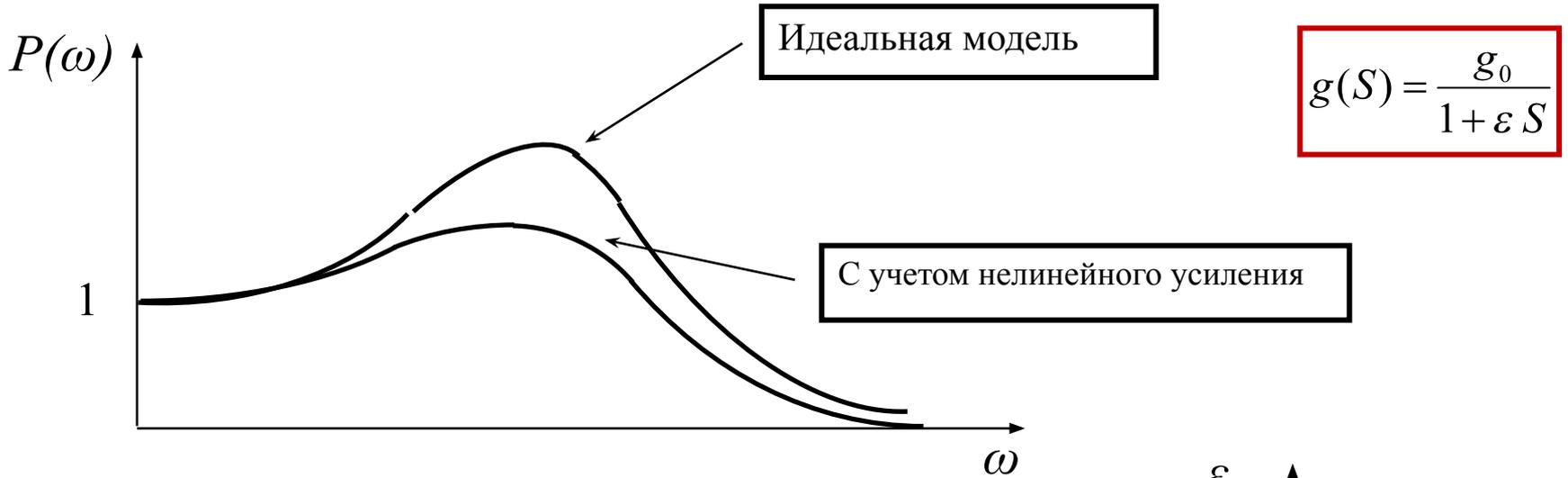
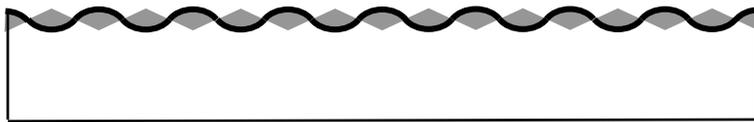


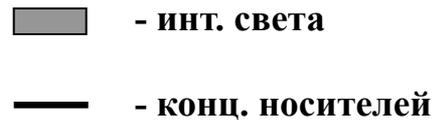
Факторы влияющие на форму частотного отклика излучения лазера: Нелинейное усиление



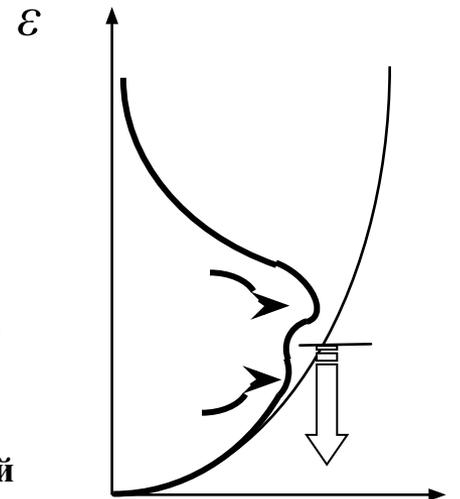
Природа нелинейного усиления:



