

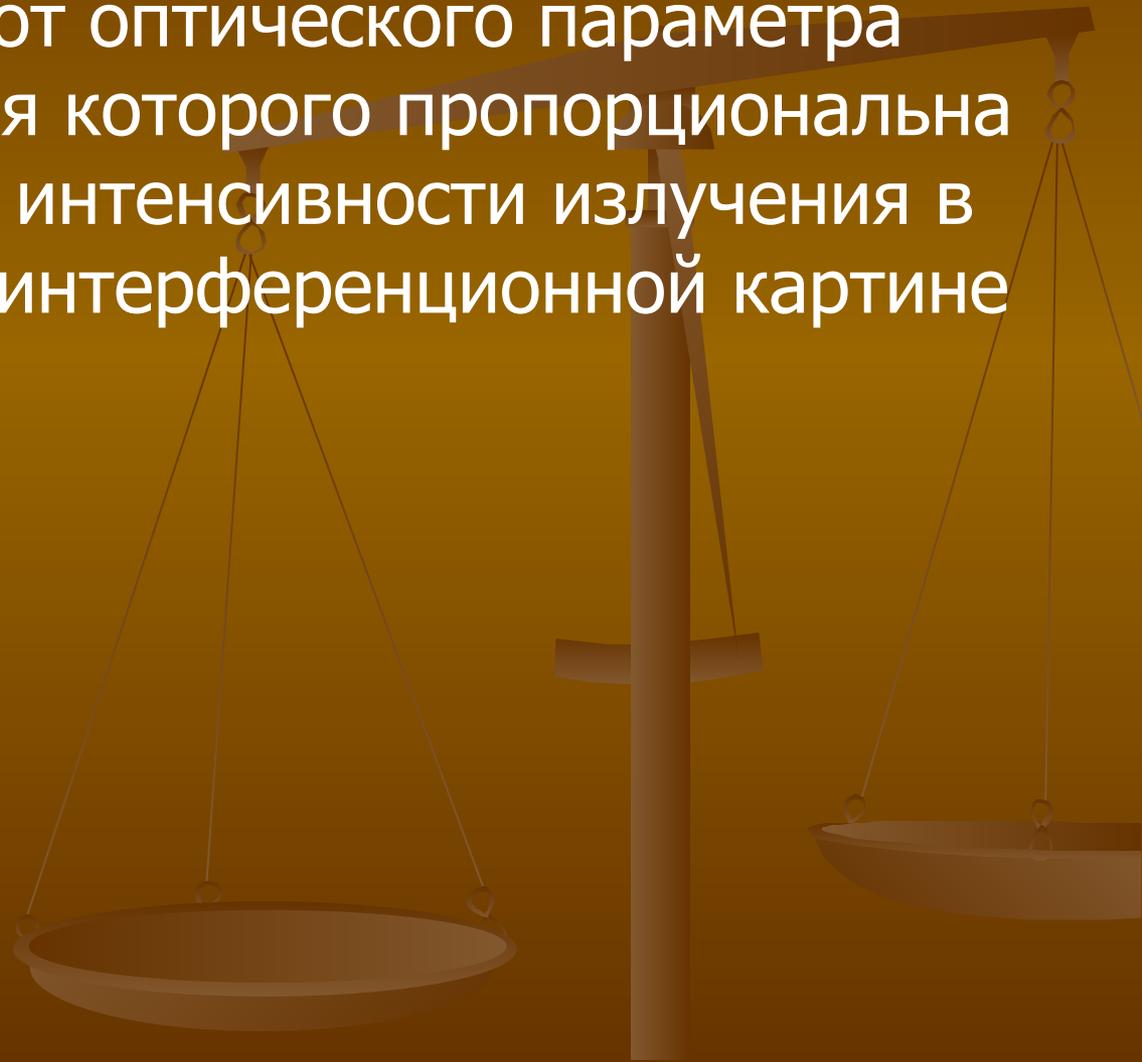
# ПРИКЛАДНАЯ ГОЛОГРАФИЯ

## Лекция 6

лектор: О.В. Андреева

# ТИПЫ ГОЛОГРАММ

в зависимости от оптического параметра среды, модуляция которого пропорциональна распределению интенсивности излучения в регистрируемой интерференционной картине



