

ПРИКЛАДНАЯ ГОЛОГРАФИЯ

Лекция 7

лектор: О.В. Андреева

Техника голографического эксперимента



Техника голографического эксперимента

- **Регистрация голограммы** – процесс физического взаимодействия излучения с регистрирующей средой, в результате которого пространственное распределение интенсивности в регистрируемой интерференционной картине преобразуется в соответствующее распределение каких-либо параметров среды.

Для регистрации голограммы необходимы

- **Установка**
- **Источник излучения**
- **Регистрирующая среда**

Голографическая установка

- Комплекс устройств, источников и приемников излучения, оптико-механических узлов и элементов, предназначенный для регистрации голограмм и измерения их параметров.

Включает:

- Источник когерентного излучения
- Голографическую схему – оптическую часть установки
- Устройства защиты от вибраций и воздушных потоков

Обеспечение механической стабильности голографической схемы



Источник когерентного излучения

Основные параметры

- Режим излучения (непрерывный, импульсный, импульсно-периодический)
- Длина волны излучения
- Спектральный состав излучения
- Когерентность излучения
- Поляризация излучения
- Расходимость излучения
- Стабильность параметров во времени

Основные параметры лазеров

- Режим излучения
- Длина волны излучения
- Когерентность излучения – используют одномодовый режим (генерируется одна мода излучения, которая может содержать несколько частот) и одночастотный. Для получения голограмм применяют лазеры с высокой степенью временной когерентности (длина когерентности – десятки см).
- Поляризация излучения – для регистрации голограмм наиболее предпочтительным является линейно-поляризованное излучение, в котором колебания вектора E происходят перпендикулярно поверхности оптического стола, на котором расположена голографическая схема.
- Расходимость излучения – коллимированный пучок, в котором все лучи параллельны друг другу с высокой степенью точности, предпочтителен при создании интерференционной картины с заданными параметрами.

Эксплуатационные характеристики

- Мощность излучения
- Стабильность параметров излучения
- Габариты
- Ресурс
- Потребляемая мощность
- Необходимость дополнительного энерго- и водо-обеспечения
- Влияние на окружающую среду

Лазеры, используемые при выполнении лабораторных работ по голографии

Запись изобразительных голограмм

- Газовый лазер на основе смеси газов гелия и неона – 632,8 нм
- Полупроводниковый лазер KLM-650 – 655 нм

Запись голограммных элементов

- Газовый лазер (ионный) на основе газа аргона – 488 нм

Измерение параметров

- Полупроводниковый лазер KLM-650 – 655 нм

Характеристики излучения- спектральный состав

- Спектр полосы усиления (ширина спектральной линии)
- Спектр частот собственных мод резонатора
- Спектр генерации лазера

Одномодовый лазер работает в режиме генерации отдельной продольной моды

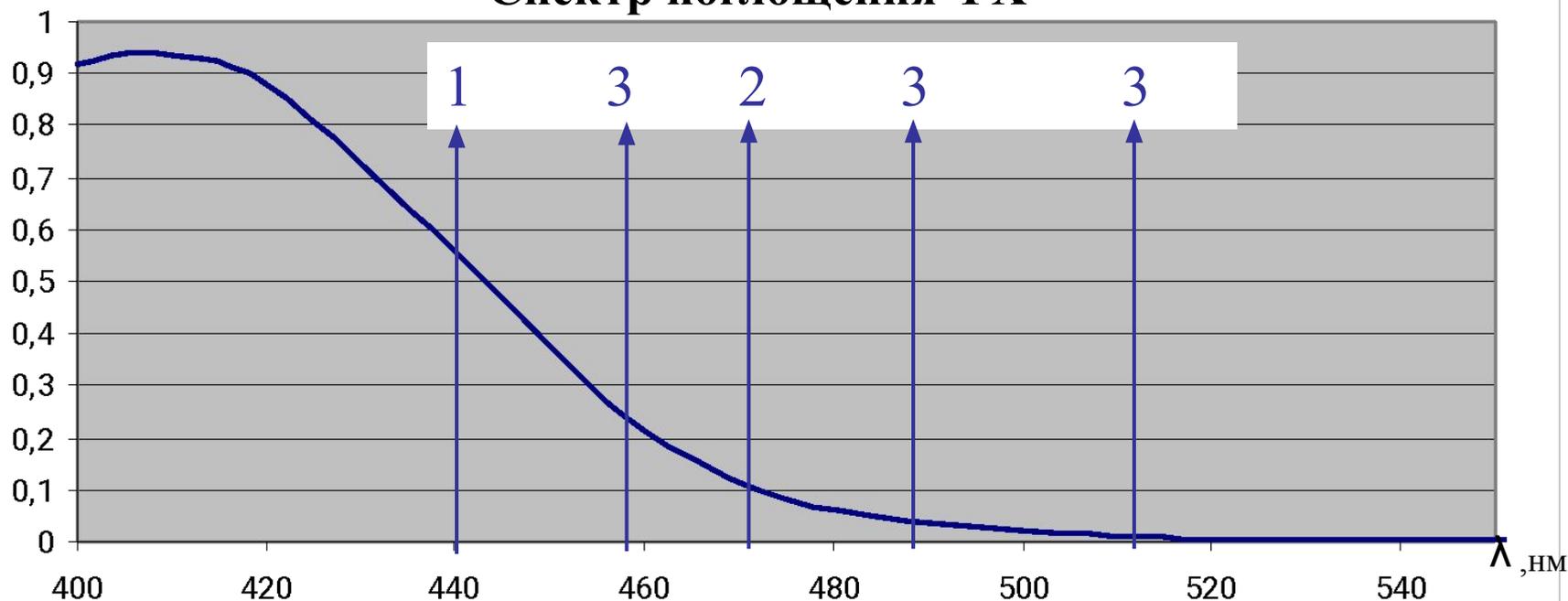
Источники излучения

для работы с материалом на основе фенантренхинона (ФХ)

Лазеры

№	λ	Рабочее тело	Источник накачки
1	440 нм	Гелий-Кадмиевый лазер	Электрический разряд в смеси паров
2	473 нм	Твердотельный лазер	Диод
3	458 нм, 488 нм, 514 нм	Аргоновый лазер	Электрический разряд

Спектр поглощения ФХ



Голографическая схема –

ОСНОВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Голографическая схема

Состоит из узлов и элементов, размещаемых на жестком основании (плите):

