Вклад в развитие голографии (1962-1964):

- Лейт и Ю.Упатниекс предложили внеосевую схему записи голограмм, которая теперь широко используется
- впервые использовали лазер в качестве источника излучения при получении голограмм
- получают первую изобразительную голограмму, восстанавливаемую монохроматическим светом, которая потрясла научную общественность.

Голограмма Бентона

«Радужные голограммы»

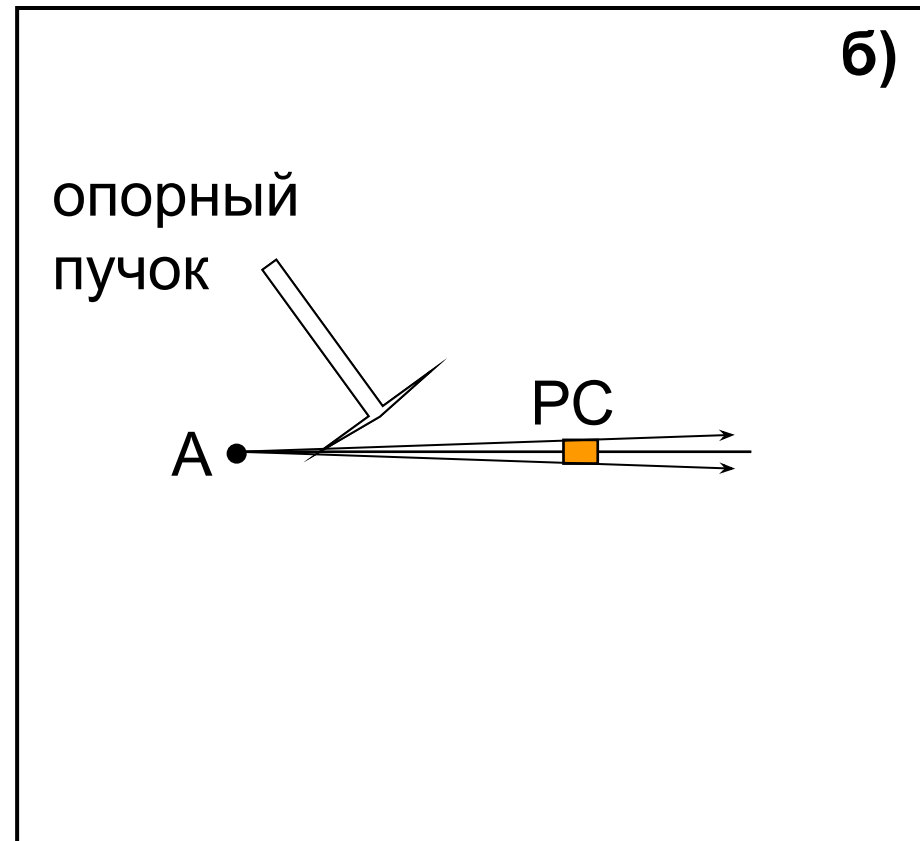
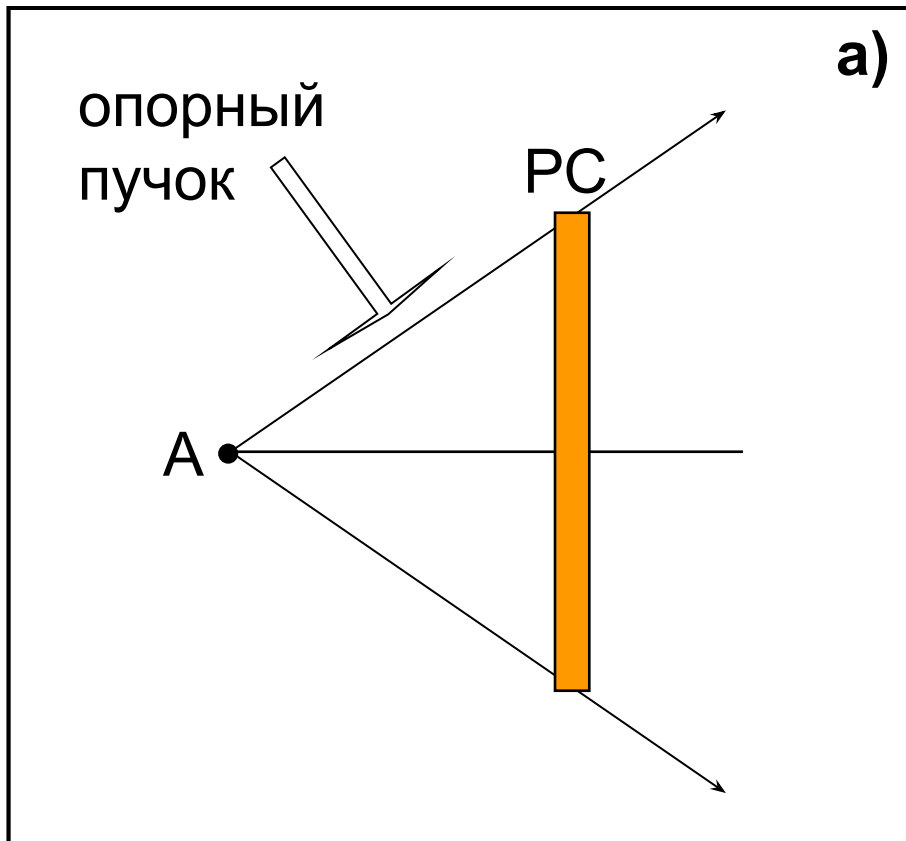


