

Лекция 19

Оптические измерения

Темы лекции

**Инновационные
направления в оптических
измерениях и
исследованиях оптических
систем**

Основные направления

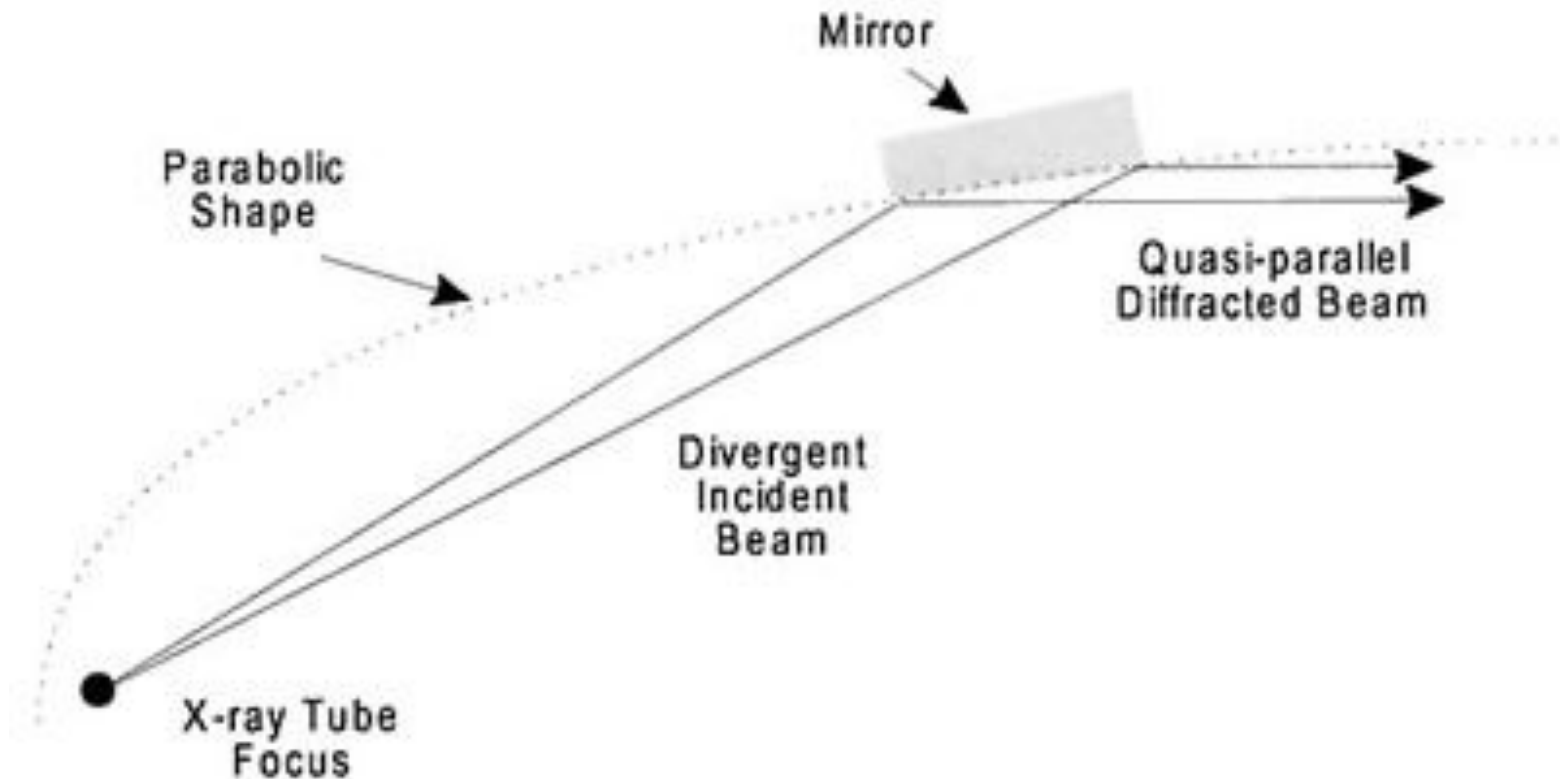
1. Расширение диапазона длин волн в рентген и терагерцовый (миллиметровый) диапазон
2. Использование возможностей компьютерной обработки данных
3. Разработка специализированных приборов
4. Использование новых физических принципов (преодоление дифракционного предела)

Расширение диапазона длин волн

- Рентгеновская оптика
- Коэффициент преломления мало отличается от единицы (на 10^{-5})
- Для отражения используется косое падение лучей
- Использование в рентгеновских телескопах для обнаружения черных дыр
- Повышение разрешающей способности микроскопа
- Рентгенлитография – повышение количества элементов микросхем

Рентгеновское зеркало

- Обычно - многослойная структура интерференционного зеркала, вольфрам-кремний, более сотни тонких слоёв