Источник излучения

Устройство деления пучка

Затворы

Устройства фильтрации лазерных пучков

Поворотные зеркала и призмы

Расширители пучков

Диффузоры

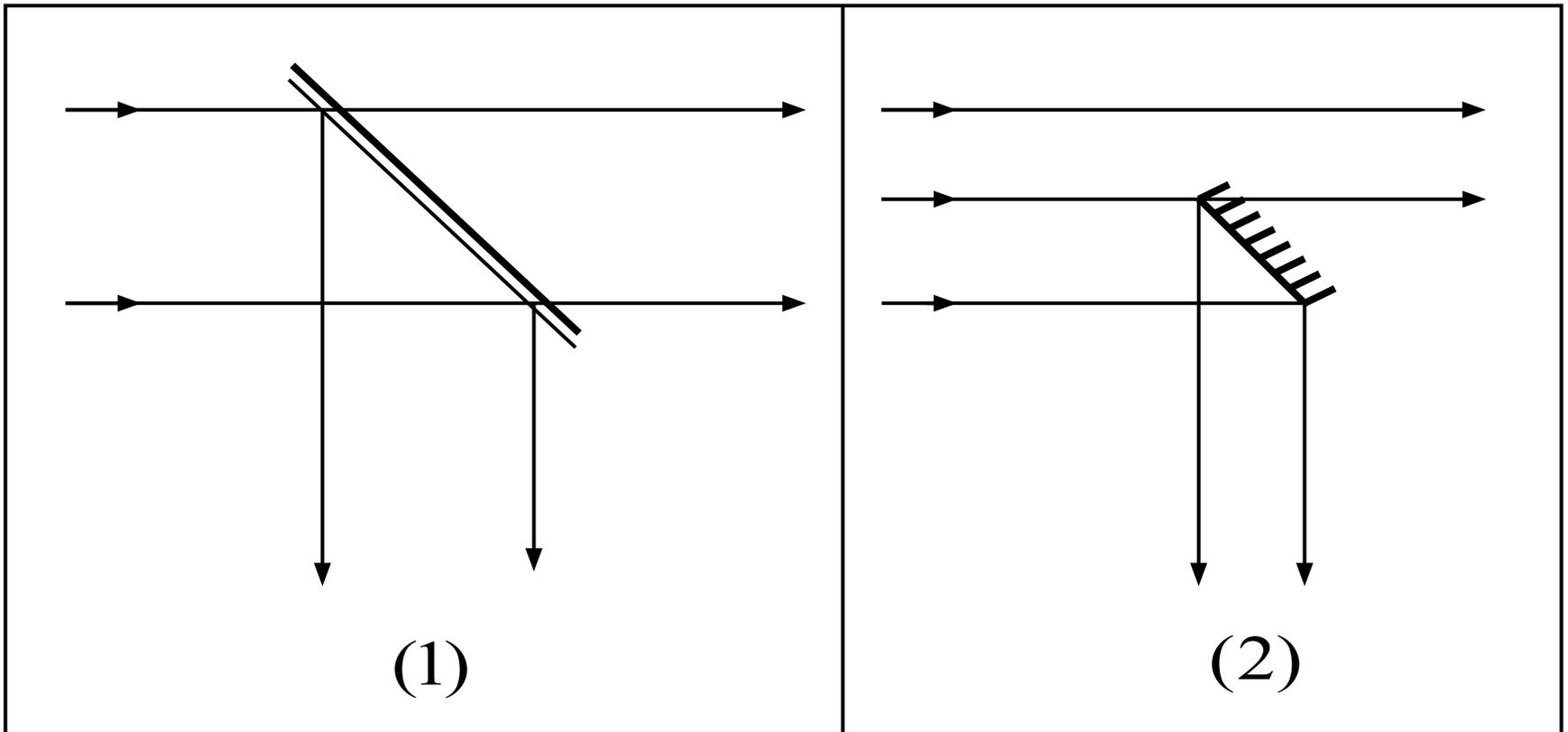
Узлы крепления объектов

Узлы крепления регистрирующей среды

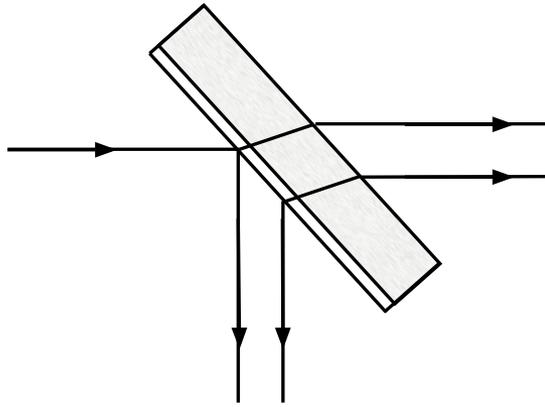
Устройство деления пучка (Beamsplitter)

- По волновому фронту – призмы, зеркала
- По амплитуде – полупрозрачные зеркала, светоделительные кубики, поляризационные устройства, объемная голограмма-решетка

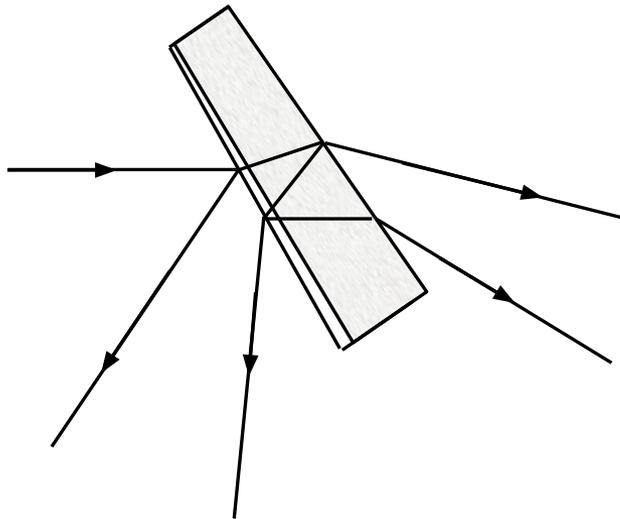
Деление лазерного пучка
(после расширения пучка) – по амплитуде (1),
по волновому фронту (2)



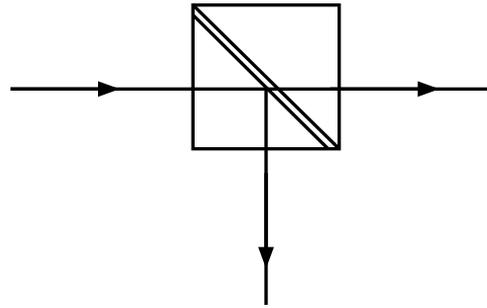
Устройства для амплитудного деления пучков