Выжигание пространственных дыр

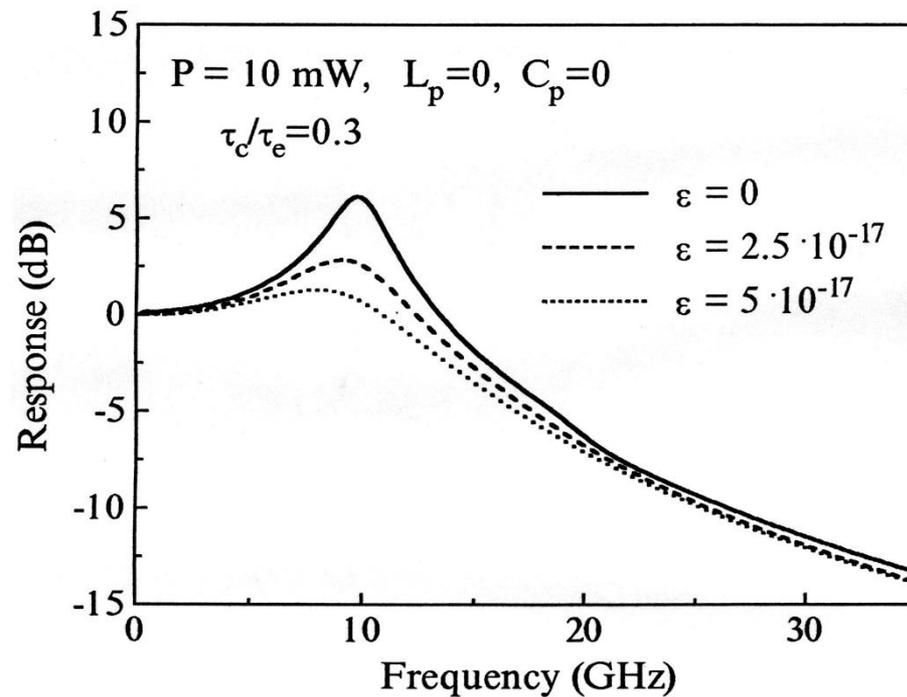


Выжигание спектральных дыр



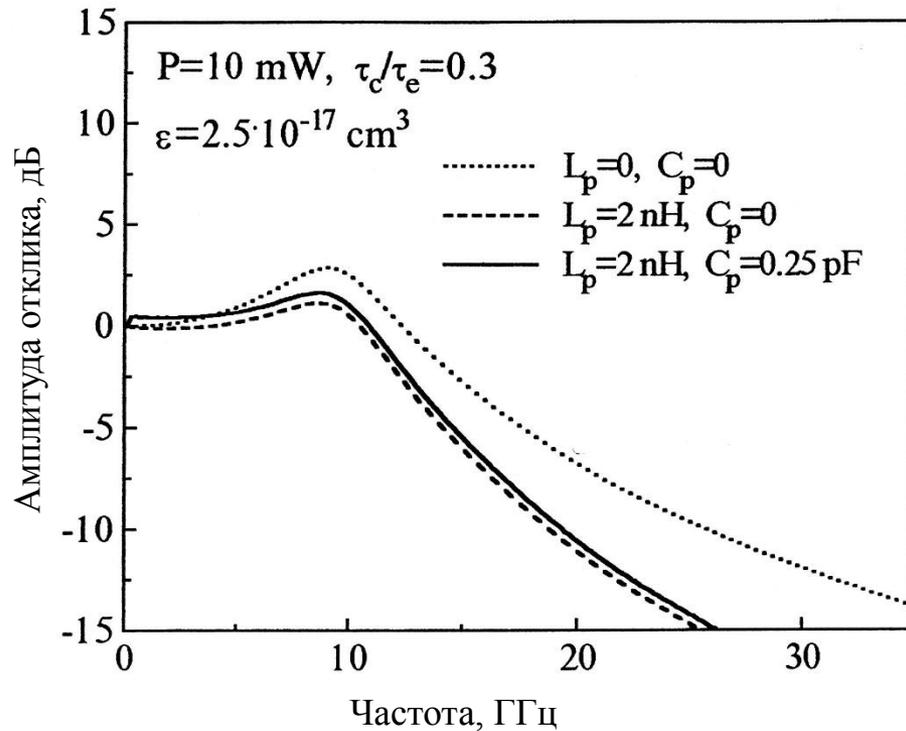
$n(\varepsilon)$

Влияние нелинейного усиления на частотную характеристику лазера



Влияние паразитных элементов цепи питания на частотные характеристики лазеров

Результаты моделирования:



L_p - паразитная индуктивность проволочки подвода питания

C_p - паразитная емкость (контакты и барьерная емкость структуры)

Паразитные элементы цепи питания лазера

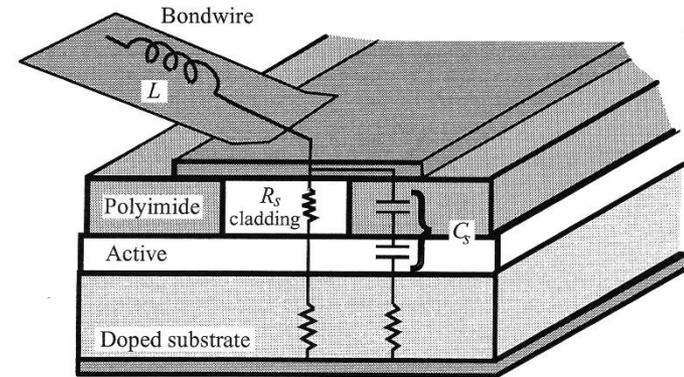
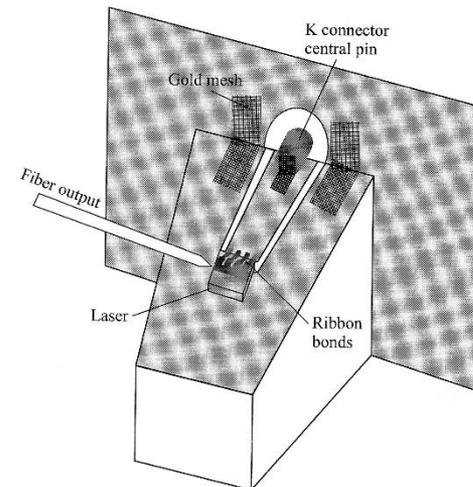
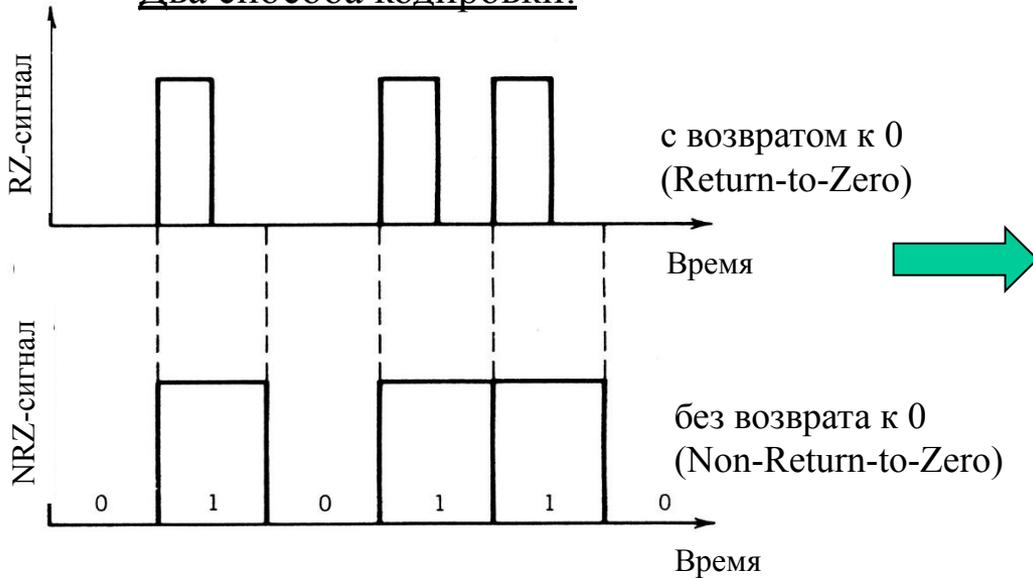


Схема монтажа высокочастотного лазера:

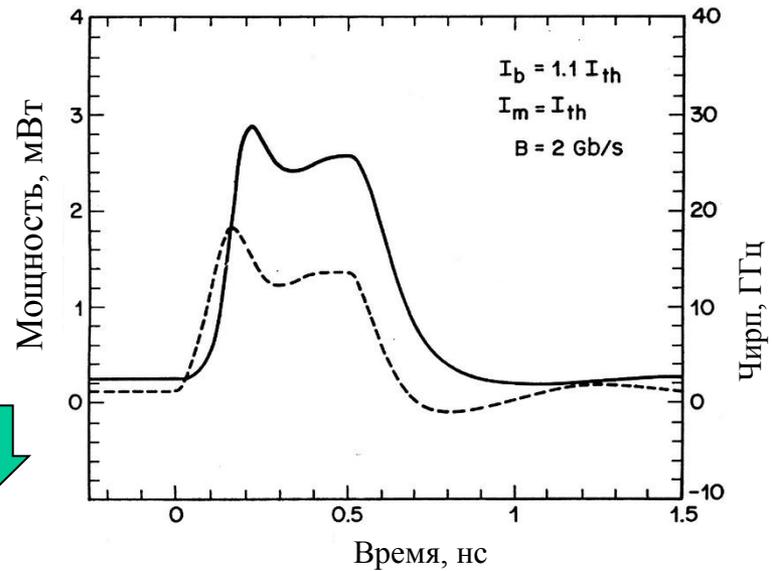


Передача информации с помощью коротких импульсов света, генерируемых лазерами

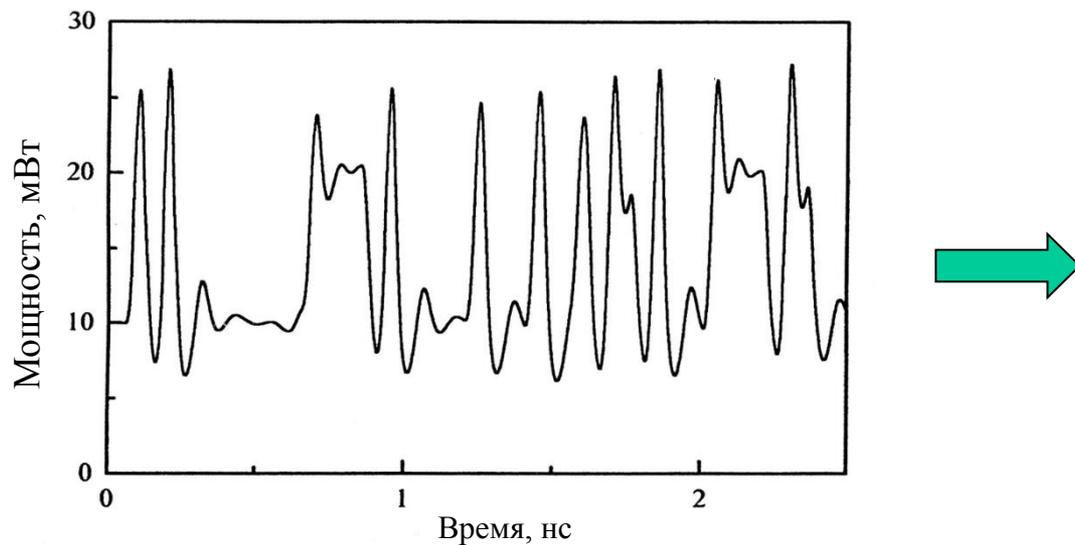
Два способа кодировки:



Отклик на одиночный импульс:

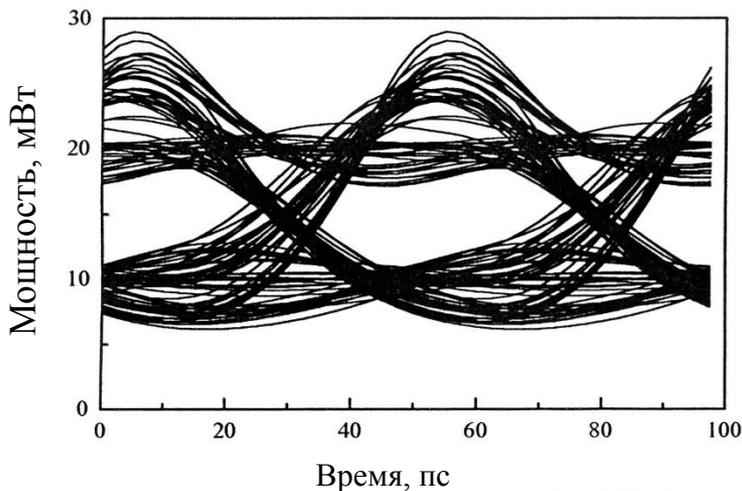
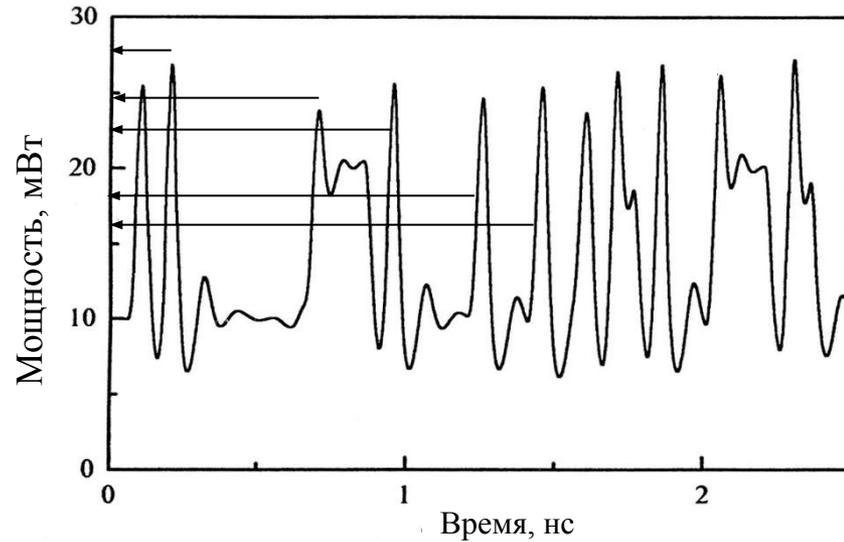
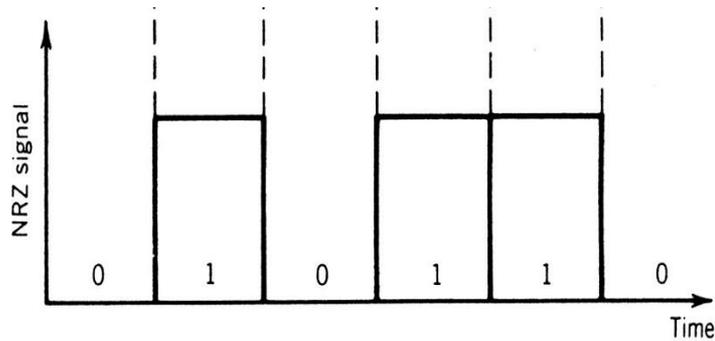


Отклик на последовательность импульсов:



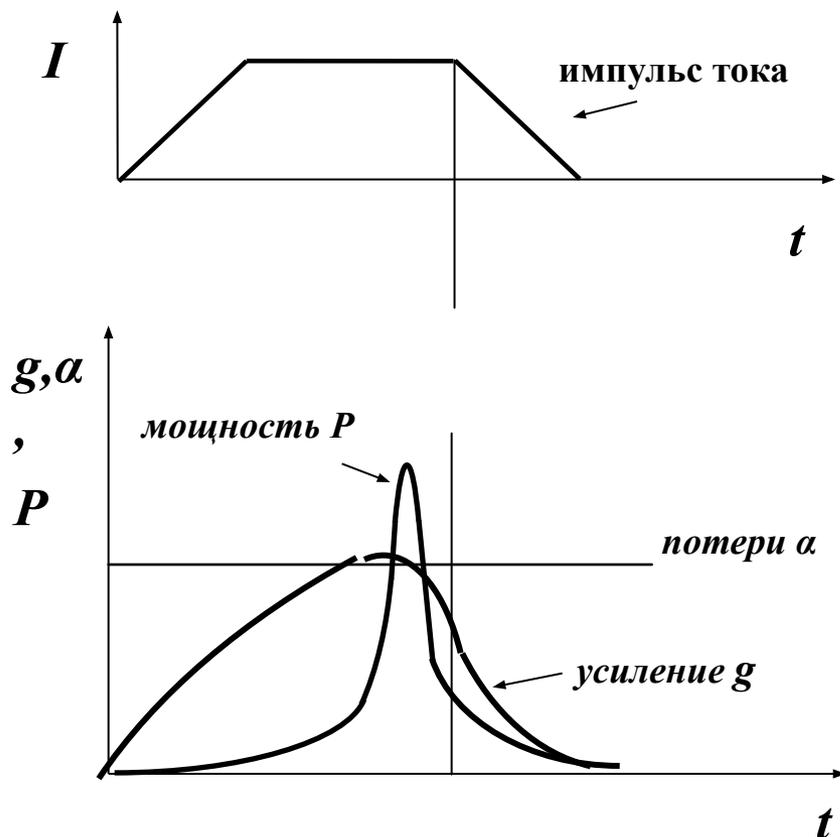
«Глаз-диаграмма» - мера искажения оптических сигналов

