

Применения полупроводниковых лазеров в экспериментах по атомной оптике

П.Н. Мелентьев, В.И. Балыкин, С.Н. Руднев, П.А. Борисов, А.Е. Афанасьев

Институт спектроскопии РАН

План доклада

I. Введение

- основные направления атомной оптики
- использование лазеров в экспериментах атомной оптики

II. Лазерные системы на основе полупроводниковых лазеров для целей атомной оптики

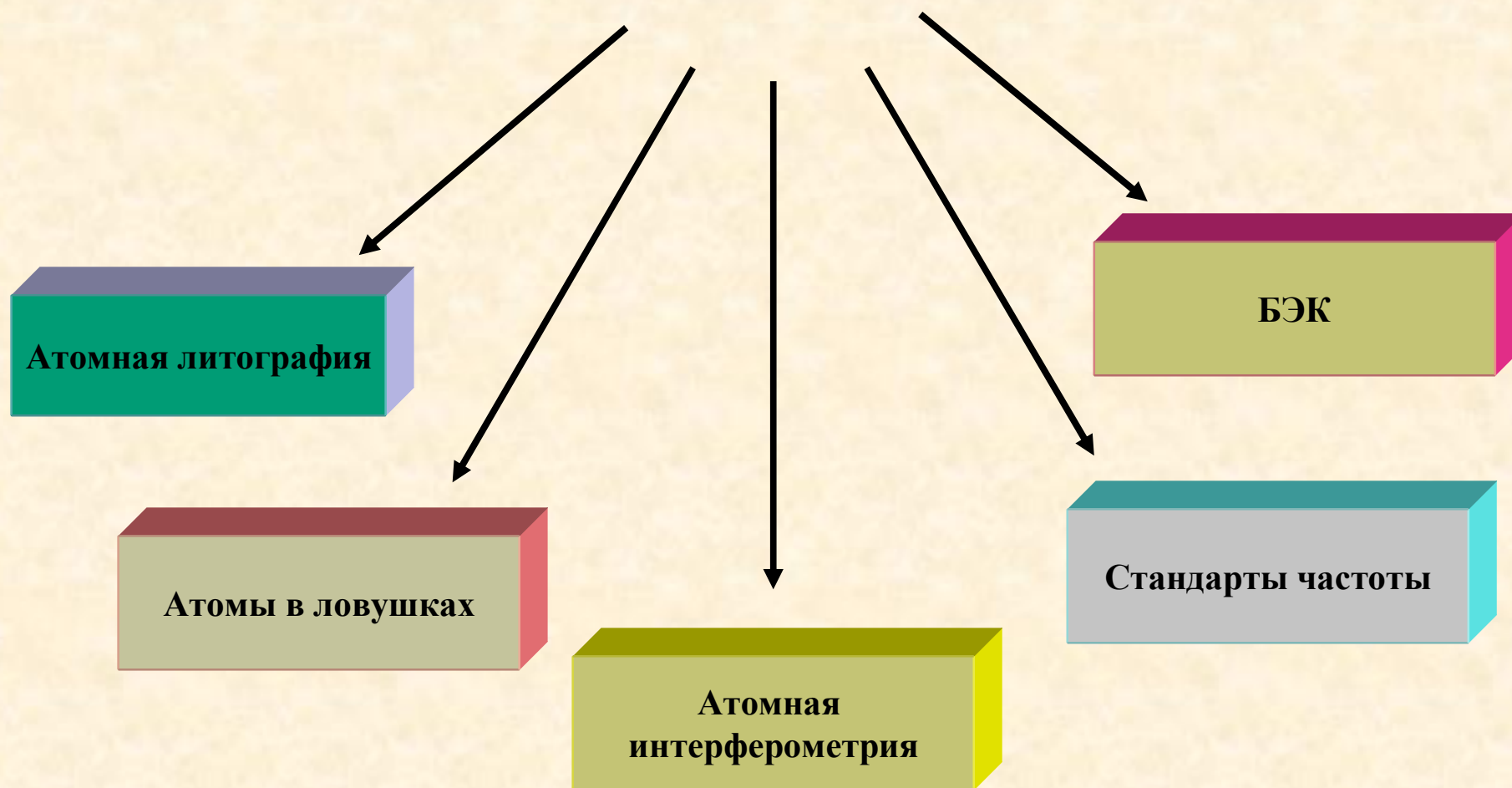
- полупроводниковый лазер в режиме свободной одночастотной генерации излучения
- лазерные системы с внешним резонатором по схеме Литтрова
- режим двухчастотной генерации излучения лазера
- стабилизация частоты излучения лазера
- увеличение мощности излучения с использованием схемы *Injection locking*

III. Экспериментальные результаты

- эксперименты по лазерному зеemanовскому охлаждению тепловых атомов ^{85}Rb
- фокусировка атомов ^{85}Rb с помощью 2DMOT

IV. Выводы

Основные направления атомной оптики



Использование лазеров в экспериментах атомной оптики

Лазерное охлаждение атомов

Управление траекторией движения атомов

Детектирование атомов

Использование лазеров в экспериментах атомной оптики

Лазерное охлаждение атомов

цикличность взаимодействия

лазерное охлаждение

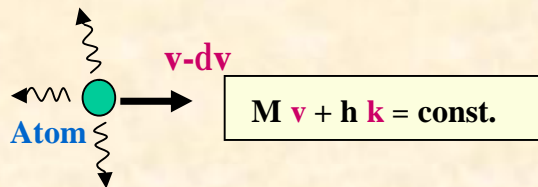
лазерное охлаждение в переменном магнитном поле

ширина линии $\delta\nu \ll \gamma$, диапазон непрерывной перестройки $\Delta f \gg \Delta\nu_D$, *гауссов* профиль излучения, двух частотный спектр излучения, $P > 10 \text{ мВт}$

Before interaction:



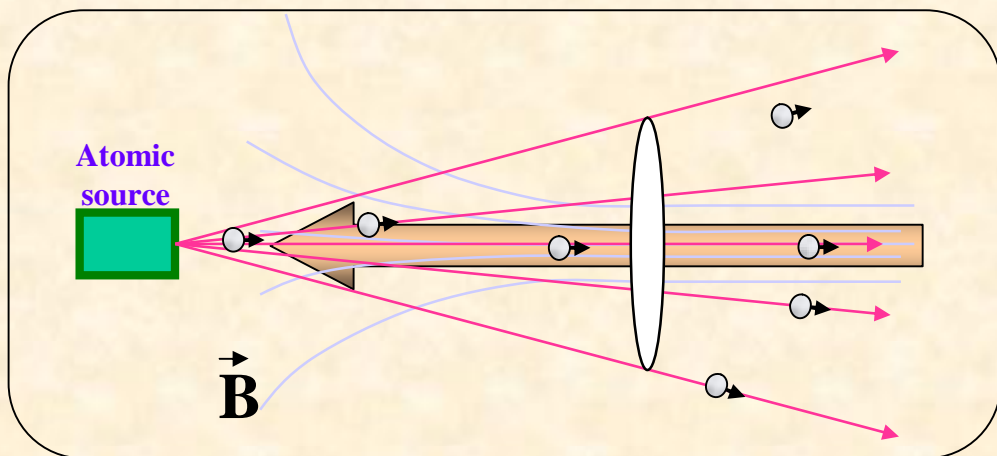
After interaction:



Atomic source



\vec{B}



Excitation by single frequency laser



Excitation by two frequency laser



Lost of atoms

Использование лазеров в экспериментах атомной оптики

Управление траекторией движения атомов (потенциальная сила)

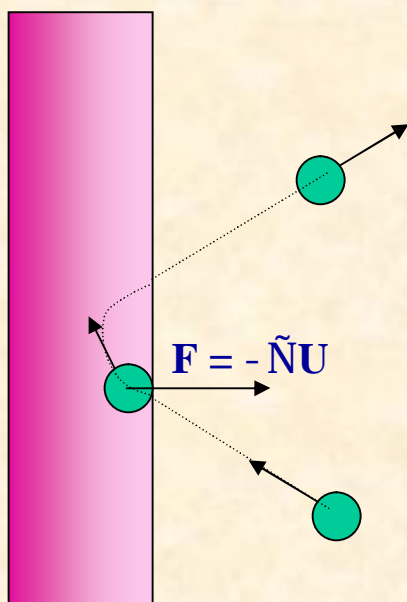
зеркальное отражение атомов

пленение атомов

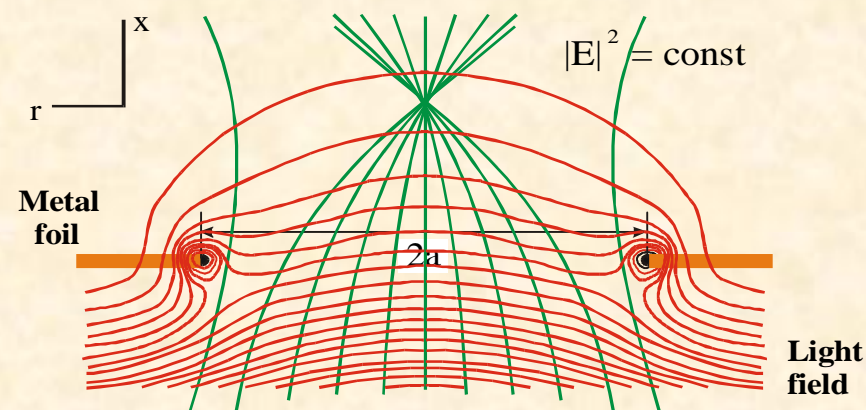
ширина линии $\delta\nu < 100 \gamma$, диапазон непрерывной перестройки $\Delta f > \Delta\nu_D$, *гауссов* профиль излучения, $P > 10$ мВт

