

Вакуумная и плазменная электроника

мин. размер = 0,13 мкм
элемента на ИС

ГОС увелич. стено. Поче. до 4.7.

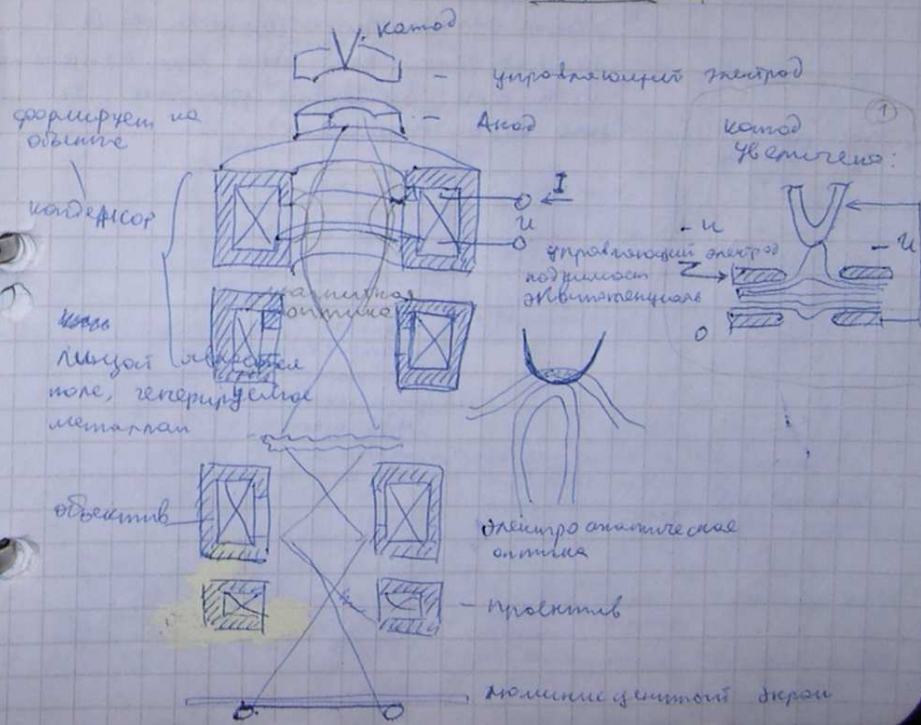
Стекло при охлаждении меньше. Микрон. форма

Размерная - 0,62 м (0,5 атма)
цеха ст-го

проект. занят -
спрашив.

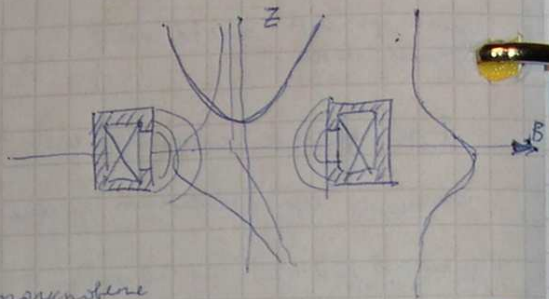
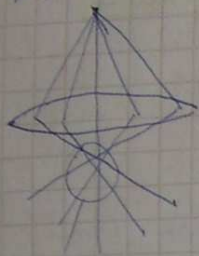
- ремонт по теме.
- оптика,
- электроно-лучевые
- ионно-лучевые приборы
- Аппарат для
- электрононых измерений

Блок-схема электронного микроскопа



сферическое aberrация

В магнитной линзе

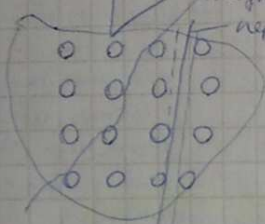


непопадание в фокус

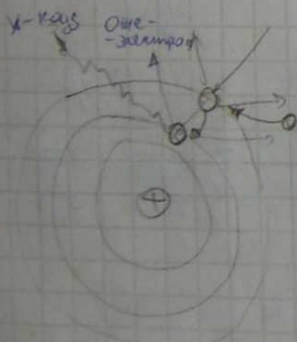
узкое стокновое

неравномерное рассеяние электронов

первичное микроанализ



если наклонная, а тупелерование не проходит, то это не тупелерование, а если все равно проходит, то это первичный