В 1968 Стивен Бентон из Polaroid Research Laboratories предложил метод записи голограмм, названных «радужными». Представленный Бентоном метод стал основой современной защитной голографии.

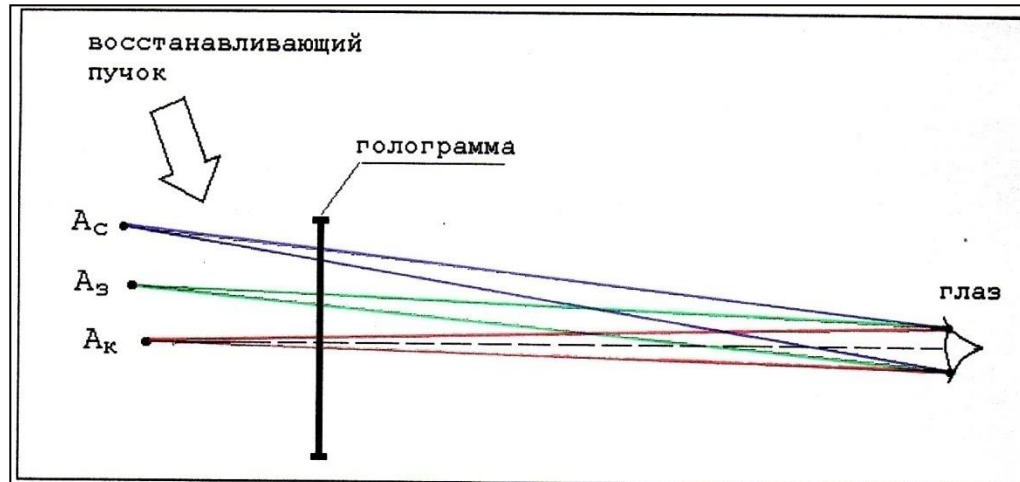


Радужные голограммы нашли широкое применение в качестве защиты от подделок

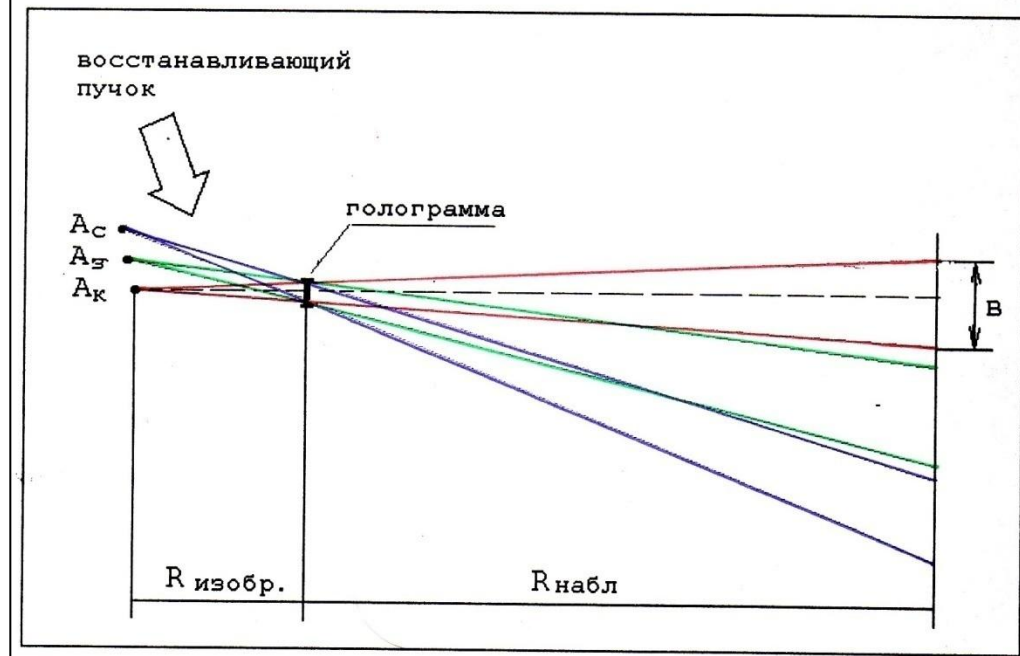
Схема записи голограмм при использовании регистрирующей среды с разными геометрическими размерами



