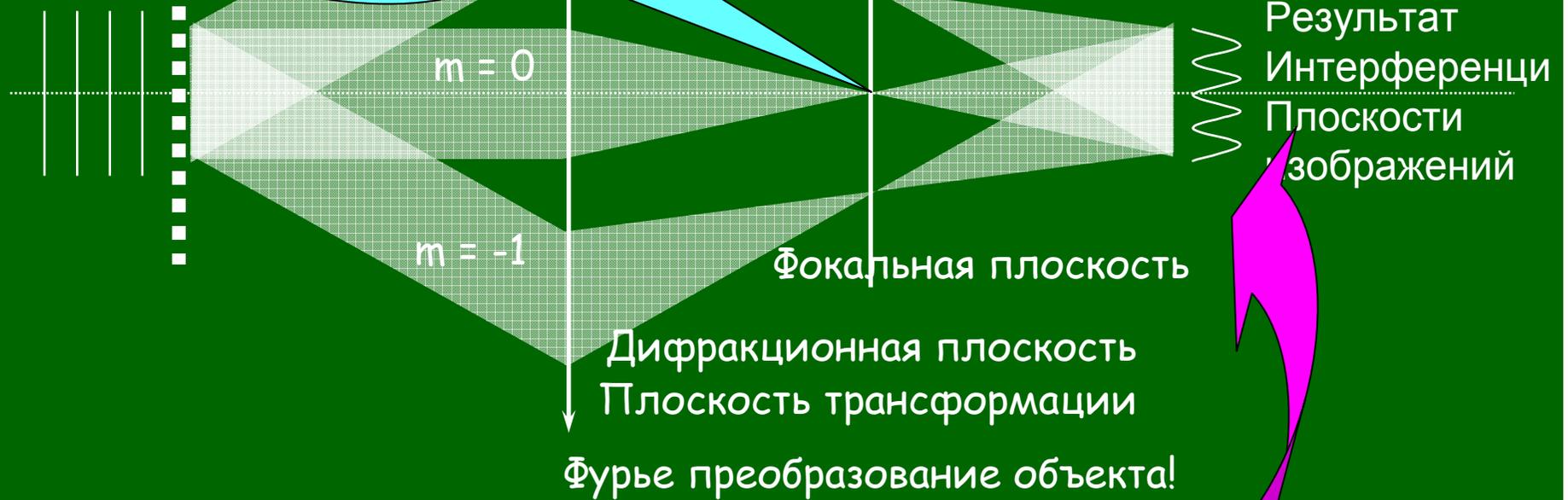


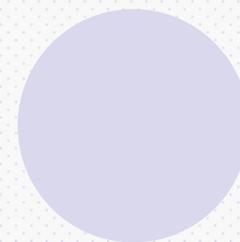
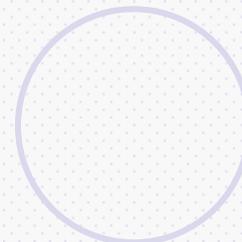
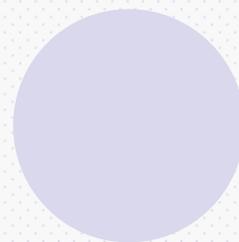
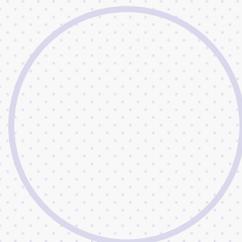
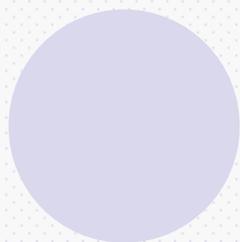
Если модифицировать дифракционную картину, то можно изменить изображение

**Пространственная фильтрация**

Фурье анализ волнового поля объекта (образуется распределение поля, пропорциональное фурье образу источника – первичное изображение или спектр (математически преобразование Фурье))



Фурье синтез изображения (математически преобразование Фурье)



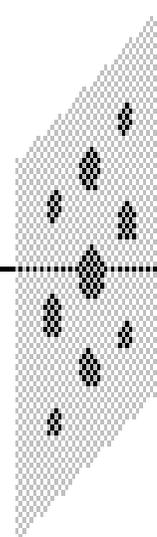
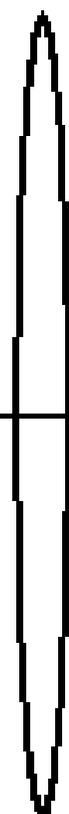
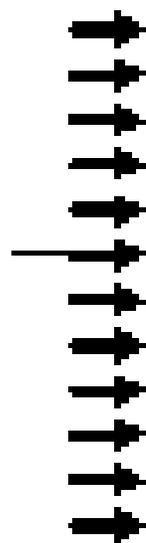
Линза