Принцип построения «глаз-диаграммы» (на примере NRZ):



1. Запомним форму отклика в памяти осциллографа
2. Приведем передние фронты всех оптических импульсов к одному моменту времени $t=0$ (как показано на рис.)
3. В результате получим «глаз-диаграмму»
4. **Площадь открытой части глаза есть мера качества передачи сигнала**

Генерация коротких одиночных импульсов света: Режим модуляции усиления



Отклик усиления и мощности
излучения лазера.

При накачке коротким импульсом тока усиление растет, достигает уровня потерь и затем превышает его (динамический эффект!)

Для генерации одиночных импульсов света нужны короткие импульсы тока накачки, обычно < 1 нс, (тогда не возникают релаксационные колебания мощности на спаде импульса света)

Пиковая мощность тем больше, чем сильнее в структуре лазера электрон-фотонный резонанс.

Для этого надо:

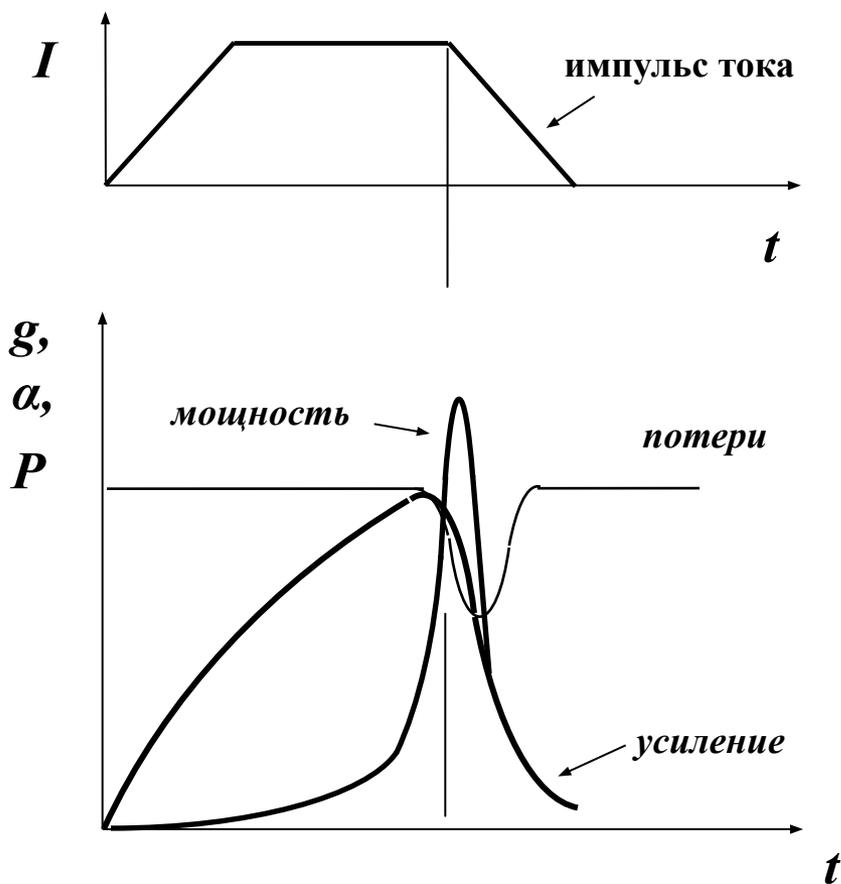
- большое dg/dn (дифф. усиление)
- малое τ_p (большие потери, короткий рез-тор)
- малое ε (коэфф. нелинейного усиления)

Типичные величины импульсной мощности
в этом режиме:

$$P_{\text{макс}} \sim 1-10 \text{ Вт}$$

Длительность импульса: ~ 100 пс

Генерация коротких импульсов света: Режим модуляции добротности



Отклик усиления, потерь и мощности излучения лазера

Для работы в этом режиме в резонаторе лазера должен быть **насыщаемый светом нелинейный поглотитель** (см. далее)

При накачке коротким импульсом тока усиление растет, достигает *исходного* уровня потерь и тогда начинает расти оптическая мощность

В результате роста мощности поглотитель насыщается и потери в резонаторе уменьшаются

При уменьшении потерь мощность света быстро растет, но это приводит к «съеманию» инверсии, усиление падает и мощность света начинает падать