Реконструкция голограммы Бентона белым светом

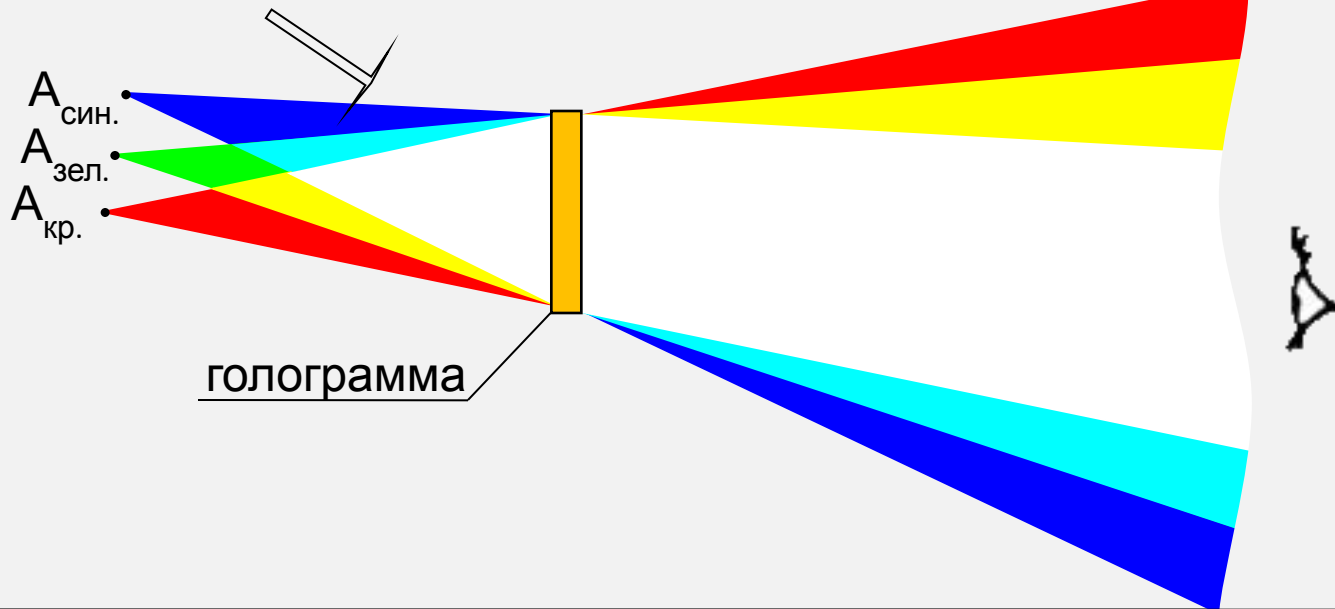


а)