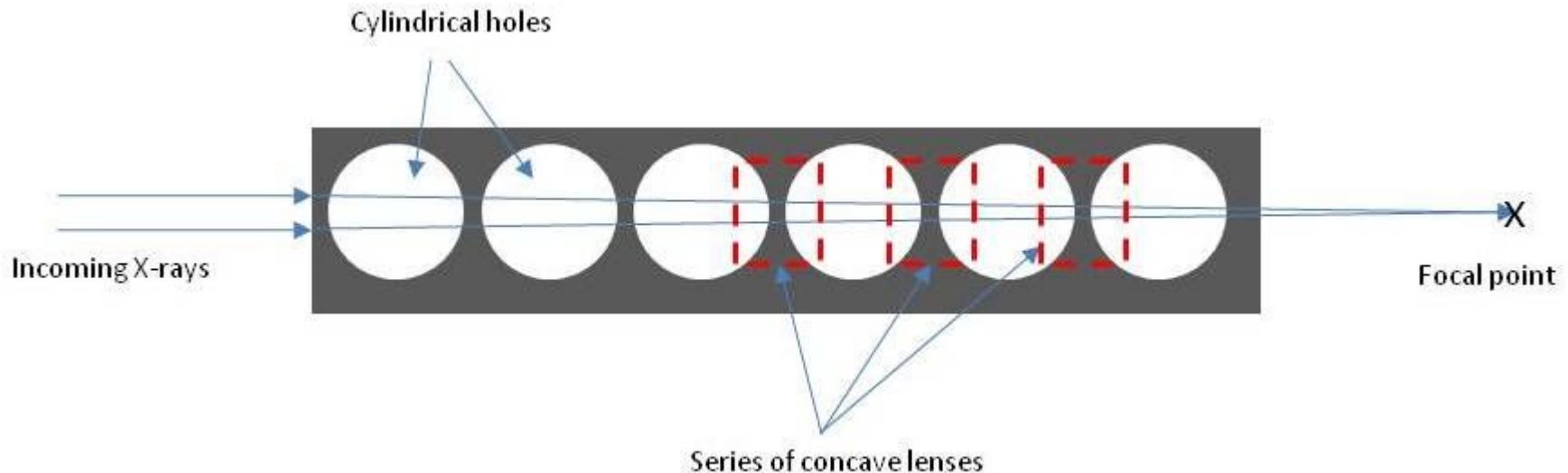
Рентгеновская линза

- Пластинка Френеля
- Ничем не отличается от оптического аналога, кроме размеров, рассчитанных под нужную длину волны

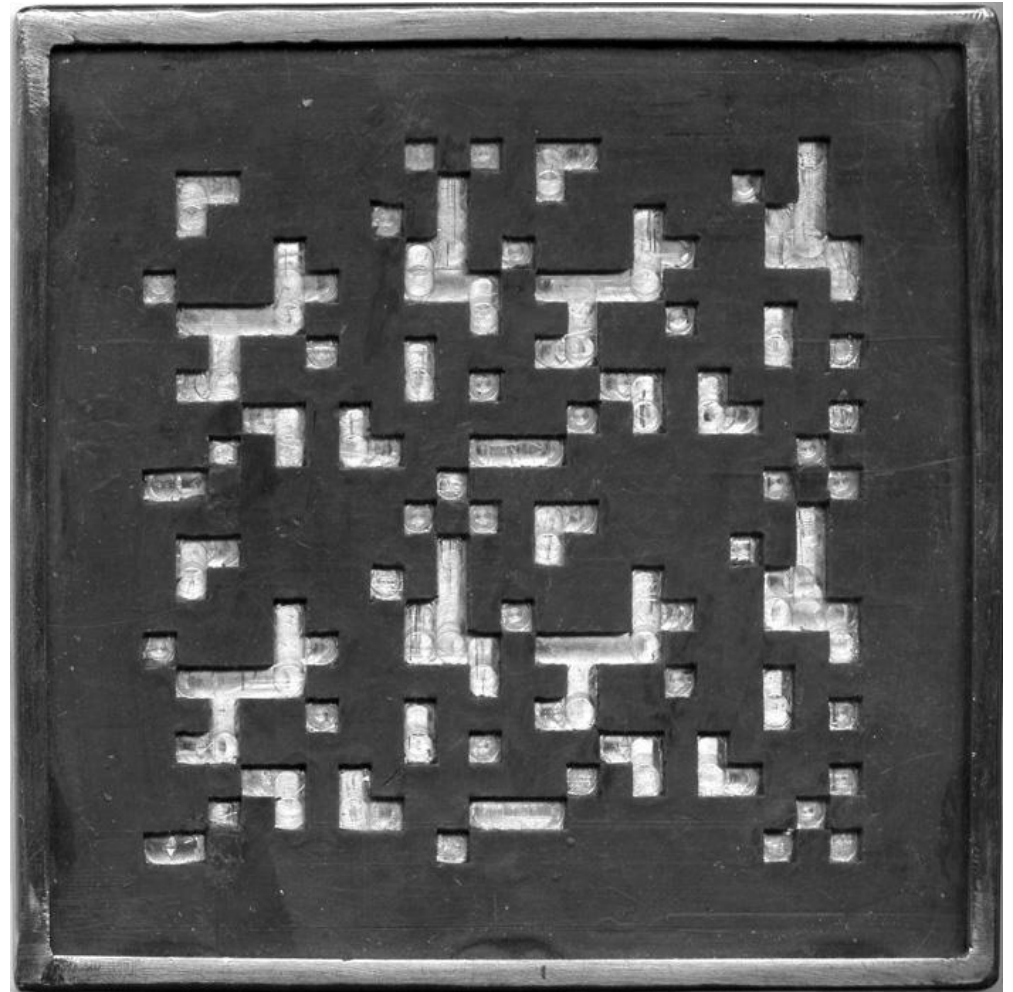
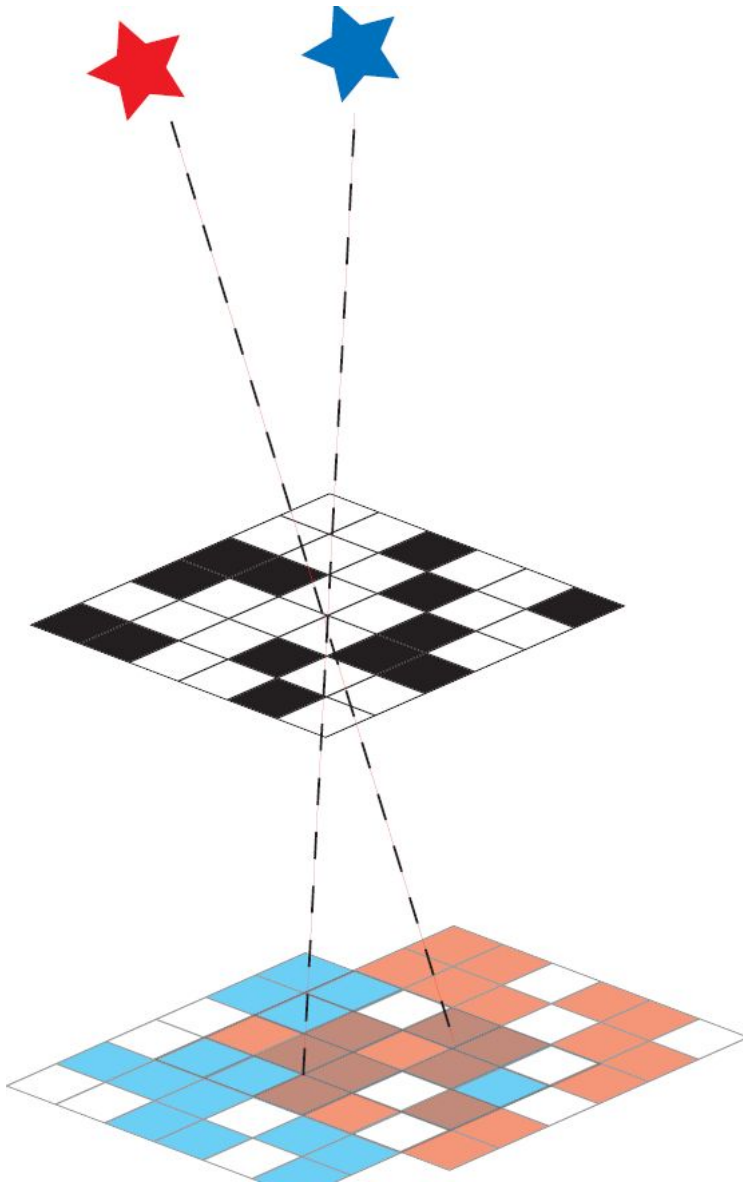