фокусировка атомов

каналирование атомов



зеркальное отражение атомов



фокусировка атомов

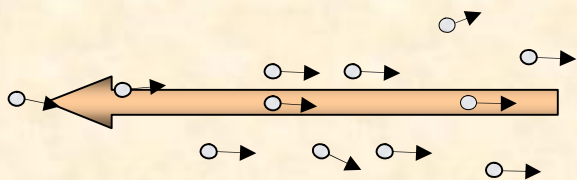
Использование лазеров в экспериментах атомной оптики

Детектирование атомов

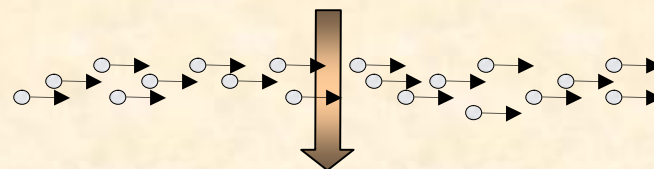
детектирование пространственного распределения атомов

детектирование скоростного распределения ансамбля атомов

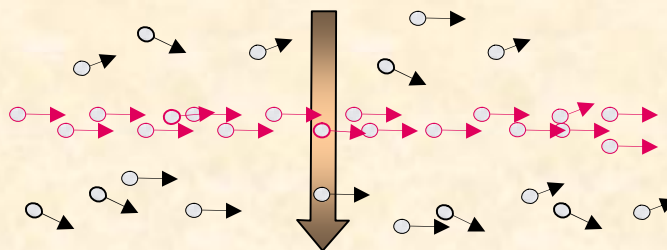
ширина линии $\delta\nu < \gamma$, диапазон непрерывной перестройки $\Delta f > \Delta\nu_D$, *гауссов* профиль излучения,
 $P > 1$ мВт



измерение скоростного распределения



измерение плотности атомов



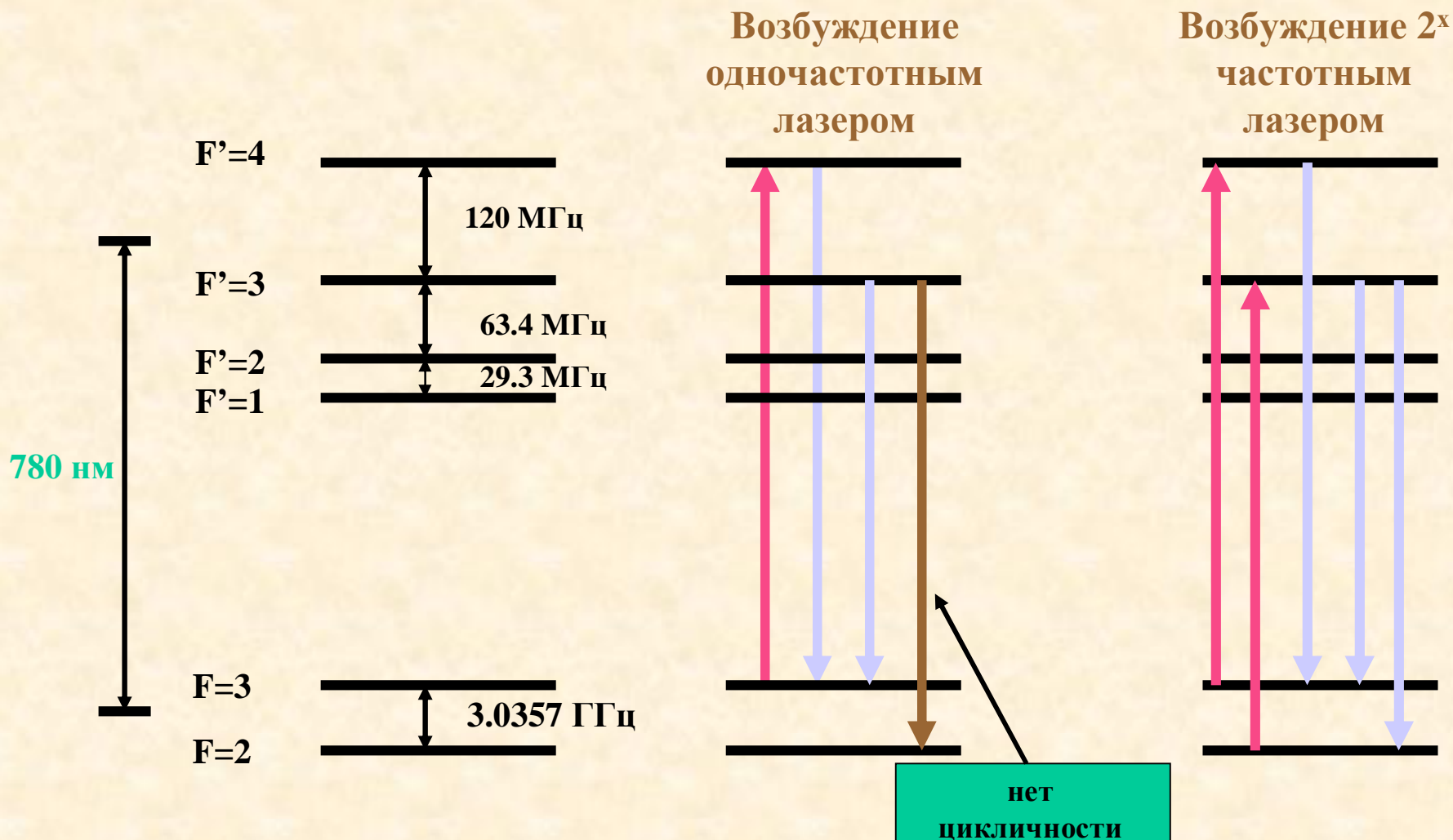
измерение пространственного распределения атомов

Лазерные системы на основе полупроводниковых лазеров для целей атомной оптики

- 1. Полупроводниковый лазер в режиме свободной одночастотной генерации излучения**
- 2. Полупроводниковый лазер с внешним резонатором**
- 3. Лазерные системы с усилением излучения полупроводникового лазера**

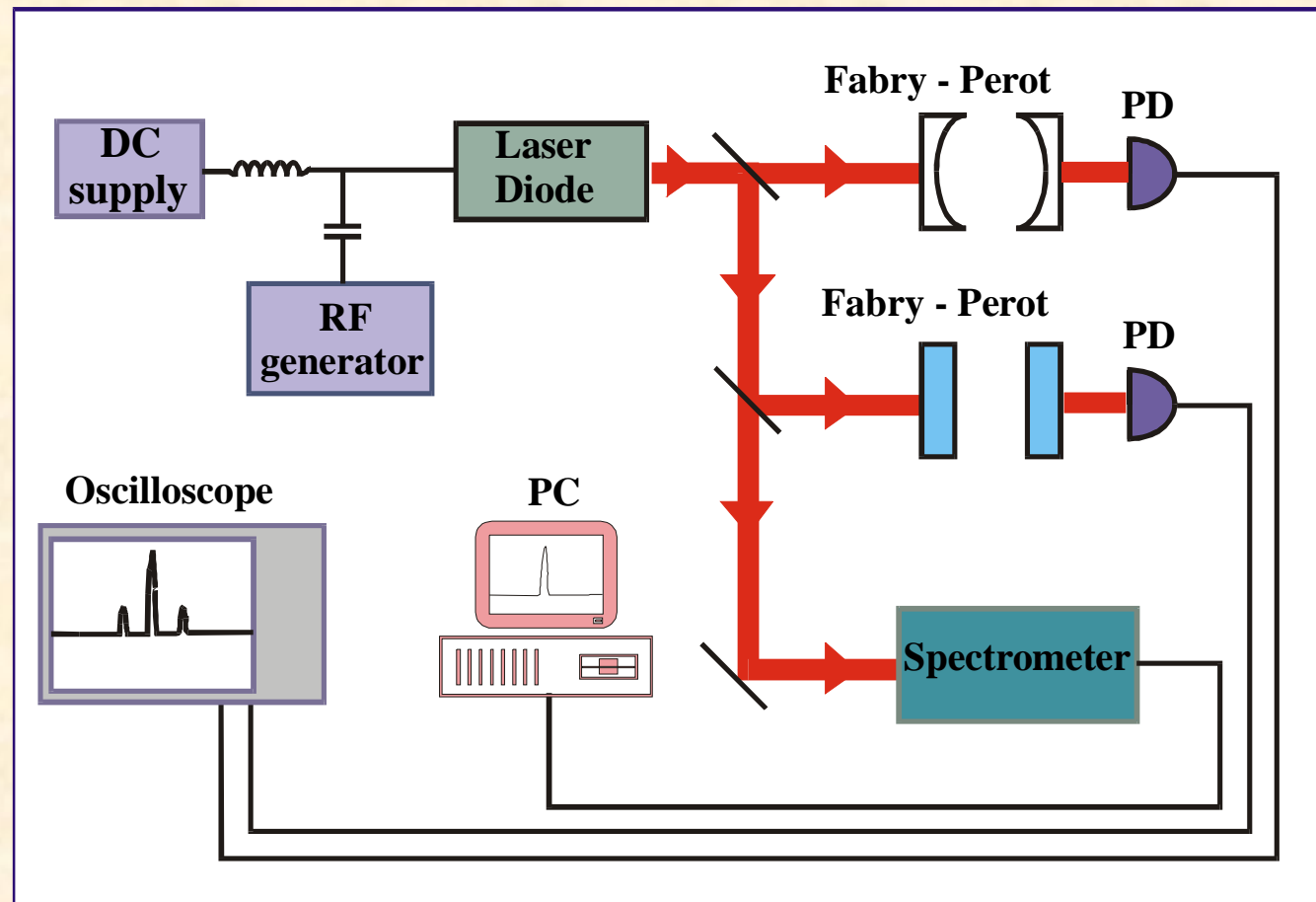
Режим двухчастотной генерации излучения лазера