Тогда восстанавливается исходный высокий уровень потерь и генерация прекращается

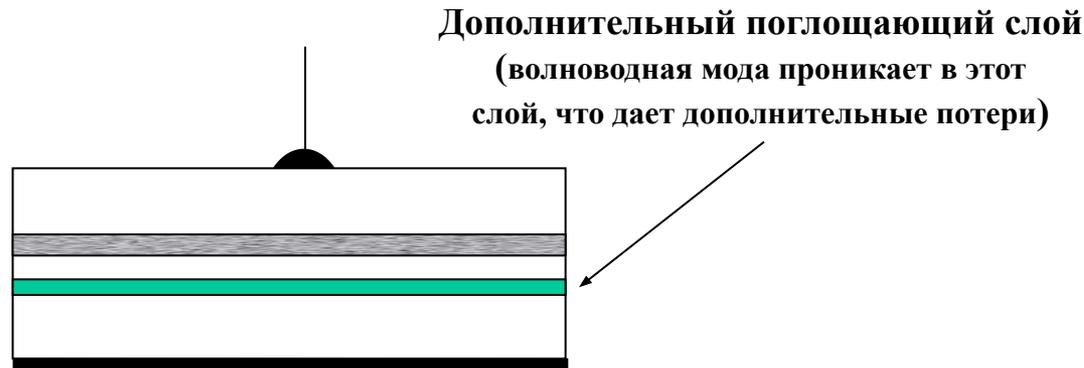
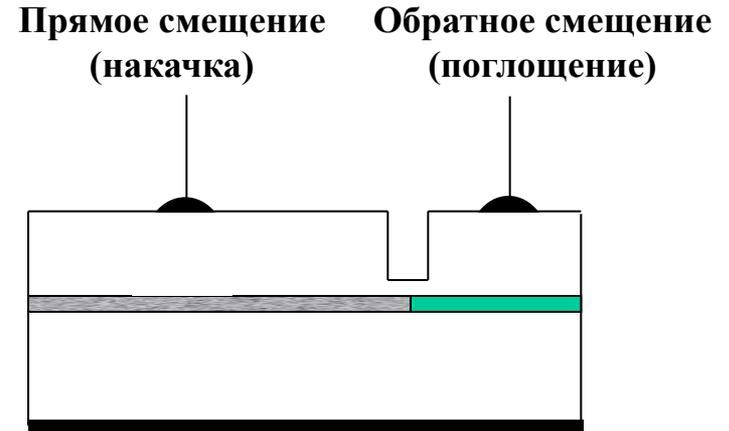
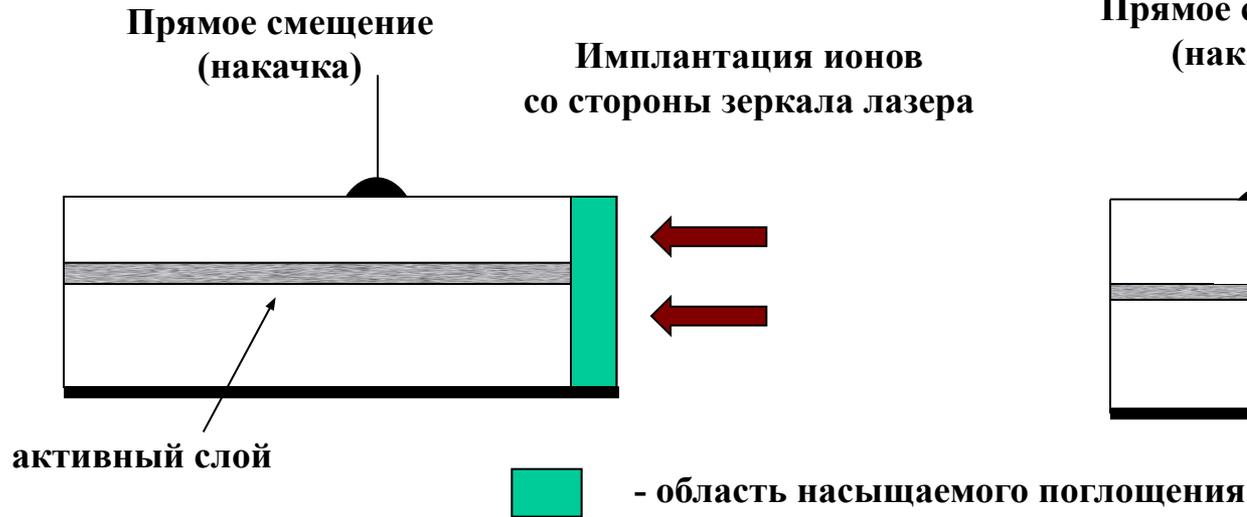
Чтобы получить максимальную пиковую мощность импульса света надо обеспечить высокий уровень исходных потерь и сделать быстрым насыщающийся поглотитель

Типичные величины импульсной мощности в этом режиме:

$$P_{\text{макс}} \sim 50-100 \text{ Вт}$$

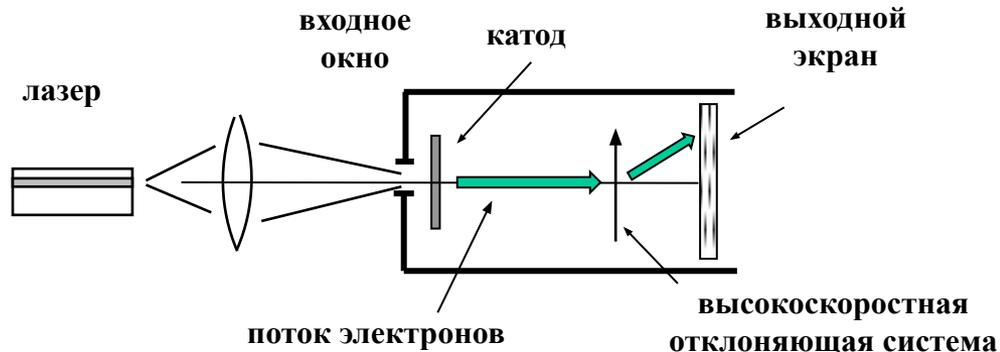
Как сделать насыщающийся поглотитель ?