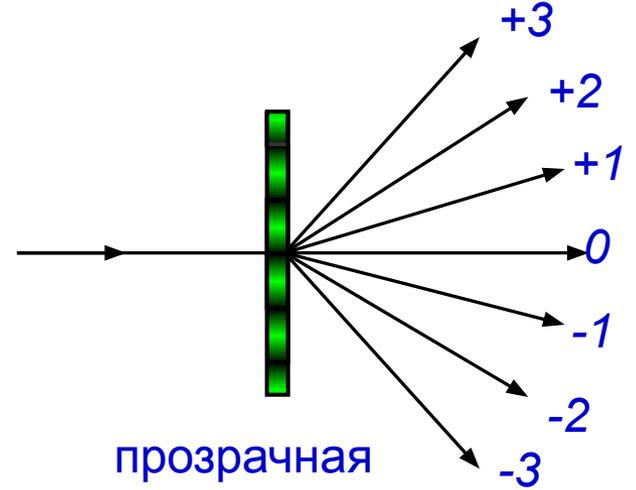
полупрозрачное
зеркало



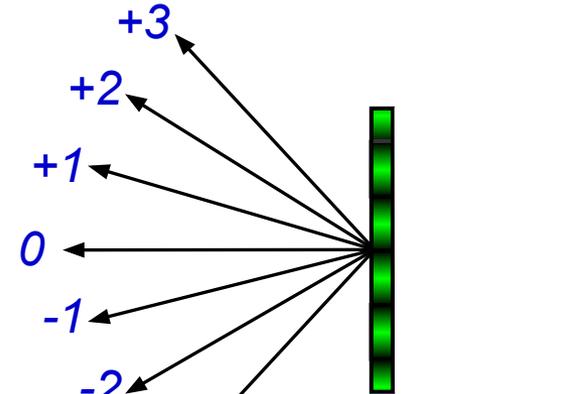
КЛИН



светоделительный
кубик



прозрачная
решетка

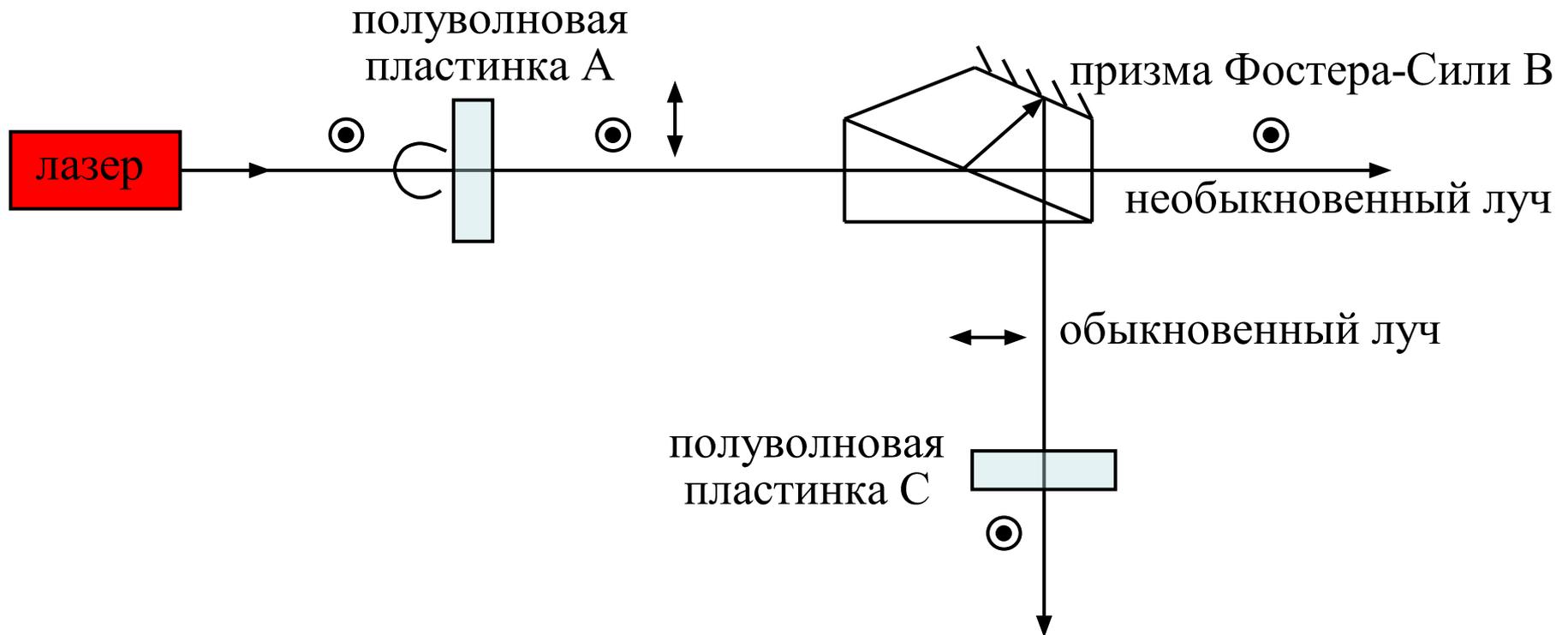


отражательная
решетка

Светоделительный кубик обеспечивает

- Снижение потерь на отражение за счет перпендикулярного падения пучка на поверхность
- Устойчивость к повреждениям
- Неизменность угла между пучками (90град)
- Неизменность соотношения пучков по интенсивности

Поляризаторный делитель

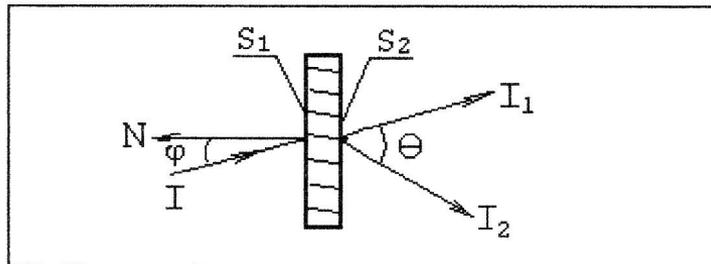


Малоугловой делитель лазерного пучка по амплитуде на основе объемной голограммы-решетки

ОПТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ для получения двух когерентных пучков в голографических и интерферометрических схемах.

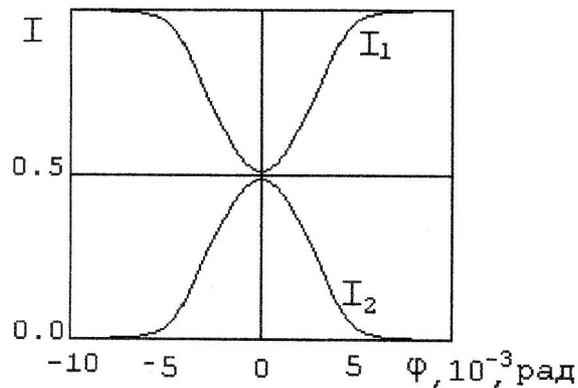
ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- малый угол между когерентными пучками ($< 90^\circ$)
- низкие потери ($< 1\%$)



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ

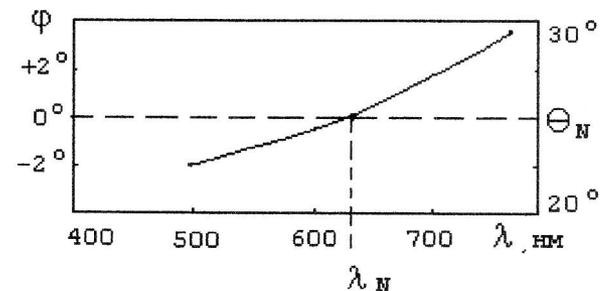
в пучках I_1 и I_2



РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ

Обозначение	Опытный образец	Допустимый интервал при изготовлении
Длина волны, λ_N , нм (для $\Phi=0$)	633 нм	(450-1000) нм
Угол между пучками, Θ_N (для $\Phi=0$ и λ_N)	25°	$5^\circ - 90^\circ$
Угол падения пучка на делитель, $\Phi_{\text{раб}}$	0°	$0^\circ - 45^\circ$
Соотношение пучков по интенсивности, $I_1 : I_2$	50:50	от 50:50 до 5:95

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ



- Изменения λ и Θ при $\Phi \neq 0$

Малоугловой делитель лазерного пучка по амплитуде на основе объемной голограммы-решетки

Преимущества:

- возможность получения двух когерентных пучков с нулевой разностью хода
- при угле между пучками может иметь заранее заданную величину, причем довольно незначительную, в отличие от устройств на основе кубиков, полупрозрачных зеркал и др.

Недостатки:

- требует определенной точности установки элемента в оптической схеме,
- Спектральный состав двух пучков может различаться, если угловая селективность используемой голограммы меньше пространственного спектра разделяемого излучения.