Схема энергетических уровней D2 линии атома ^{85}Rb

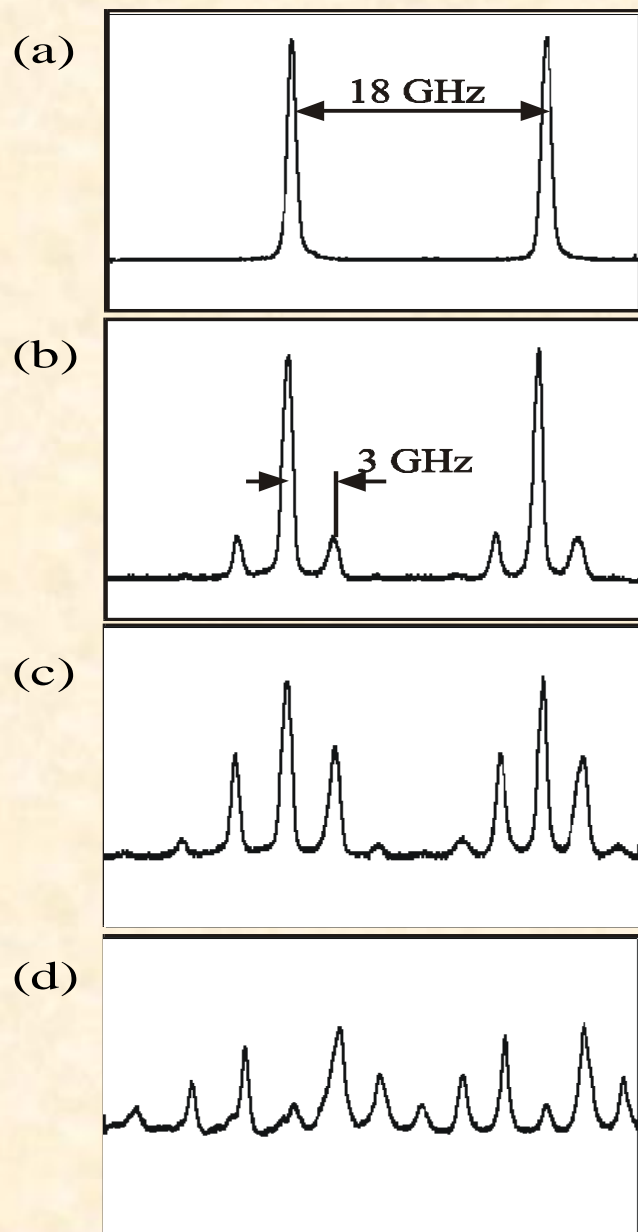


Режим двухчастотной генерации излучения лазера:

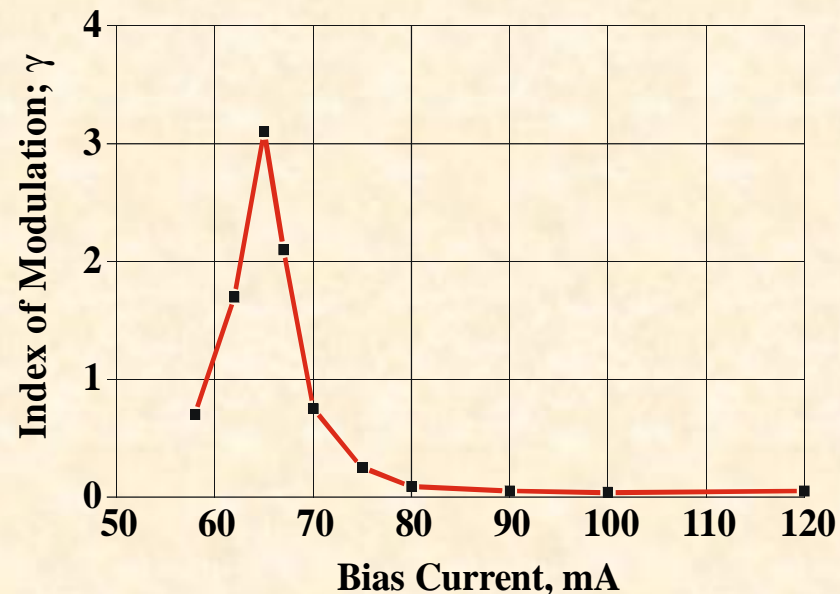
СВЧ модуляция тока инжекции полупроводникового лазера без внешнего резонатора



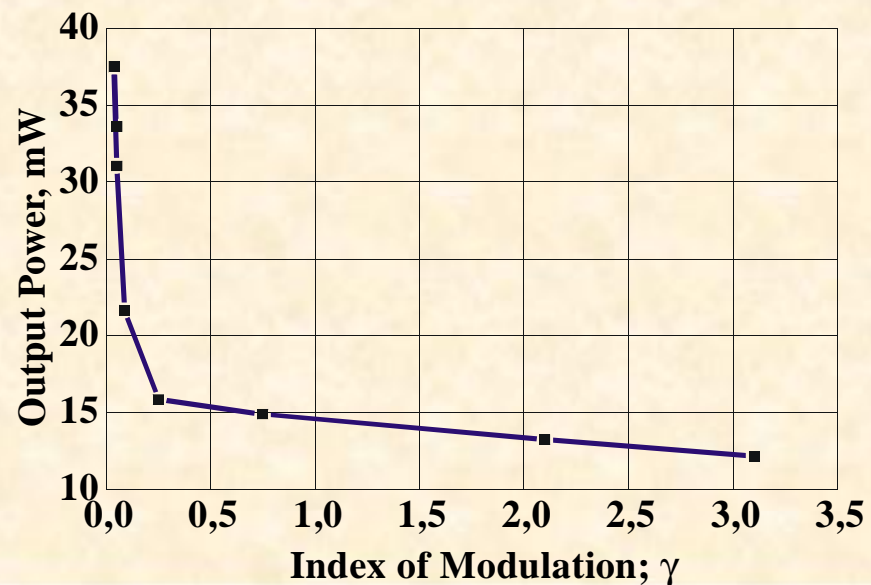
Режим двухчастотной генерации излучения лазера: экспериментальные результаты