Фокальная  
плоскость

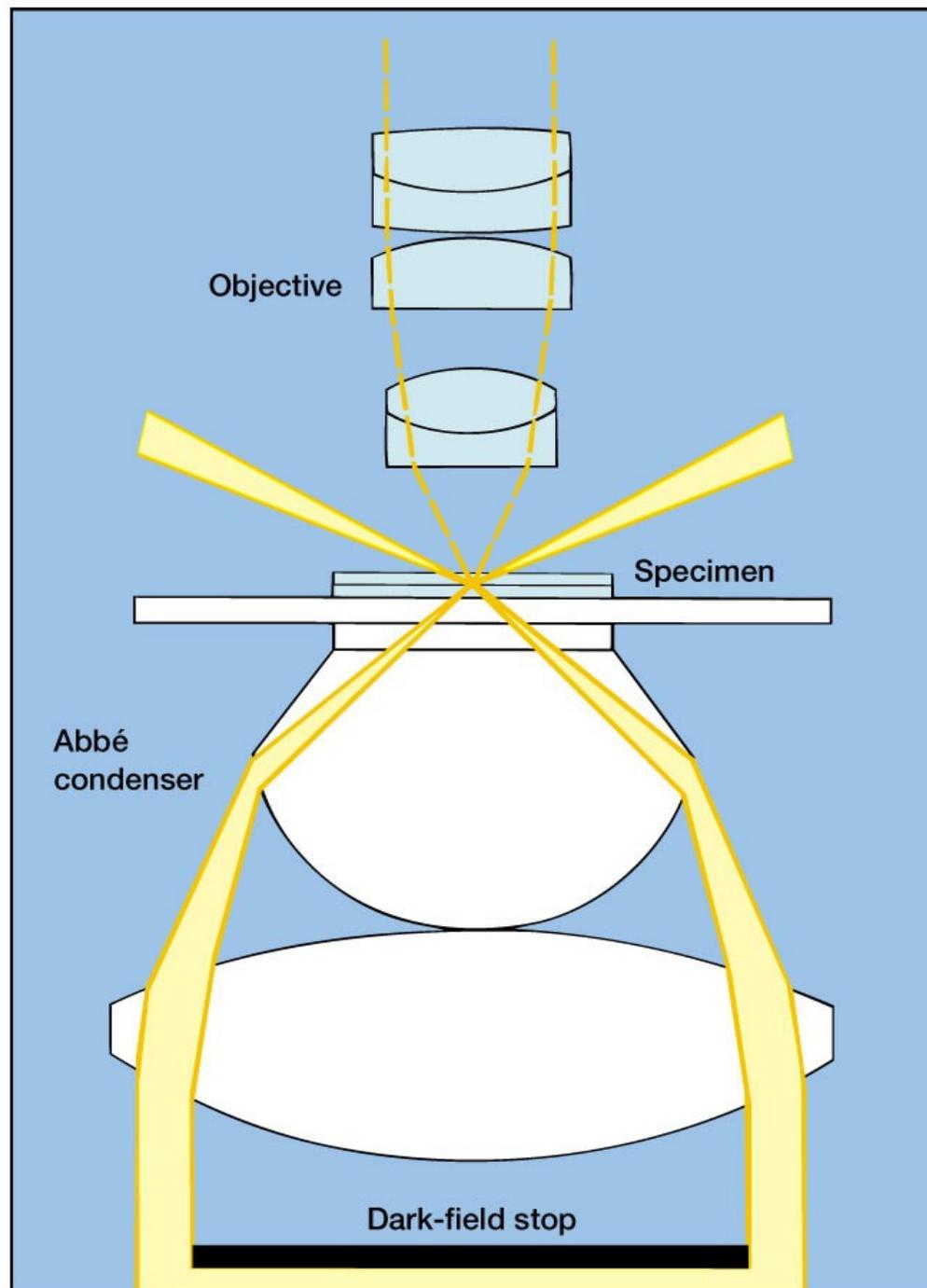
Изображение

Свет

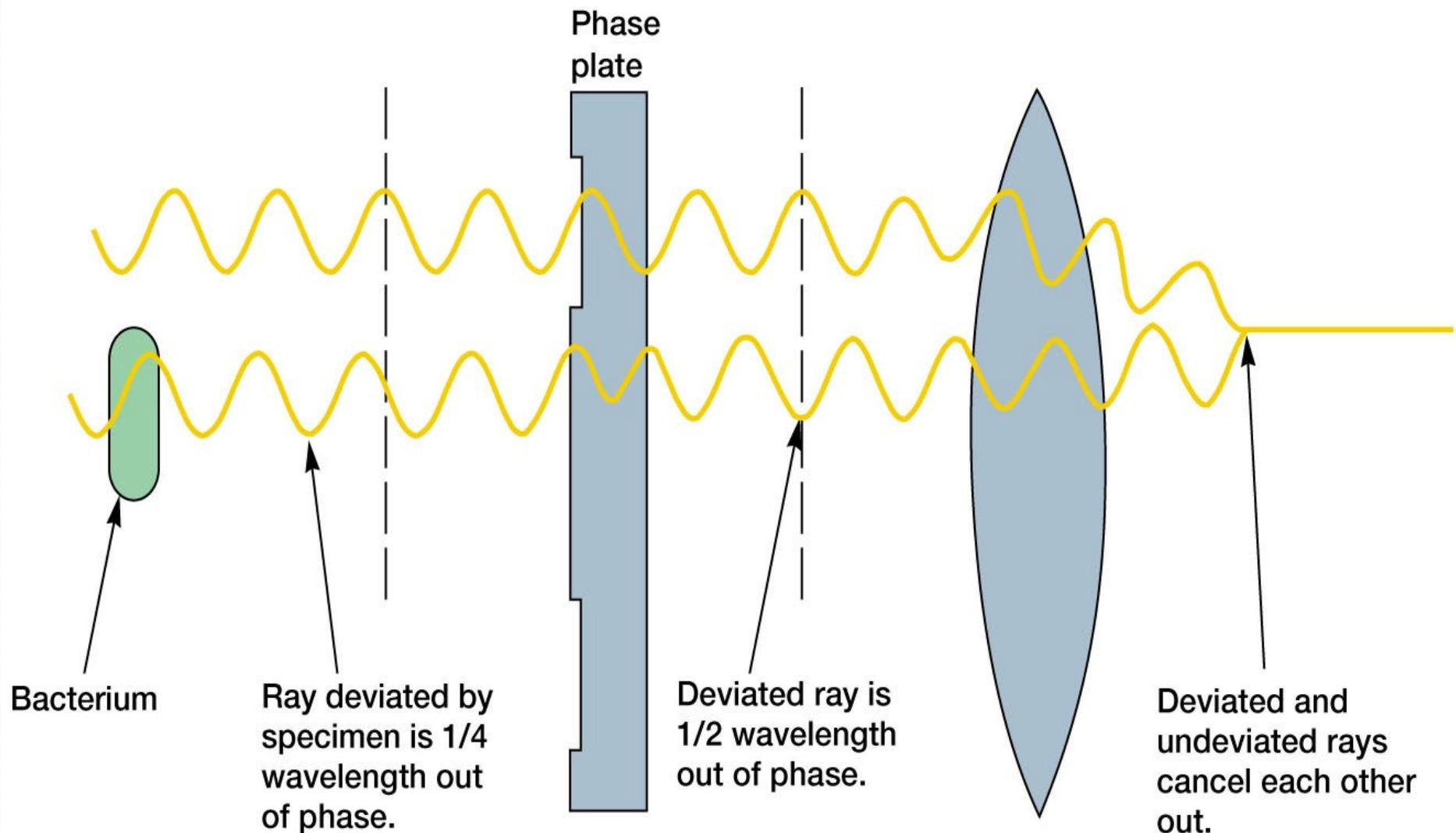
Сетка



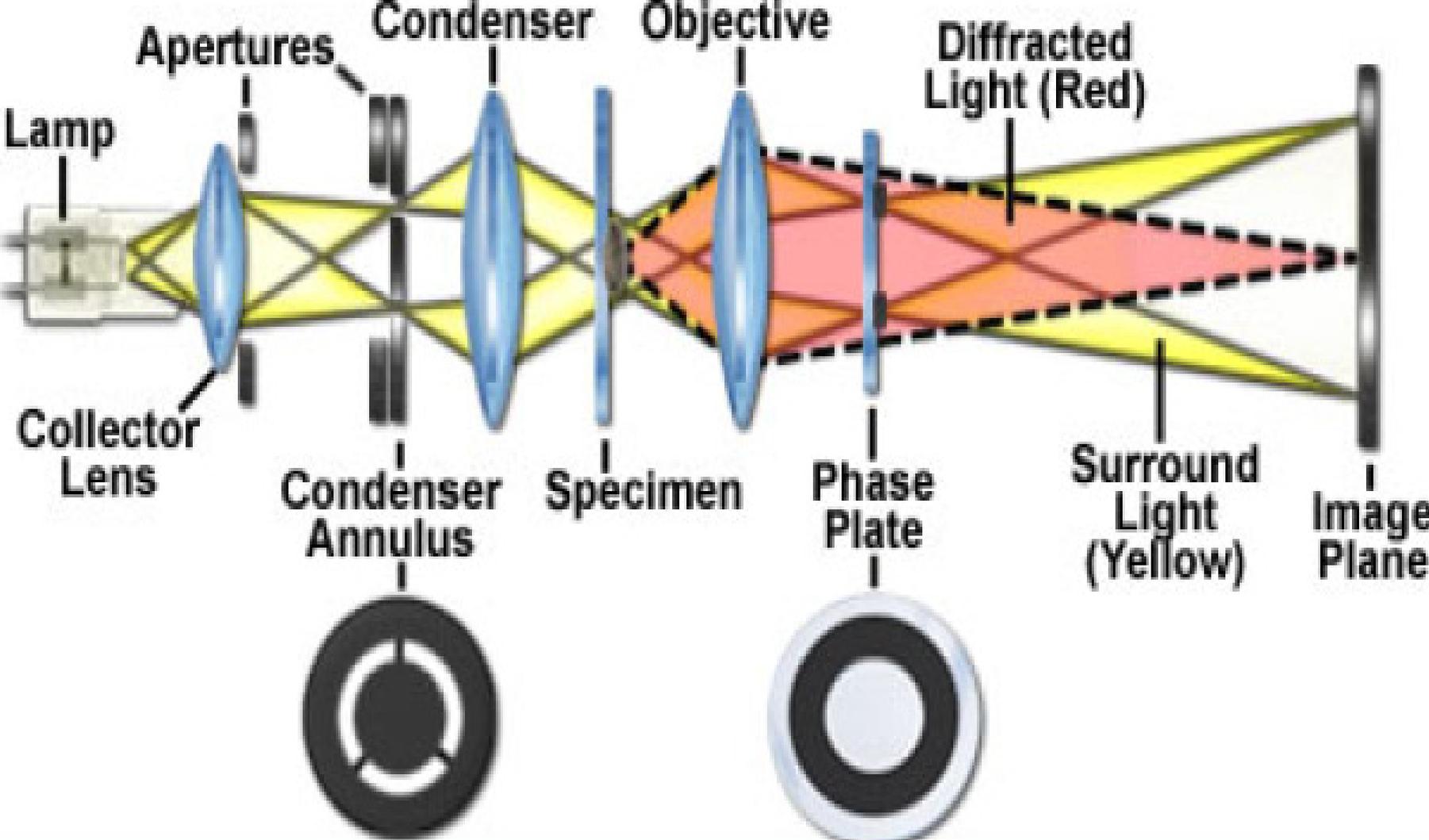
# Метод темного поля



# Метод фазового контраста



# Phase Contrast Microscope Optical Train



Dark image with bright background results

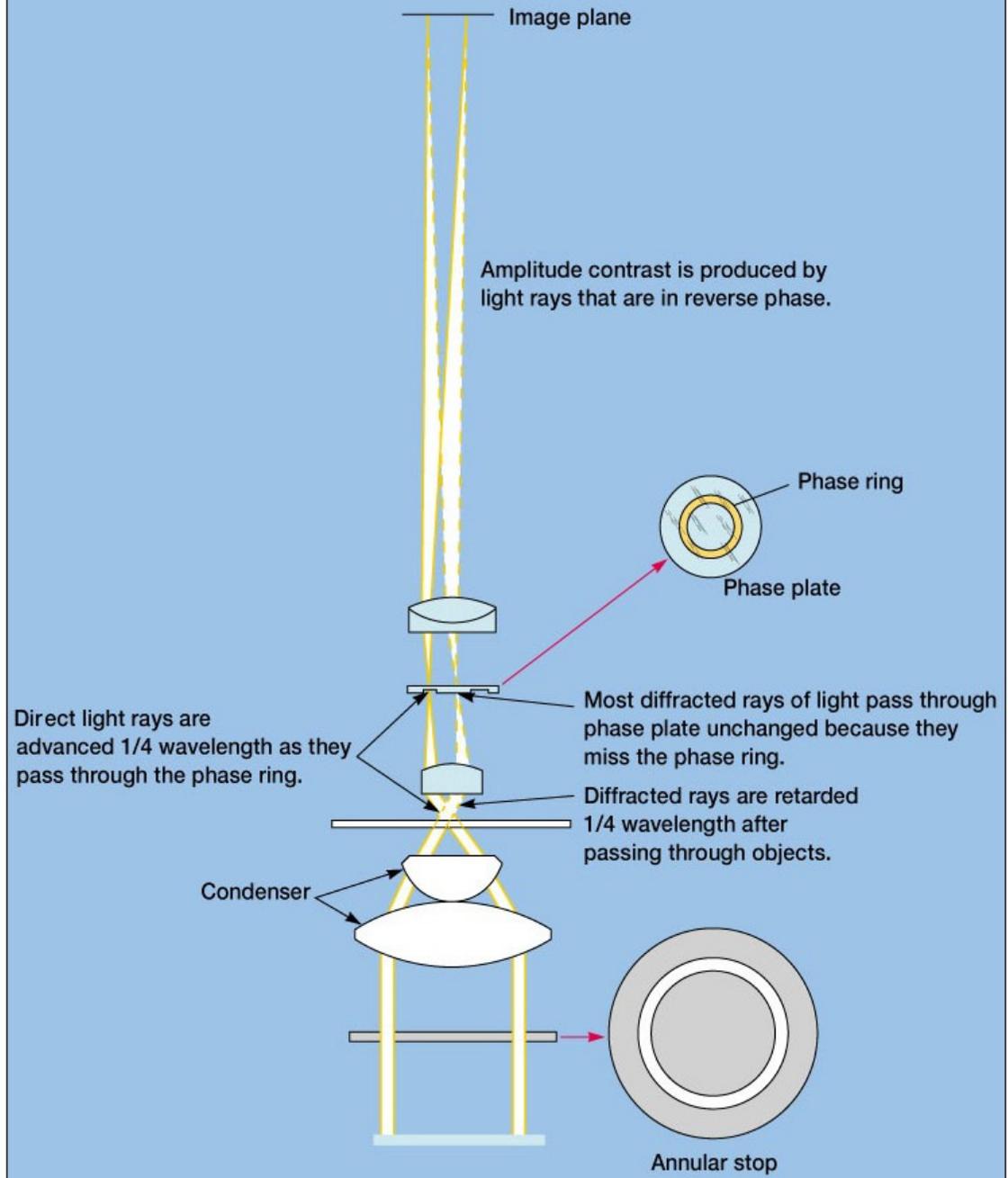


Image plane

Amplitude contrast is produced by light rays that are in reverse phase.

Phase ring

Phase plate

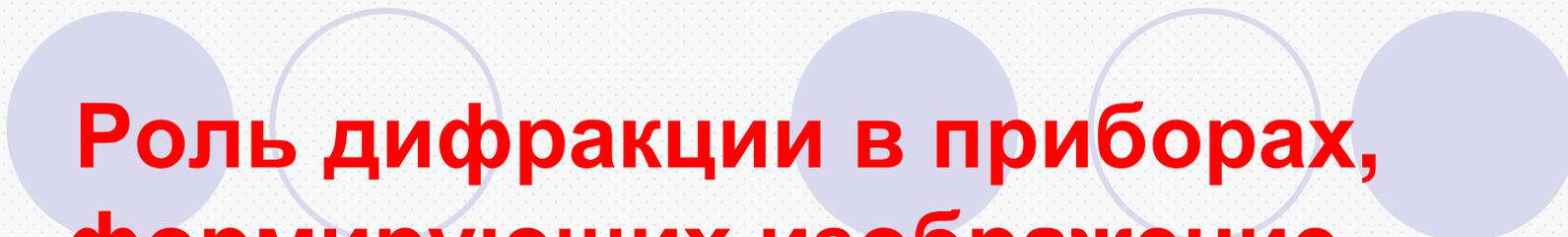
Direct light rays are advanced 1/4 wavelength as they pass through the phase ring.

Most diffracted rays of light pass through phase plate unchanged because they miss the phase ring.

Diffracted rays are retarded 1/4 wavelength after passing through objects.

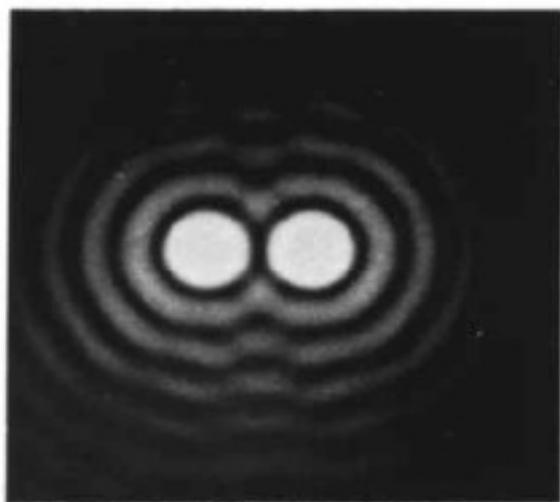
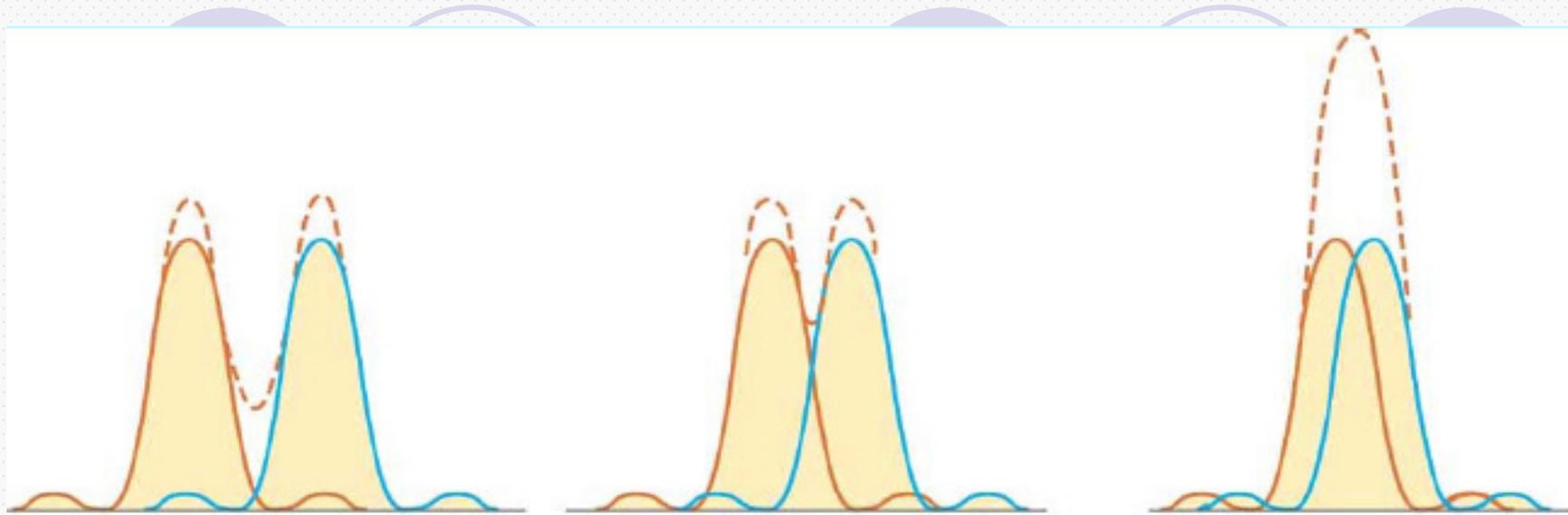
Condenser

Annular stop

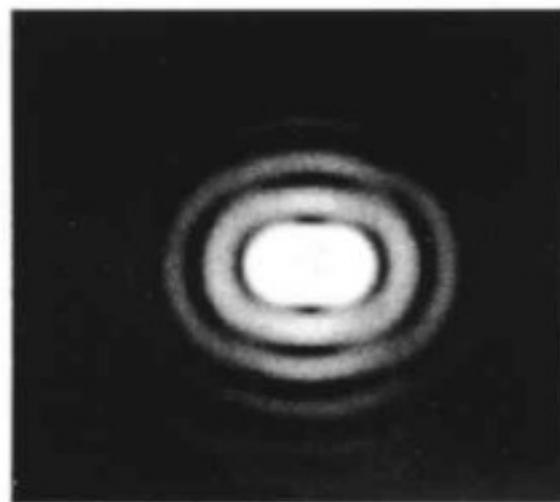


**Роль дифракции в приборах,  
формирующих изображение .**

**Предел разрешения и разрешающая  
способность оптического прибора**



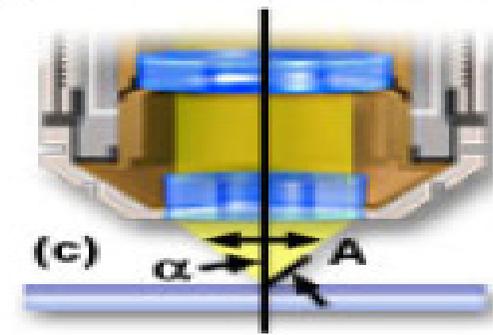
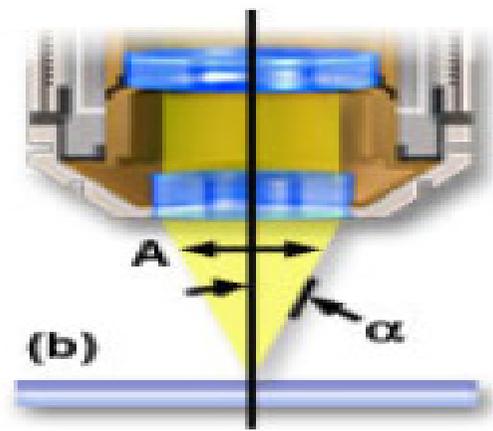
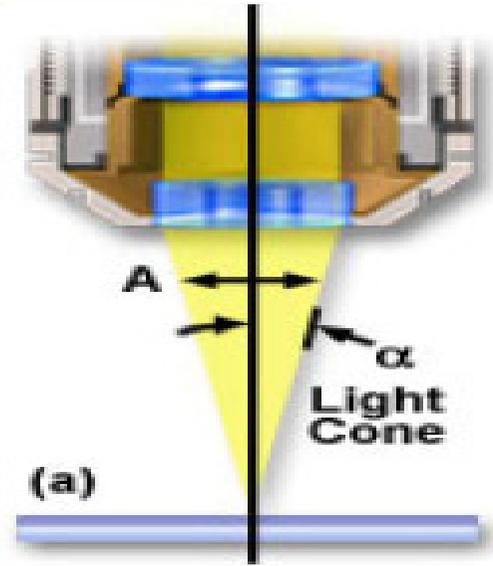
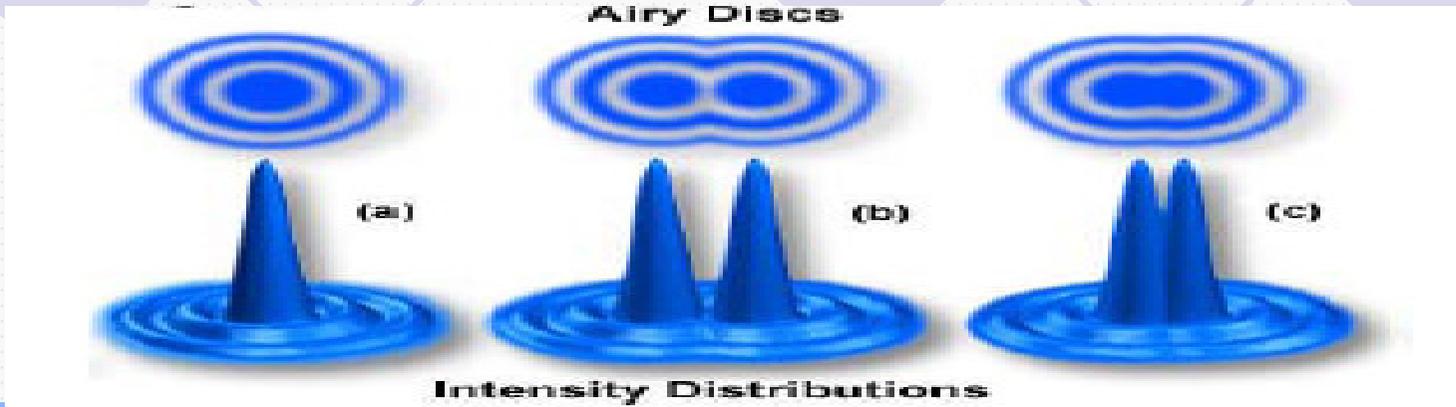
(a)



(b)



(c)

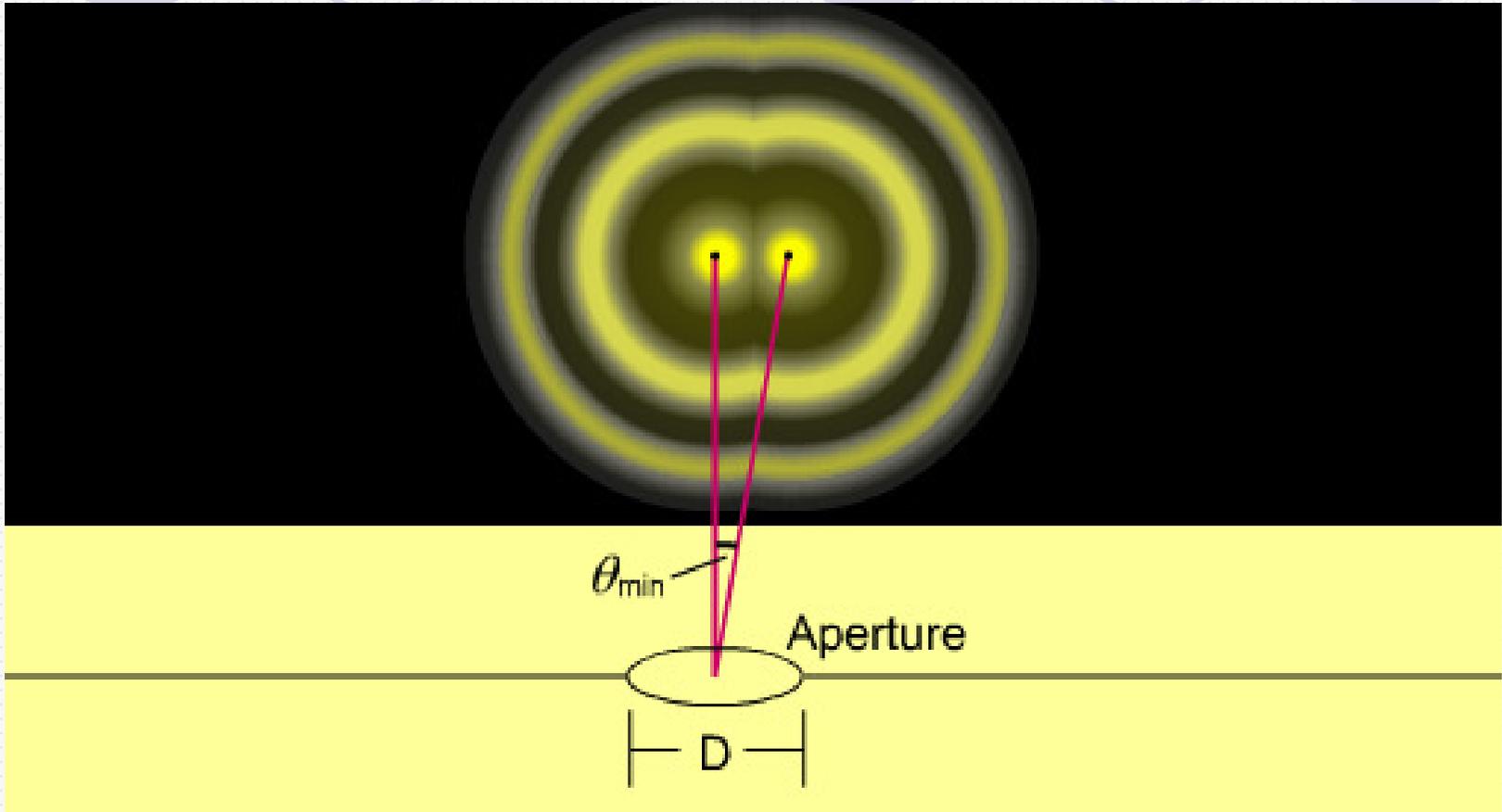


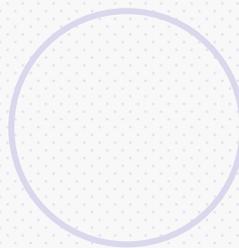
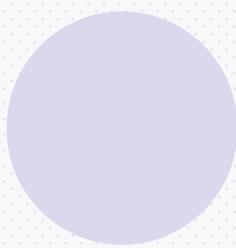
**Numerical Aperture**