Основные практические решения

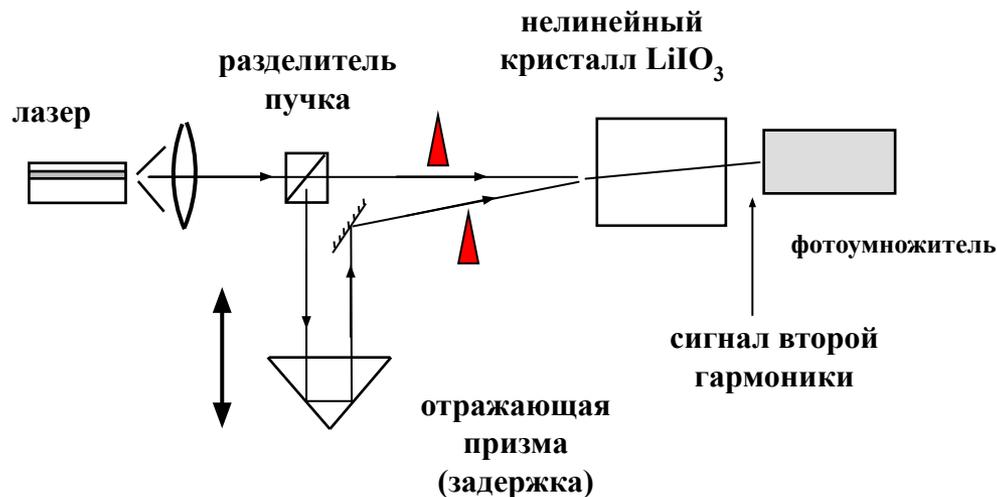


Методы измерения формы и длительности коротких импульсов света

I. Регистрация коротких импульсов света с помощью стрик-камеры ($\delta \sim 10$ пс):



II. Автокорреляционные измерения ($\delta < 1$ пс):

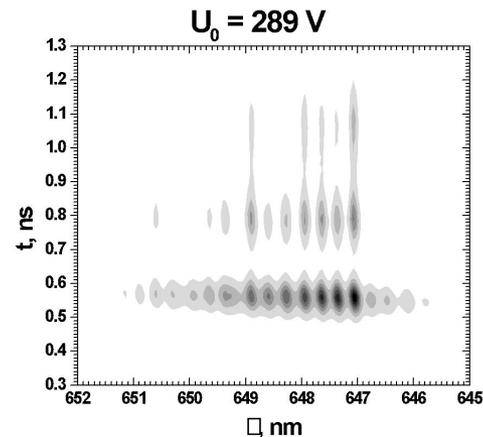
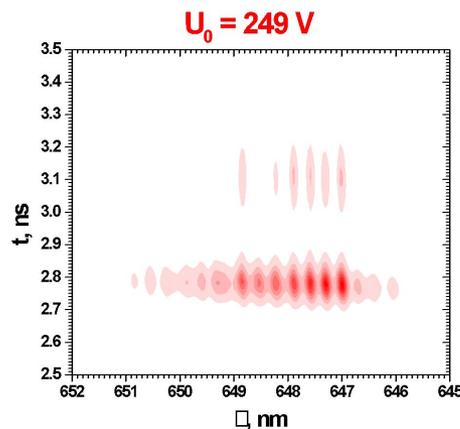
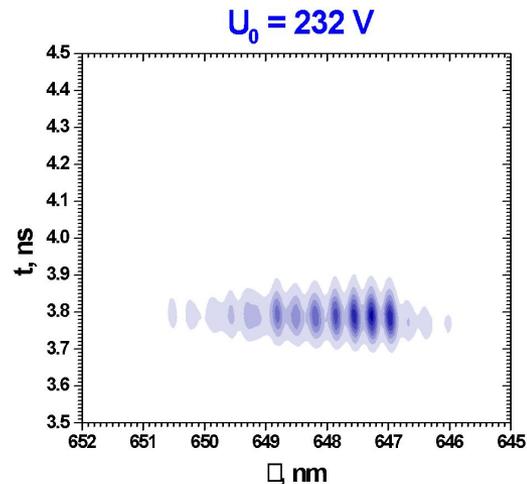
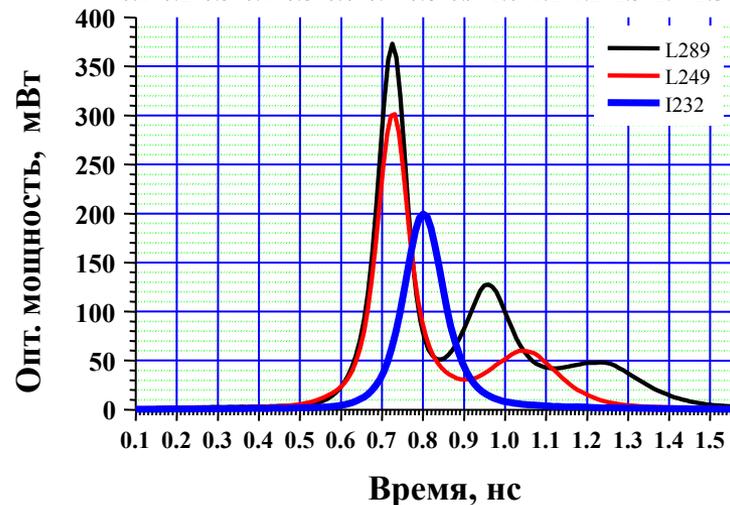
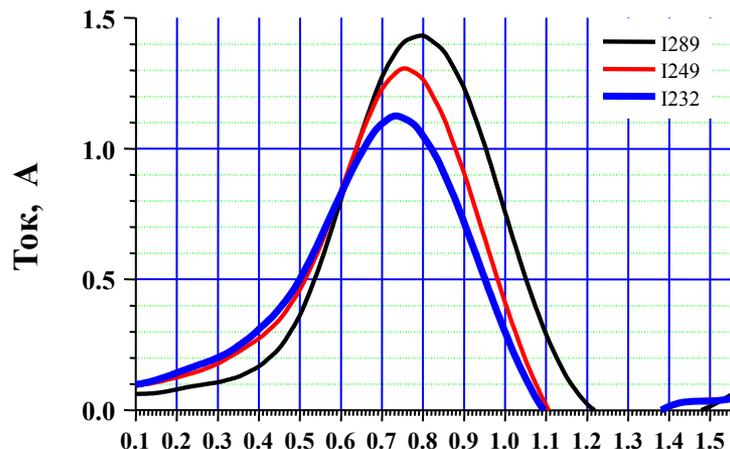


Генерация коротких импульсов света в режиме модуляции усиления: регистрация с помощью стрик-камеры

DL5147-042; $\lambda=648$ nm; $\Delta\lambda\sim 4$ nm

$I_{in}=45$ mA; 750 mW/mA

C_0/R_0 : 2.7pF / 40; C_1/R_1 : 220pF / 7.5

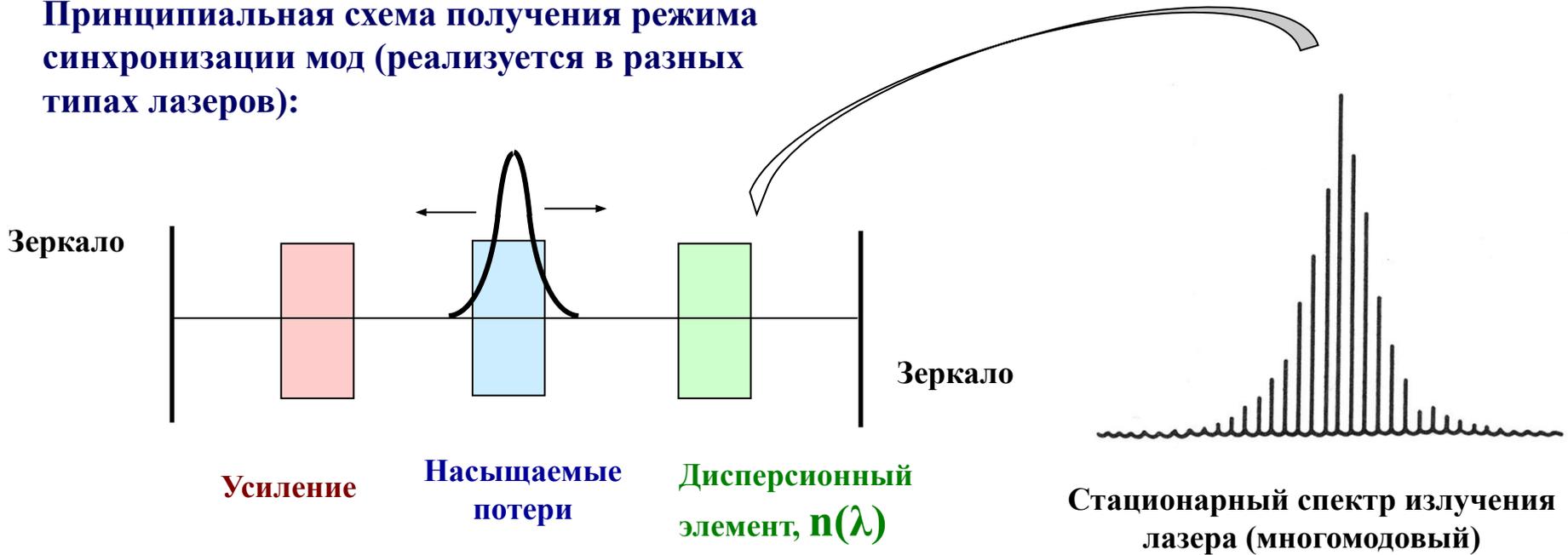


Для получения одиночных импульсов света необходимо выбирать амплитуду и длительность импульса тока накачки