Малоугловой делитель лазерного пучка по амплитуде на основе объемной голограммы-решетки

Расположение пучков относительно образца

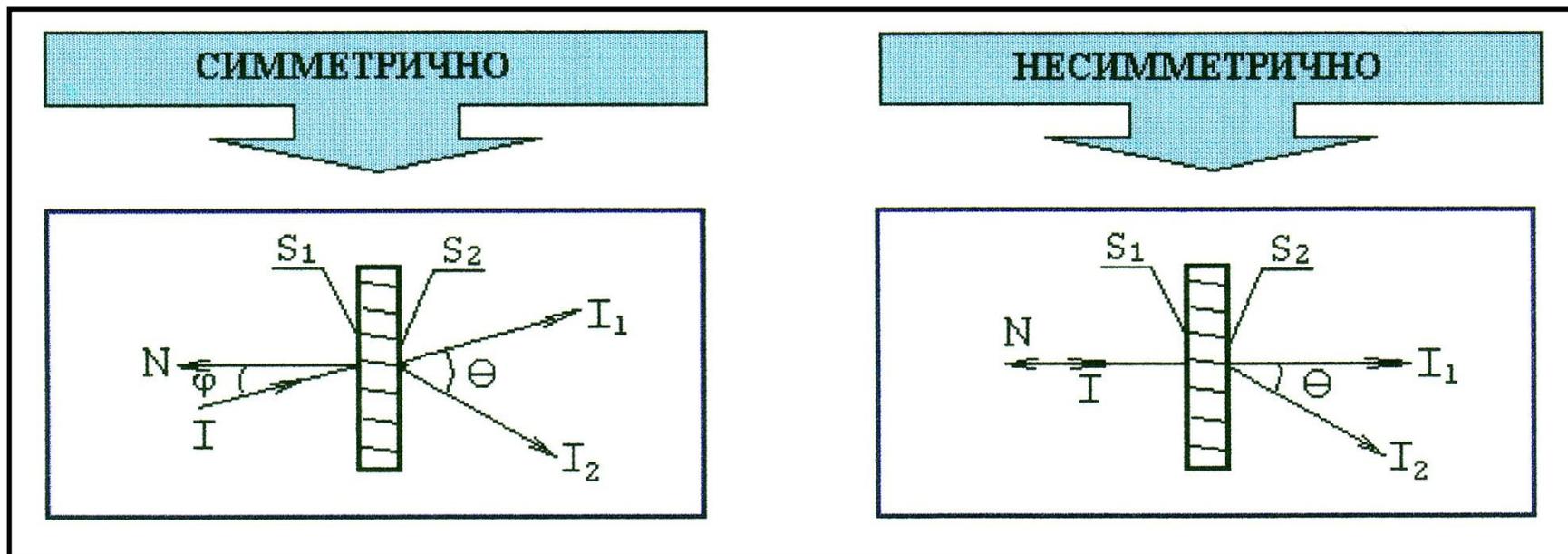
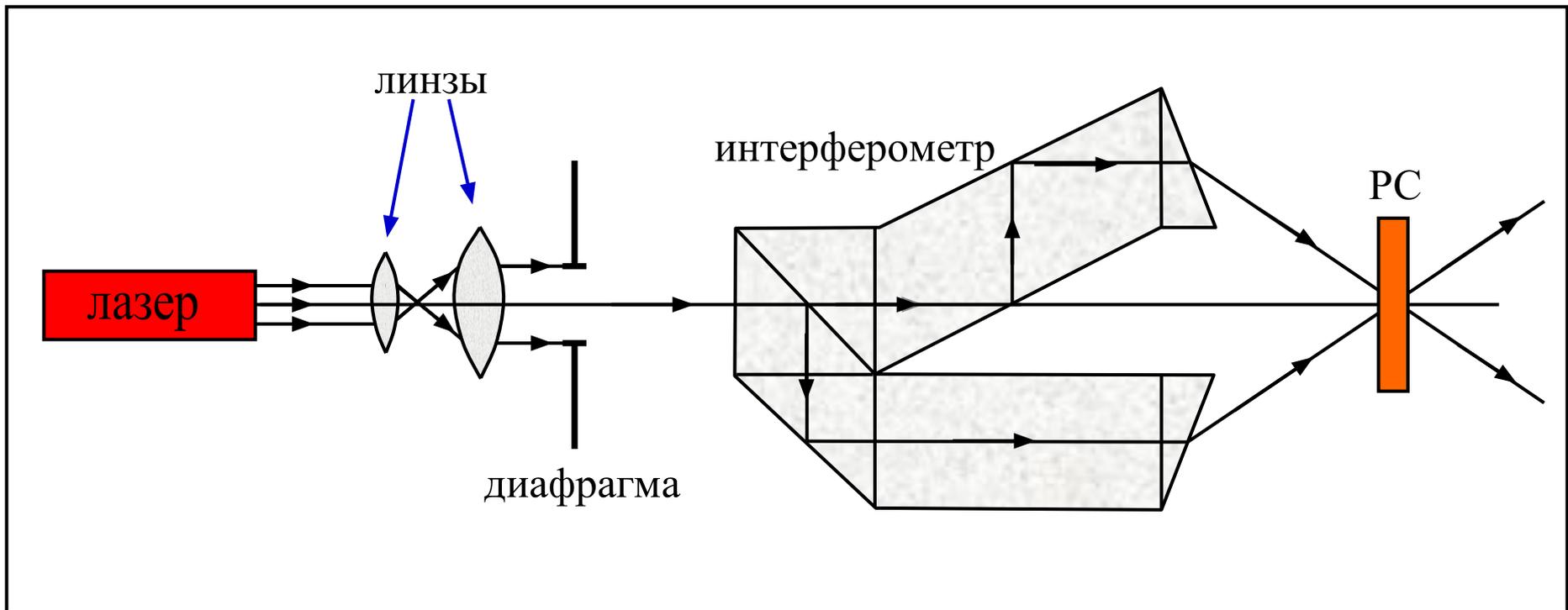
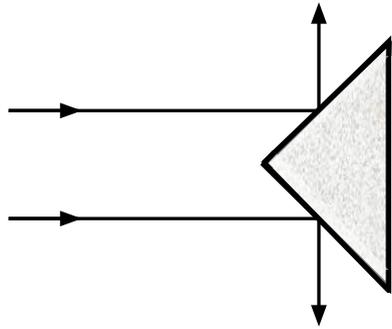


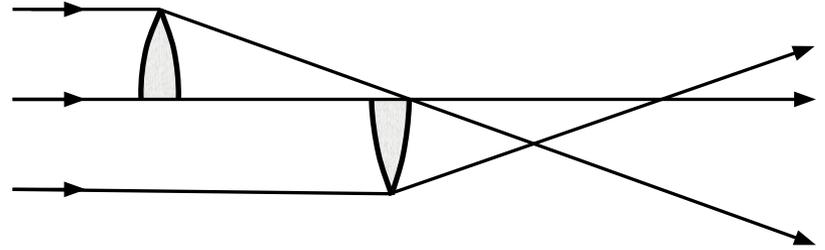
Схема записи голографических решеток с призменным интерферометром (деление пучка по амплитуде)



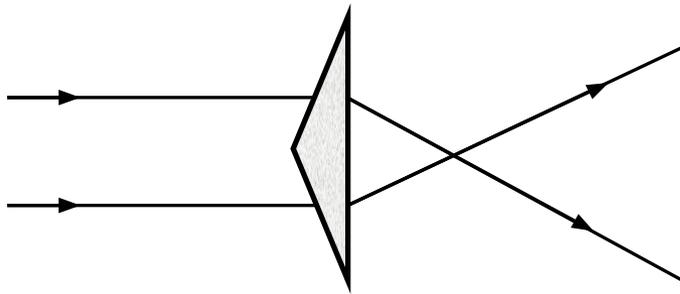
Устройства для деления фронта СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ



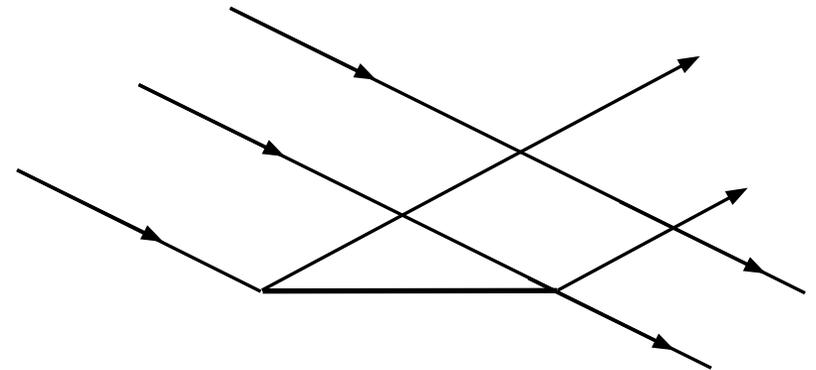
призма с наружным
отражающим слоем



билинза

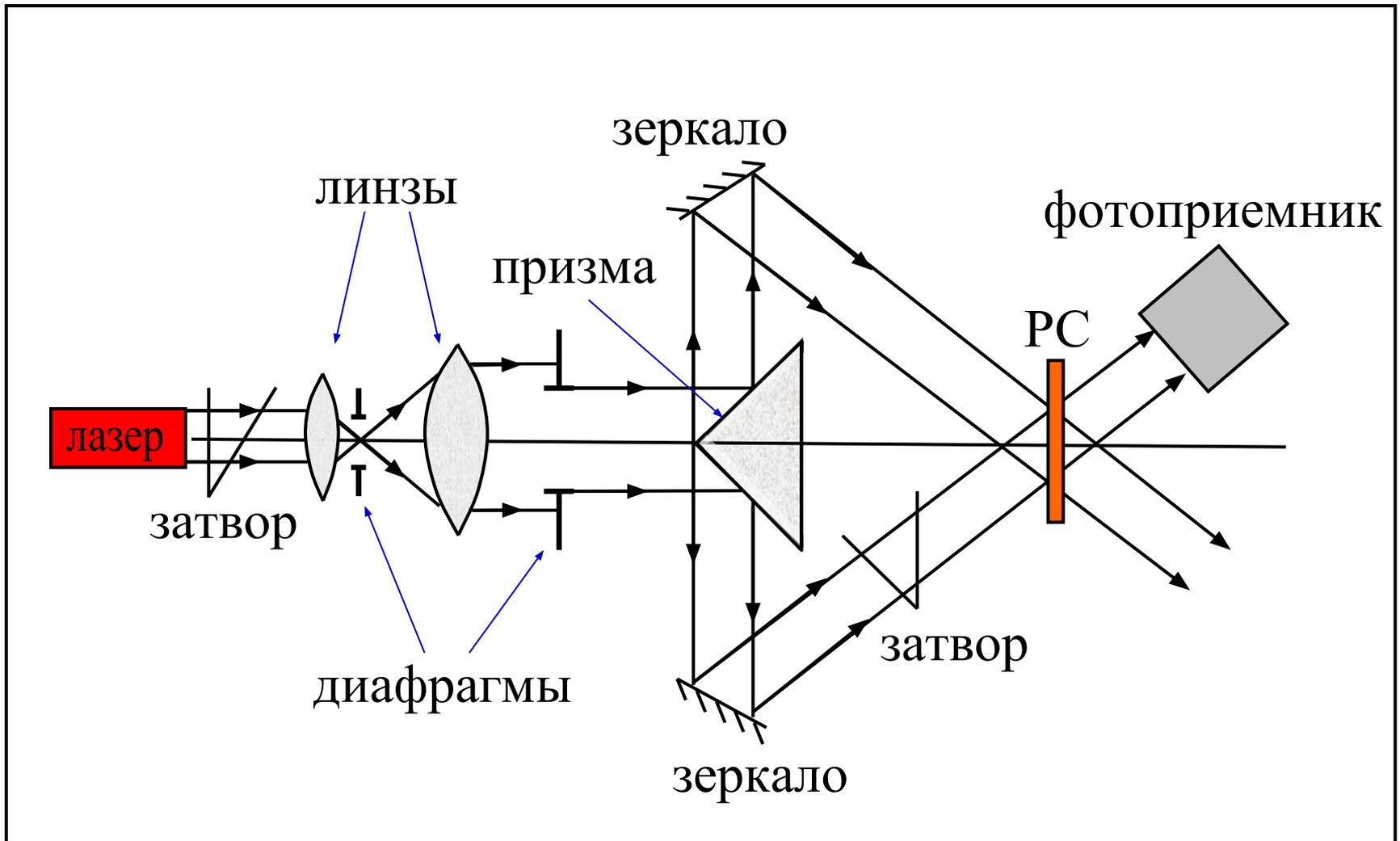


бипризма

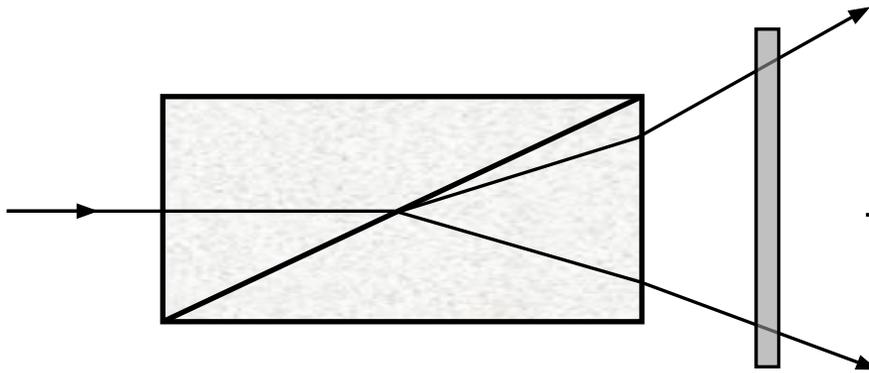


Зеркало Ллойда

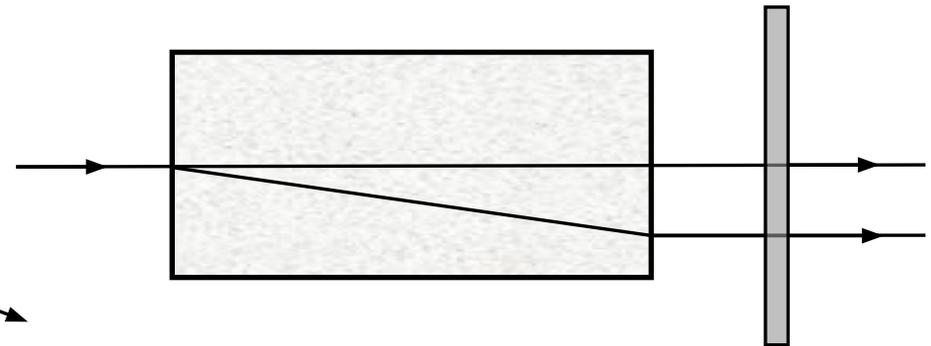
Схема записи голограмм-решеток с прямоугольной призмой (деление пучка по волновому фронту)