$$NA = n \cdot \sin(\alpha)$$

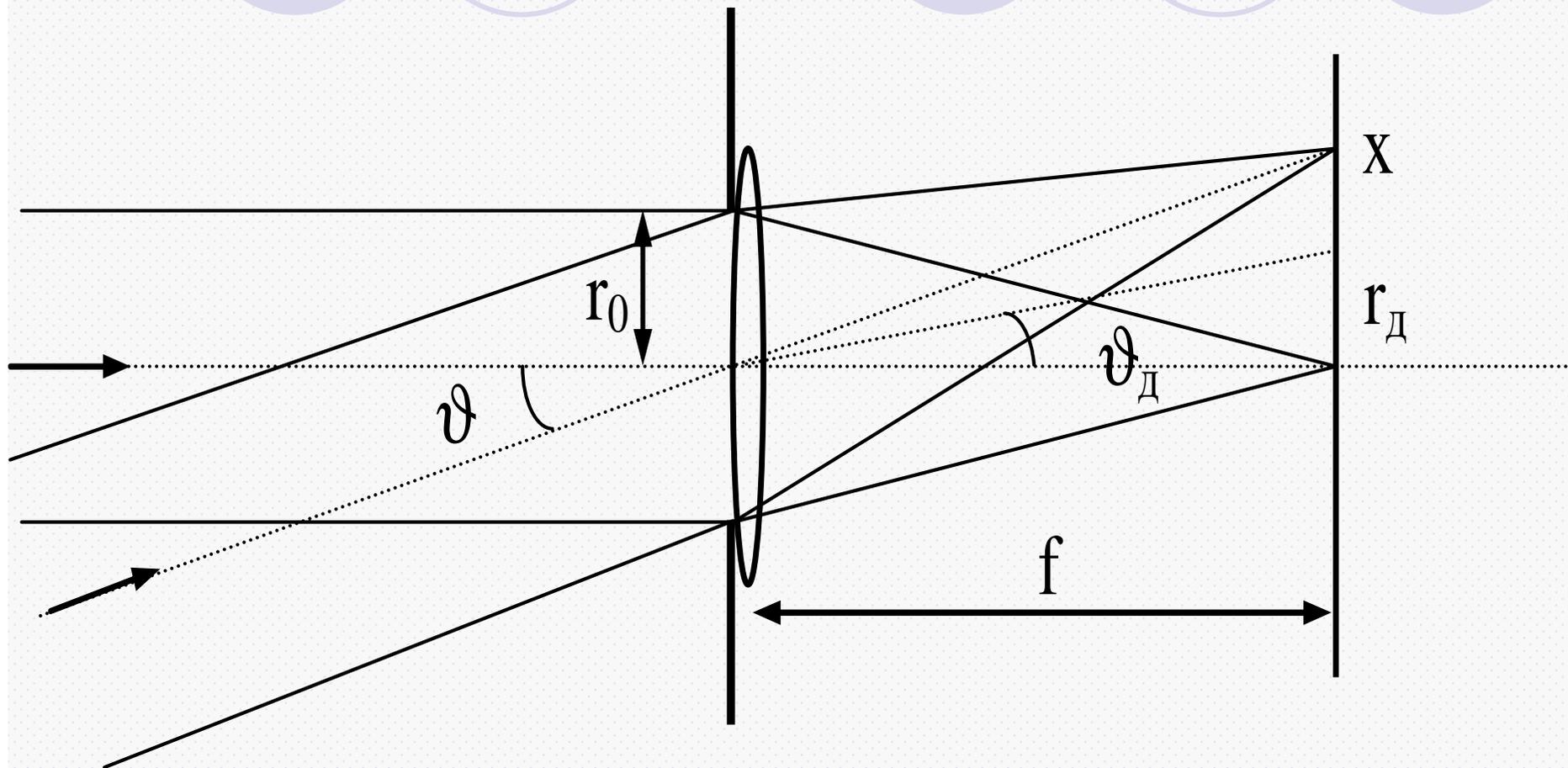
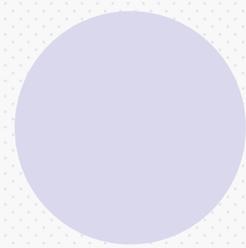
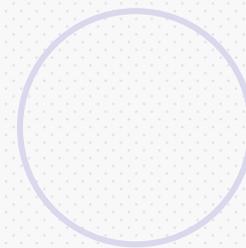
- (a)  $\alpha = 7^\circ$  NA = 0.12
- (b)  $\alpha = 20^\circ$  NA = 0.34
- (c)  $\alpha = 60^\circ$  NA = 0.87

**Figure 1**



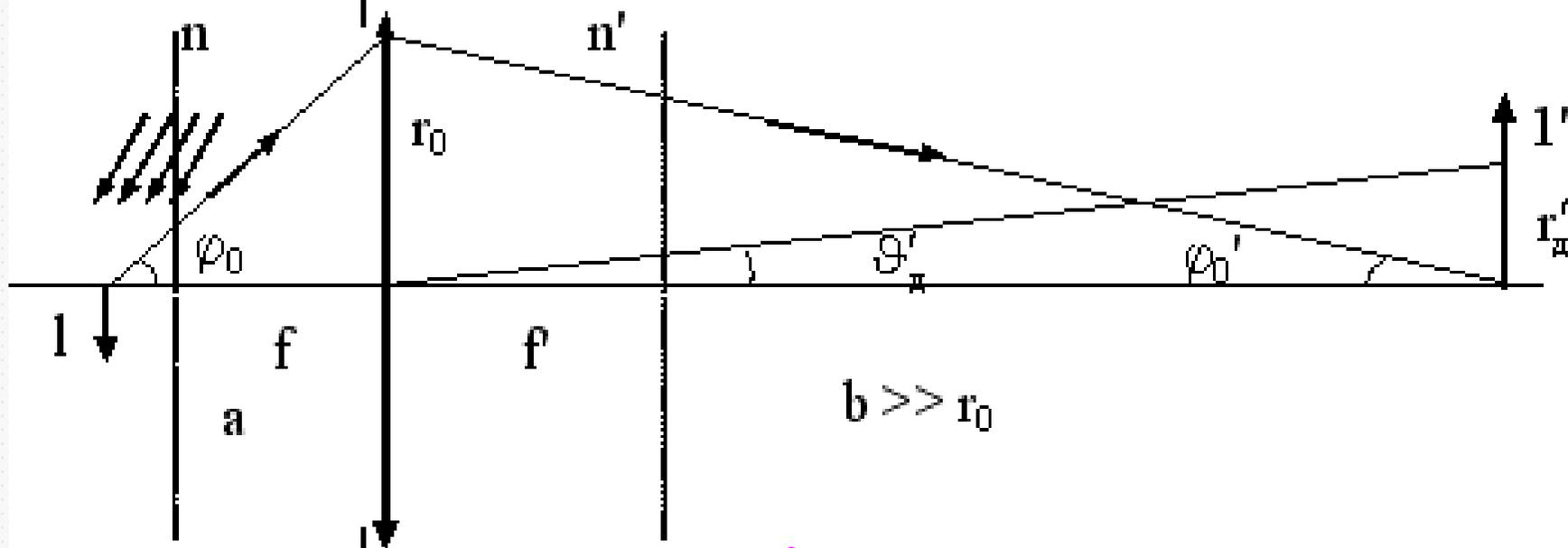


# телескоп



# Микроскоп (некогерентное освещение)

$$nl \sin \varphi_0 = n' l' \sin \varphi'_0 \geq 0.61 \lambda_0$$



$$\delta l = 0.61 \frac{\lambda_0}{n \sin \varphi_0} \quad R \equiv \frac{1}{\delta l} = \frac{n \sin \varphi_0}{0.61 \lambda_0}$$



# Когерентное освещение

Дальнее поле

Разрешение  $\lambda/2$

Размер отверстия  $a > \lambda/2$

Разрешение  $\sim a$

Размер отверстия  $a < \lambda/2$

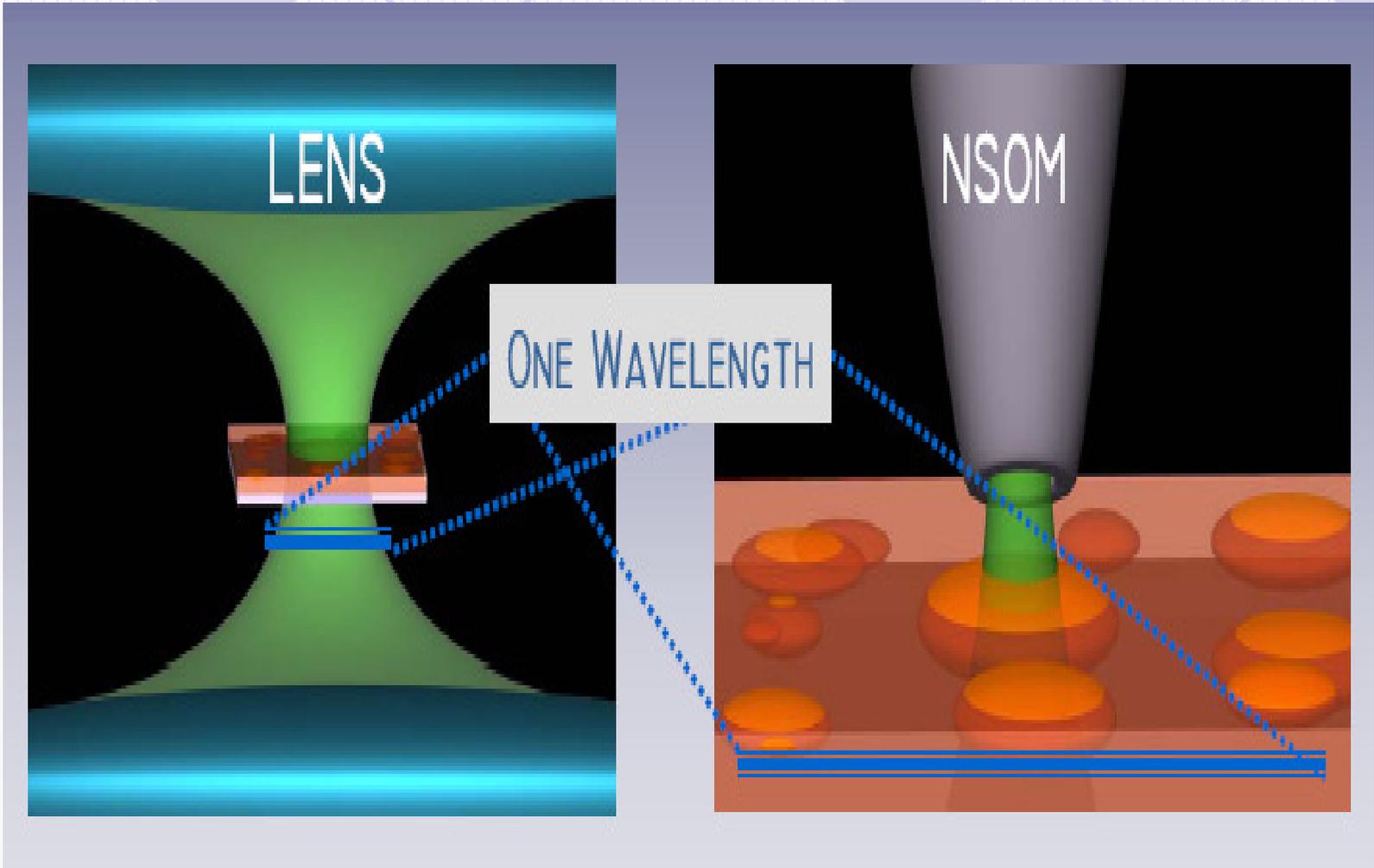
Ближнее поле

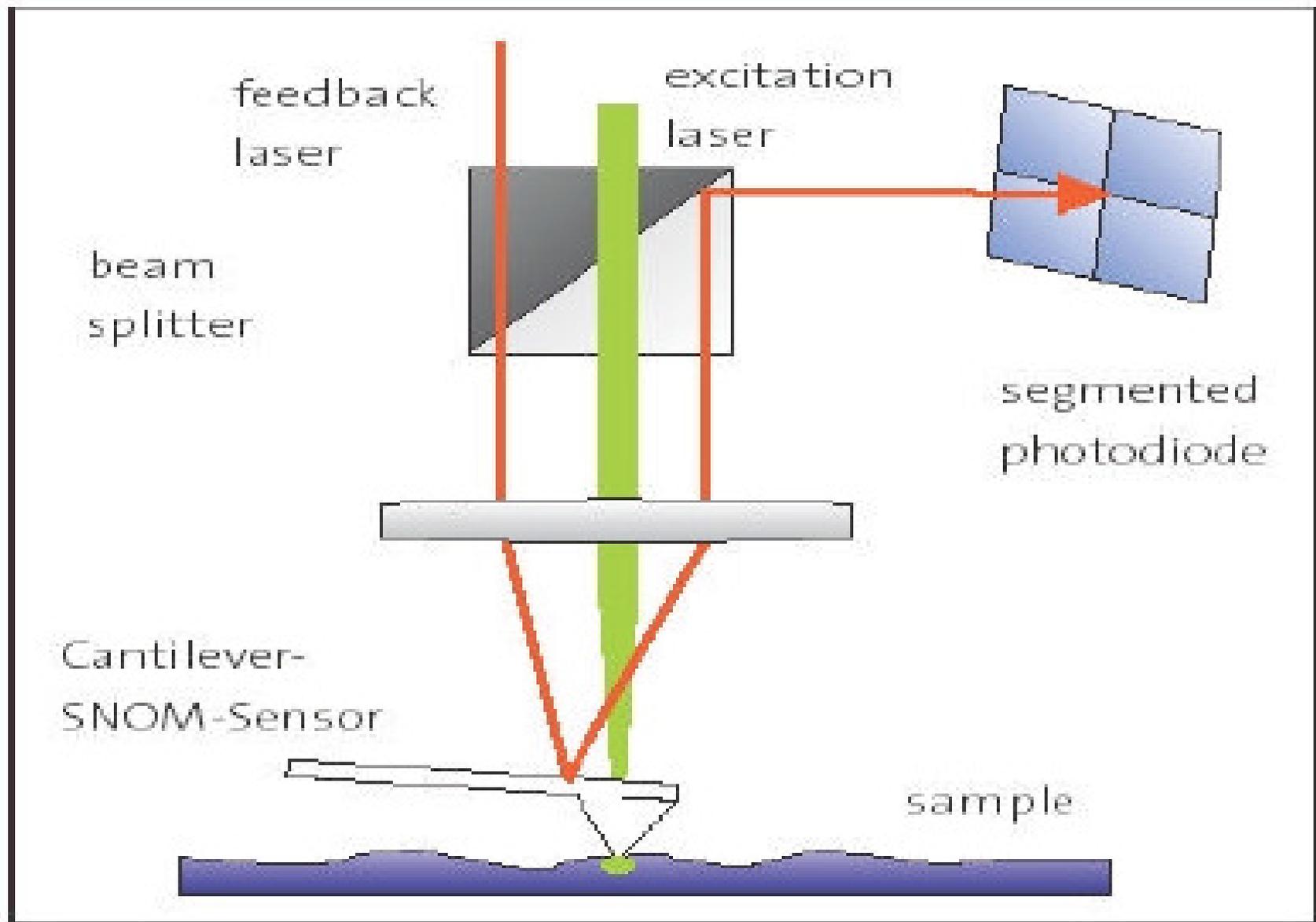


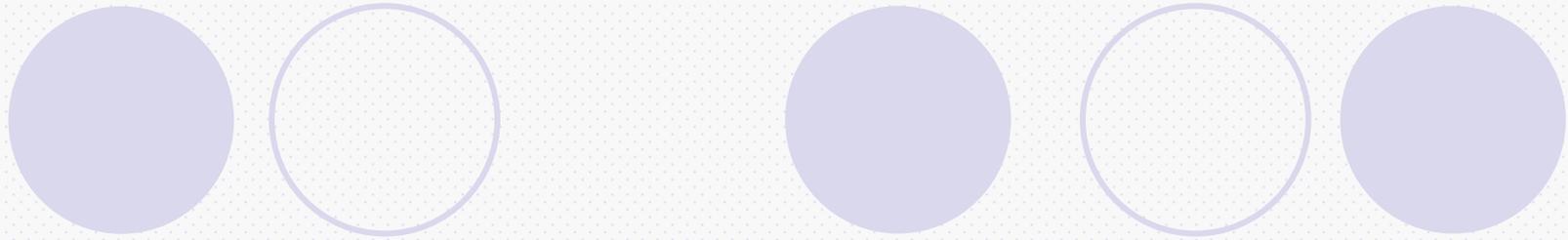


Два фундаментальных различия между ближнепольной и дальнопольной оптической спектроскопии:

- В БП микроскопии область взаимодействия намного меньше чем в ДП микроскопии
- БП микроскопия имеет супермаленькое расстояние между источником возбуждения и образцом



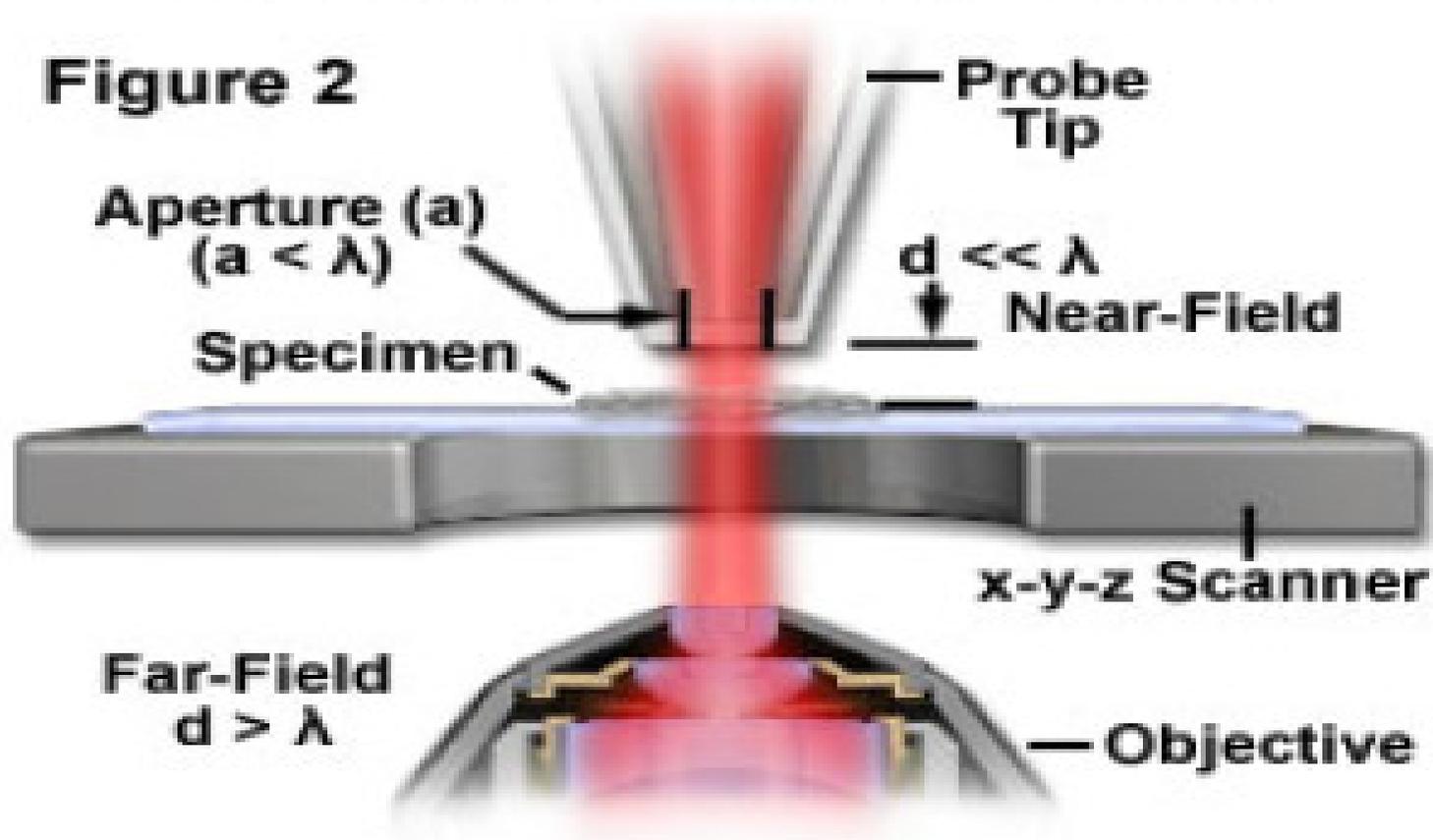




- Вместо «большого» объектива используется оптическое волокно, которое сканируется относительно поверхности
- Свет попадает в световод через его торец, размер которого меньше длины волны света
- Разрешение определяется размером торца световода (порядка 50нм)

## Near-Field Imaging Scheme

Figure 2



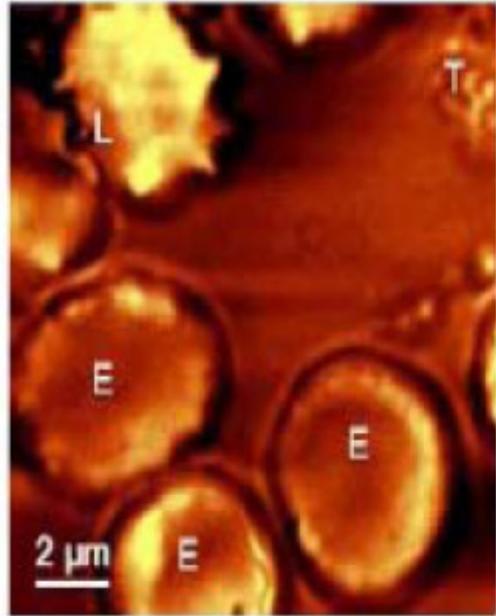


Image Microscopie  
confocale



Image SNOM

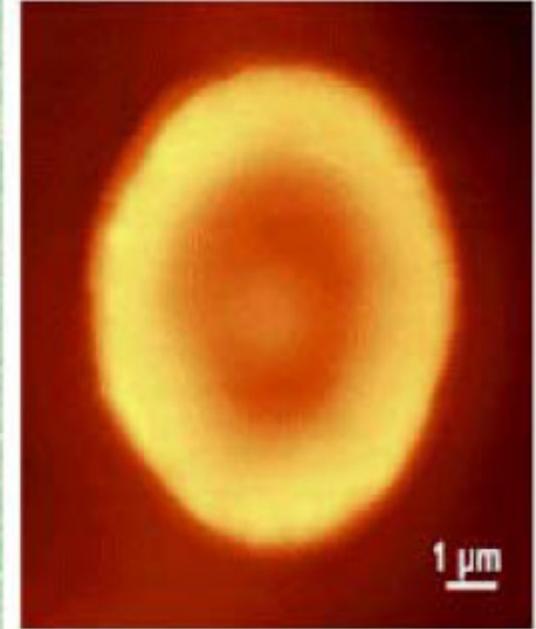


Image AFM

**Метод  
регистрации фазы  
волны и ее  
восстановление  
называется  
голографией**



**Голография**

# История голографии



Д. Габор

**1947 г. Габор** формулирует идею восстановления волнового фронта, указывает метод её осуществления, первые опыты с ртутной лампой



Э. Лейт

**1962 г. Лейт и Упатниекс** - первая объемная пропускающая голограмма, видимая в лазерном свете.

**1960-1970 гг. Юрий Денисюк.** - впервые получил отражательные голограммы, позволяющие наблюдать объемные изображения в обычном, белом свете. Практически вся современная изобразительная голография базируется на методах, предложенных Денисюком.

**1969 г. Стивен Бентон.** В 1969 г. Стивен Бентон из Polaroid Research Laboratories (США) изготовил первую «радужную» голограмму (переливающуюся всеми цветами радуги).



Ю. Упатниекс

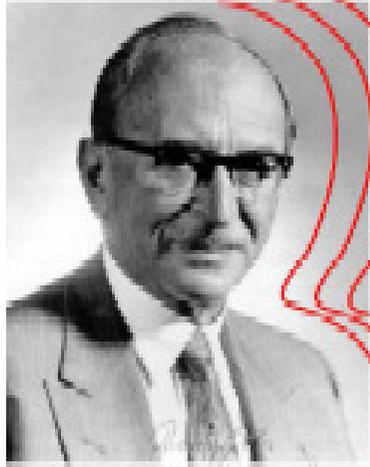
**1977 г. Ллойд Кросс** получил мультиплексную голограмму, состоящую из множества обычных фотографий объекта, снятых с множества точек зрения, лежащих в горизонтальной плоскости



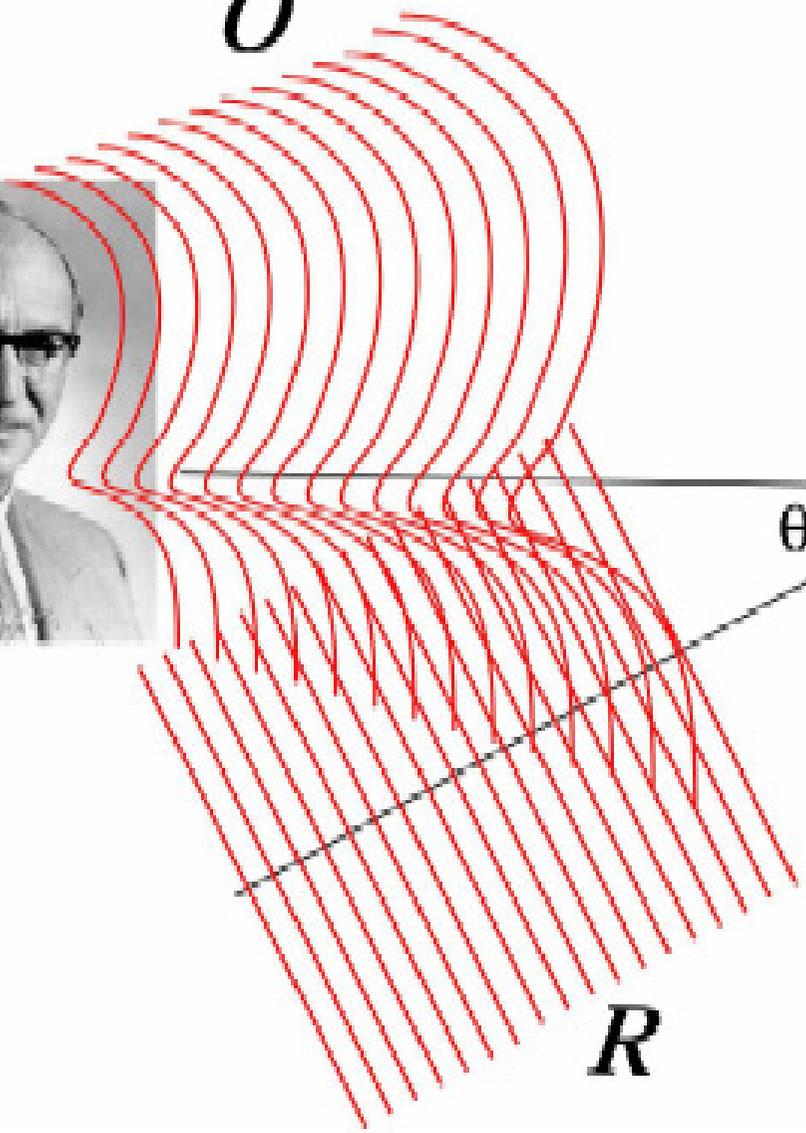
С. Бентон



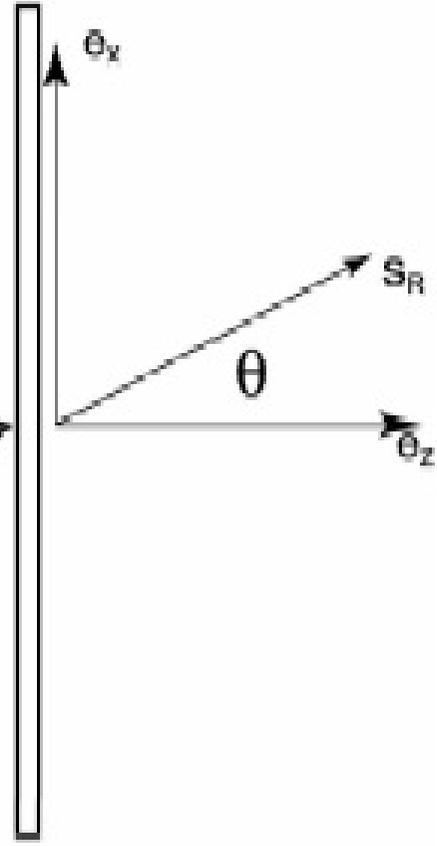
Ю.Н. Денисюк



*O*



*R*



Hologram

$$I \propto E_0^2 a^2 - E_0 \gamma a_n^2(x, y) - E_0 \gamma a_0 a_n(x, y) \exp(-i\alpha x) \exp(-i\Phi(x, y)) - E_0 \gamma a_0 a_n(x, y) \exp(i\alpha x) \exp(i\Phi(x, y))$$

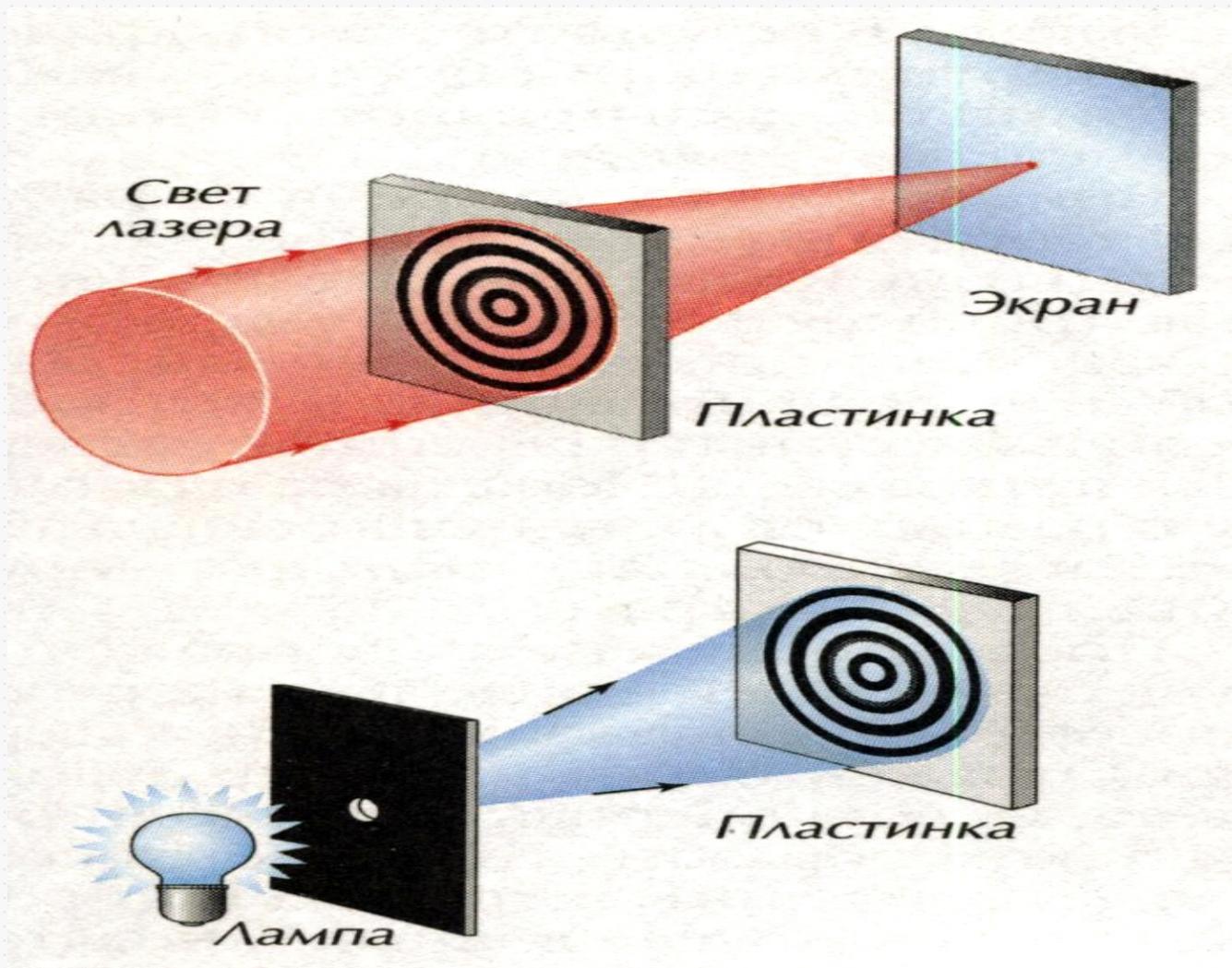
Плоская волна  
вдоль  
падающей  
**Информацию  
об объекте не  
несет**