→ **мощность опт. импульса ограничена**

Синхронизация мод в инжекционных лазерах

Принципиальная схема получения режима синхронизации мод (реализуется в разных типах лазеров):

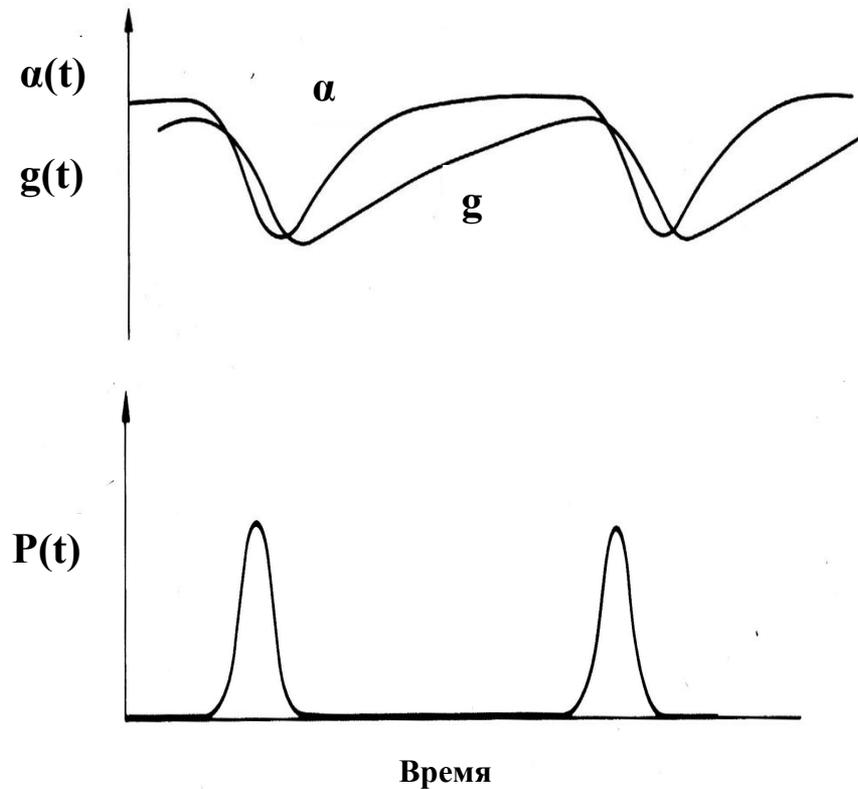
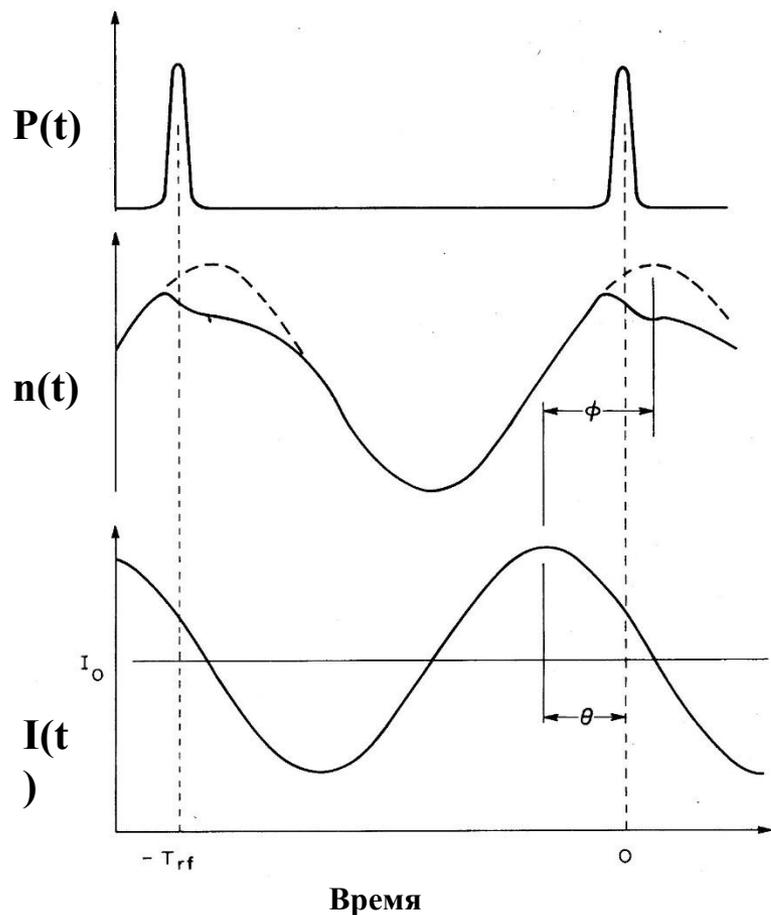


При наличии в резонаторе усиления, насыщаемых потерь и специального вида дисперсии фазы разных продольных мод могут случайно *синхронизоваться*, что приводит к генерации *последовательности очень коротких импульсов света*.

Основные черты режима:

- Длительность опт. импульса тем меньше, чем больше мод участвует в синхронизации
- Период повторения импульсов света равен времени двойного пролета резонатора

Режимы активной и пассивной синхронизации мод

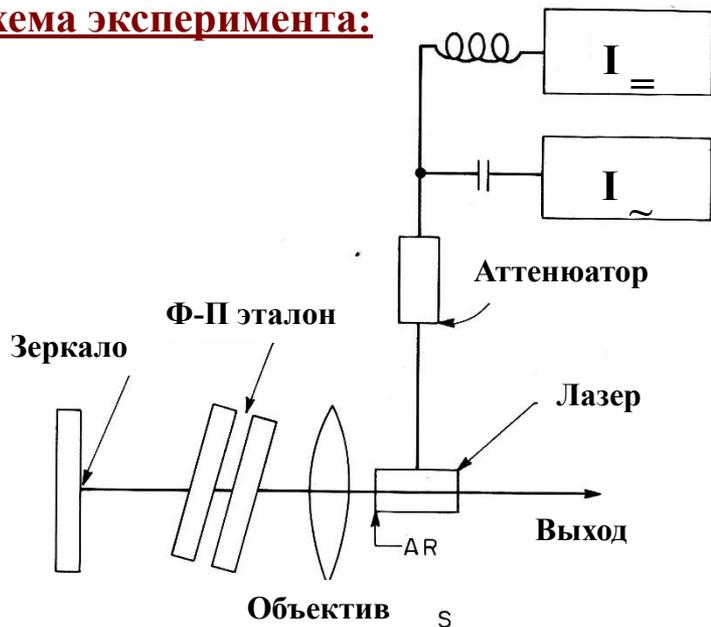


Активная СМ: Подается постоянный + переменный ток
 $f_{RF} \approx (2 \text{ времени пролета } p\text{-ра})^{-1}$