# Амплитудная голограмма

голограмма, дифракция излучения на которой обусловлена изменением коэффициента поглощения среды

## Максимальная дифракционная эффективность амплитудной голограммы

	Двумерная	Трёхмерная	
Тип решетки	Пропускающая	Пропускающая	Отражательная
Синусоидальная	6,25%	3,7%	7,2%
Прямоугольная	10%	25%	60%

# Прохождение плоской монохроматической волны через среду толщиной $T$

- $E = E_0 \cdot \cos(\omega t - kz) = E_0 \cdot \cos(\omega t - \varphi) =$   
 $= \text{Re } E_0 \cdot e^{i\omega t} \cdot e^{-ikz}$

- $\varphi = kz = \frac{2\pi}{\lambda} z$

- При прохождении плоской волны, распространяющейся в направлении « $Z$ », на расстояние  $T$  между точками  $z_1$  и  $z_2$ , изменение ее амплитуды можно представить:

$$\frac{E_2}{E_1} = e^{-\alpha T} \cdot e^{-ikT}$$

# Амплитудная голограмма

При работе с поглощающими средами используют следующую терминологию:

- $\alpha$  – амплитудный коэффициент поглощения;
- $t$  – амплитудное пропускание (не путать с обозначением времени!)
- $t = e^{-\alpha L}$
- $\tau$  – пропускание по интенсивности
- $\tau = t^2 = e^{-2\alpha L}$

# Амплитудная голограмма

Коэффициент поглощения по интенсивности –  $\gamma$

$$\gamma = 2\alpha$$

Оптическая плотность излучения –  $D$   
десятичный логарифм величины, обратной  
коэффициенту пропускания (по интенсивности):

$$D = -\lg \tau = 2\alpha T \cdot \lg e = 2\alpha T \cdot 0,43$$

# Амплитудная голограмма

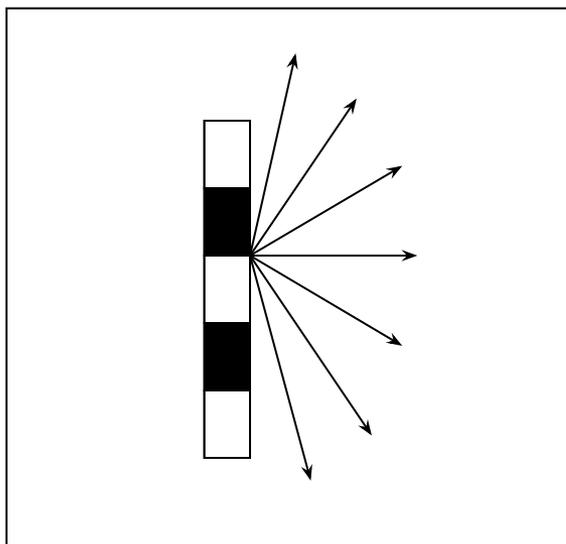
При рассмотрении амплитудной голограммы-решетки, полученной в линейном режиме записи, изменение амплитудного коэффициента поглощения в направлении вектора решетки (оси  $x$ ) будет определяться следующим выражением:

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{d}\right)$$

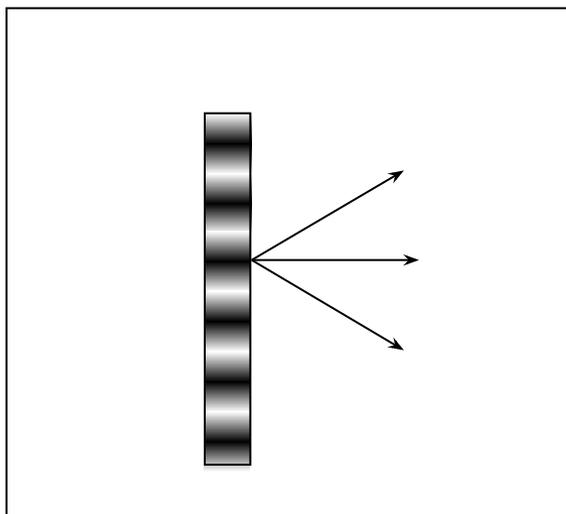
где  $\alpha_0$  – среднее значение показателя поглощения;  $\alpha_1$  – амплитуда изменения коэффициента поглощения;  $d$  – период решетки. Величина  $\alpha_1$  определяет эффективность голограммы и зависит от условий получения голограммы и параметров регистрирующей среды.

# Особенности использования амплитудных голограмм

- Низкая эффективность
- Используют при необходимости воспроизведения объектной волны с минимальными искажениями.
- Уникальной особенностью является эффект просветления трехмерных амплитудных голограмм (эффект Бормана).



дифракция излучения на  
классической нарезной решетке  
(прямоугольный профиль штриха)



Двумерная голограмма-решетка  
дифракция излучения на  
голограмме-решетке, полученной в  
линейном режиме записи

# Эффект Бормана –

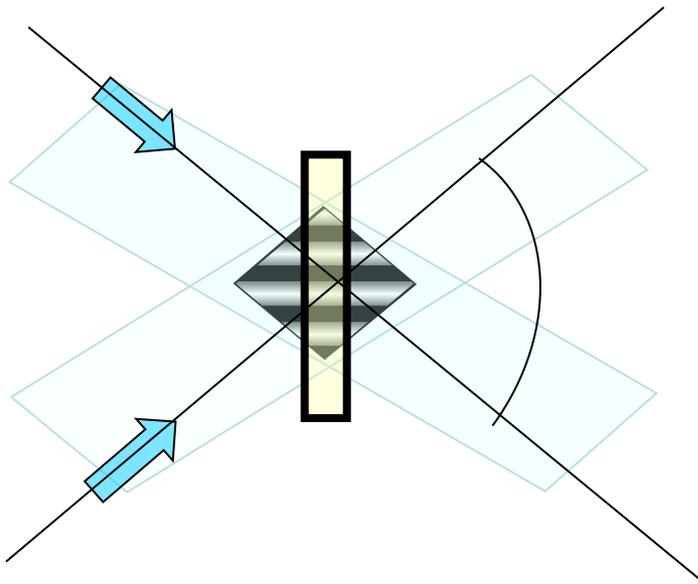
эффект просветления трехмерных амплитудных голограмм

- заключается в том, что суммарная интенсивность волн, прошедших голограмму при ее освещении в условиях Брэгга, может существенно превышать интенсивность прошедшей через голограмму волны при ее освещении вне условий Брэгга.
- возникает за счет того, что существующие одновременно восстанавливающая и дифрагированная волны формируют стоячую волну, максимумы которой совпадают с минимумами амплитудной голограммы, что приводит к уменьшению результирующего поглощения голограммы.