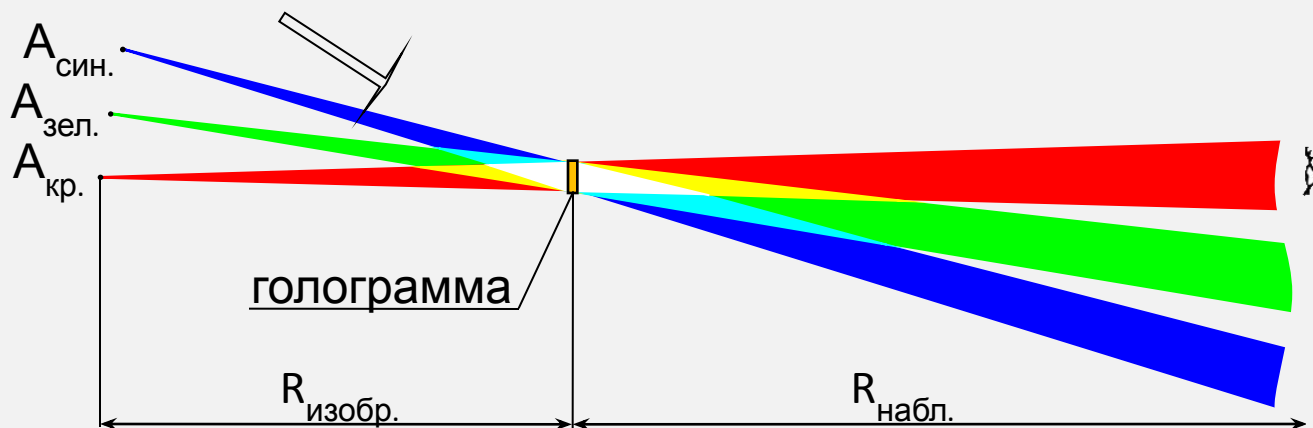
Считывание голограммы Бентона белым светом

восстанавливающий пучок



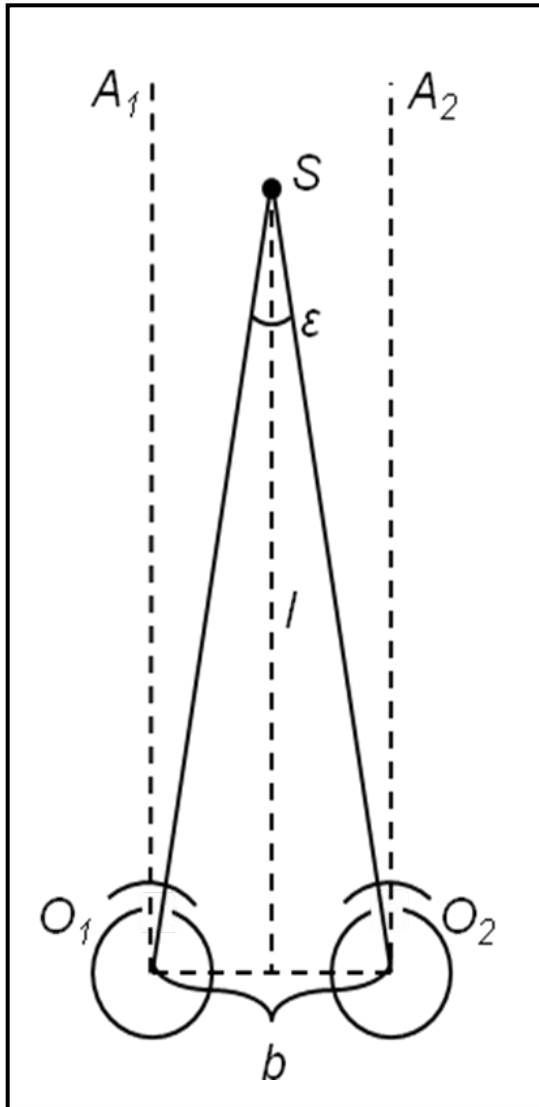
а)

восстанавливающий пучок



б)

Зрение двумя глазами



O_1 узловые точки левого
и правого глаза;

b расстояние между узловыми
точками глаз;

S рассматриваемая точка объекта;

l расстояние от S до b ;

$A_1 A_2$ линии прямого зрения;

ϵ угол параллакса .

ПАРАЛЛАКС

Область использования термина - АСТРОНОМИЯ

- П.– изменение направления «наблюдатель объект» при смещении точки наблюдения.
- П. равен углу, под которым из центра объекта видно расстояние между двумя положениями точки наблюдения.
- П. при наблюдении объектов человеком – угол, под которым объект виден правым и левым глазом.

Параллакс

- В оптике термин используется для характеристики угла, под которым объект (точка объекта) виден правым и левым глазом. Различают горизонтальный параллакс, обусловленный расстоянием между зрачками (узловыми точками глаз), и вертикальный параллакс, как правило, равный нулю.
- *Благодаря зрению двумя глазами мы имеем возможность оценивать расстояние от объекта (точки объекта) до глаза. Эта оценка производится произвольно по углу поворота глаз ε , который называется углом параллакса.*
- Зрение двумя глазами, позволяющее по углу параллакса оценить расстояние до объекта, носит название стереоскопического зрения, которое сказывается для углов параллакса, превышающих приблизительно 1 угловую минуту, что соответствует расстоянию до объекта ≈ 200 м. О расстоянии до более далеких предметов мы судим по ряду косвенных признаков, по количеству различаемых деталей и т.д.