Волновое поле  
промодулирован  
ное по  
амплитуде  
Объектом  
**Информация о  
фазе  
отсутствует**

полностью  
описывает  
распределени  
е амплитуды и  
фазы от  
объекта  
**Действитель  
ное  
изображение**

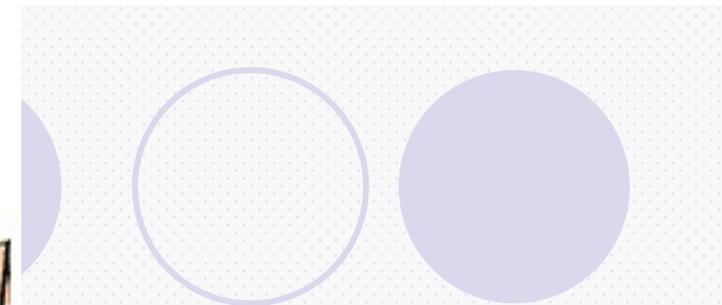
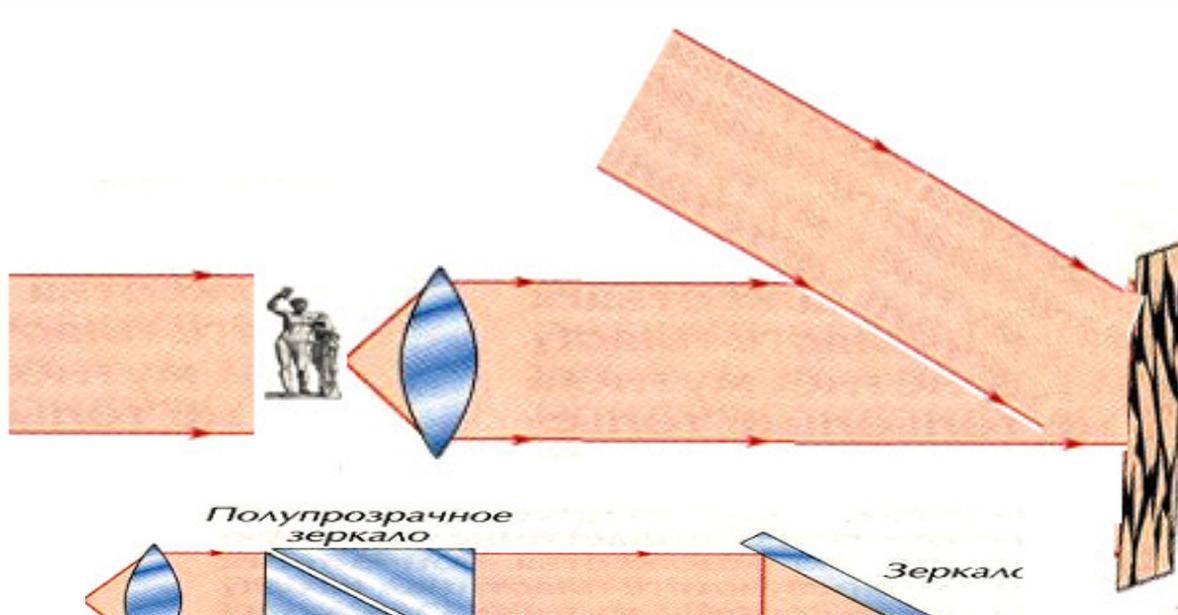
полностью  
описывает  
распределение  
амплитуды и  
фазы от объекта  
**Мнимое  
изображение**

# Голограмма точки

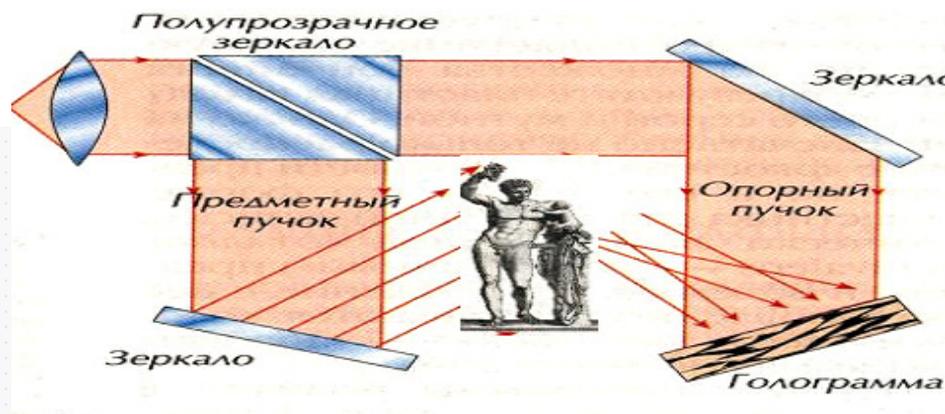


# Классификация голограмм

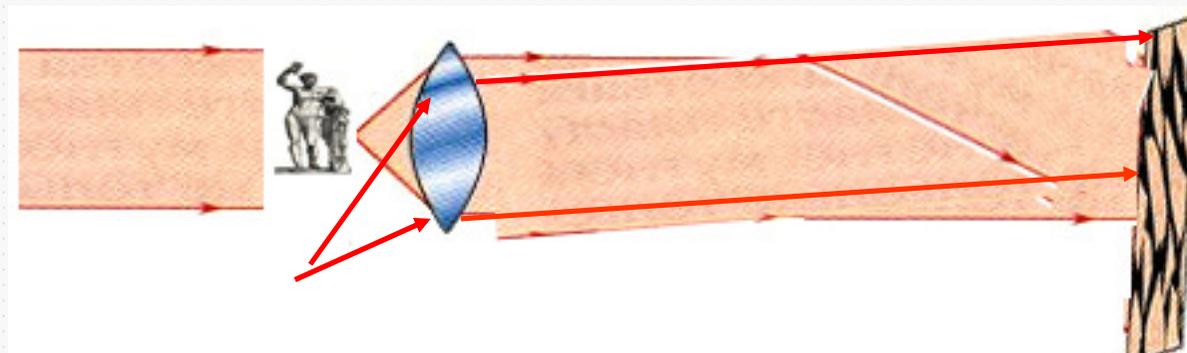
- По методам формирования объектной и опорной волн
- Способу записи интерференционной картины



Фраунгофера



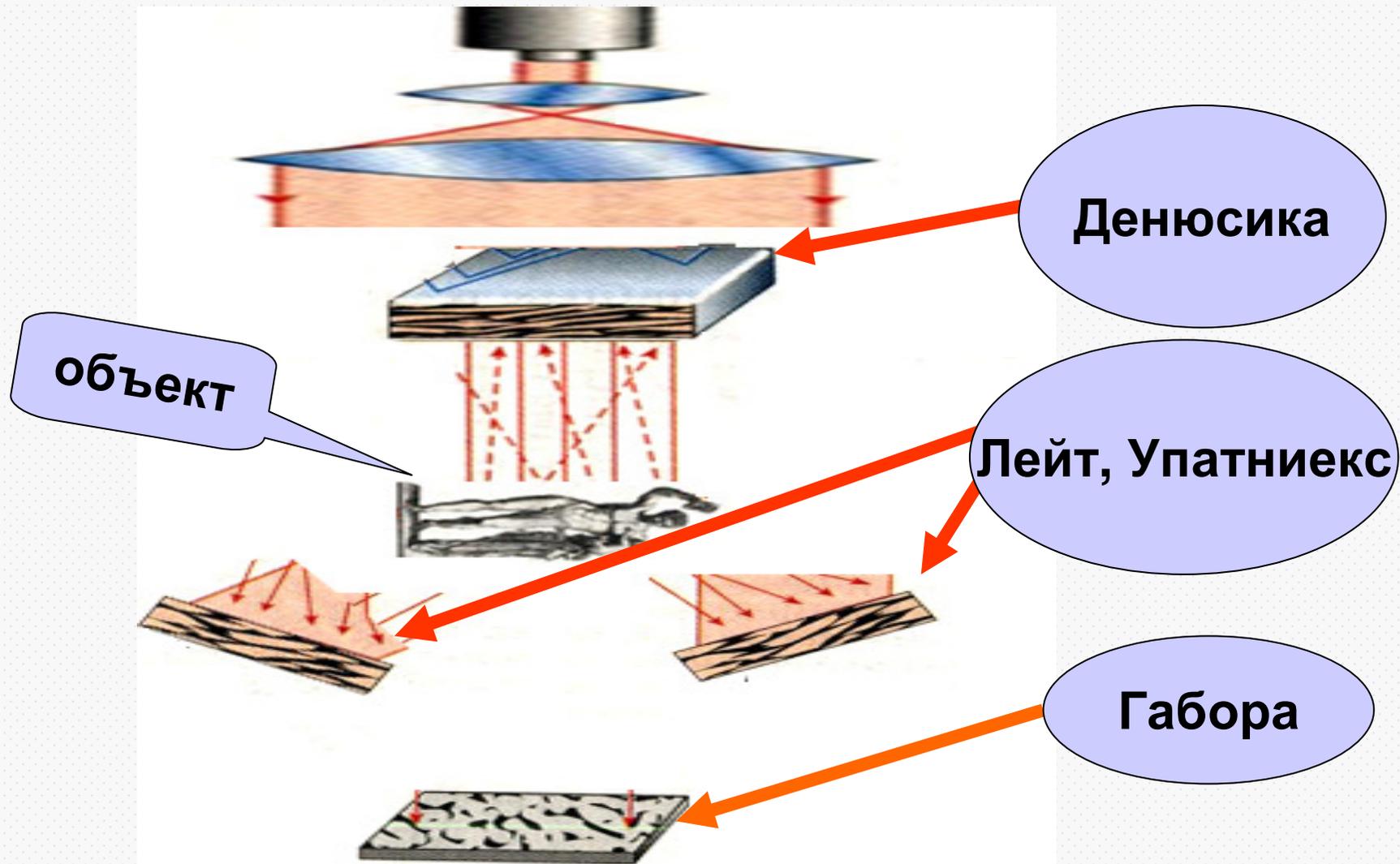
Френеля



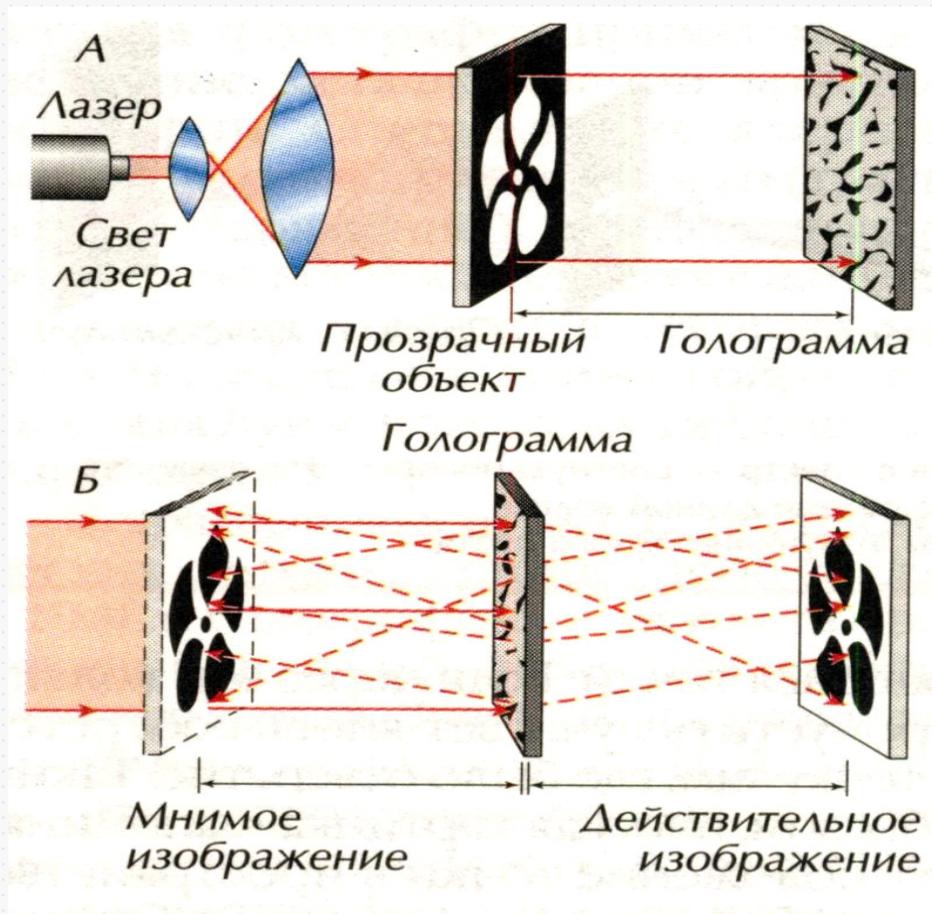
Фурье

# Классификация

(основные схемы записи голограмм)



# Создание голограммы «по Габору»



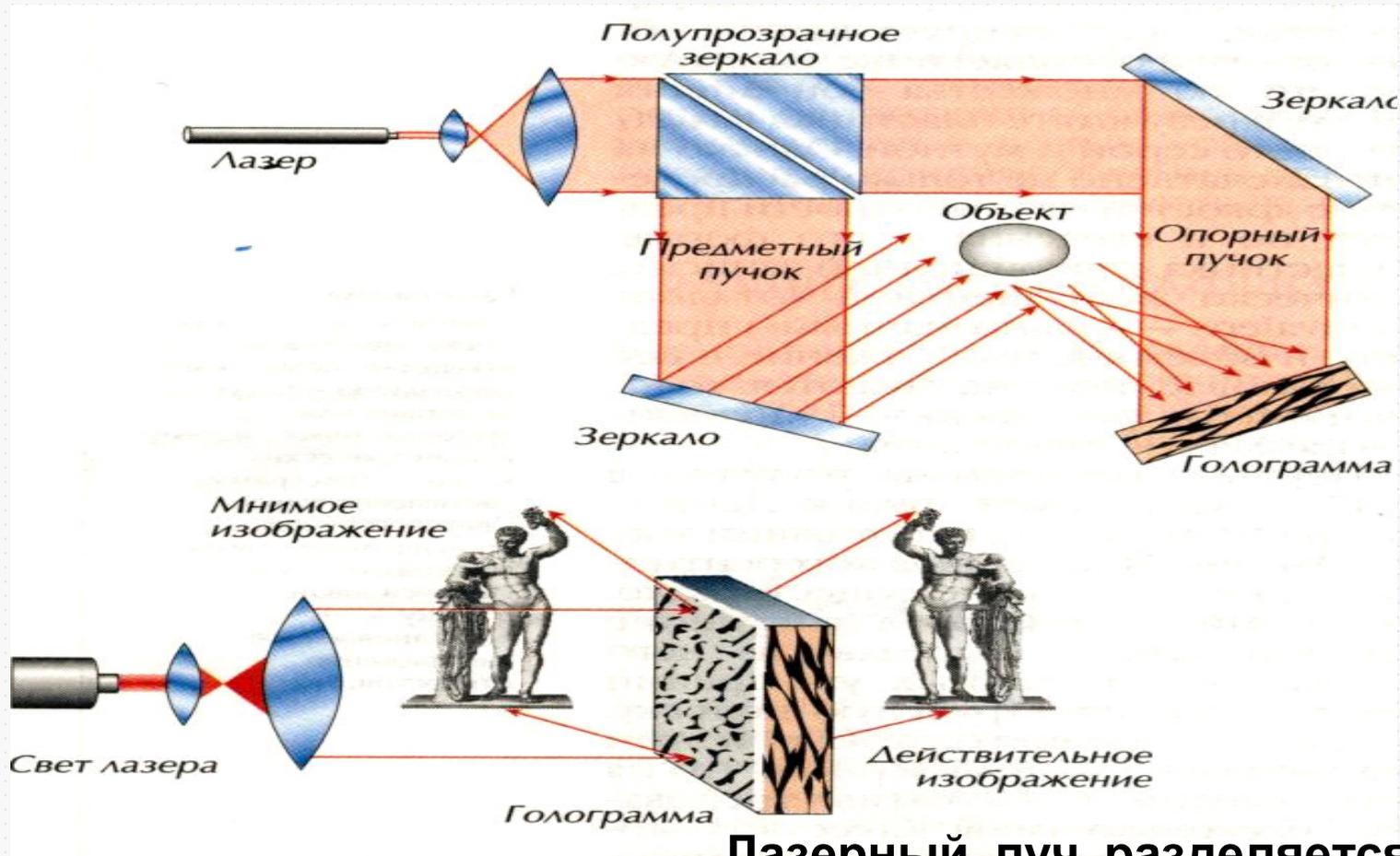
## Принцип записи и восстановления голограммы «по Габору».