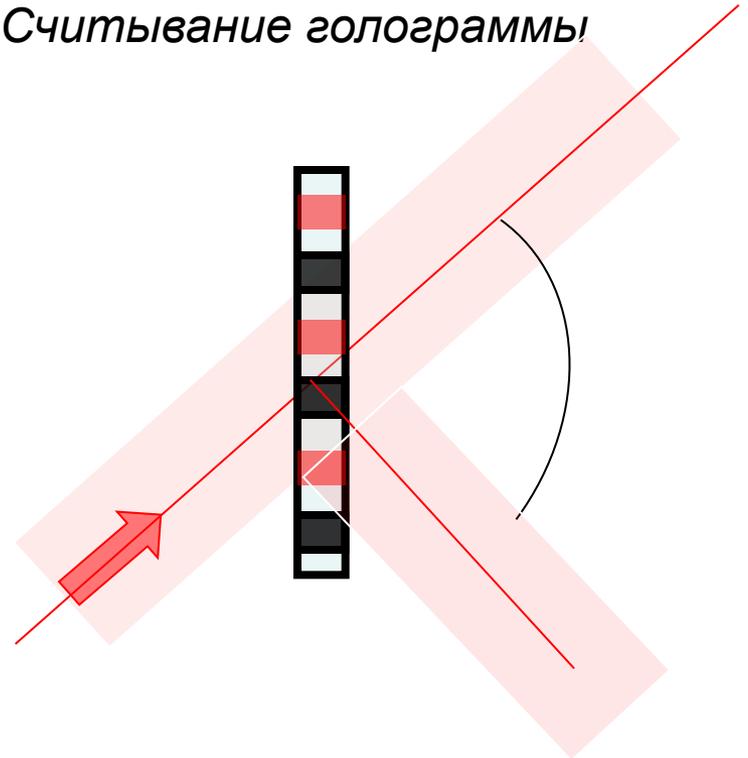
# Эффект Бормана

Существующие одновременно восстанавливающая и дифрагированная волны формируют стоячую волну, максимумы которой совпадают с минимумами амплитудной голограммы, что приводит к уменьшению результирующего поглощения голограммы.

*Запись голограммы*



*Считывание голограммы*



# Фазовая голограмма

- Фазовая голограмма – голограмма, дифракция излучения на которой обусловлена изменением показателя преломления среды, либо изменением толщины среды (рельефнофазовая голограмма).
- Максимальная дифракционная эффективность фазовой голограммы-решетки:  
Двумерная - 33%    Трёхмерная -100%

# Фазовая голограмма

При рассмотрении фазовой голограммы-решетки, полученной в линейном режиме записи, изменение амплитудного коэффициента поглощения в направлении вектора решетки будет определяться следующим выражением:

$$n = n_0 + n_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{d}\right)$$

где  $n_0$  – среднее значение показателя преломления;  
 $n_1$  – амплитуда изменения показателя преломления;  
 $d$  – период решетки. Величина  $n_1$  определяет эффективность голограммы и зависит от условий получения голограммы и параметров регистрирующей среды.

# Фазовая голограмма

## *Фоторефрактивные регистрирующие среды –*

светочувствительные среды (или светочувствительные материалы), в которых распределение интенсивности излучения в регистрируемом световом поле преобразуется в распределение изменения показателя преломления среды.

# Рельефно-фазовые голограммы

Используют для получения радужных голограмм (голограмм Бентона) методом тиснения.

Рельефографические материалы – фоторезисты, бихромированная желатина и т.п.