Рентгеновская линза

- Составная преломляющая линза
- Сделана из алюминия
- Воздух – более плотная среда, чем алюминий!
- Параболоид вращения лучше, чем шар
- Снегирёв (Черноголовка). 1996



Кодирующая апертура

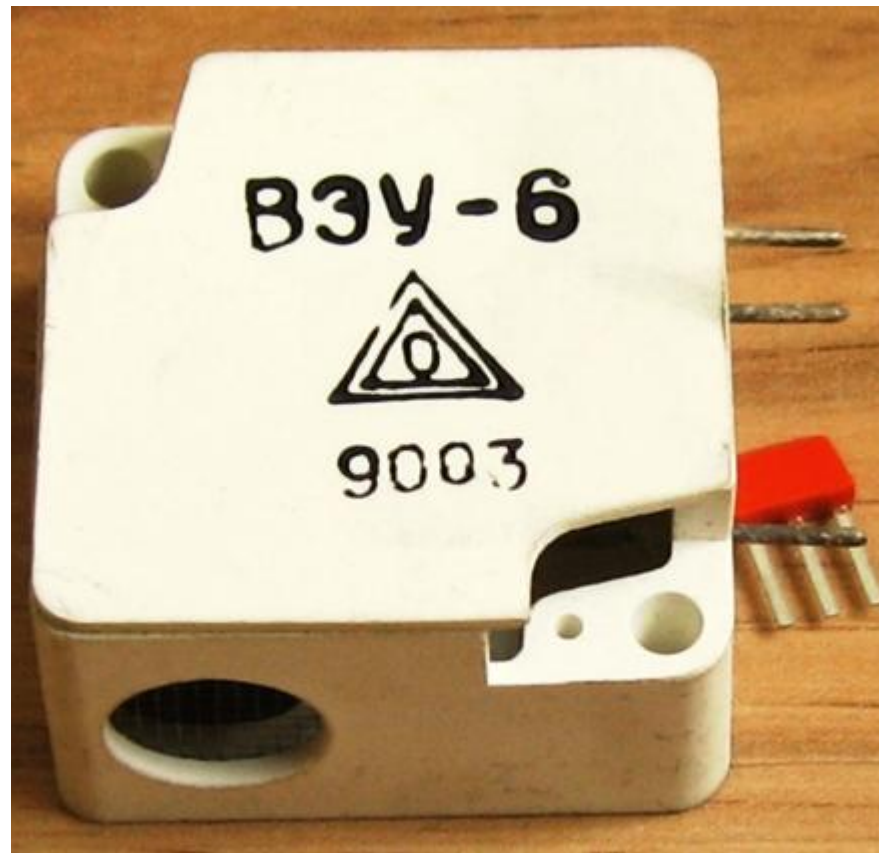
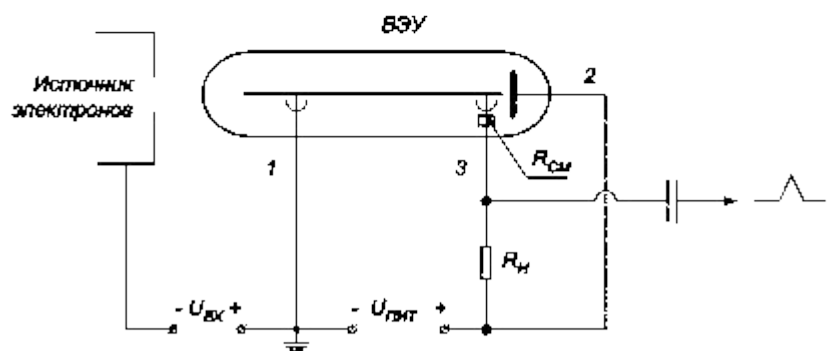
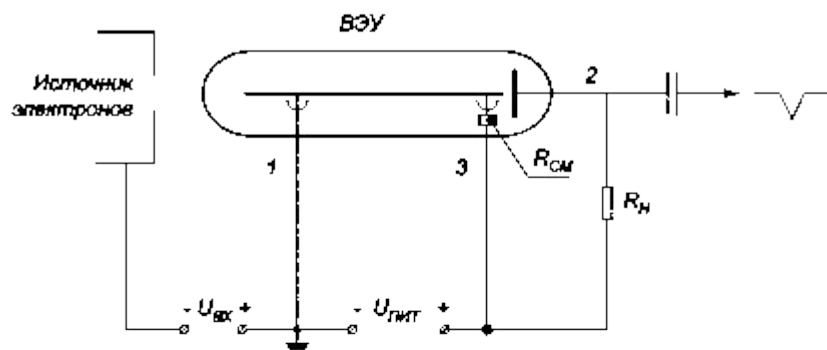