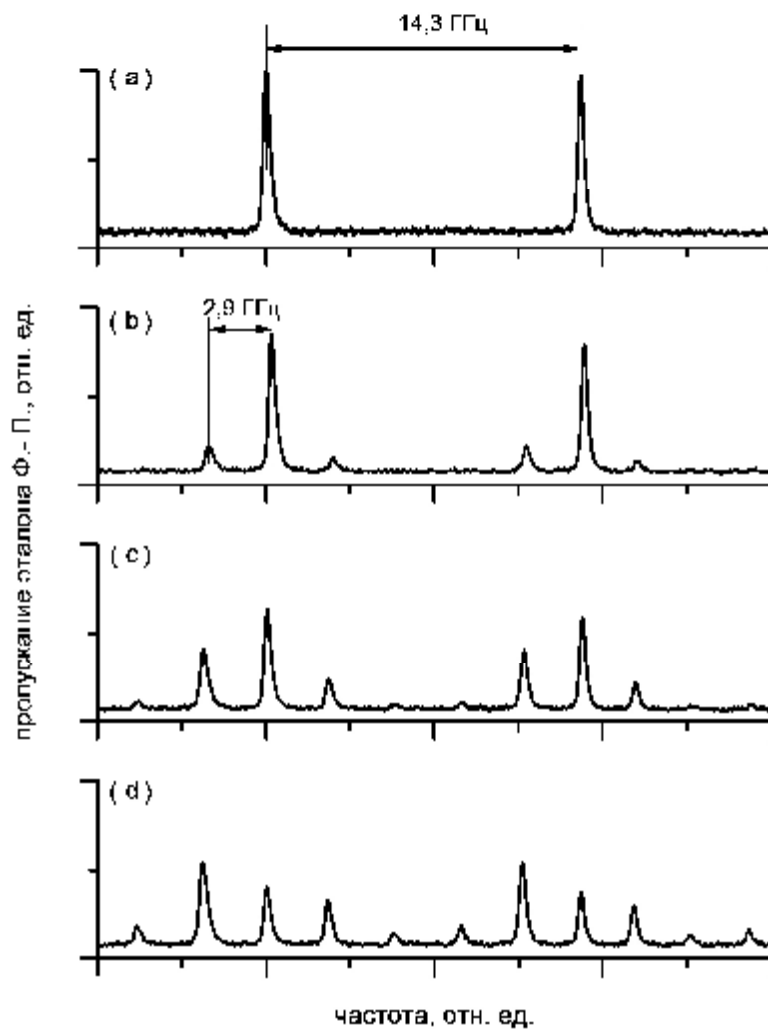
Modulation at different current



Output laser power at different modulation index



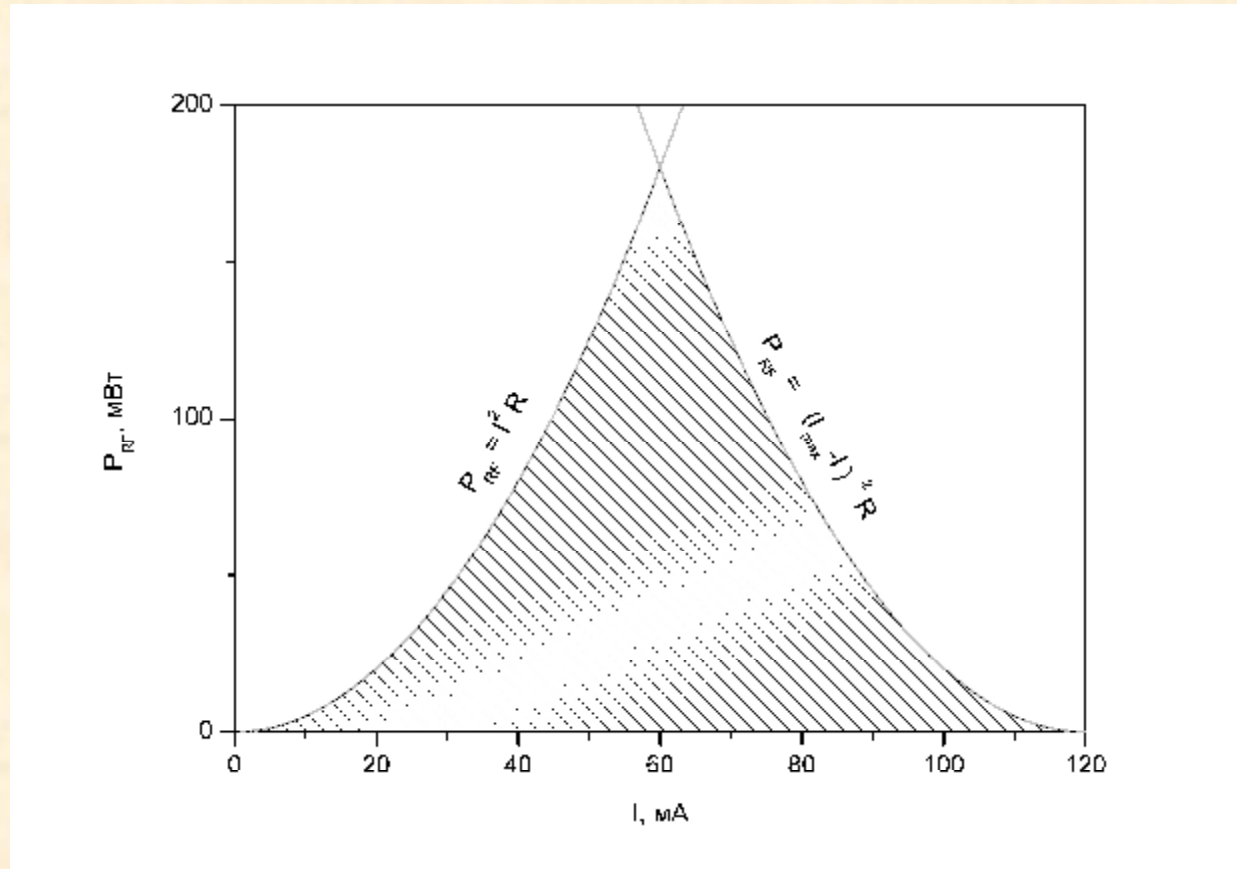
Режим двухчастотной генерации излучения лазера: СВЧ модуляция тока инжекции полупроводникового лазера с внешним резонатором



Режим двухчастотной генерации излучения лазера: выбор мощности СВЧ поля

$$0 < I - i_{RF}$$

$$I + i_{RF} < I_{\max}$$



Стабилизация частоты излучения лазера

применение:

лазерное зеемановское
охлаждение

магнито – оптические
ловушки

детектирование

стабильность частоты:

$$\delta\nu < \gamma$$

$$\delta\nu < \gamma$$

$$\delta\nu < \gamma$$

отстройка частоты:

$$\Delta\nu = 4 : 10 \gamma$$

$$\Delta\nu = 2 : 6 \gamma$$

$$\Delta\nu = 0 : 50 \gamma$$

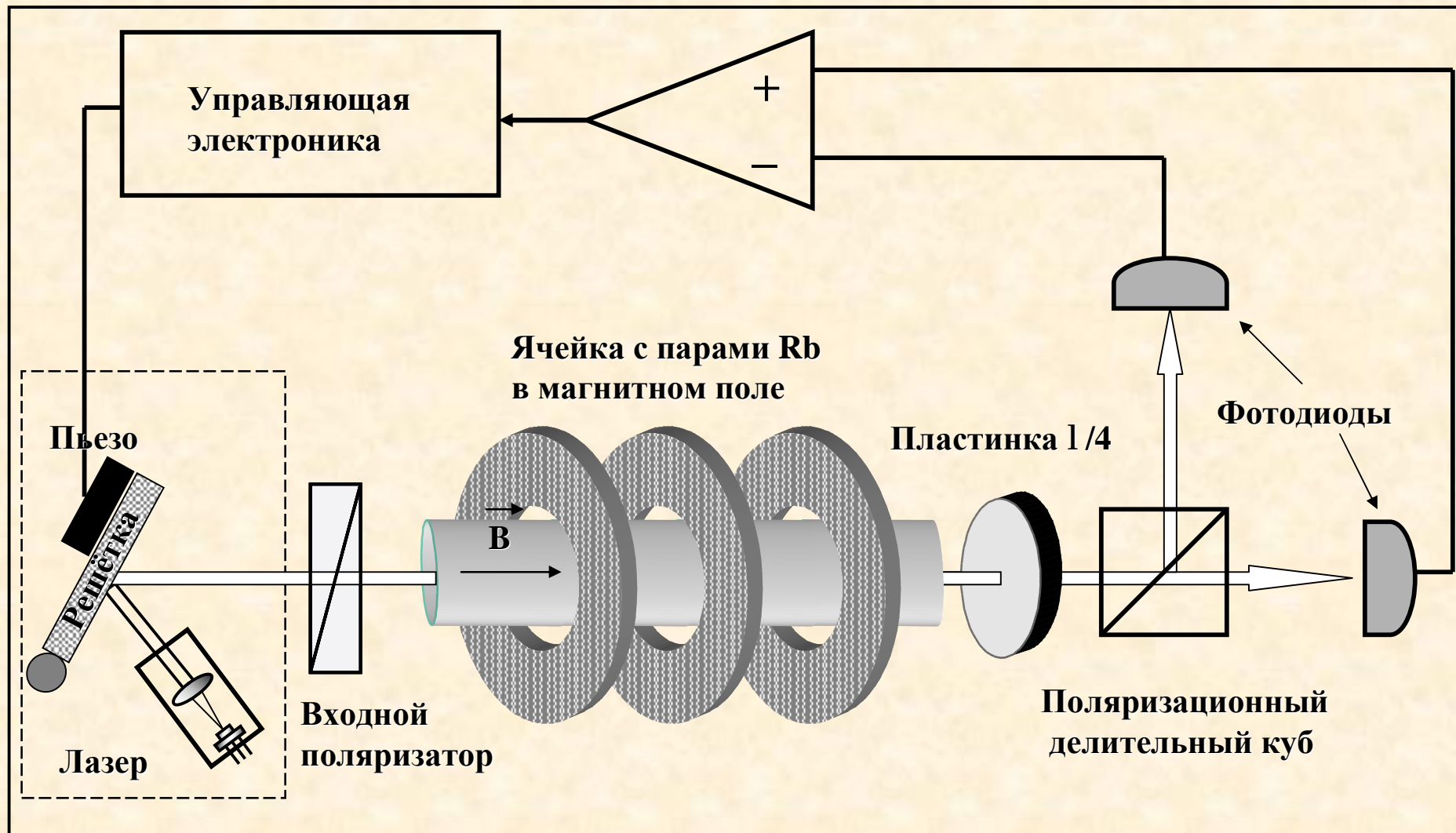
реализация:

DAVLL

стабилизация на пике
резонанса поглощения

стабилизация на склоне
сигнала поглощения

Схема стабилизации частоты DAVLL



Стабилизация частоты DAVLL

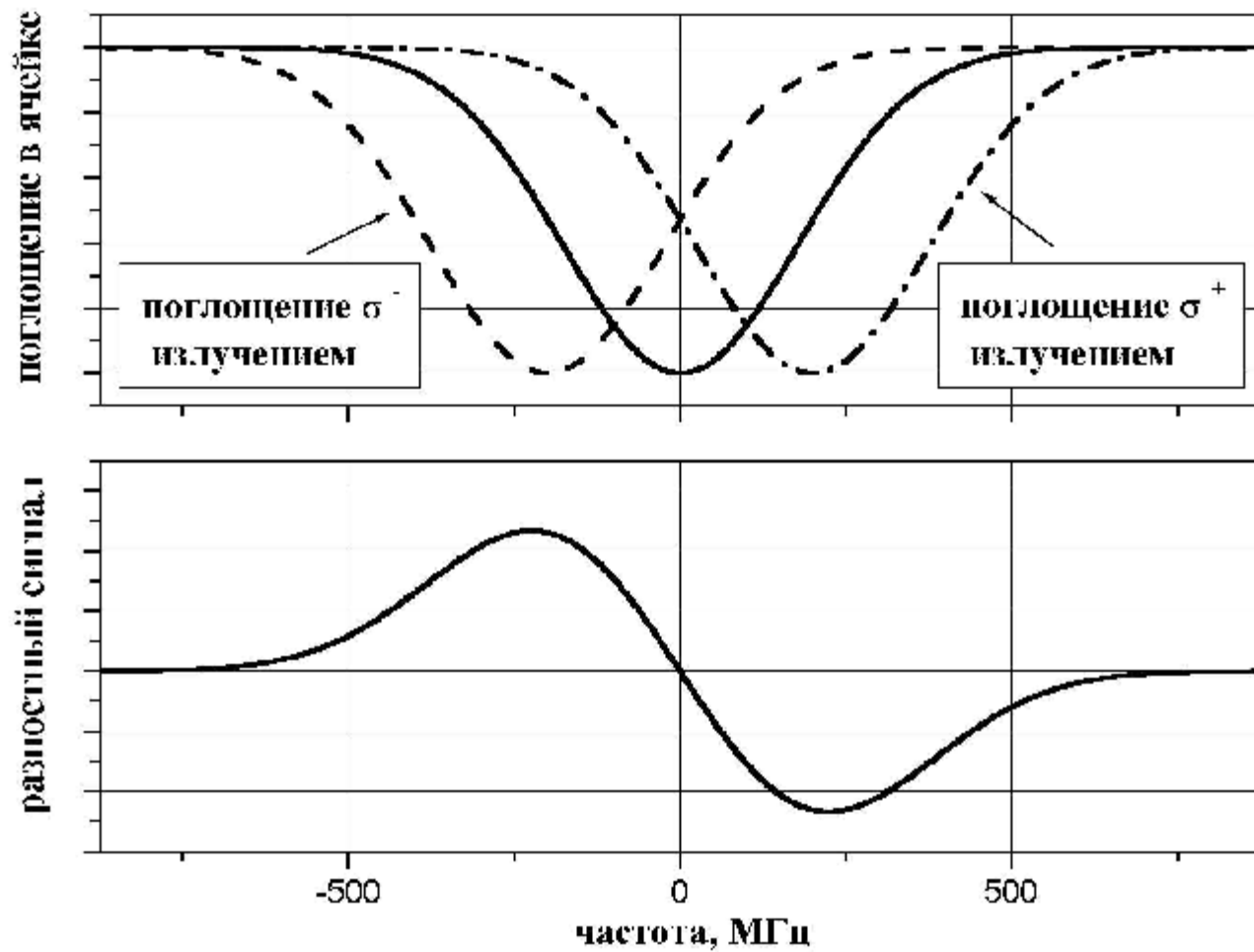
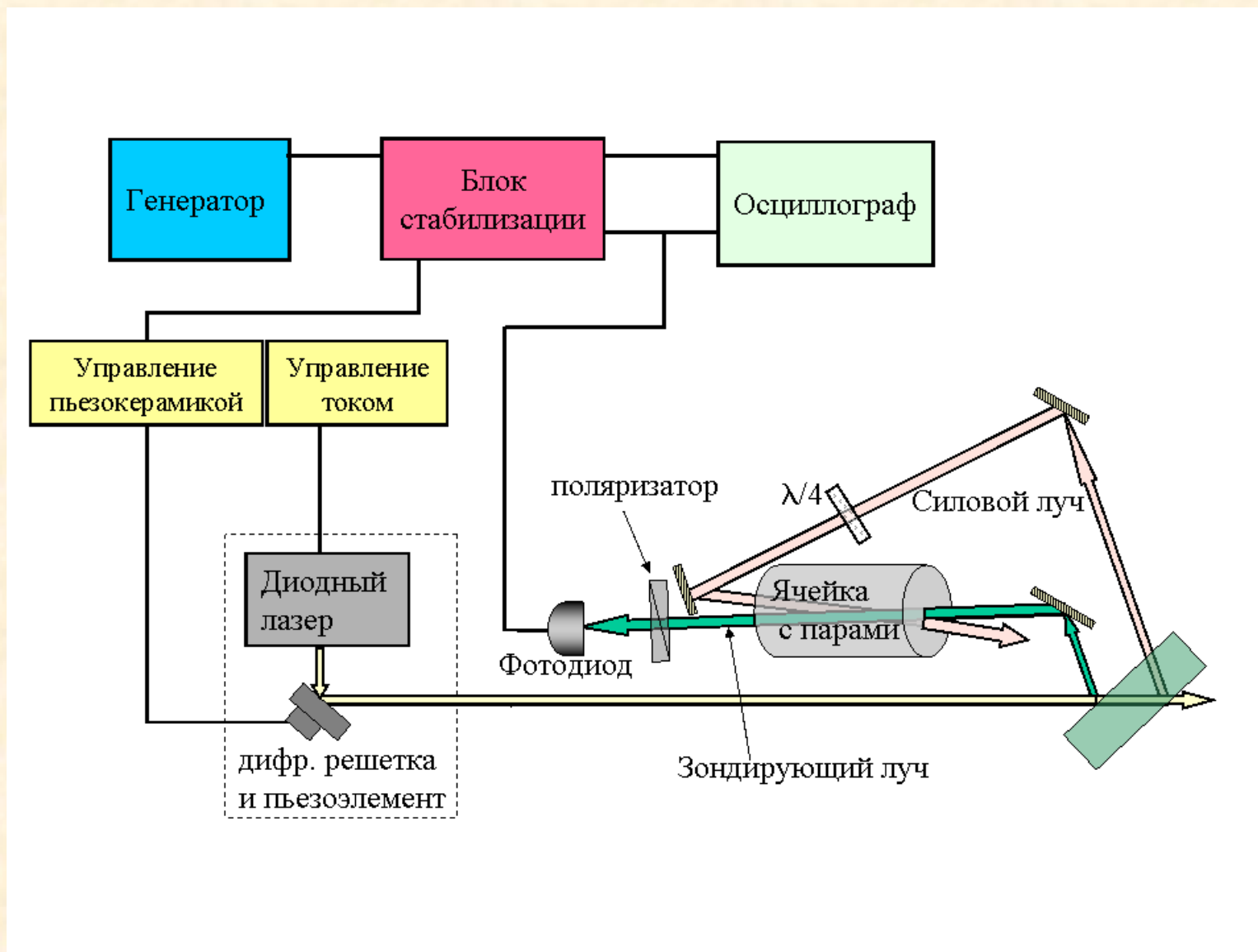
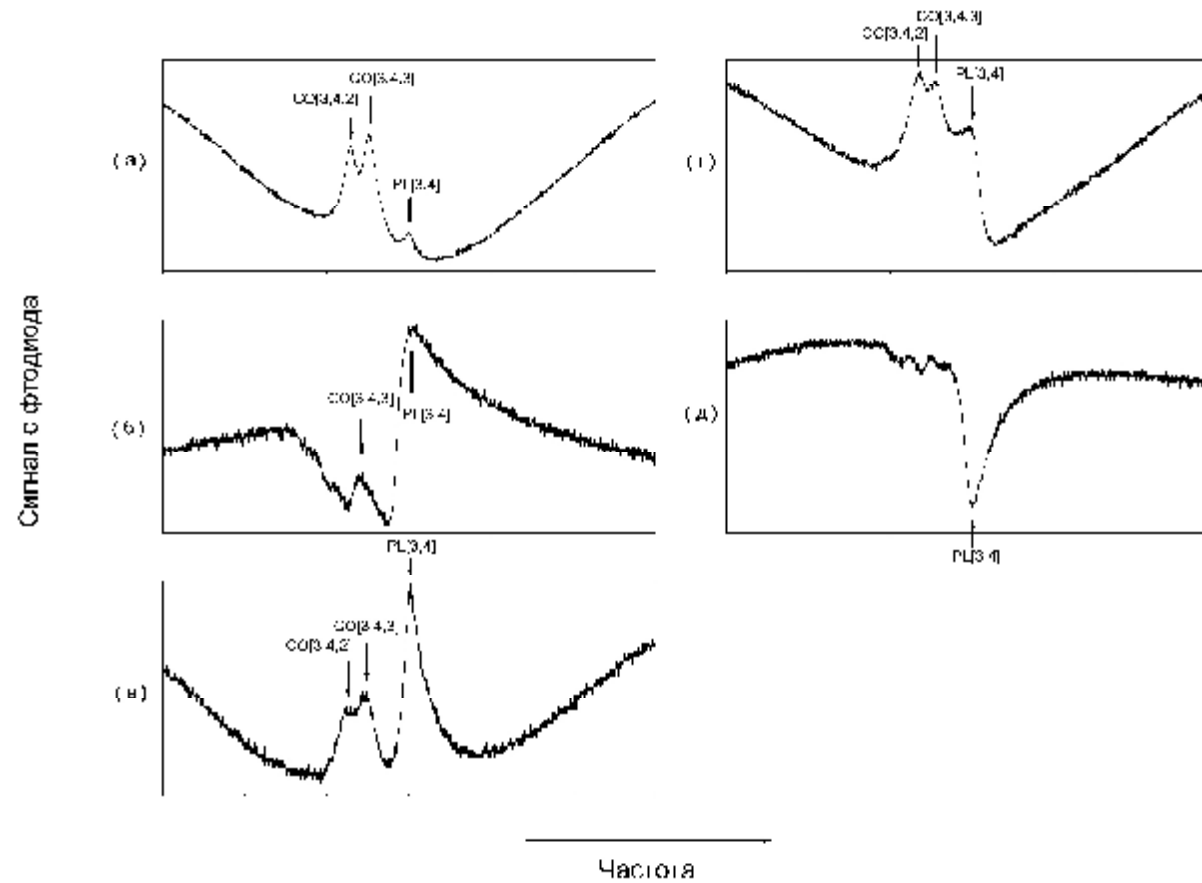