**А.** Пучок лазерного света проходит сквозь прозрачный объект.

**Б.** Голограмма, освещенная лазером, даёт сразу два изображения - перед пластинкой и за нею.



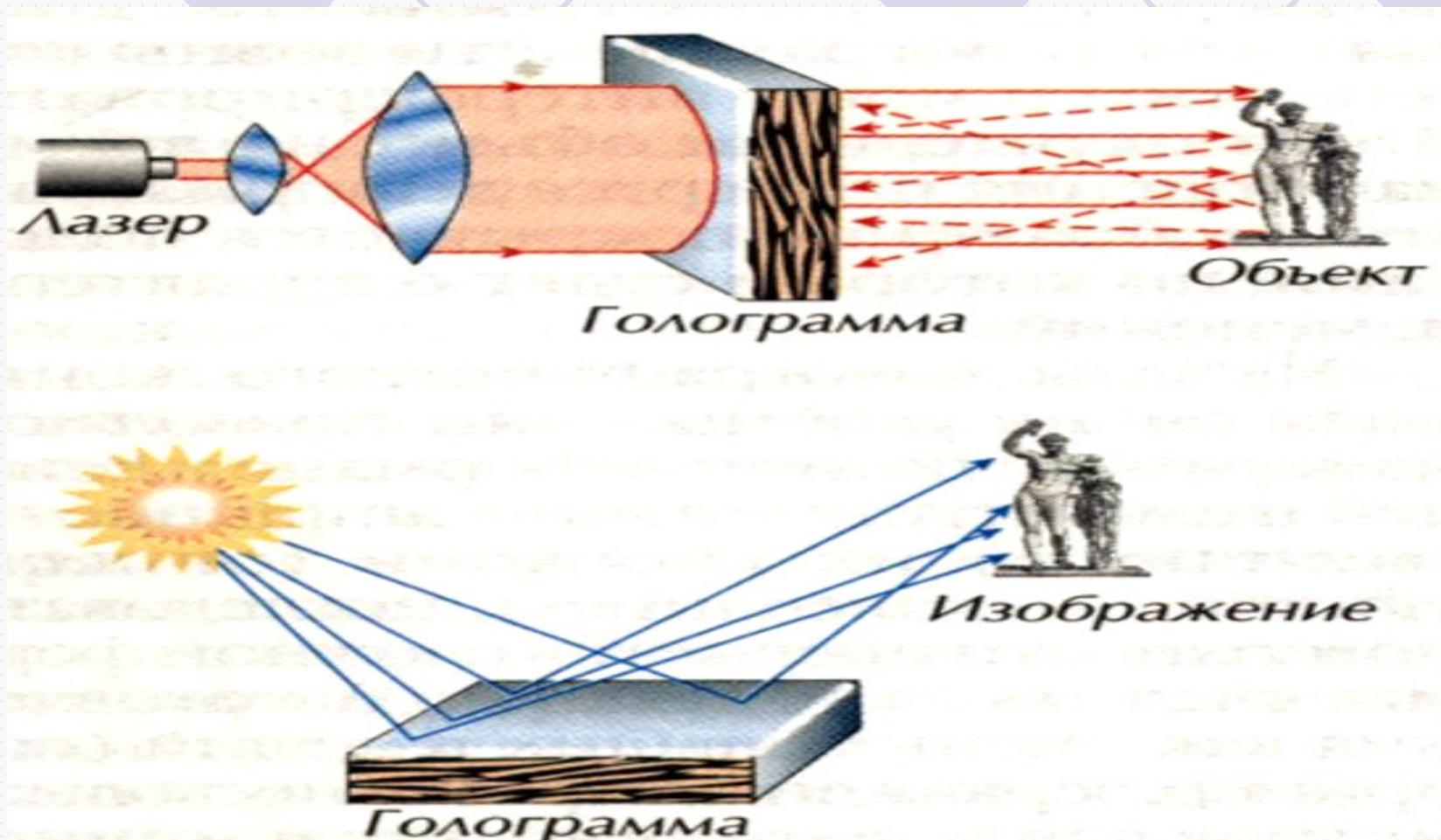
# Принцип получения голограммы (Уайт, Упатниекс)



Лазерный луч разделяется на два пучка – предметный и опорный.

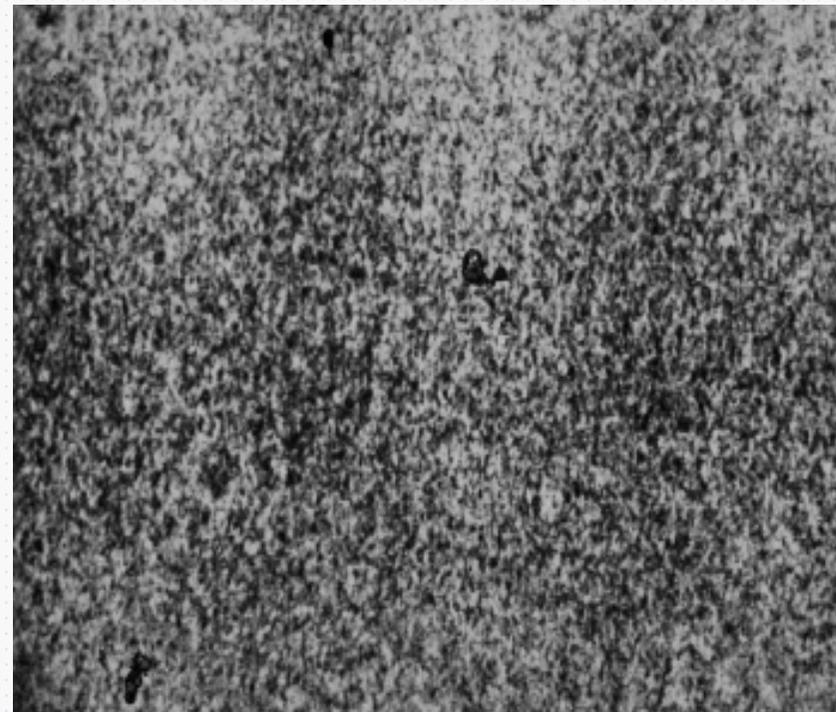
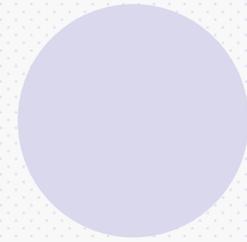
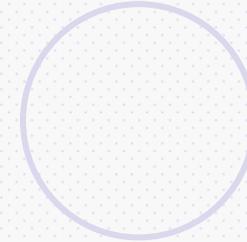
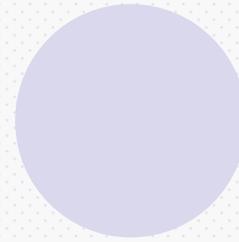
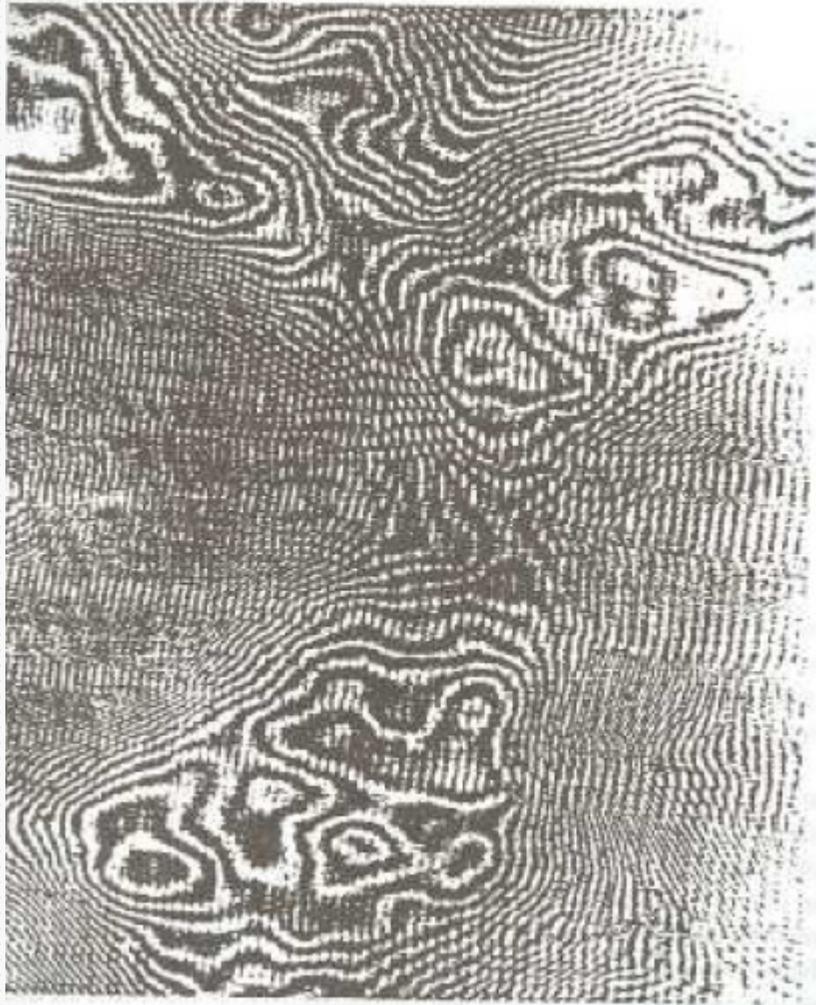


## Голограмма «по Денисюку»



Голограммы «по Денисюку» получают в толстом слое фотографической эмульсии. Эти голограммы можно рассматривать в солнечном свете.

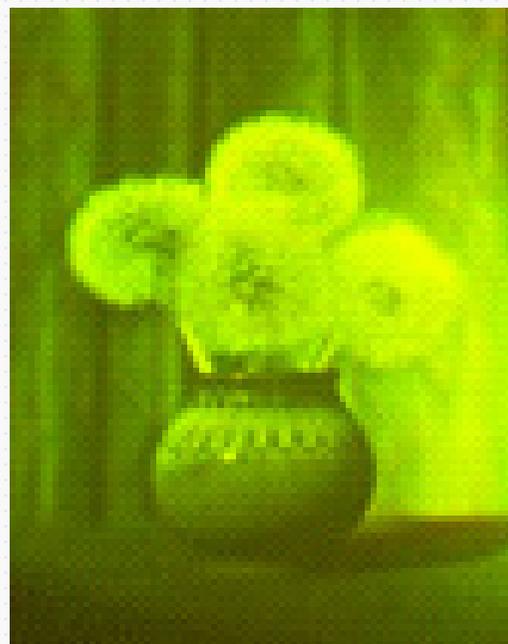




# Объёмные голограммы



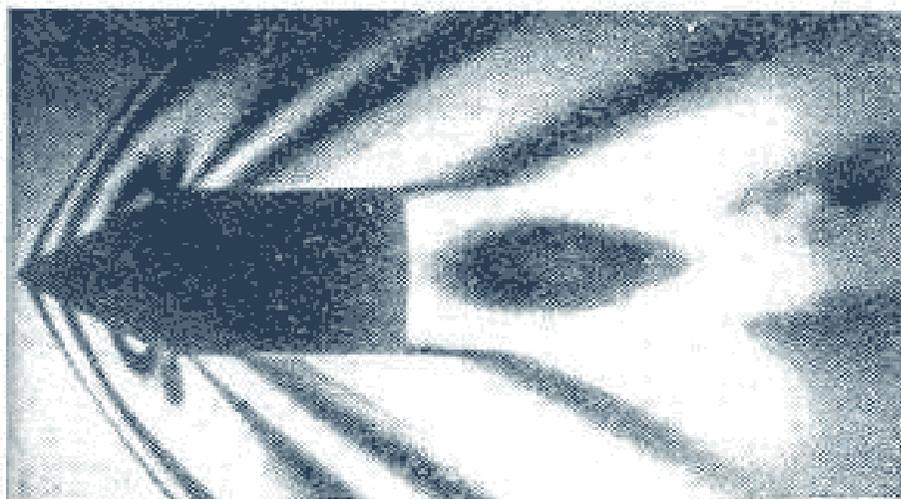
**Одноракурсная  
голограмма**



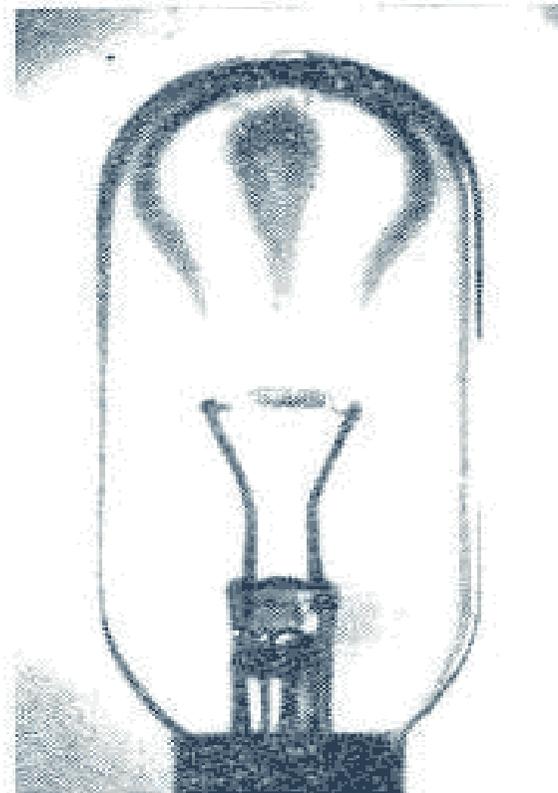
**Двухракурсная  
голограмма**

# Применение голографии

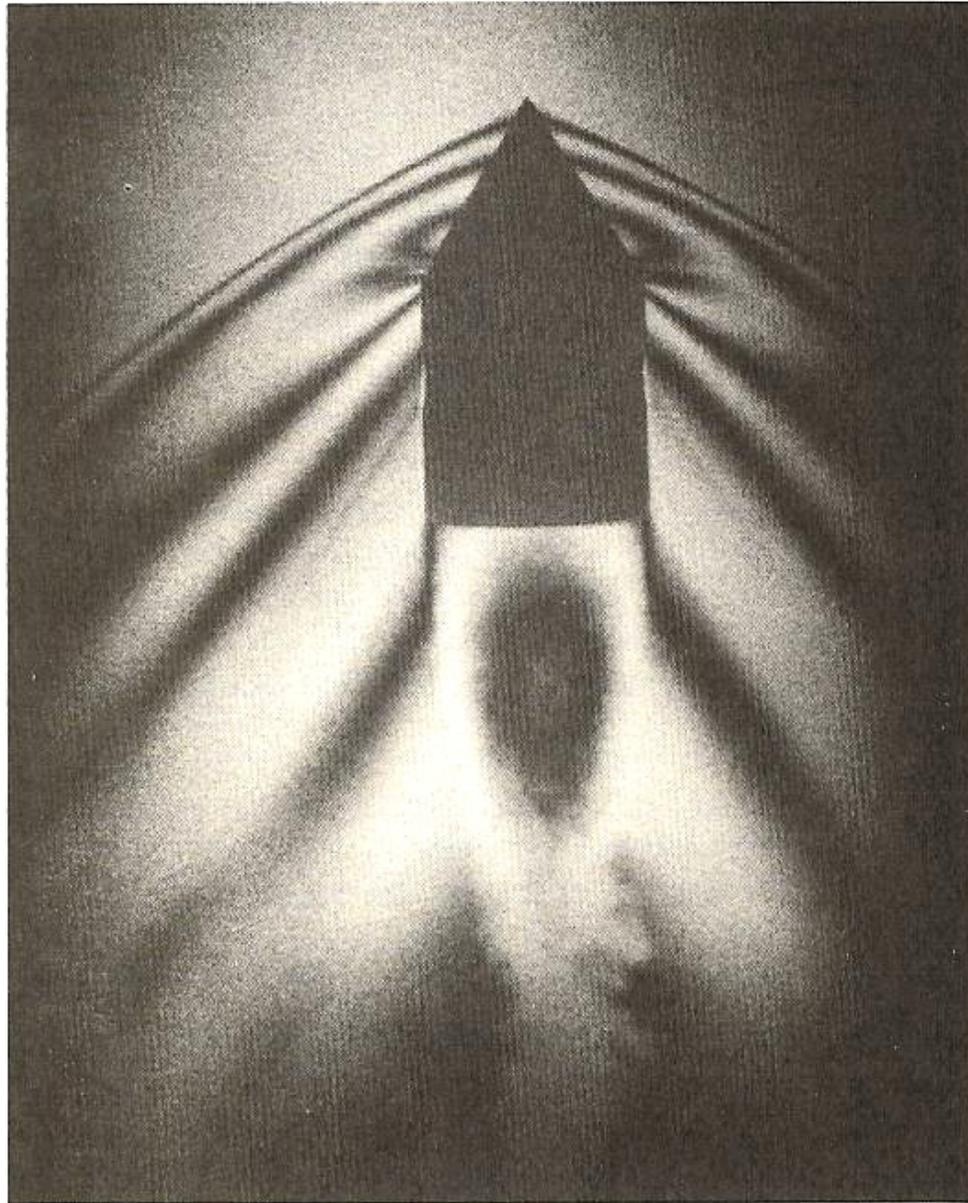
*Голографическая интерферометрия*



***a***



***b***



**Figure 10-10** Photograph of the images obtained in a doubly exposed hologram of a bullet. The first exposure, before the bullet arrived, provided the comparison wave [10-20].