Датчики рентгеновского излучения

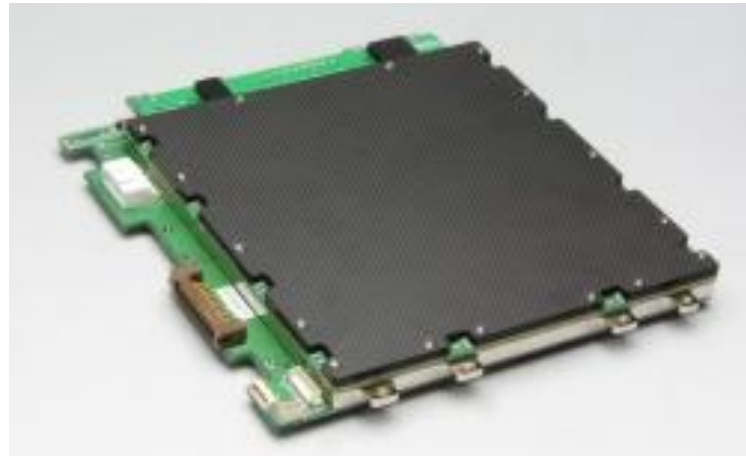
- Счетчик Гейгера
- Люминофор
- Счетчик электронов
- Электронно-оптический преобразователь

Счетчик электронов

Вторичные электронные умножители



Плоскопанельный датчик C10900D



General ratings

Parameter	Fast mode	Partial mode	Fine mode	Panoramic mode	Unit
Pixel size	200 × 200	200 × 200	100 × 100	100 × 100	μm
Photodiode area	124.8 × 124.8				mm
Number of pixels (H × V)	624 × 624		1248 × 1248		pixels
Active area	121.6 × 123.2	121.6 × 62.0	121.6 × 123.2	121.6 × 7.2	mm
Number of active pixels (H × V)	608 × 616	608 × 310	1216 × 1232	1216 × 72	pixels
Readout	Charge amplifier array				-
Video output (Data1-13)	LVDS (differential) 13-bit		LVDS (differential) 12-bit		-
Output data rate	17.68	17.68	35.35	35.35	MHz
Synchronous signal (Vsync, Hsync, Pclk)	LVDS (differential)				-
ExtTrgGrb, IntExtGrb, ResoGrb, ScanGrb, ExtTrgIO, IntExtIO, ResoIO, ScanIO	TTL				-
Scintillator	Directly deposited CsI				-

Терагерцовое излучение

- Диапазон длин волн 0,1 – 1 мм
- Близок к ИК излучению, используются оптические элементы те же, что и для ИК: полиэтиленовые линзы, металлические и диэлектрические зеркала
- Излучатели и датчики имеют ограниченные возможности
- Длины волн поглощения различных органических веществ находятся в этом диапазоне