Схема получения радужных голограмм

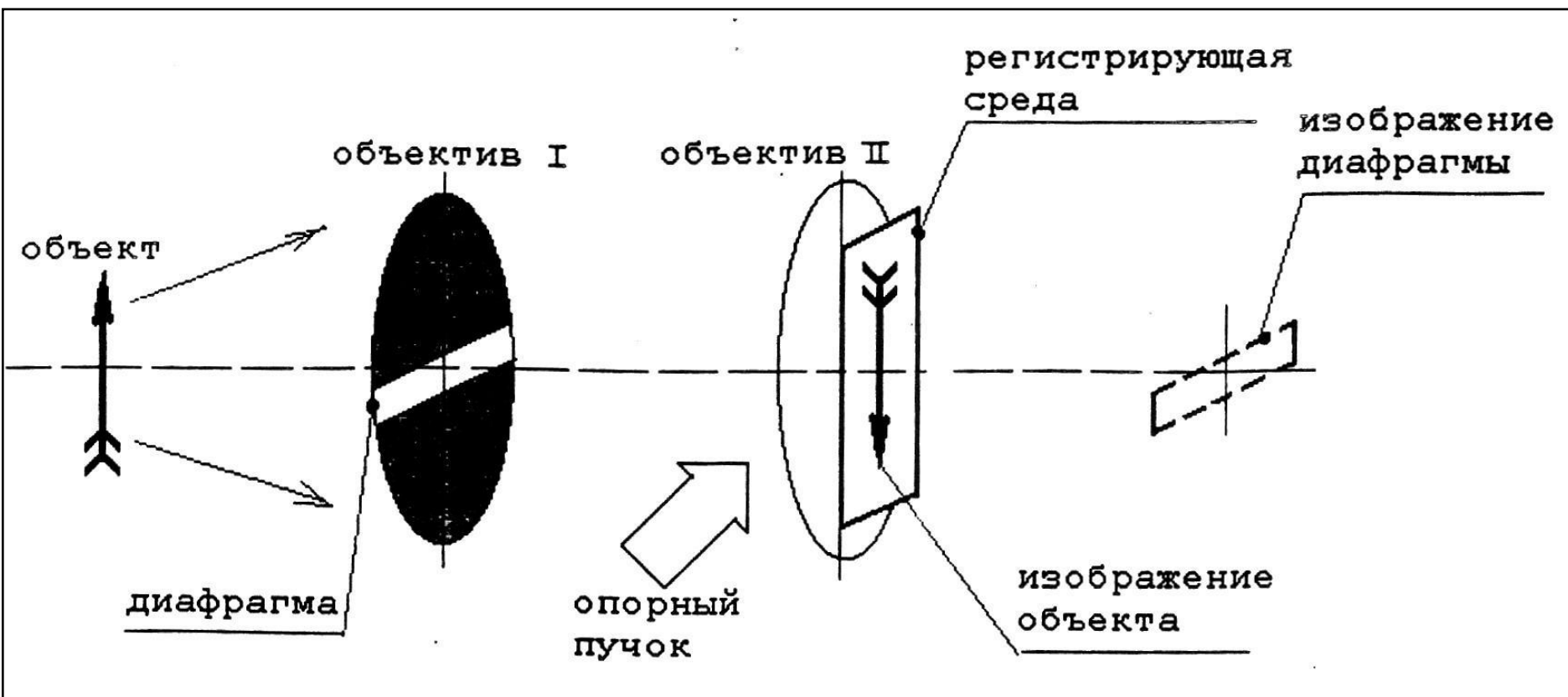


Схема получения тиража радужных голограмм

1-й этап

ПОЛУЧЕНИЕ ТИРАЖА РАДУЖНЫХ ГОЛОГРАММ 1 ЭТАП

ПОЛУЧЕНИЕ ГОЛОГРАММЫ-ОРИГИНАЛА
(мастер-голограммы) на
рельефграфическом материале