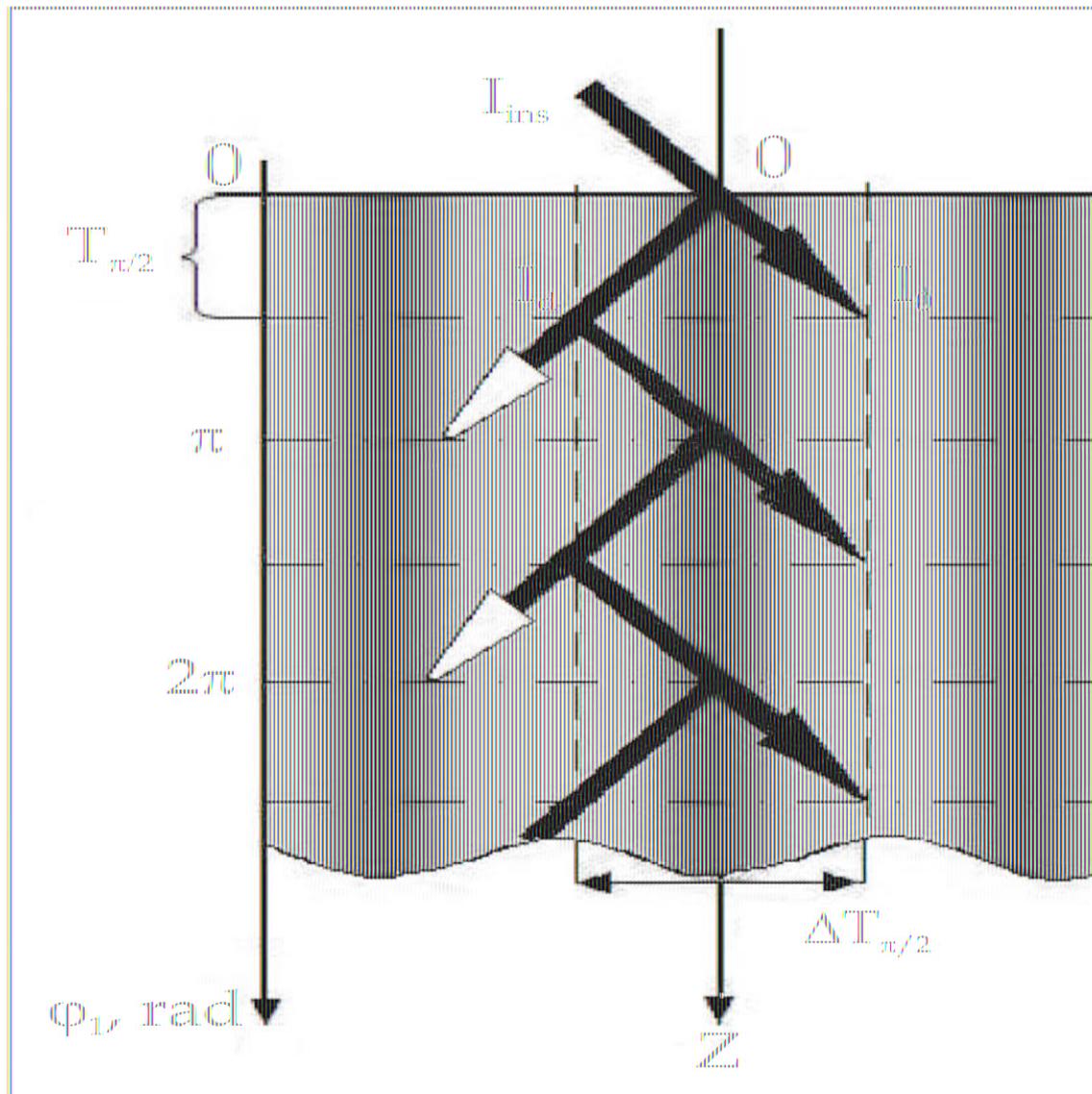
Применяют способы обработки с травлением, дублированием и т.п.