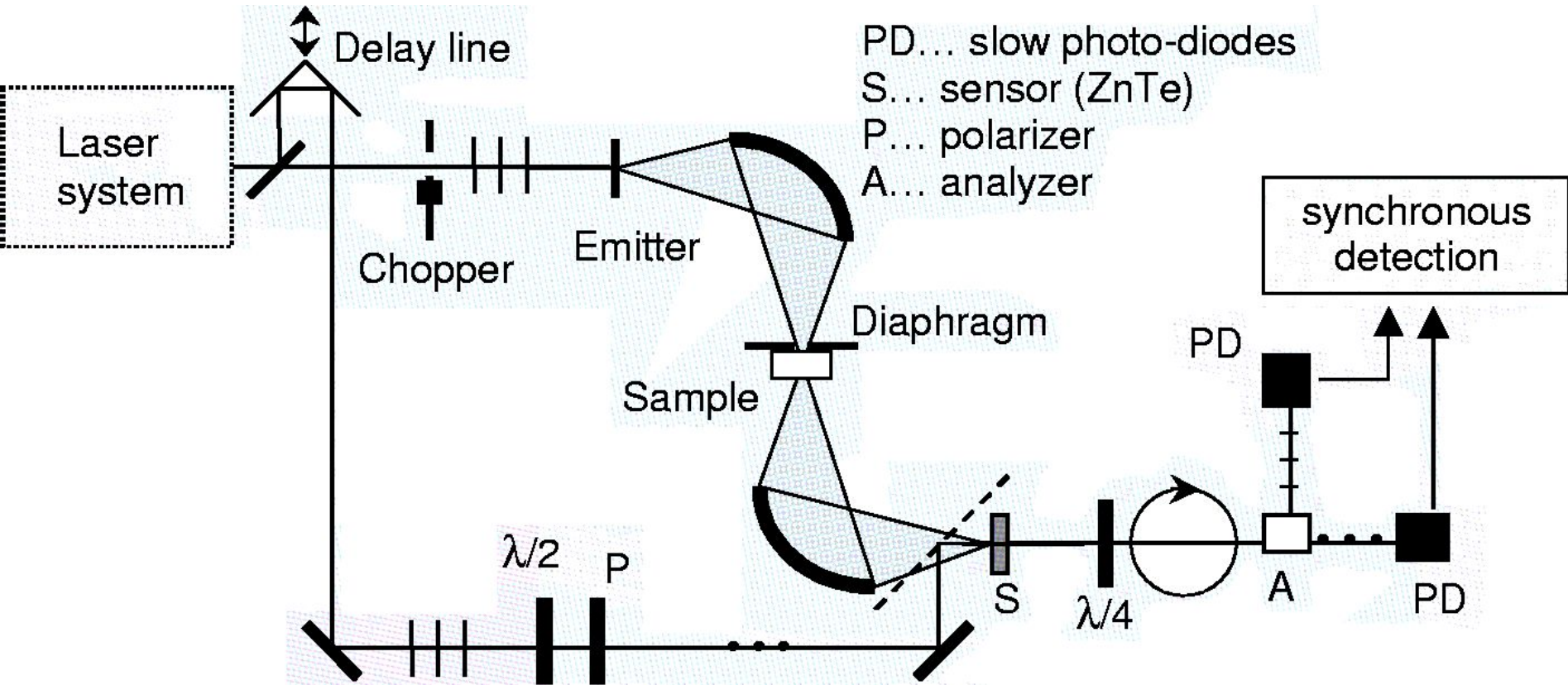
Излучатели ТГц диапазона

- Оптические – фемтосекундный лазер + нелинейный кристалл
- Электронные – лампа обратной волны

Приемники ТГц диапазона

- Акустоэлектрические – ячейка Голлея (излучение нагревает газ в ячейке, регистрируется изменение давления газа – микрофон)
- На основе явления фотопроводимости

Time-Domain spectroscopy



Zomega Terahertz

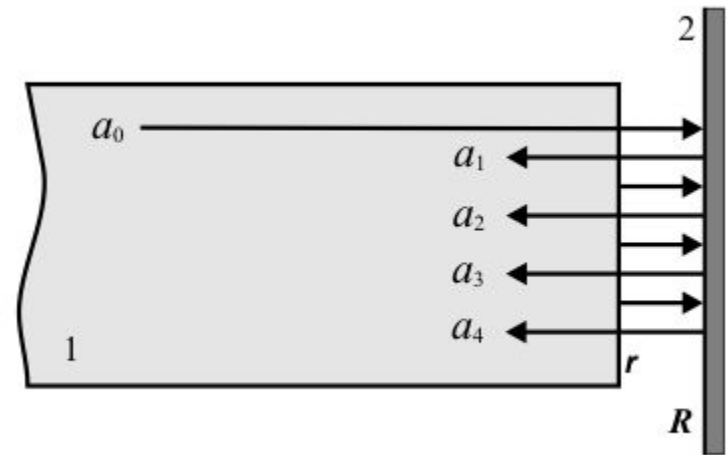
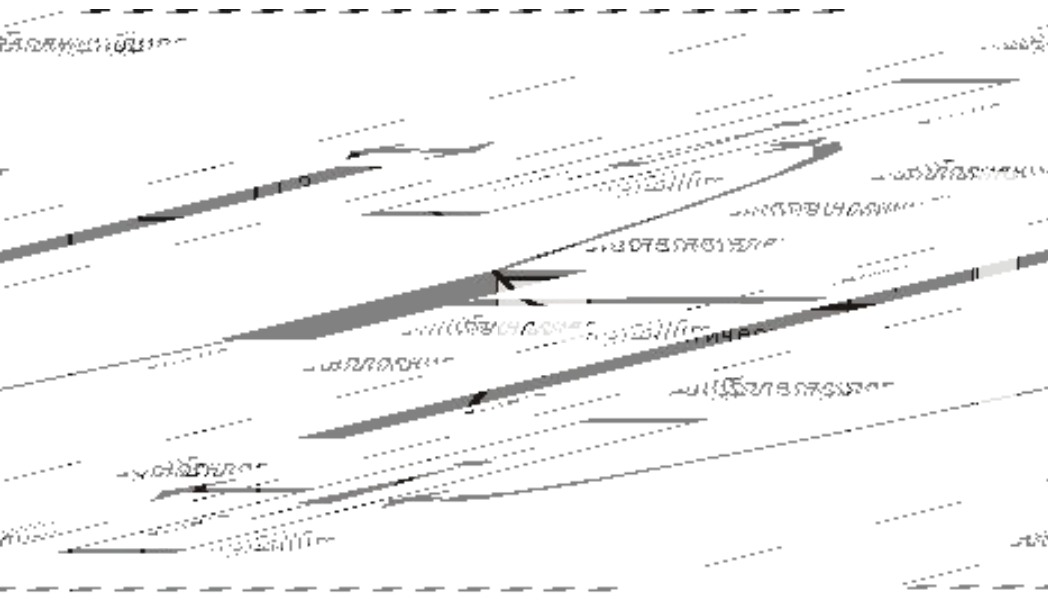
- Mini-Z
- Спектрометр
- 0.1 - 3.5 THz (peak @0.75 THz)