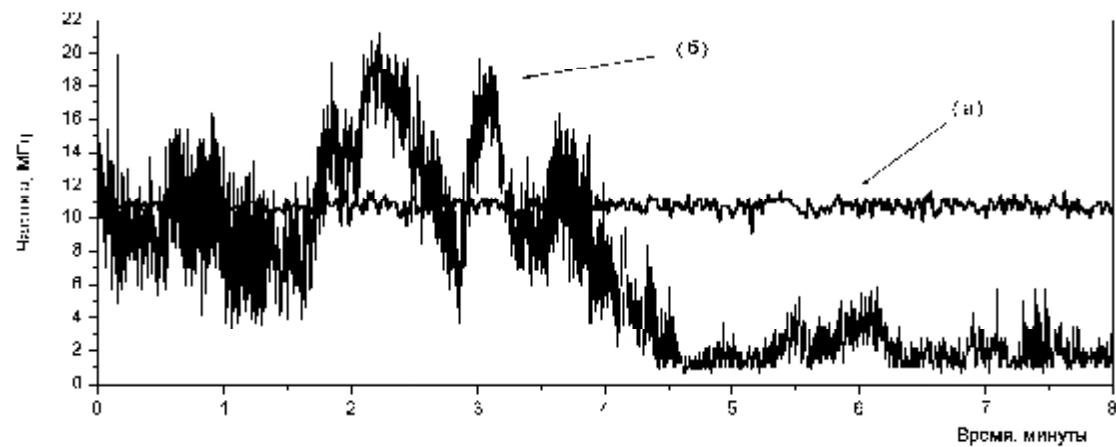
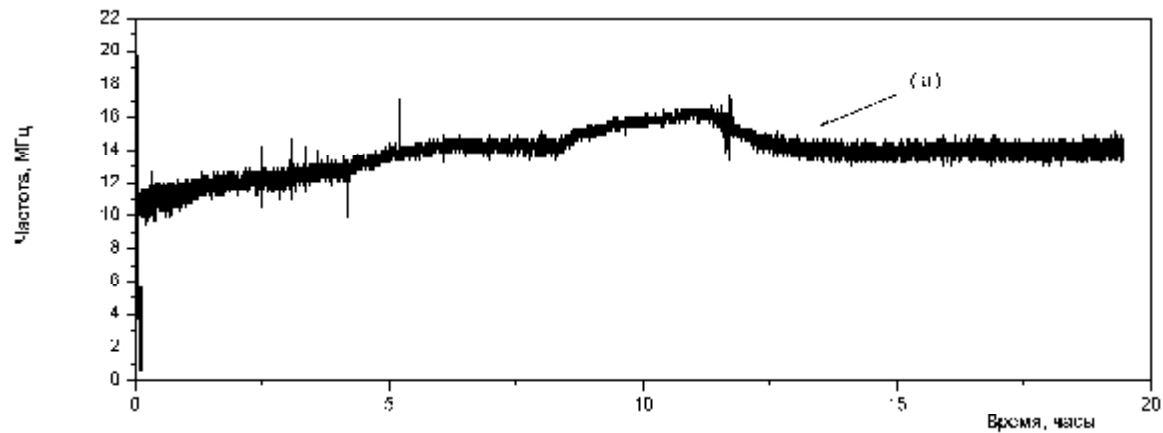
Схема стабилизации частоты на склоне/вершине нелинейных резонансов поглощения



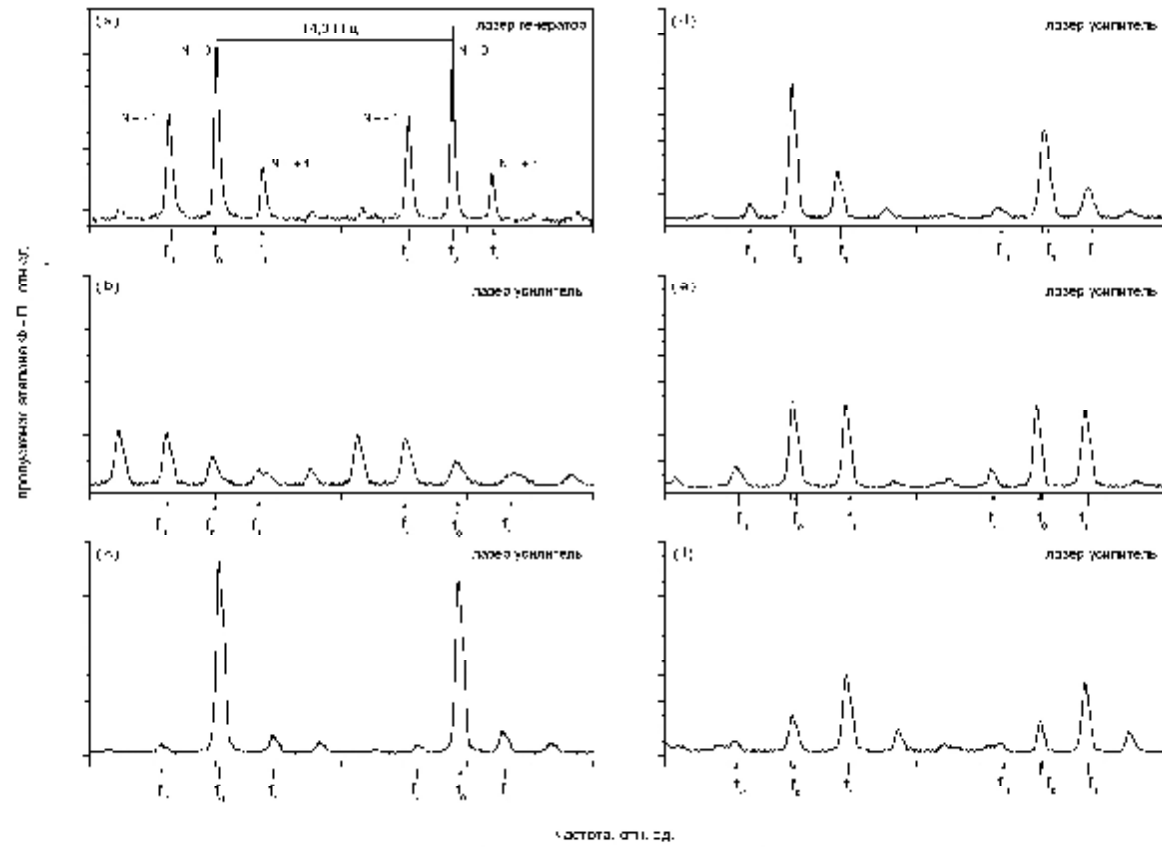
Стабилизация частоты на **склоне/вершине** нелинейных резонансов поглощения



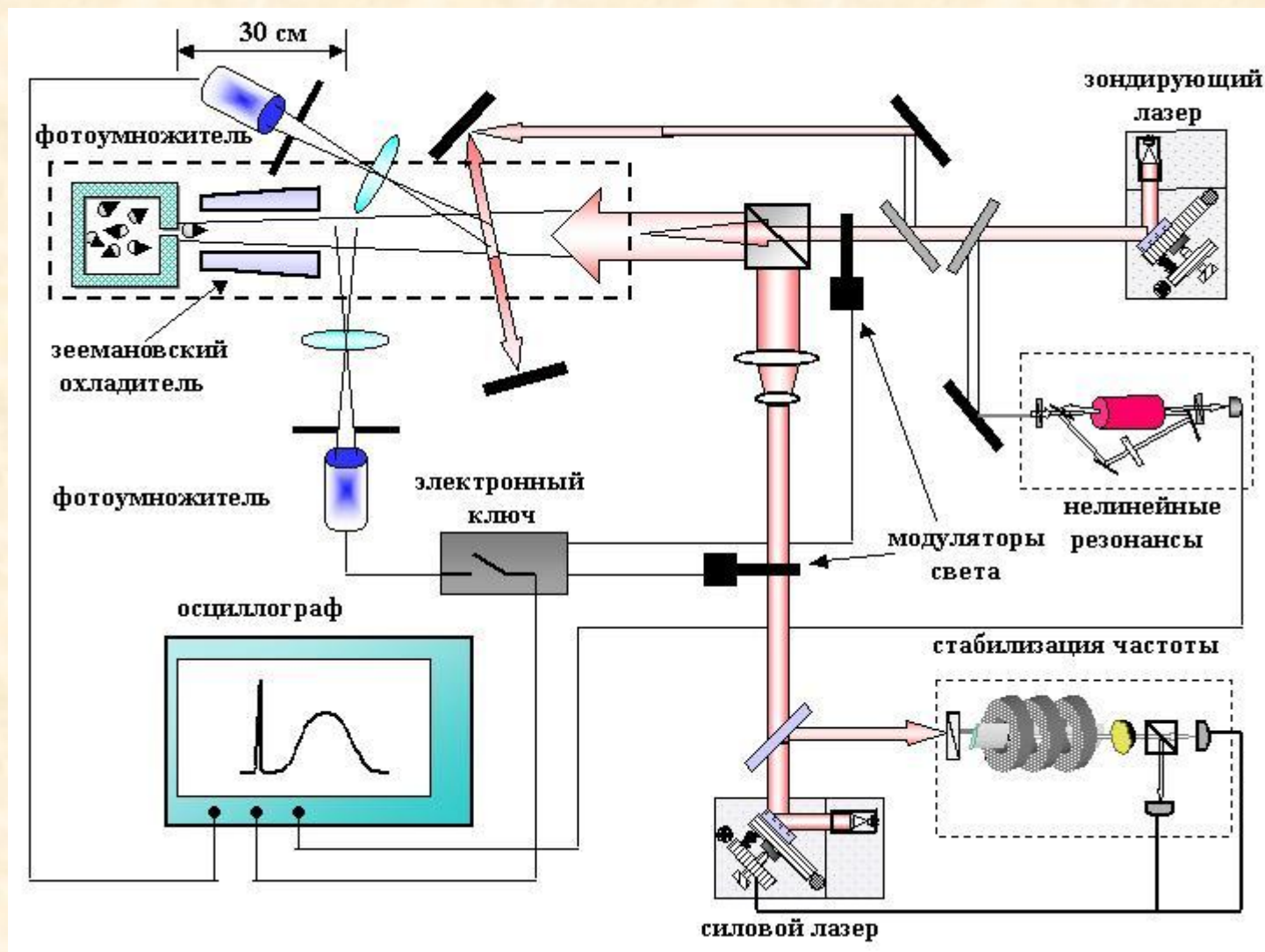
Экспериментальные результаты по стабильности частоты излучения лазера