Документальные технические пар-ры e-то-мического оборудования

15.03.06
Кембридж

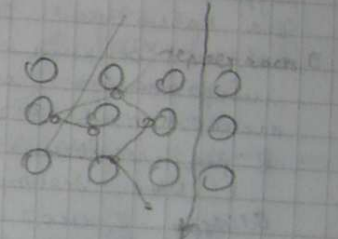
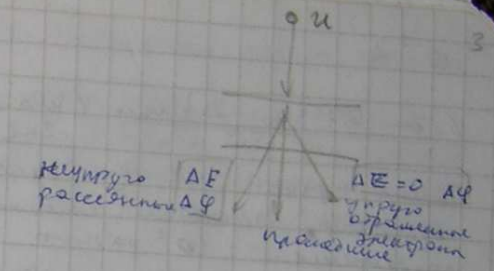
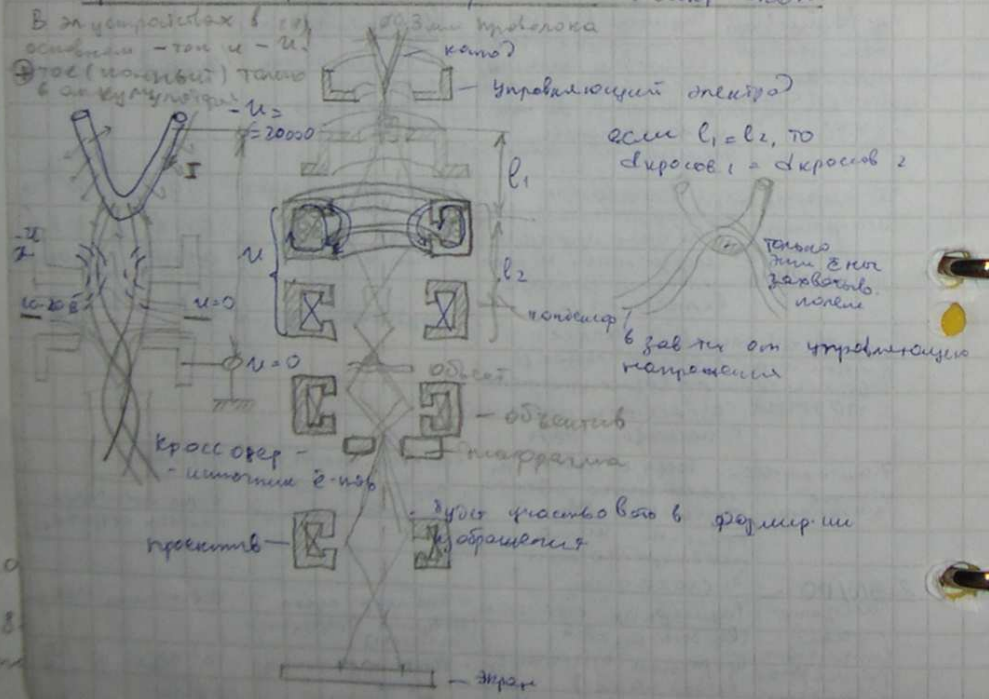
| Тип прибора | Назначение | Основные технич. характеристики | Время эксп. прибора | Видео, ат. прибор |
|---|--|--|--|--|
| 1. Распространенный электронный микроскоп РЭМ | Предназначен для изучения структуры и морфологии полупроводниковых образцов | Разрешающая способность до 50 мкм Диаметр зоны бомбардировки электронов | 30-50 А 300-350 мкм | 25 А |
| 2. Просвечивающий электронный микроскоп ПЭМ | Предназначен для исследования тонких пленок и систем (толщина пленки не более 2000 А) исследуются также морфологические тонкие пленки и их структура | Разрешающая способность в области макс. напряжения Высокая скорость | 1 А До 1,2 мс | 0,62 А 3,5 мс |
| 3. Рентгеновский микроанализатор | Предназначен для качественного элементного анализа массивных объектов | Диапазон анализируемых элементов Высокая чувствительность к элементному анализу | от 10 ⁻³ % 1 мкм | 10 ⁻¹⁰ % |
| 4. Распространенный электронный микроскоп микроанализатор | Разрешающая способность в области исследования полупроводниковых образцов элементного анализа | Высокая чувствительность к элементному анализу Высокая скорость при попадании | 7000 А | 1000 А |
| 5. Электронный микроскоп микроанализатор ЭММА | Исследование тонких пленок на поверхности и в объеме образцов | Абсолютная чувствительность Прикладная Анализ | 10 ⁻¹⁶ гр. 5-10 А 0,1 мкм | 10 ⁻¹⁸ гр. 2-5 А 0,01 мкм |
| 6. Просвечивающий электронный микроскоп (возможна работа ПЭММА) | Исследование тонких пленок с возможностью обработки образцов с помощью ЭМ | Разрешающая способность | 1 А | 0,1 А |
| 7. Фотоэлектронный микроскоп | Исследование массивных объектов. Применяется в промышленности, исследовании проводящих объектов, исследования цели. | Высокая чувствительность к элементному анализу | 0,1 мкм | Доли микронов (визит островки) |
| 8. ЭМУРО | Разрешающая способность в области исследования сварки, электролитических процессов | Диаметр пучка (ширина фрезерной линии) Высокая мощность пучка Высокая скорость нарабатывания | 0,25-0,5 мкм 10 ³ Вт/см ² 500-200 кВ | 0,06 мкм 10 ⁴ Вт/см ² |