Волоконные датчики

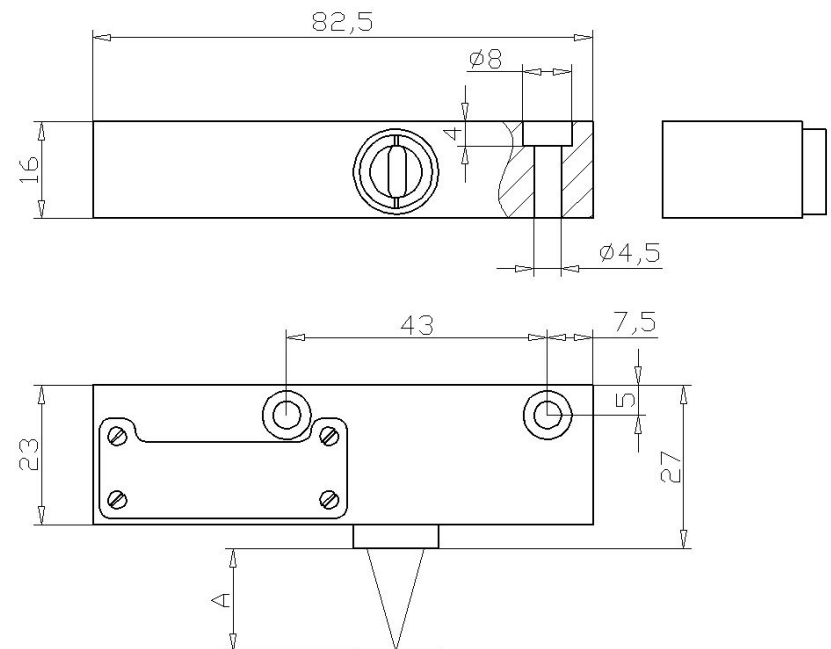
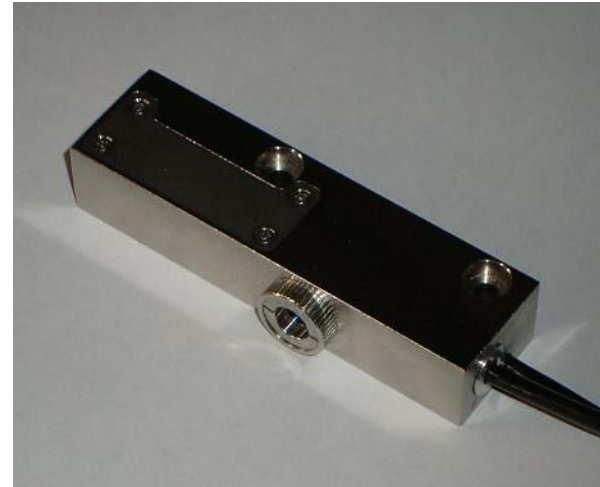
Волоконный интерферометр

Фабри-Перо



Миниатюрный интерферометр

- Интерферометр для измерения линейных перемещений микрообъектов MDMI-2
- Отличительные особенности
- Разрешение – до 0,07 нм;
- Диаметр измерительного пучка лучей – 5 мкм;
- Скорость перемещения образца – до 1,5 мм/с;
- Диапазон измеряемых перемещений – ± 50 мкм;
- Число измерений в секунду – до 6000;
- Малые габариты;
- Автоматическая настройка;
- Автоматическая регистрация максимальной скорости перемещения;
- Интерфейс связи – USB 1.1
- Питание – 5В USB