ПОЛУЧЕНИЕ МАТРИЦЫ для
тиражирования голограмм

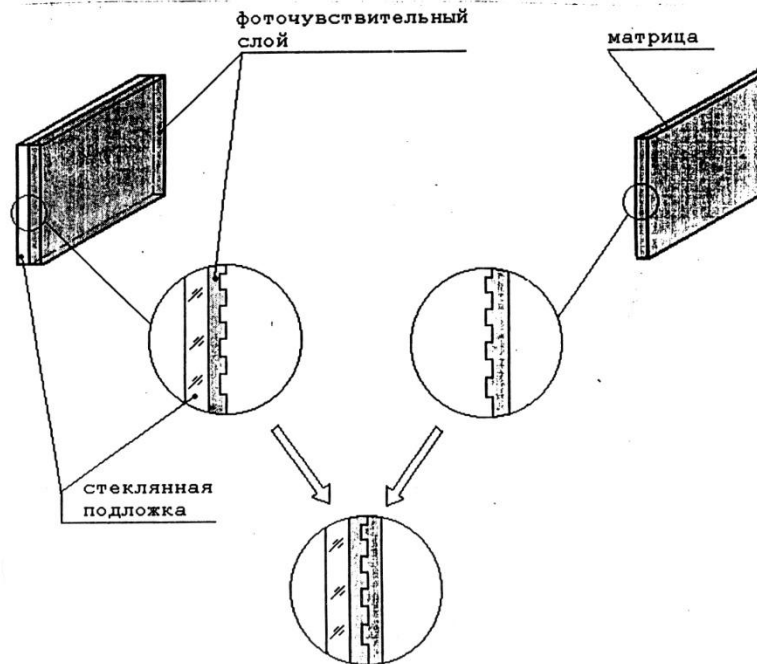
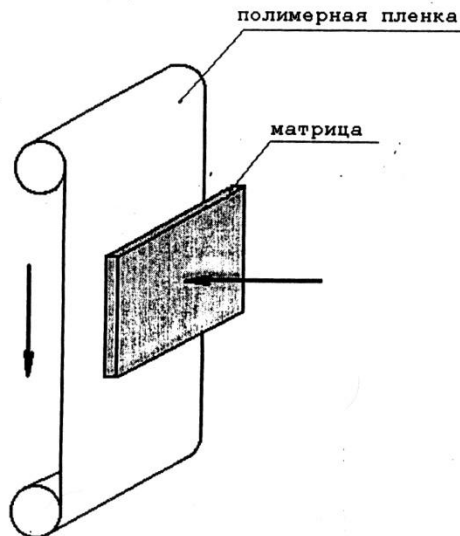


Схема получения тиража радужных голограмм

2-й этап

ПОЛУЧЕНИЕ ТИРАЖА РАДУЖНЫХ ГОЛОГРАММ 2 ЭТАП

КОПИРОВАНИЕ
голограммы-оригинала на
полимерную пленку



ДОРАБОТКА ТИРАЖА

- нанесение отражающего (металлического) покрытия
- нанесение защитного (клеявого) покрытия
- вырубка из пленки отдельных голограмм и элементов
- оформление в рамку отдельных голограмм и элементов