10 м
988,7
См...

| | | | | | |
|----|---|---|---|-----------------------|-----------------------|
| 9. | Микроэлектроника технология микроэлектроника ЭЛЭЭЭ | Узле топологический способ интеграционных схем, различные структурные | • Точность позиционирования пушка | $\pm 0,2 \text{ мкм}$ | $\pm 0,1 \text{ мкм}$ |
| | | | • Разреш. способ | 1 мкм - 0,1 мкм | 0,13 мкм |
| | | | • Ускорение напряжения | 25 кВ | 100-1 кВ |
| | | | • Точность совмещения рисунков (до 12 способ совмещения) | 1 мкм | 0,1 мкм |
| 10 | Микроэлектроника технология технология ЭЛЭЭЭ | Самые простые технологии возможных, Трудно пелена для исполнения а растительные металлы коротко по времени | • Мощность | 1 МВт - 0,5 Вт | |
| | | | • Диаметр пушка | 1-10 мкм - 100 мкм | |
| | | | • Ток | 1 кА | |

25.09.06. Сетка №3.

Трехэлектродный электронный микроскоп.



Линия №3
29 сент. 06
области практического использования
электронно-лучевого одордования в
зав. п. от в электронного пушка

Фигура > 100 мкм. Используются в установках для
плавления, испарения (распыления), сварки и
термической обработки (отжиг кристаллов пластин и т.д.)

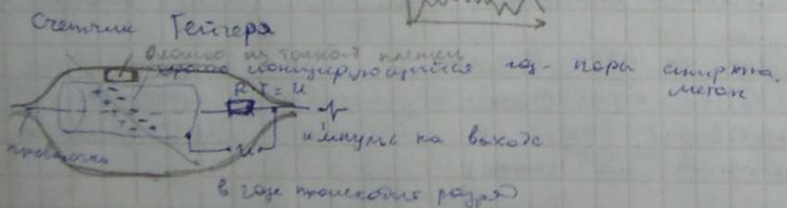
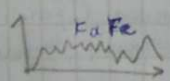
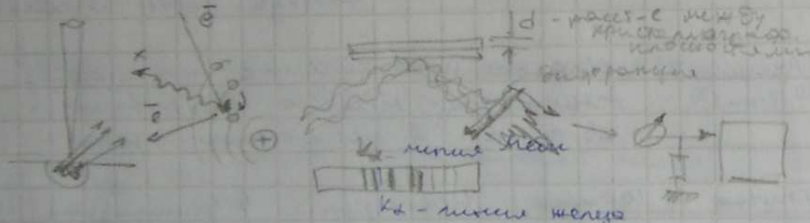
Фигура от 10 до 100 мкм. Исп. в установках
размерной обработки тугоплавких материалов,
микросварке, резке и скрайдинговании (разделение
пластин на чипы)