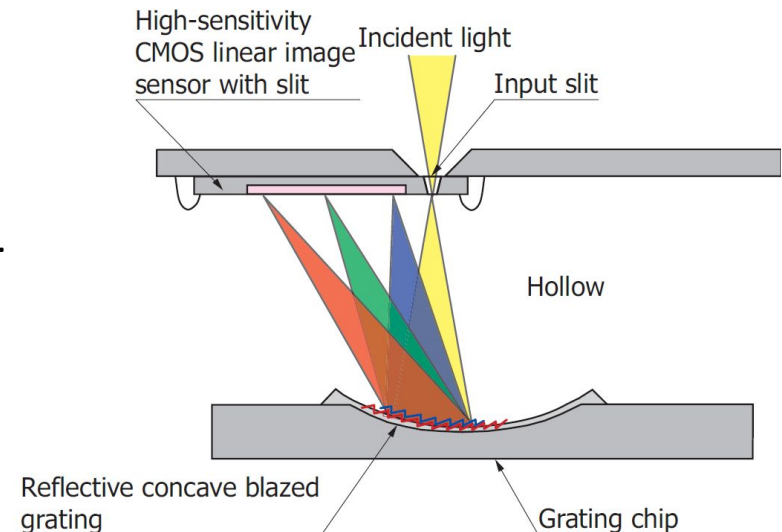


Миниатюрный спектрометр

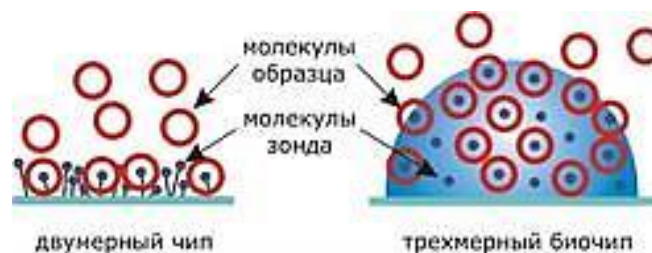
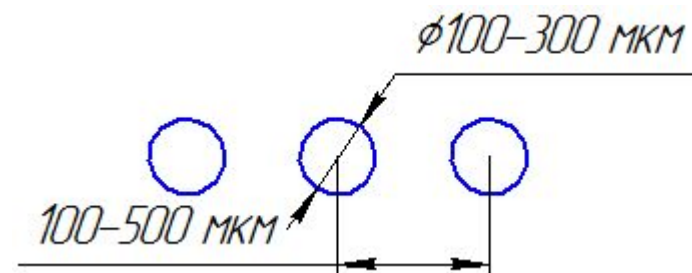
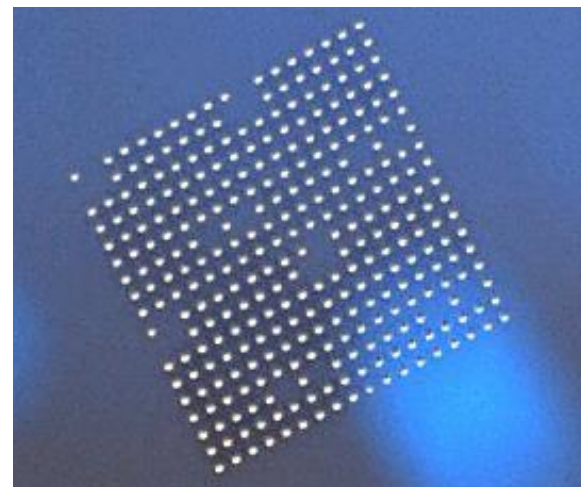
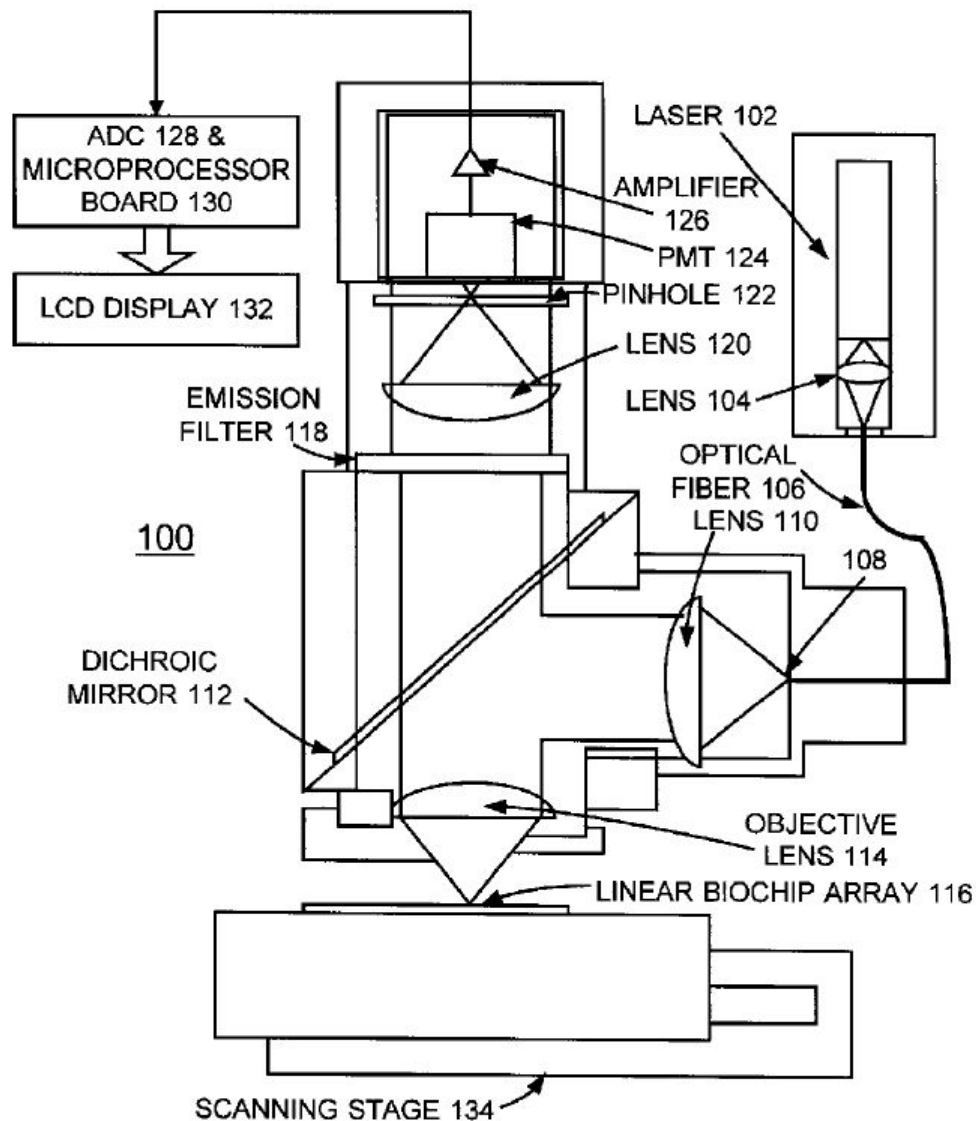
- **C12666MA**
- The C12666MA is an ultra-compact(Finger-tip size) spectrometer head developed based on our MEMS and image sensor technologies. The adoption of a newly designed optical system has achieved a remarkably small size, less than half the volume of the previous mini-spectrometer MS series (C10988MA-01). In addition, the employment of hermetic packaging has improved humidity resistance. This product is suitable for integration into a variety of devices, such as integration into printers and hand-held color monitoring devices that require color management. It is also suitable for applications that collaborate with portable devices, such as smartphones and tablets.



- **Features**
- Finger-tip size: 20.1 × 12.5 × 10.1 mm
- Weight: 5 g
- Spectral response range: 340 to 780 nm
- Spectral resolution: 15 nm max.
- Hermetic package: High reliability against humidity
- Installation into mobile measurement equipment
- Wavelength conversion factor is listed on test result sheet.



Биологические микрочипы



Использование готовых устройств с КМОП матрицами

- Люминесцентный фотометр на базе мобильного телефона



Компьютерная обработка

- Накопление результатов и усреднение для увеличения точности
- Преобразование Фурье по координате и по времени
- Датчик – ПЗС-матрица

Преобразование Фурье по координате

- Применяется для исследования разрешающей способности, кружка рассеивания
- Позволяет получить распределение пространственных частот в кадре