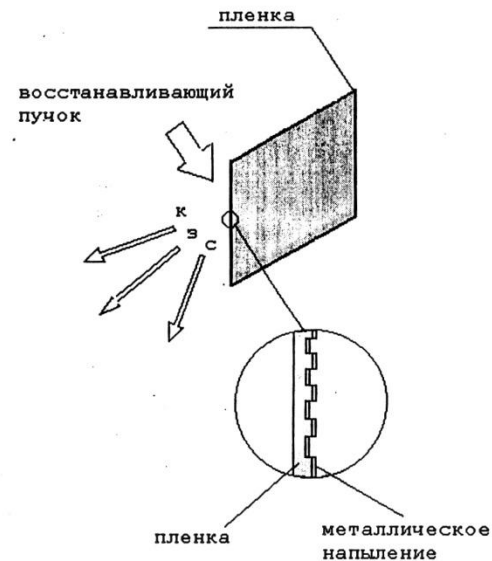
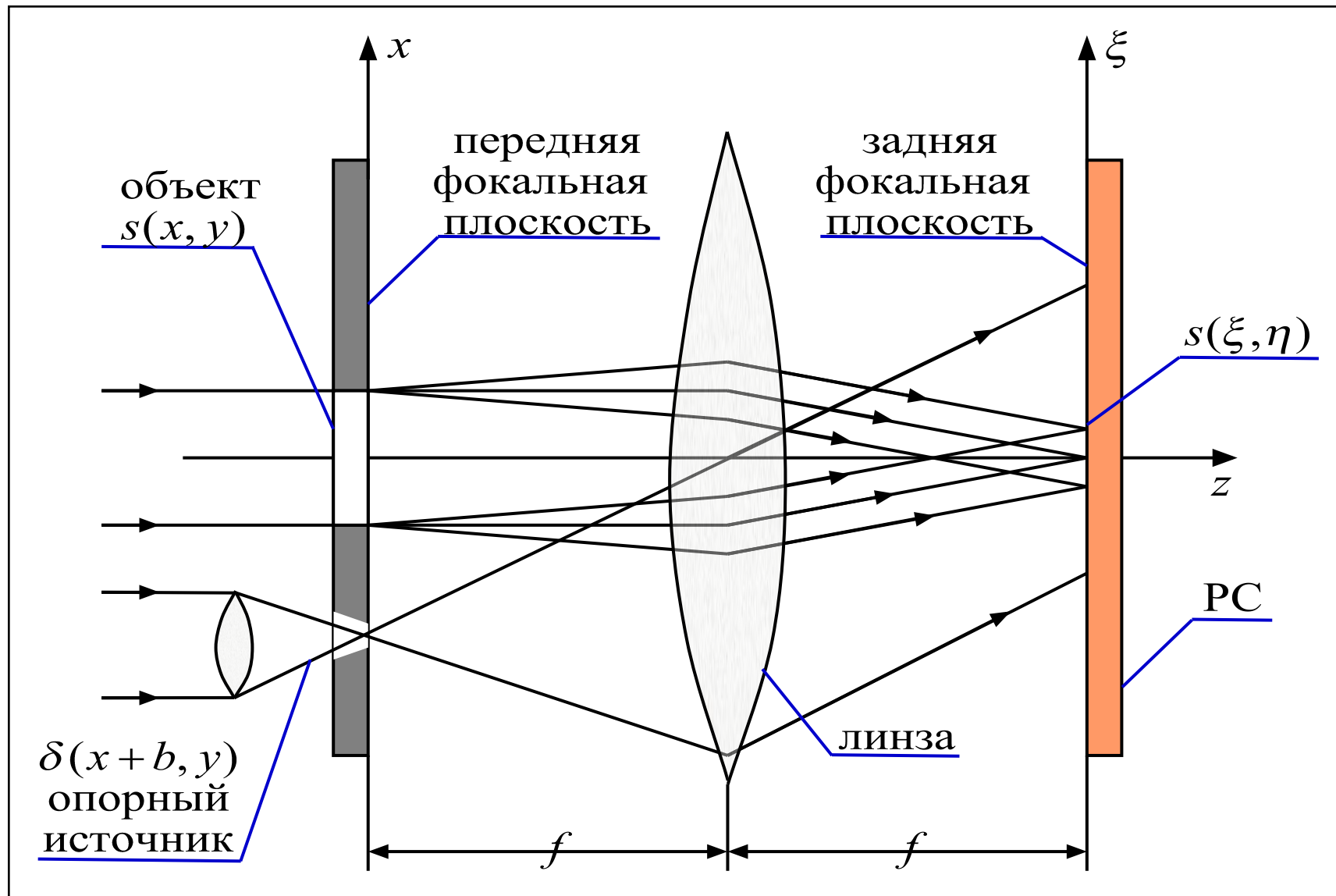


Схема получения голограмм Фурье (по Ван дер Люгту)



Голограмма Фурье

- **Фурье голограмма** – пропускающая голограмма, полученная в результате взаимодействия двух когерентных волн, комплексные амплитуды которых в плоскости регистрирующей среды являются фурье-образами объекта и источника излучения, формирующего опорную волну.
- В настоящее время термин "голограмма Фурье" применяют и в тех случаях, когда распределение амплитуд объектной волны в плоскости регистрирующей среды соответствует произведению фурье-образа объекта на медленно меняющийся фазовый множитель. При этом опорный источник и объект должны располагаться строго в одной плоскости, перпендикулярной оси системы.
- *Голограммы Фурье применяются в качестве пространственных фильтров для распознавания образов. Для записи голограммы Фурье используются двумерные (плоские) объекты (например, транспаранты), позволяющие производить строгое преобразование Фурье.*