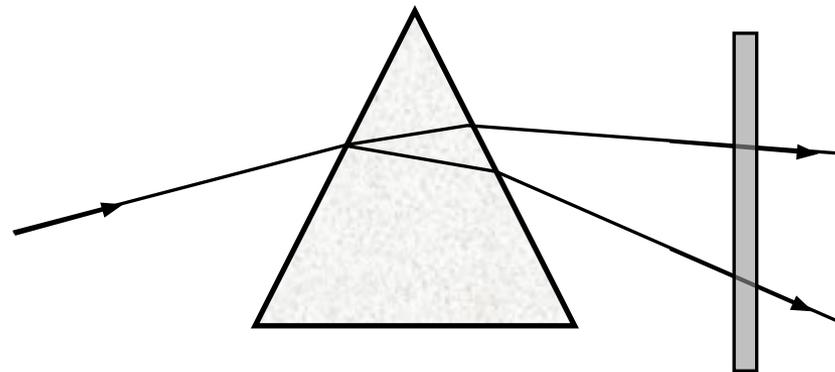
Поляризационные устройства для амплитудного деления световых пучков



призма Волластона
(возможно применение также
призм Рошона и Сенармона)



кальцитовая пластина

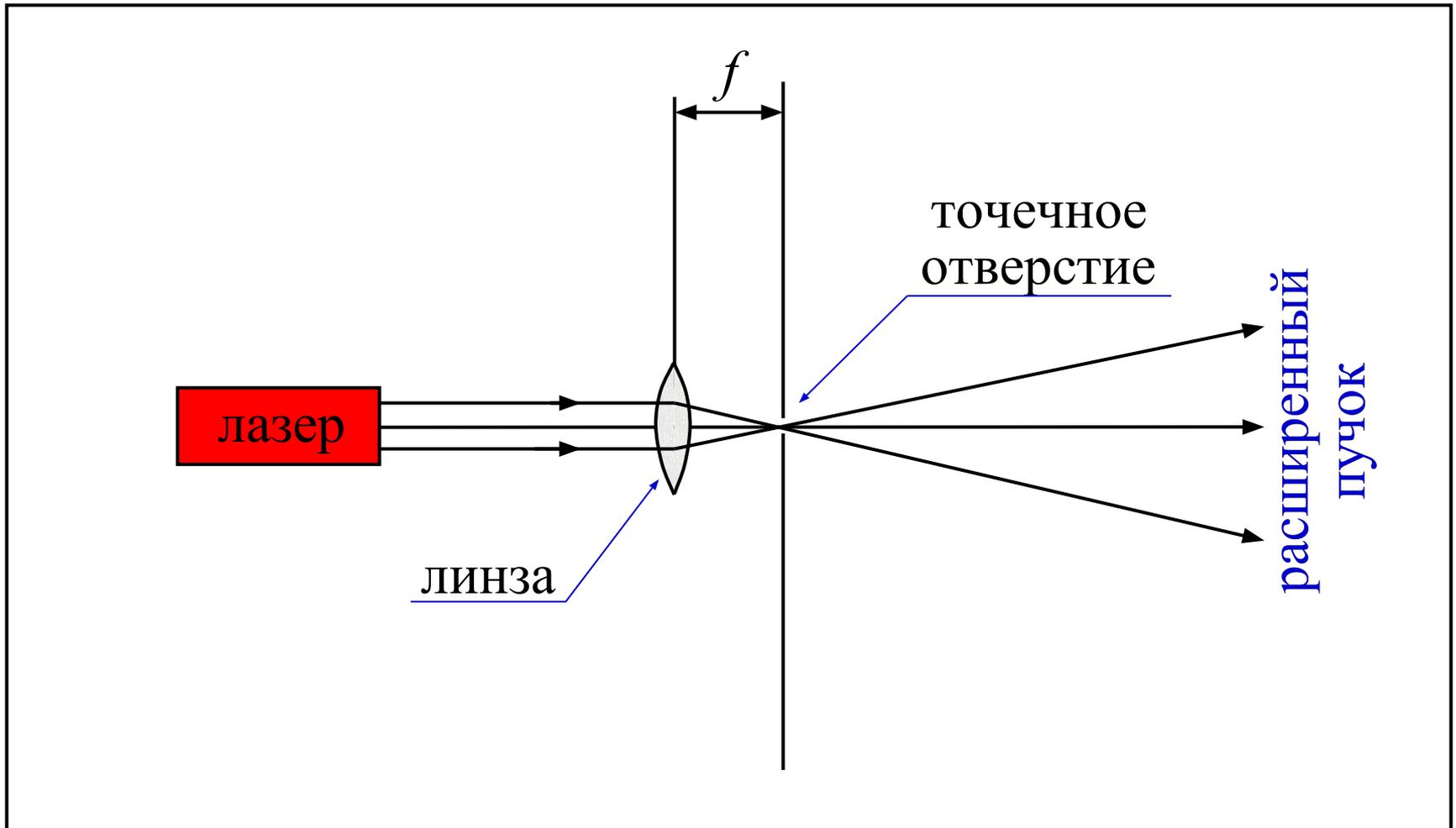


кальцитовая призма

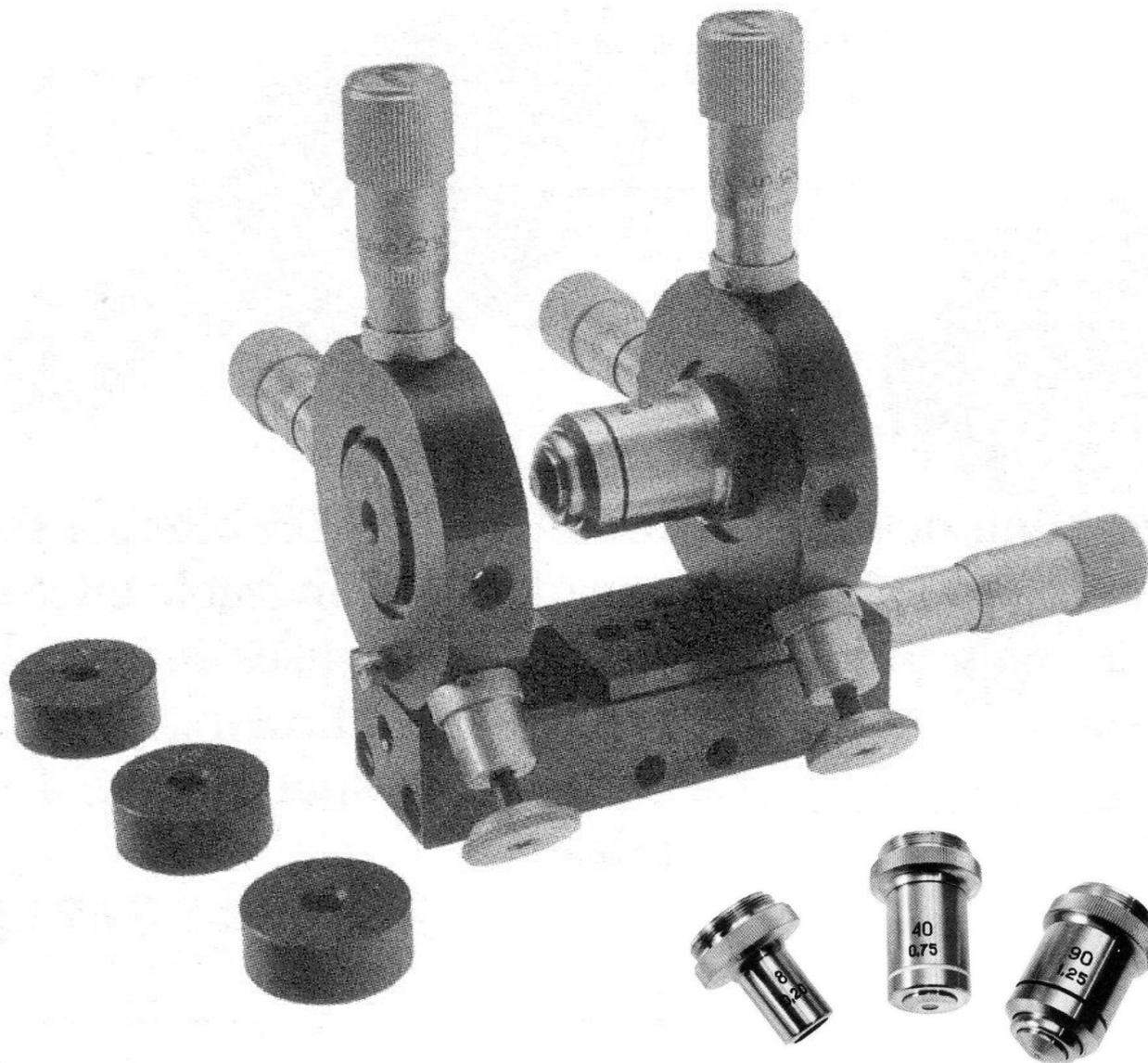
Расширение лазерного пучка в голографических схемах