Преобразование Фурье по времени

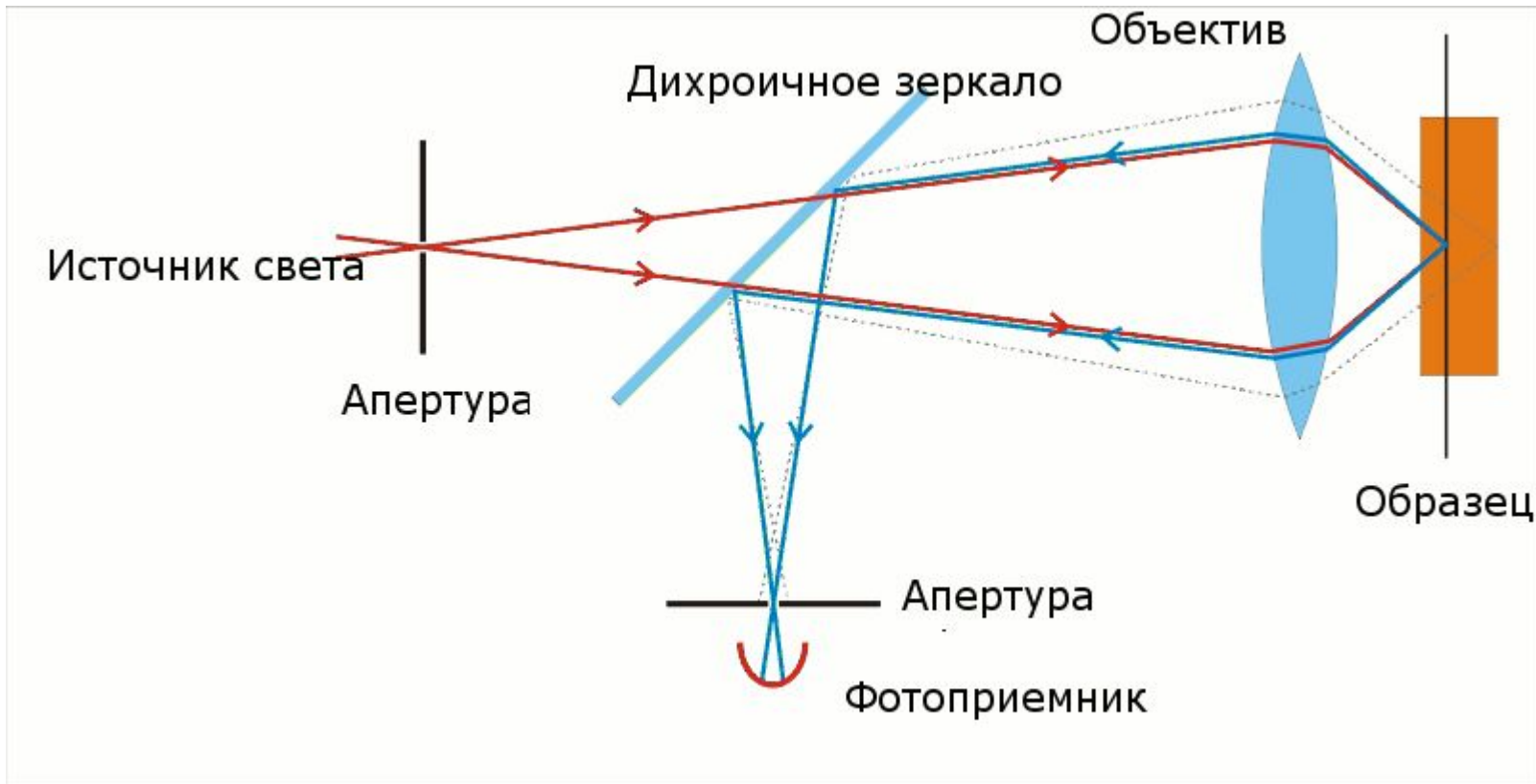
- Снимается несколько кадров
- Используется для изучения люминофоров, определения времени люминисценции, в спектральном анализе

Микроскопия с разрешением выше дифракционного предела

- Ближнеполюсная оптическая микроскопия
- Конфокальная
- Отличительная особенность – разрешающая способность зависит от размеров малого отверстия или малого волновода (зонда), размеры которого меньше длины волны

Конфокальный микроскоп

- Отверстие малого диаметра (малой апертуры)
- Сканирование образца

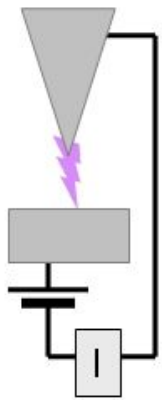


Ближнепольная оптическая микроскопия

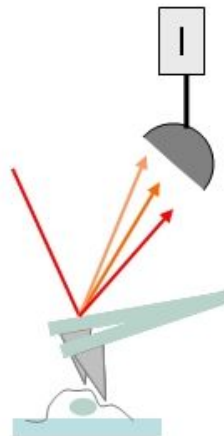
- Зонд малого размера – отверстие в несколько нм.

Scanning Probe Microscopy (SPM)

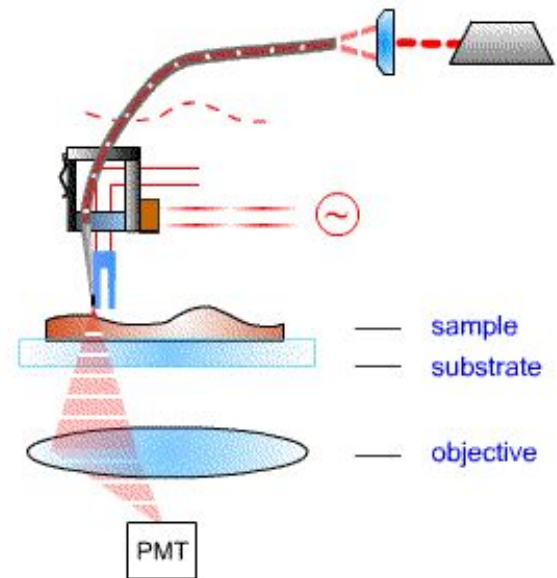
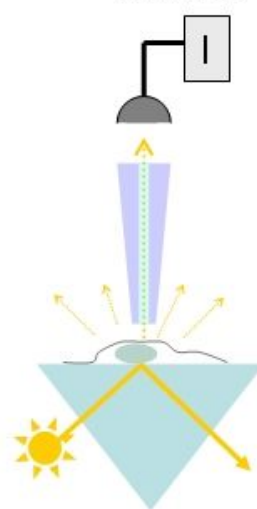
Scanning Tunneling Microscopy (STM)



Atomic Force Microscopy (AFM)



Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM)



Основные схемы

- освещение рассеянным светом, сканирует фотоприемник
- Освещение через зонд, прием тоже через зонд
- Освещение через зонд, прием рассеянного света

- Изображение строится по точкам!
Медленно!
- Сразу все три координаты.
- Постобработка