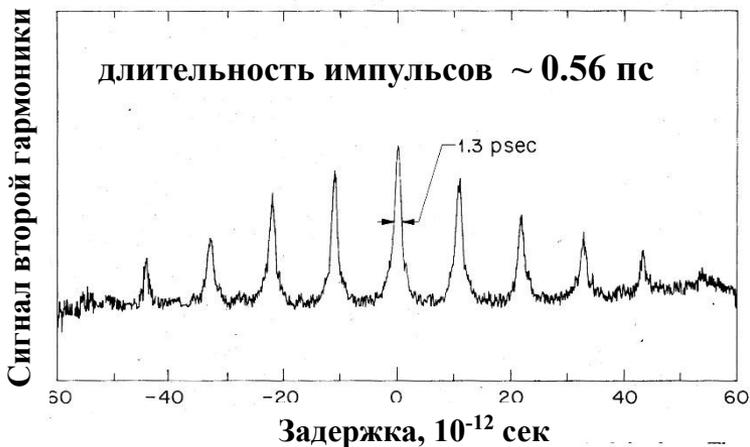
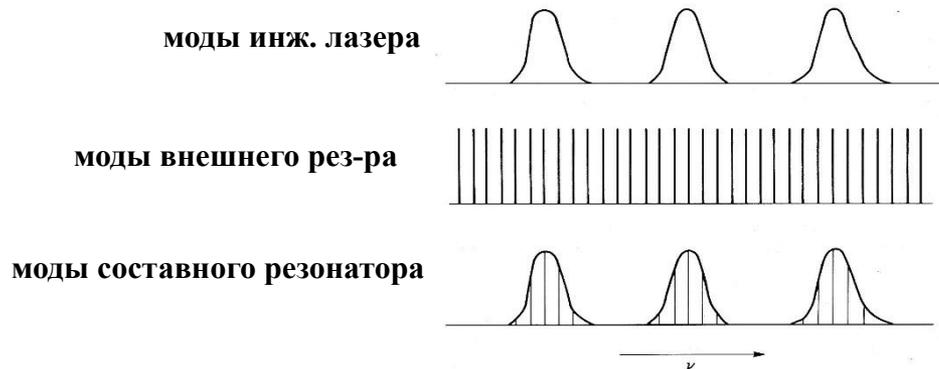
Пассивная СМ: Подается постоянный ток
 Нужно чтобы: $d\alpha/dP > dG/dP$

Эксперимент по синхронизации мод в инжекционном лазере

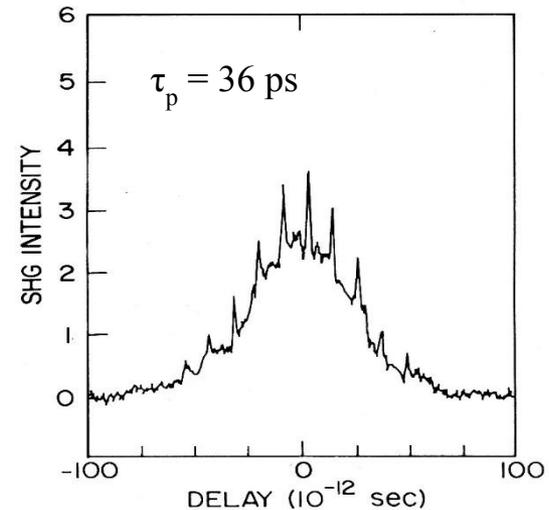
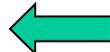
Схема эксперимента:



Структура продольных мод :



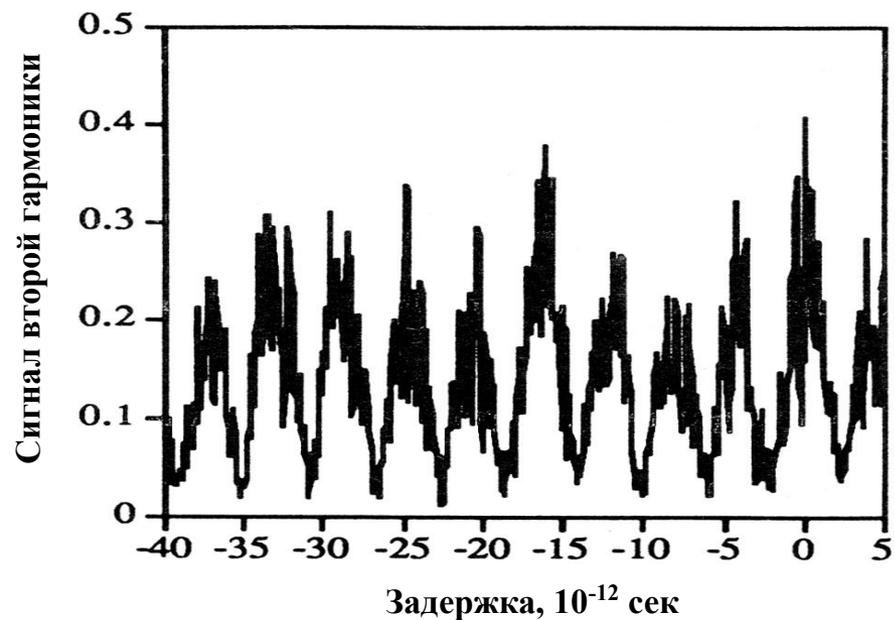
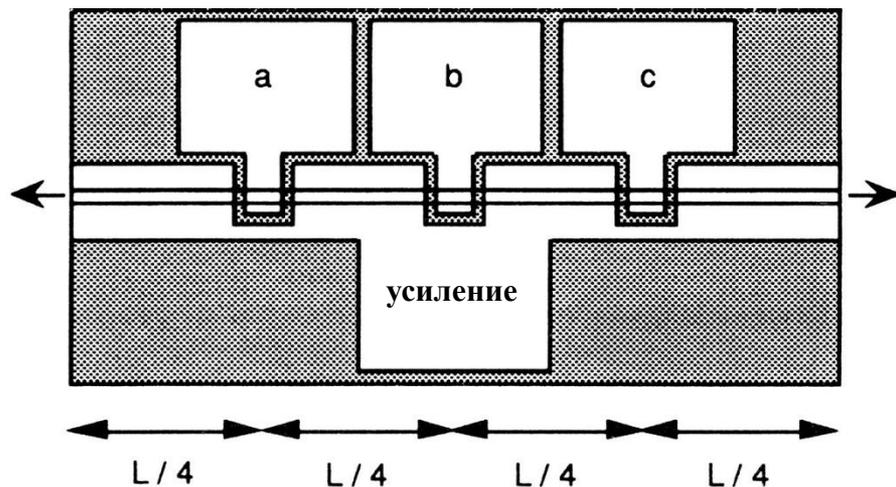
Синхронизация
широкого спектра мод



Синхронизация мод в пределах
одной моды инж. лазера

Получение сверхвысокочастотных оптических сигналов в режиме синхронизации мод на сталкивающихся импульсах

Схематическое изображение структуры лазера
a, b и c - области поглотителя (обратное смещение)



Частота повторения импульсов 200 ГГц !!