FIG. 31. Double exposure holographic interferogram of two views of a car tire showing clearly the local separation that has occurred between various plies (courtesy of G. C. O., Inc., Ann Arbor, Michigan.)

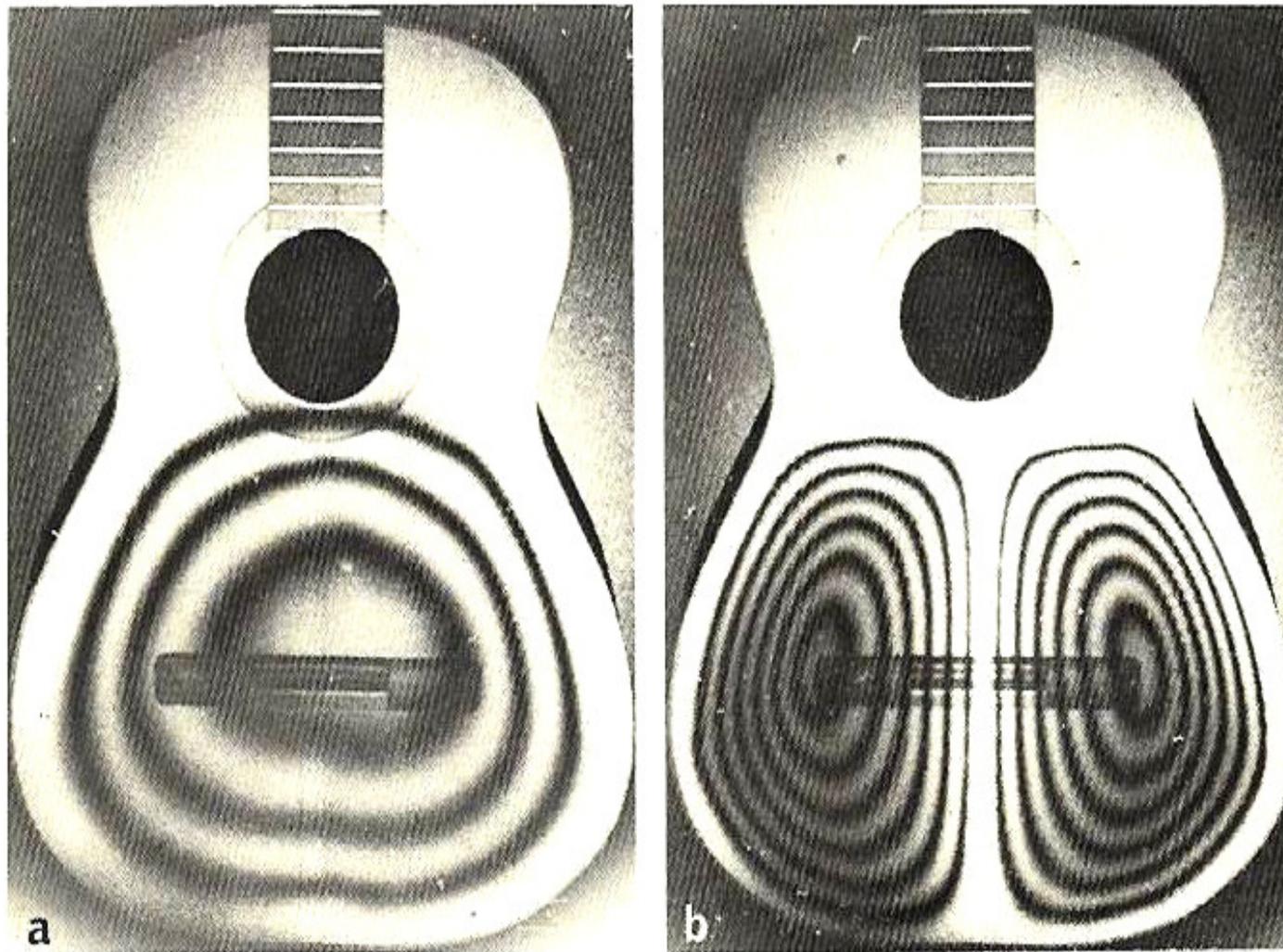
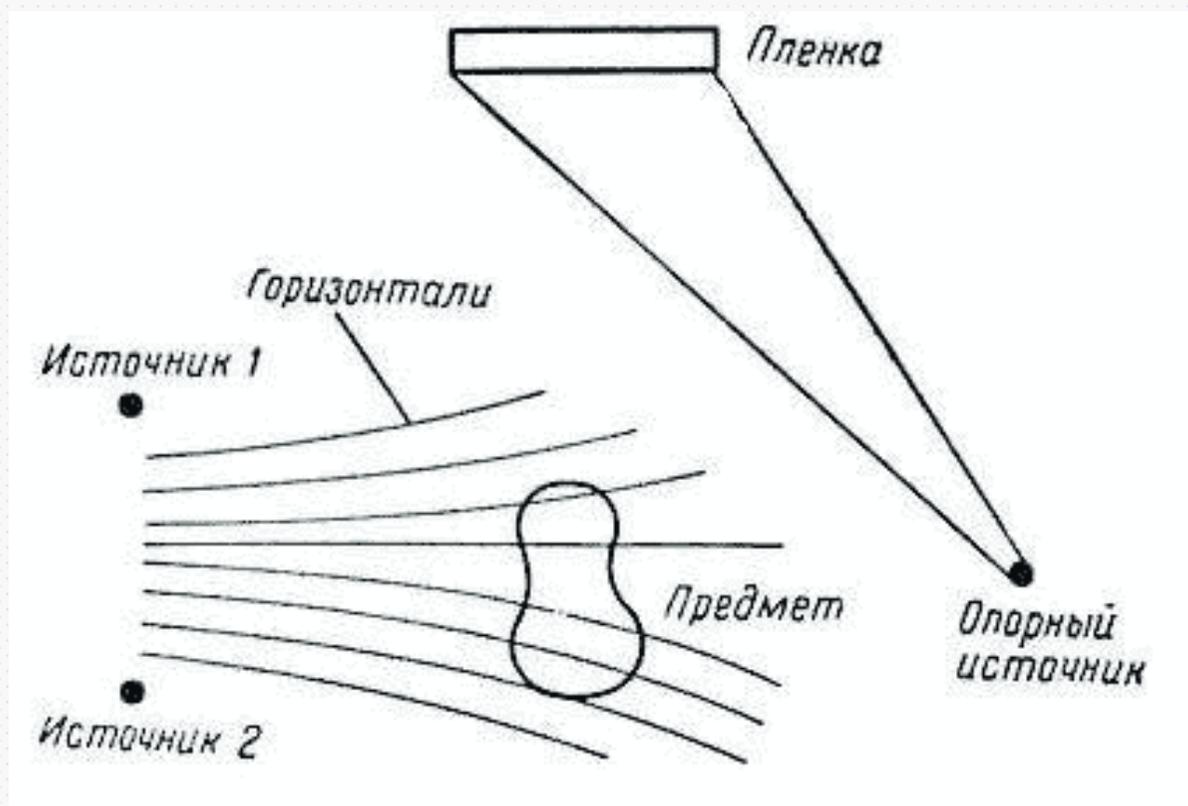


FIG. 15.7. Photographs of images of a vibrating guitar generated by time-average holograms: (1) 185 Hz, (b) 285 Hz. The fringes are characteristic of the first two vibration modes of a guitar made by Georg Bolin, Stockholm. The holograms were recorded by N. E. Molin and K. A. Stetson at the Institute of Optical Research, Stockholm, Sweden.

# Применение голографии

*Объёмное изображение  
высокого качества.*

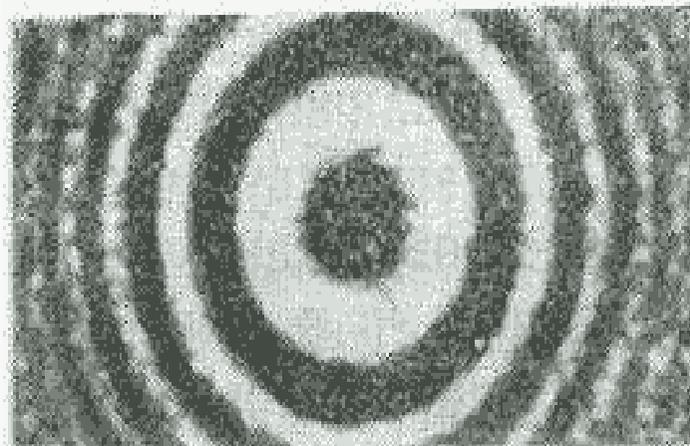


# Применение голографии

*Голографические оптические элементы.*

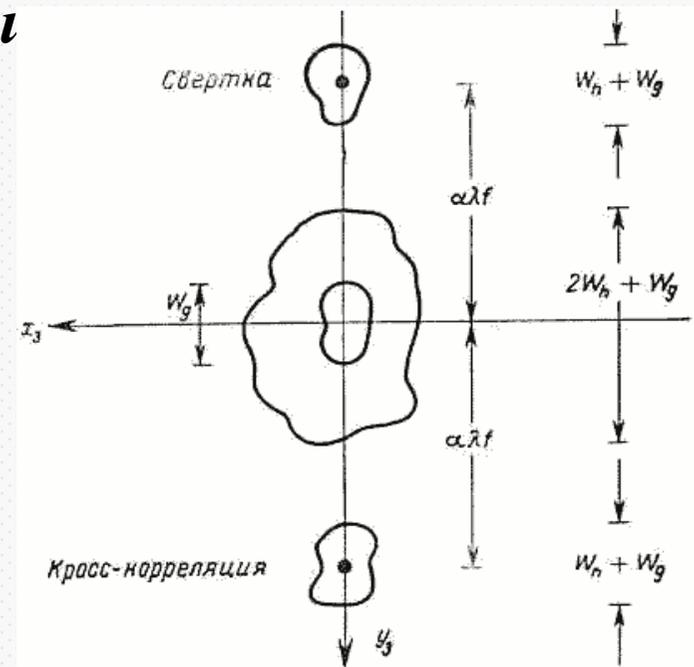
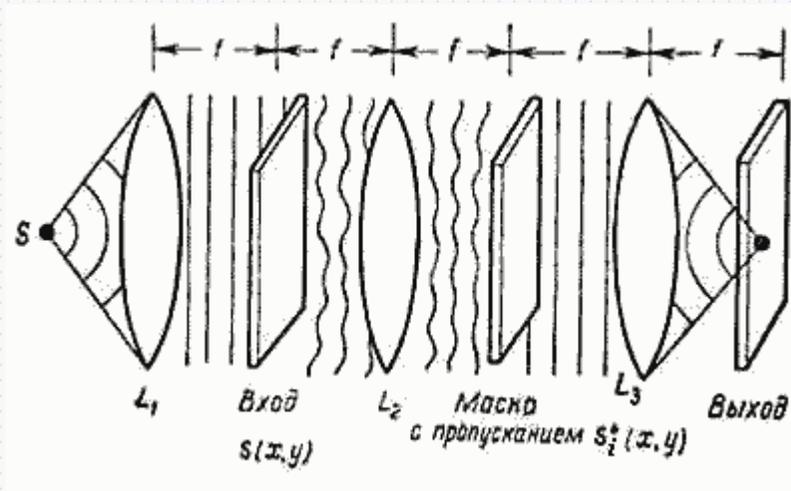