# Объемные фазовые голограммы

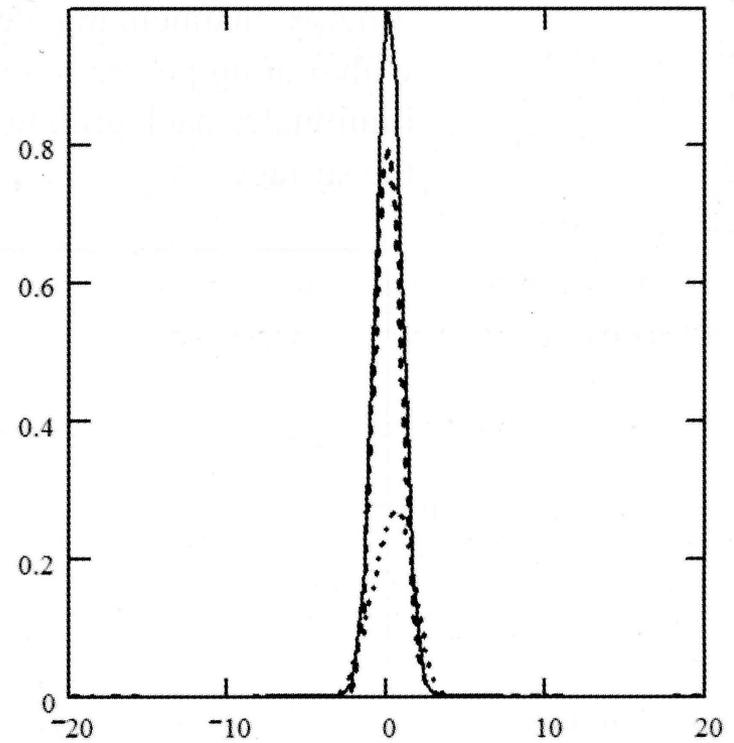
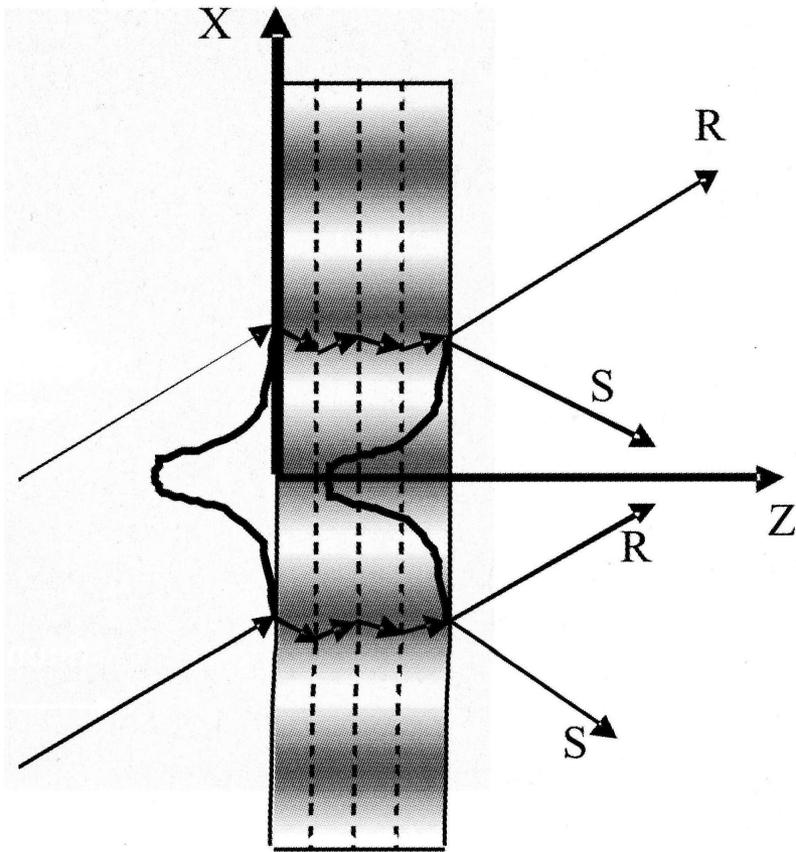
Эффект каналирования  
излучения