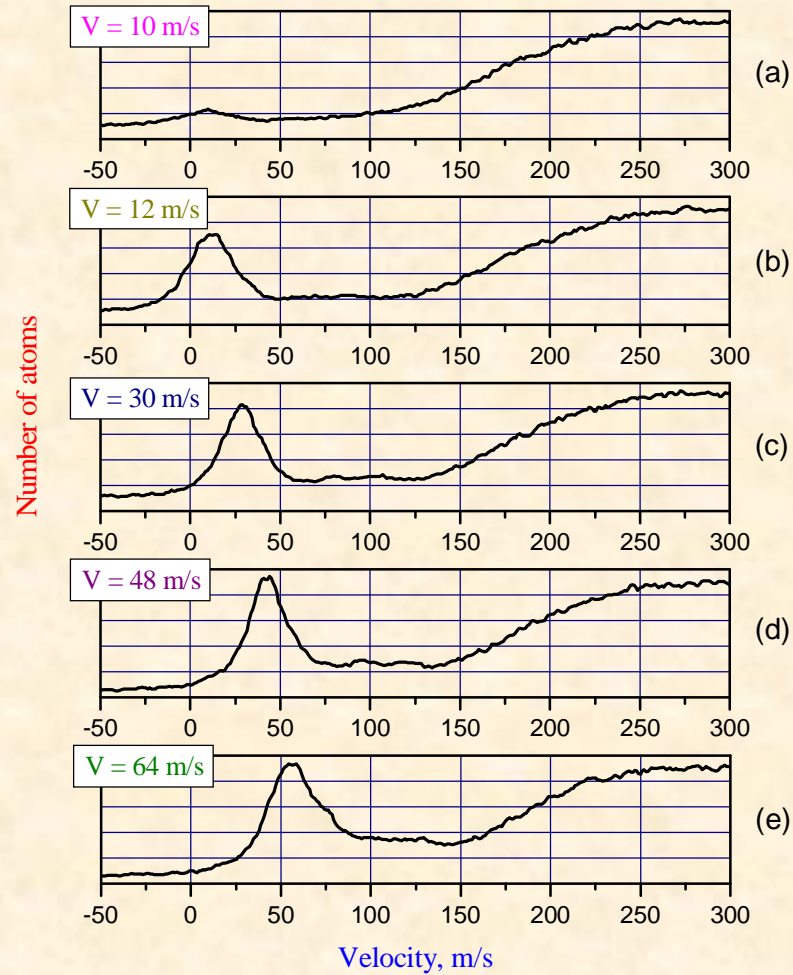
Экспериментальные результаты



Экспериментальные результаты: лазерное зеемановское охлаждение

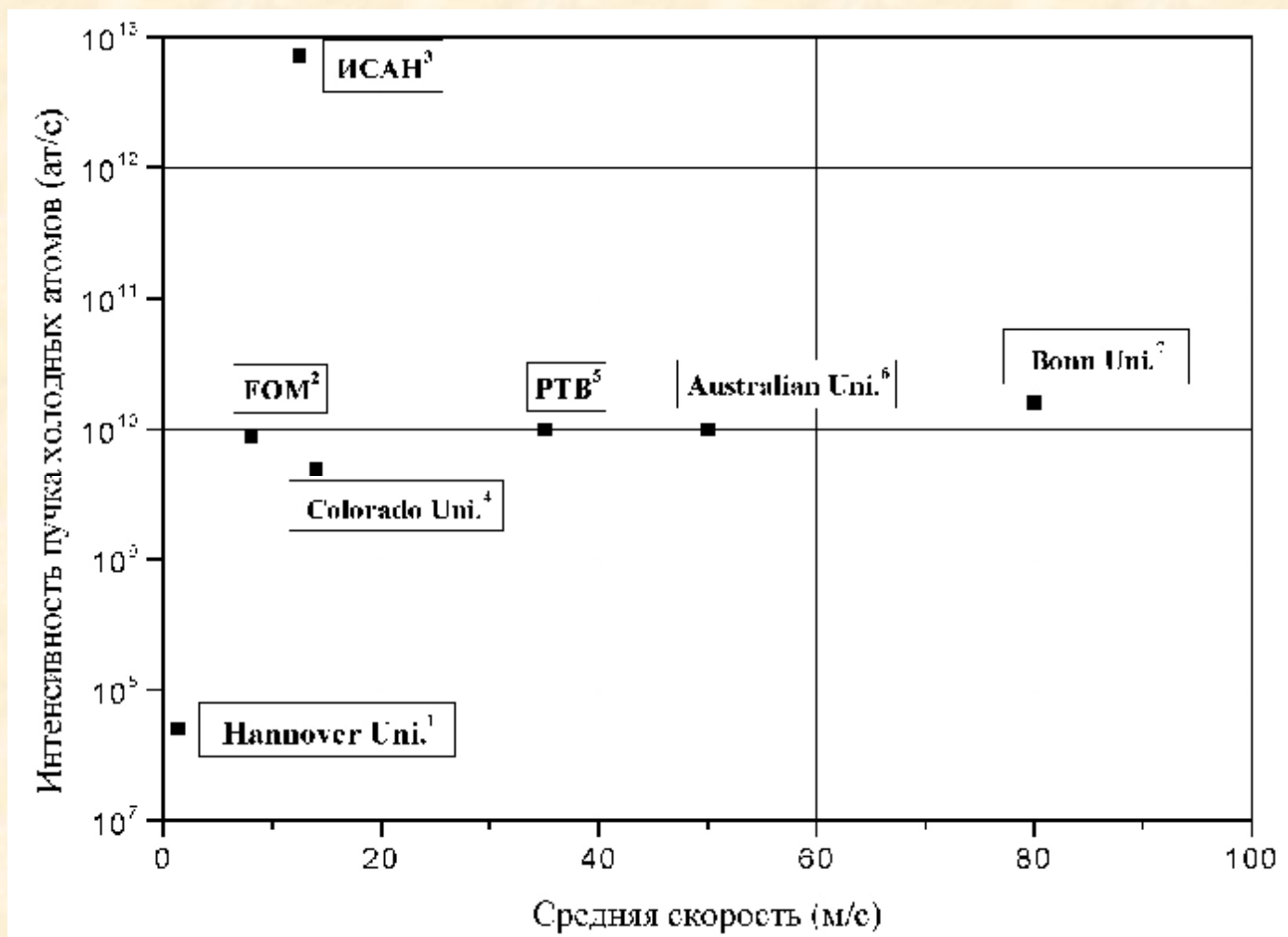


Экспериментальные результаты: лазерное зеемановское охлаждение

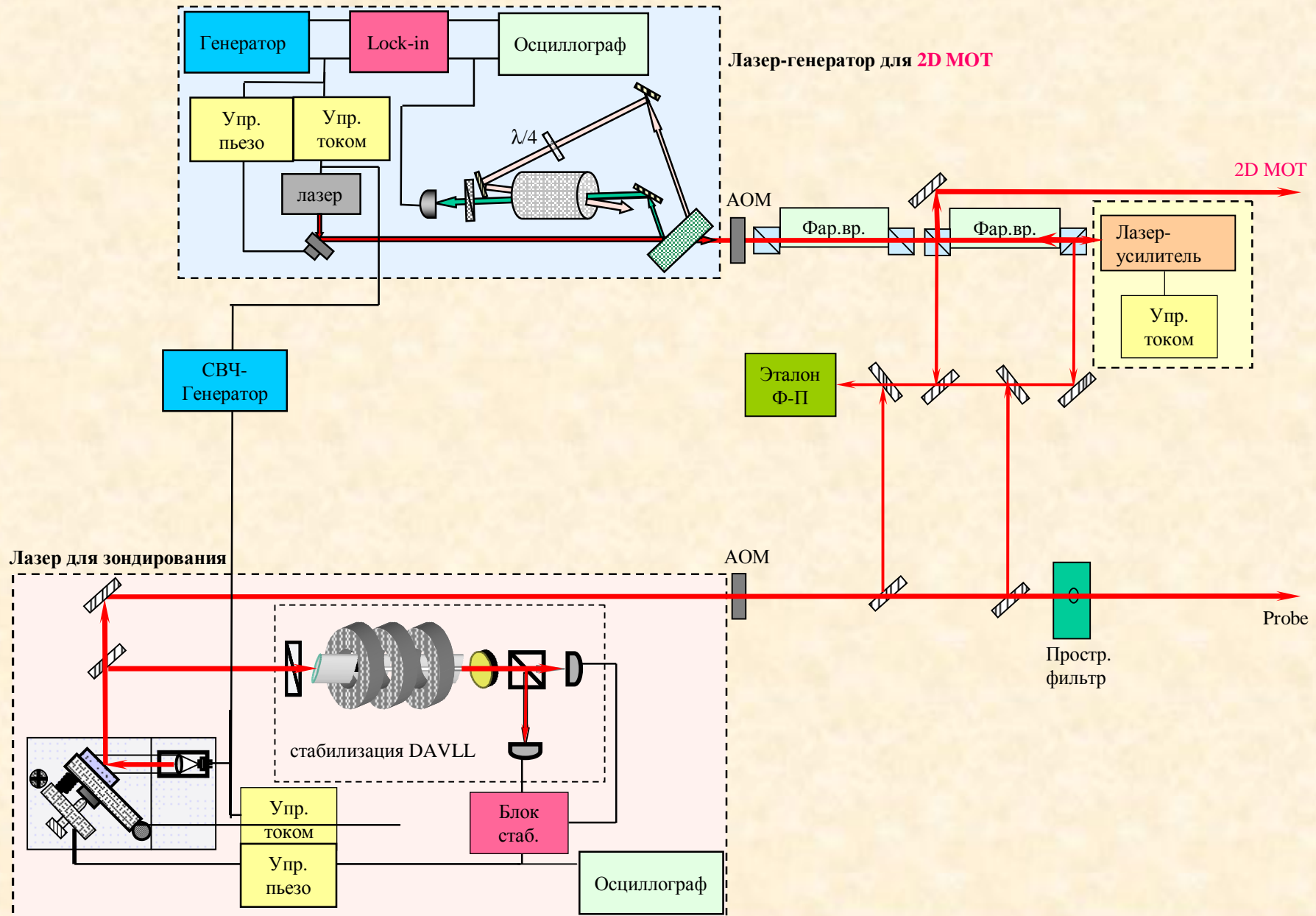


(a) $\Delta = -39$ MHz; (b) $\Delta = -46$ MHz; (c) $\Delta = -54$ MHz; (d) $\Delta = -66$ MHz; (e) $\Delta = -77$ MHz.

Экспериментальные результаты: лазерное зеемановское охлаждение

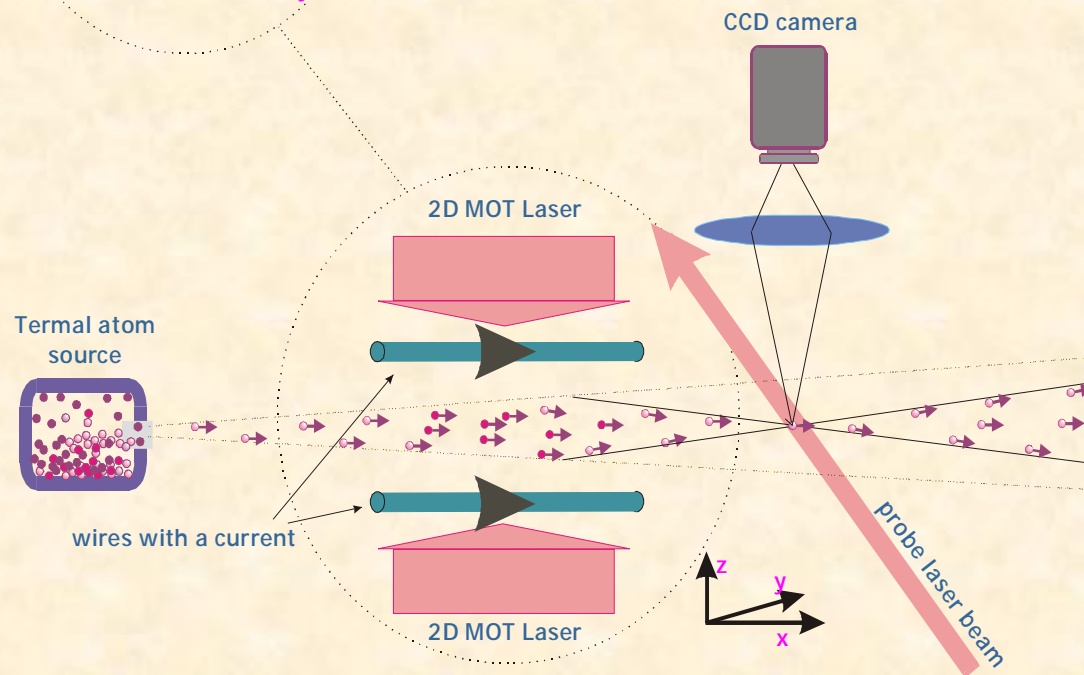