Расширение пучка



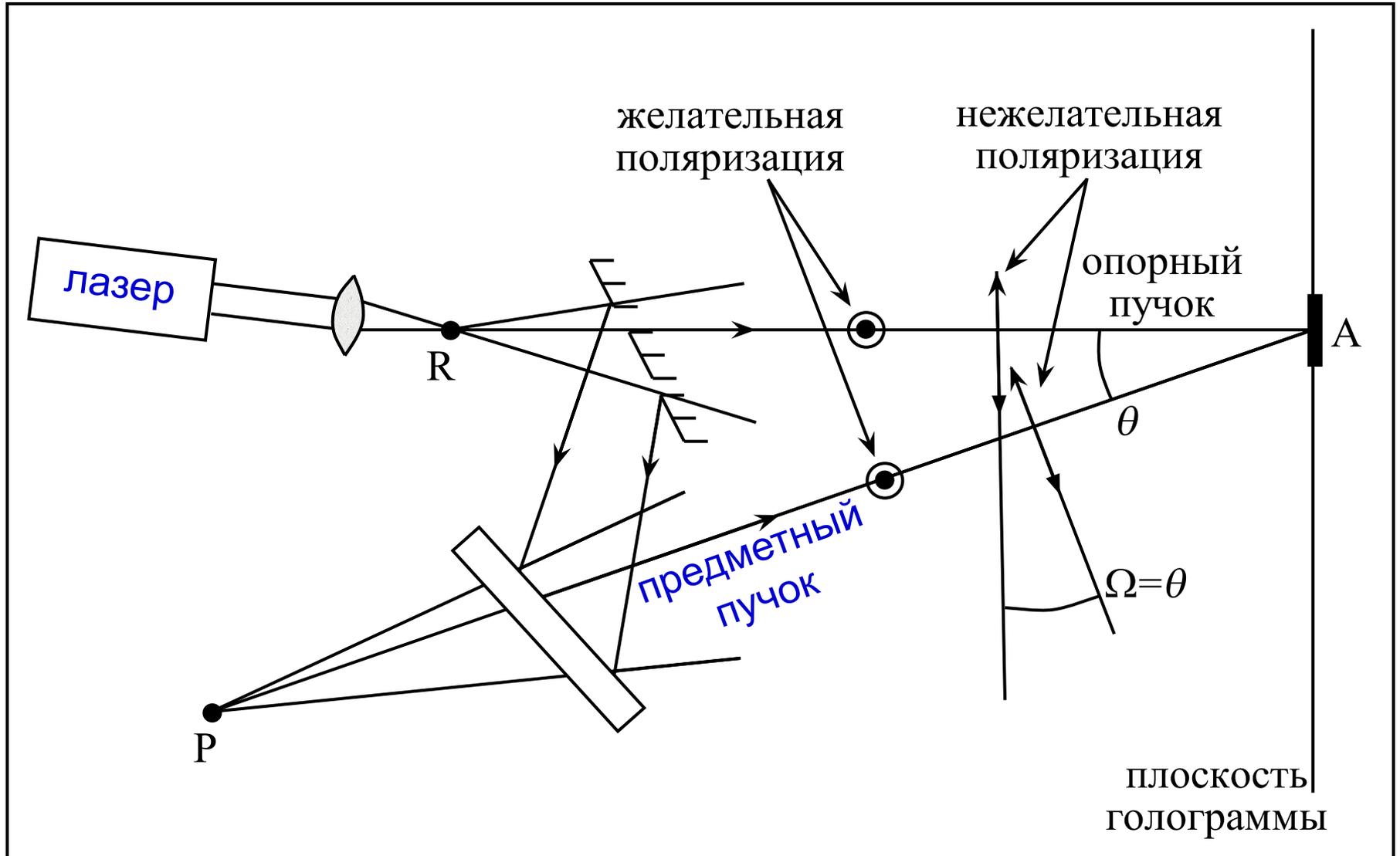
Устройство для «чистки» лазерного пучка – фильтрации лазерного излучения



Поляризация лазерного пучка и элементы для изменения направления поляризации



Желательное и нежелательное направления поляризации



Виды поляризации — характеристика направления колебаний электрического вектора

- Полностью или частично поляризованное излучение
- Линейно-поляризованное излучение
- Циркулярно-поляризованное излучение: правокруговая и левокруговая составляющие
- Эллиптически-поляризованное излучение
- *Основные типы поляризации света: линейная; круговая и эллиптическая*

Разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами

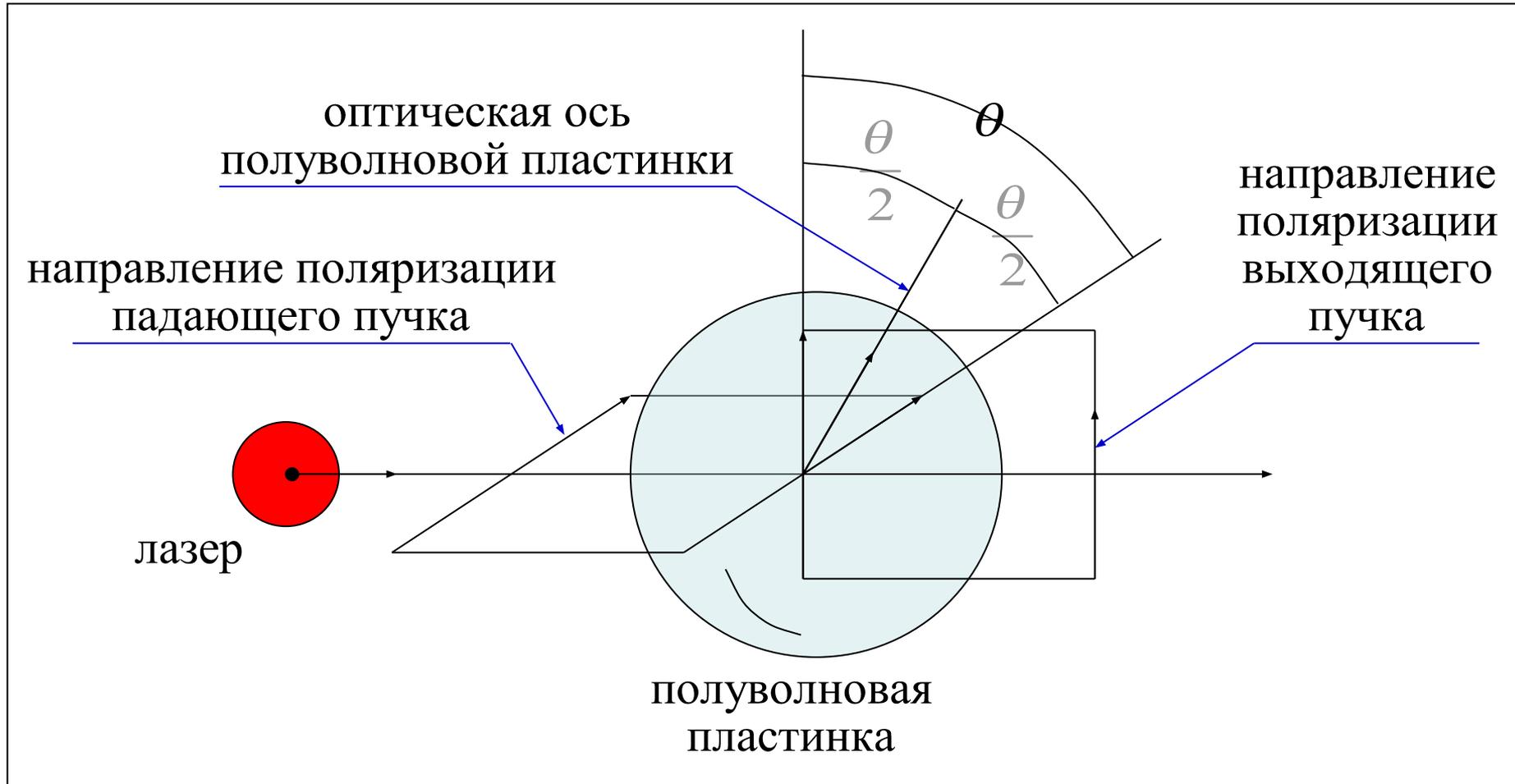
- $\Delta = (2\pi T/\lambda)(n_o - n_e)$
- T – толщина фазовой пластинки
- λ – длина волны в вакууме

$(n_o - n_e)$ – разница показателей преломления

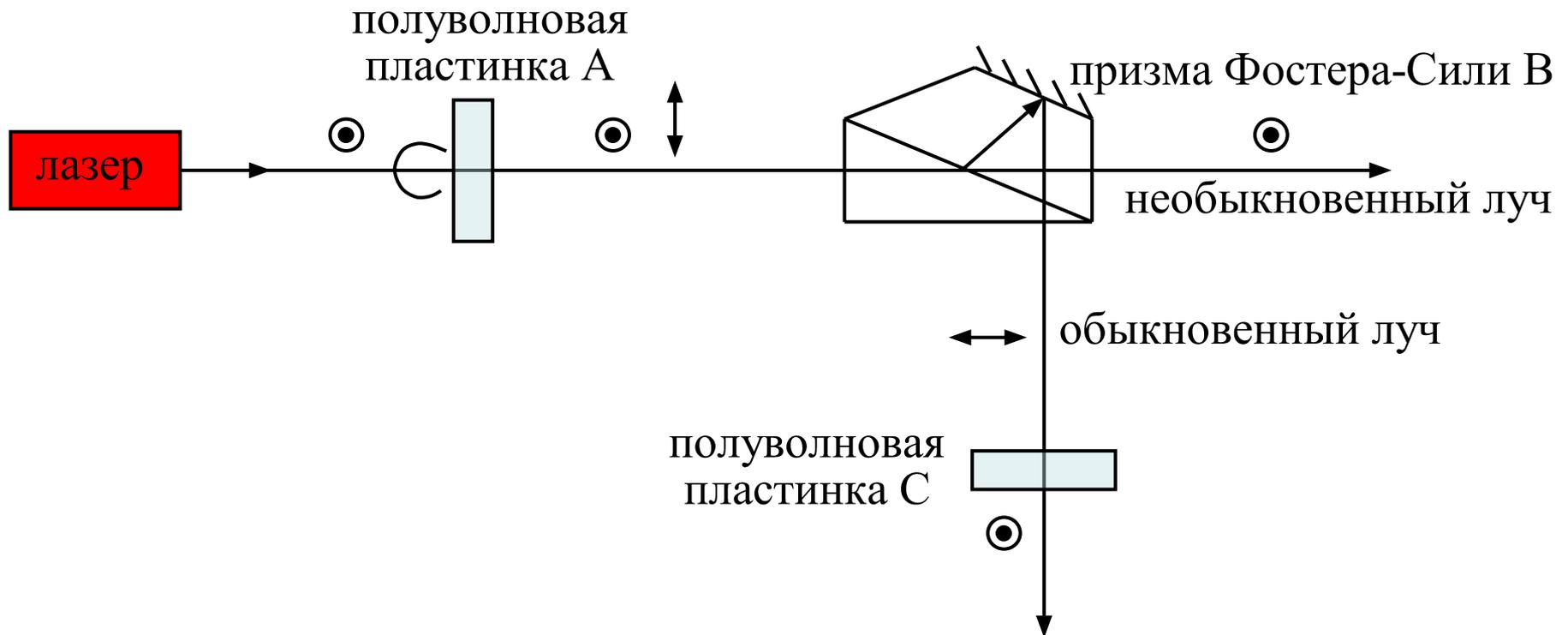
При $\Delta = \pi$ обеспечивается изменение направления
линейной поляризации

$T(n_o - n_e) = \lambda/2$ *полуволновая пластинка*

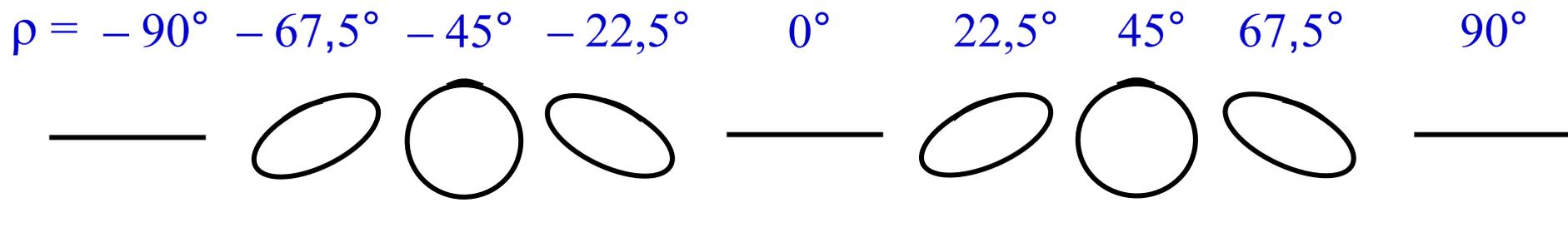
Изменение направления вектора поляризации с помощью полуволновой пластинки



Поляризаторный делитель



Формы эллиптической поляризации, возникающие при наличии на пути линейно поляризованного света линейной фазовой 90° -пластинки с различными азимутами ρ оси наибольшей скорости



Изменение направления вектора поляризации лазерного пучка

- с помощью фазовой пластинки (двулучепреломление)
- с помощью двух прямоугольных призм
- ???

Прямоугольная призма–многофункциональный элемент голографической схемы