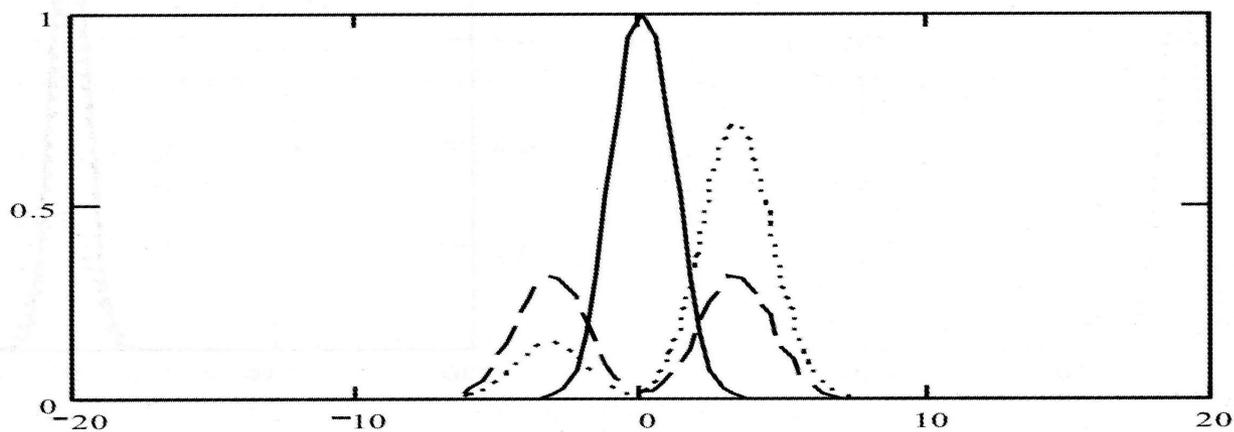
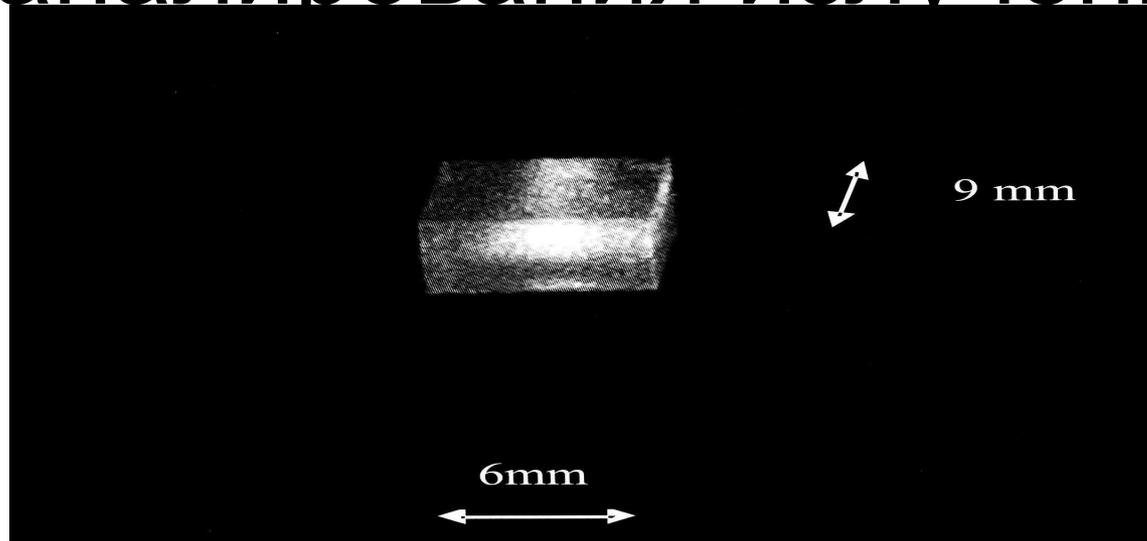
# Канализирование излучения



# Голограммы-решетки (сильные)



# Наблюдение эффекта каналирования излучения



**Типы голограмм в зависимости от характера изменения параметров регистрирующей среды при записи**



## Типы голограмм в зависимости от характера изменения параметров регистрирующей среды при записи:

- **Динамические голограммы** –  
**реверсивная запись (обратимая);**
- **Статические голограммы** –  
**необратимая запись.**

# Статическая голограмма

*голограмма, оптические параметры которой после ее получения не изменяются во времени.*

Процесс получения состоит из двух этапов:

**1** - регистрация голограммы, во время которой не происходит заметных изменений оптических параметров регистрирующей среды, а образуется так называемое скрытое изображение;

**2** - постэкспозиционная обработка голограмм, которая включает в себя различные химические и физические процессы, усиливающие (преобразующие) скрытое изображение и фиксирующие голограмму.

# Особенности статических голограмм

- ☺ Возможность получения голограмм при низкой интенсивности интерферирующих пучков;
- ☺ Длительная сохраняемость информации (длительный срок эксплуатации голограмм);
- ☹ Возможность только однократного использования регистрирующей среды;
- ☺ Широкий спектр научно-технических применений.