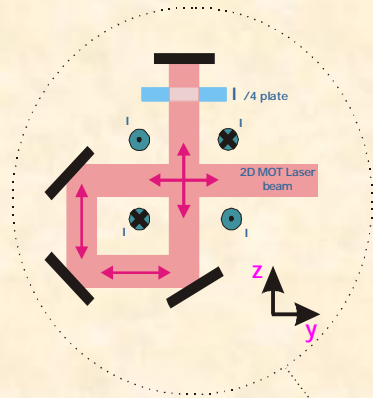


Экспериментальные результаты: фокусировка атомов с помощью 2D MOT



Экспериментальная установка

2D MOT

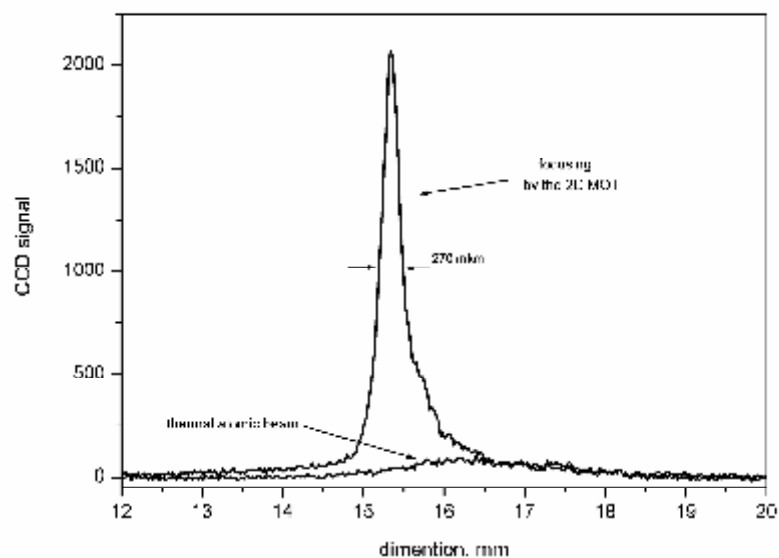


Вакуумная камера

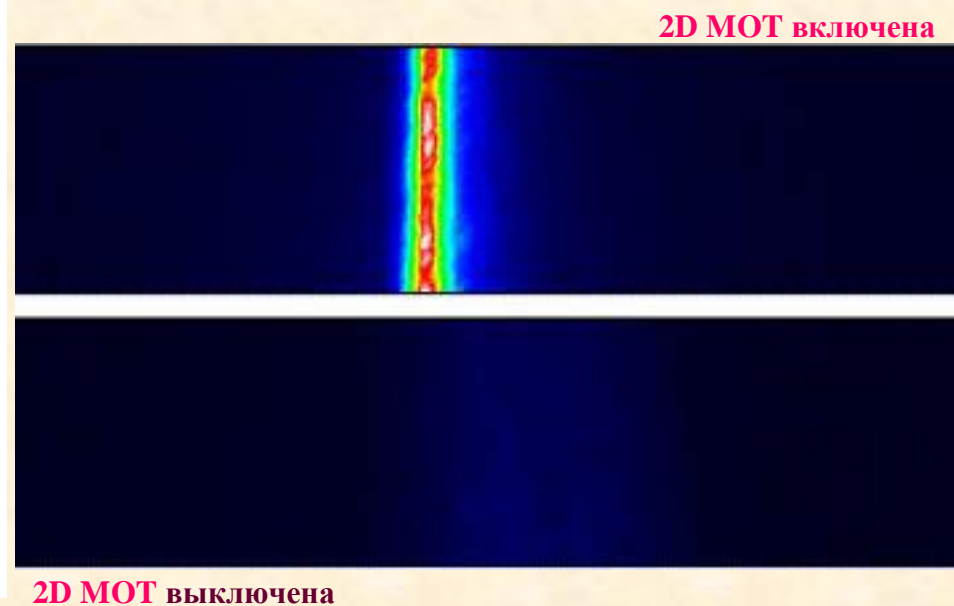


Экспериментальные результаты: фокусировка

Профиль атомного пучка



Изображение на 2D CCD камере



Реализовано сканирование точки фокусировки в пространстве в диапазоне до 2 мм.

Экспериментальные результаты: скоростная монохроматизация

Скоростное распределение атомов в пучке