Профиль рельефа поверхности  
отражающей фазовой голограммы



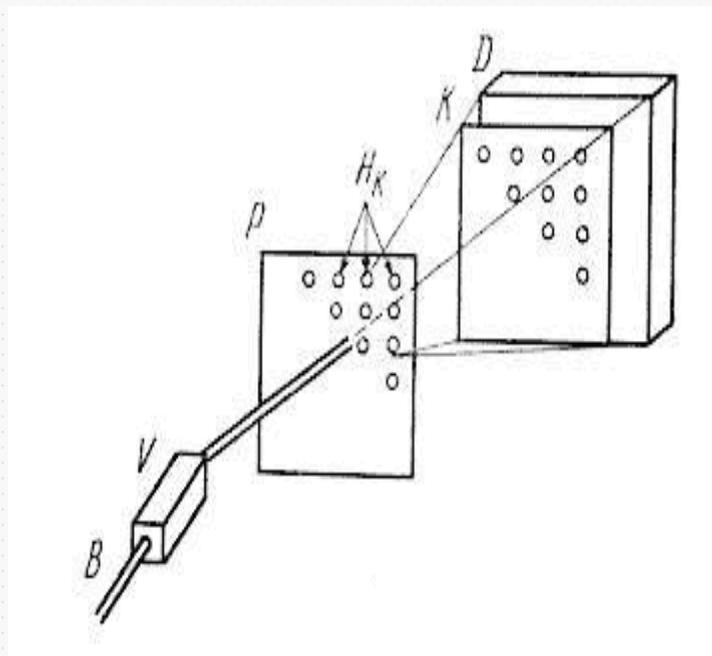
# Применение голографии

## Голографическая обработка информации

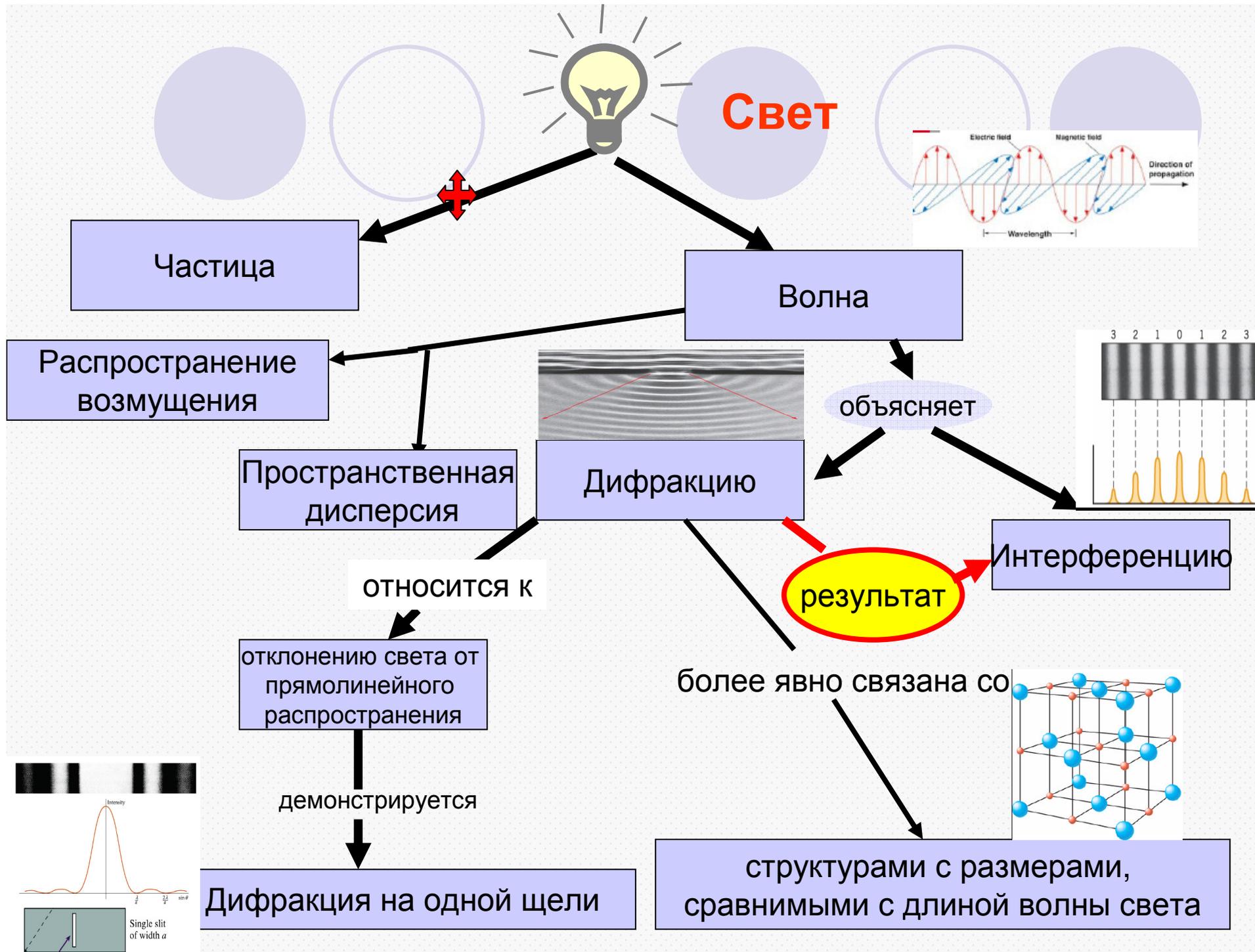


# Применение голографии

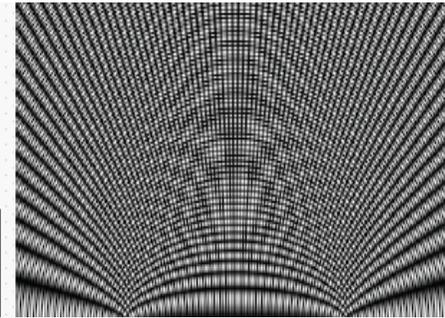
## *Системы голографической памяти.*

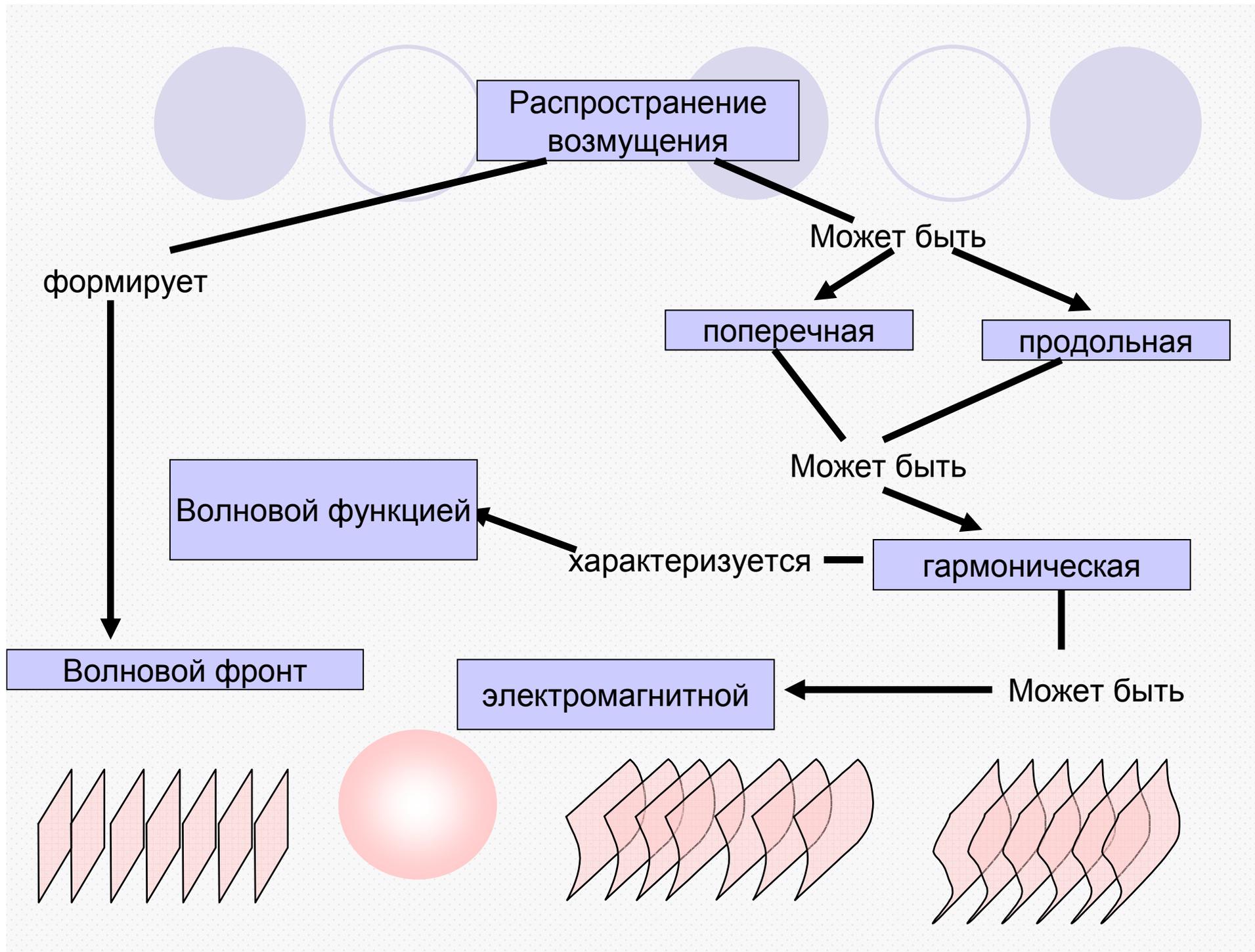


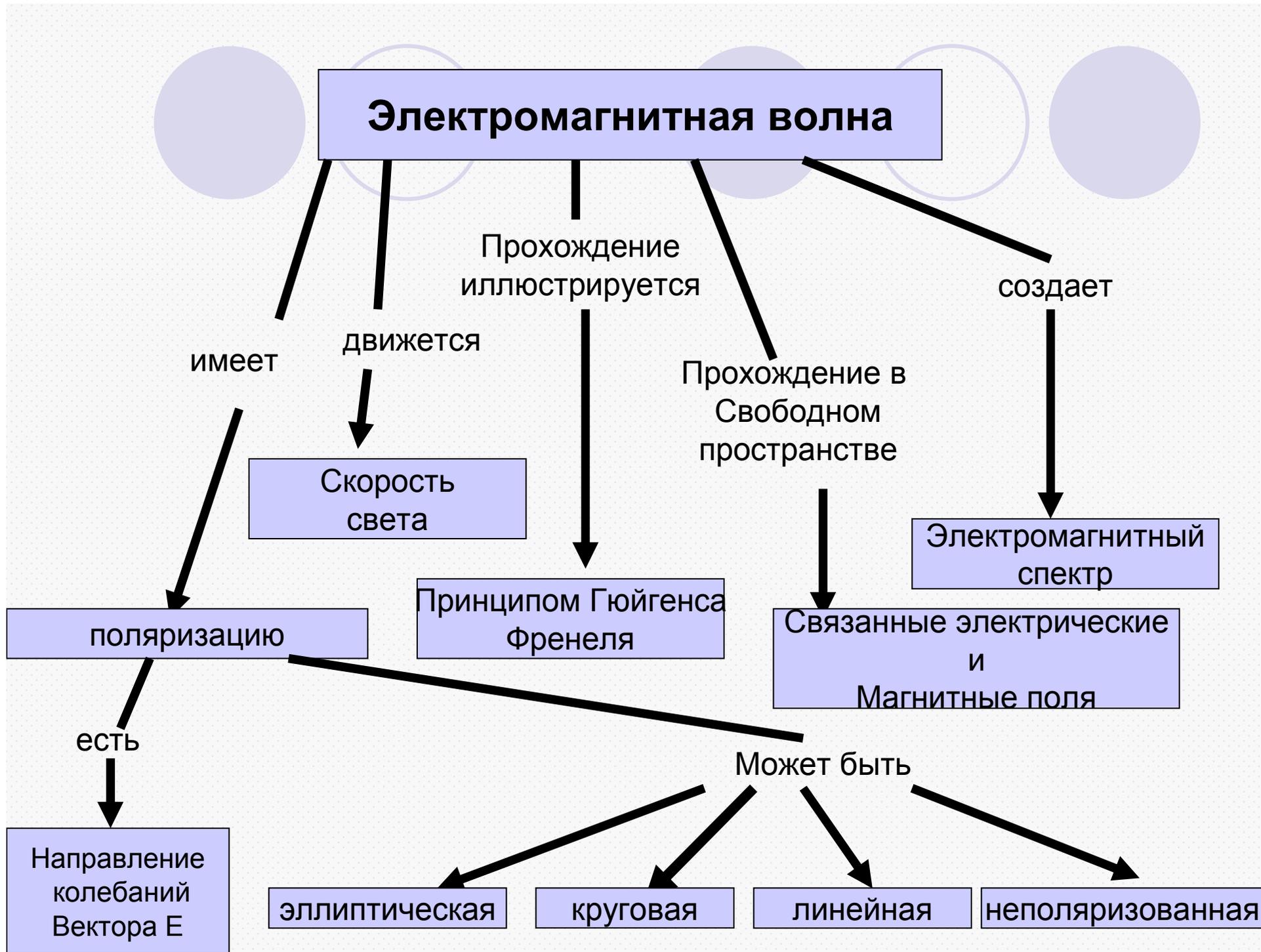
На рис. 1 приведена схема считывания информации с голограммы, построенной из расчёта одного фотоприёмника на один бит.



# интерференция







# Электромагнитная волна

имеет

движется

Прохождение  
иллюстрируется

Прохождение в  
Свободном  
пространстве

создает

Скорость  
света

Принципом Гюйгенса  
Френеля

Связанные электрические  
и  
Магнитные поля

Электромагнитный  
спектр

поляризацию

есть

Может быть

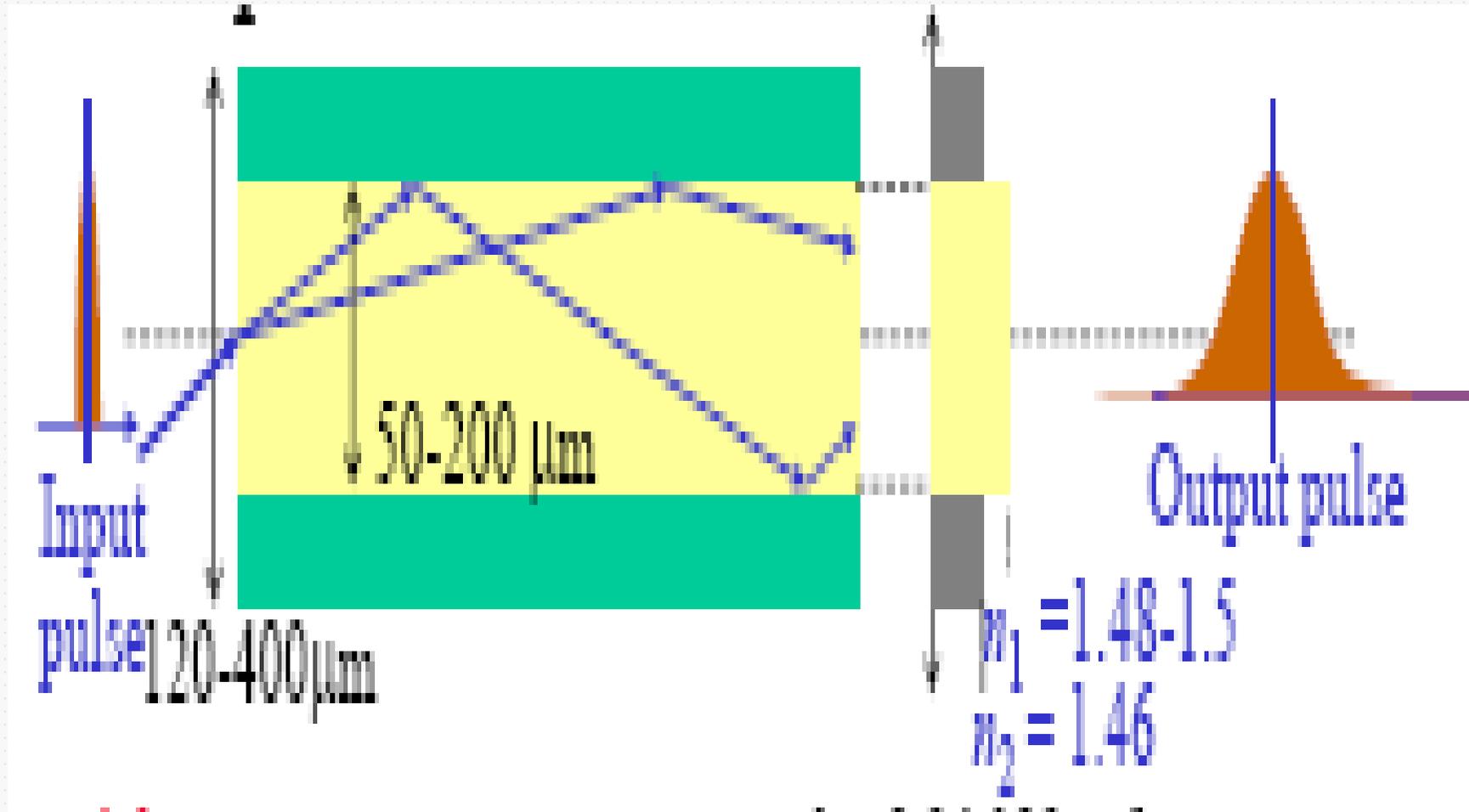
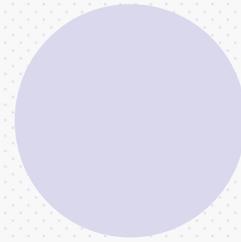
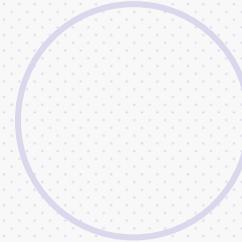
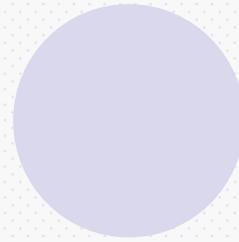
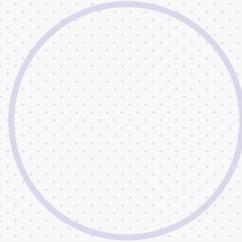
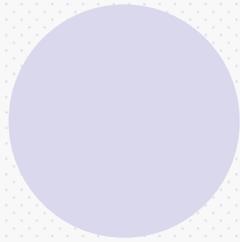
Направление  
колебаний  
Вектора E

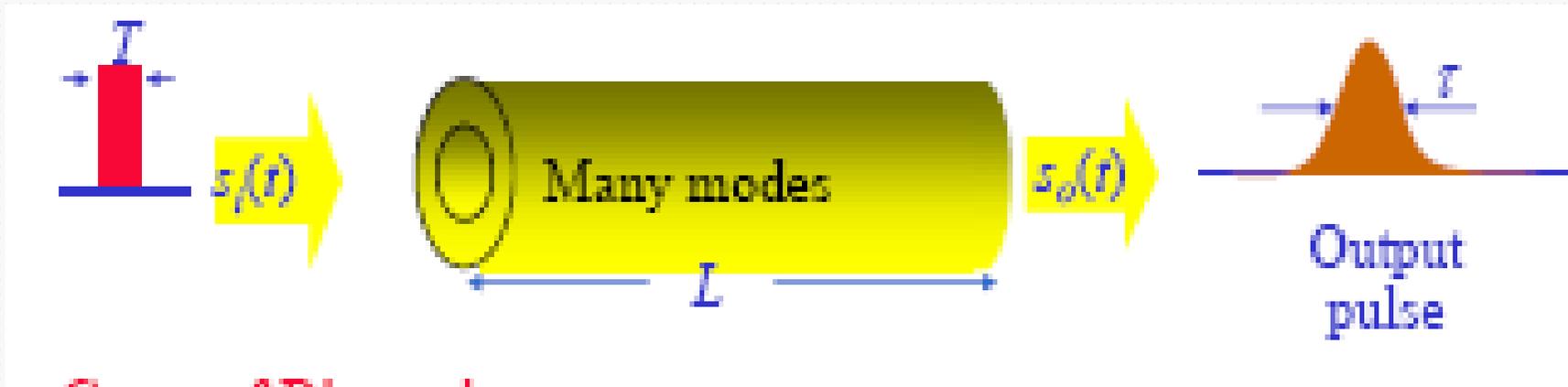
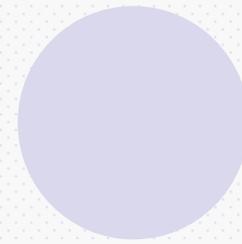
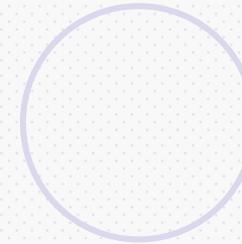
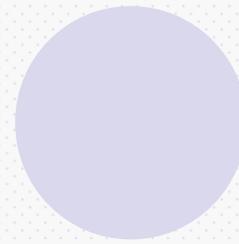
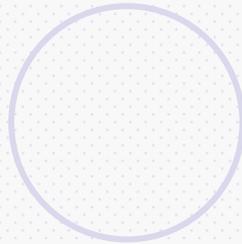
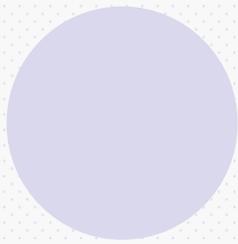
эллиптическая

круговая

линейная

неполяризованная





# Оптика

Волновая оптика

Молекулярная оптика

Элементы  
квантовой  
оптики

# Молекулярная оптика

**Распространение  
Света в  
анизотропных  
средах**

**Рассеяние  
света**

**Дисперсия  
света**

**Оптические  
явления на  
Границе раздела  
Изотропных  
сред**