Фигура от 2 до 10 мкм. Используются в установках
для изучения кристаллической структуры объектов
методом Э-ного контрастирования с угловым
разрешением 10^5 рад/рад, при малочувствительной
сходности луча и $I_{\text{луча}} = 10^{-8} \text{ А}$, а также
для резки, скрайдингования при $I = 10^3 \text{ А}$
Используются для записи информации на
фотоматериале или термопластике, микросваривание,
а также для Э-пучей литографии при толщ. луча

10^{-7} A

ϕ от 0,2 до 2 мм (квадратный торец от 0,2x0,2 до 2x2)

Такие тунки. use для измерения микроструктур кристаллов методом канализирования с угловым разрешением 10^2 радиан при тече тока 10^{-7} A . use для наблюдения диспропорционирующих процессов на пов-ти объекта. Применяется для рентгеновского микроанализа методом волновой дисперсии по торецкам на объекте и получение изображения в рентгеновских лучах, получение изображения в ОЖе - электронах. Эти тунки use для ОЖе-электронной литографии и затем информации. может use как микрогравировка и размерная обработка.

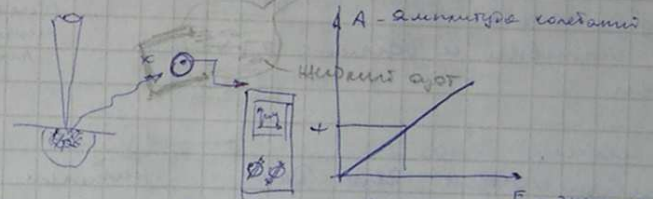


каждый элемент рассчитан на свое излучение:
 β излуч - электроны
 α излуч - ядра He
 γ - тяжелые рентгеновские излуч

ϕ 150 - 2000 Å use для наблюдения пов-ти объекта во вторичных δ -нах при медленных развертках от 10 до 100 см/квдр, а также use для рентгеновского анализа методом волновой дисперсии. use для ОЖе - спектрометрии и затем/хранения инф-ии.

ϕ 50 - 150 Å use пов-ти объекта с высокой разрешающей способностью, рентгеновский микроанализ методом энергетической дисперсии, ОЖе - спектроскопии и электронная литография.

энергия. При первом отливается от волновой тем, это убирается кристалл:

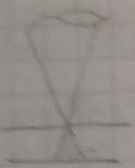


Разрешающая способность волнового метода выше. Зато этот метод обладает большей экспрессивностью.

У нас для создания двойной - ртутной детектора

ϕ 25 - 50 Å Исследование пов-ти объекта с предельно разрешающей способностью. Дальше сжимать изгиб нет смысла. use для исследования тонких пленок на простра с разрешающей способностью 25-30 Å

ϕ 5 - 25 Å use для исследования структуры тонких пленок. Там рассеяние идет меньше.

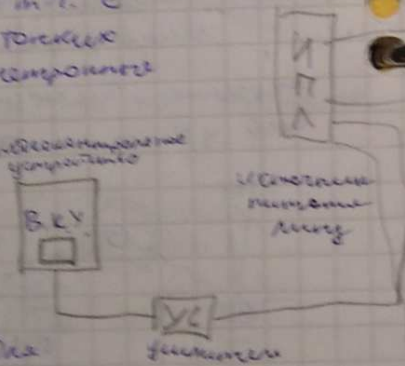


О леще 5А Use для быстрого
разрешения (сила тороидальных
в просвечивающей разработке
микроскопа)

Кончик пучка
Обычно применяется использование Э-лучевого
облучения в зависимости от диаметра
кончика пучка

Диаметр пучка > 100 мкм

Use: для заполнения МВ, в т.ч. Э
осциллограммы для получения точных
данных и проблематично → макетирование
установки → установка в вакуум
туннели для фокусировки по-ЭВ. вакуумное
отделение пучка. применяется
методом отливки и вакуум
микро-ли



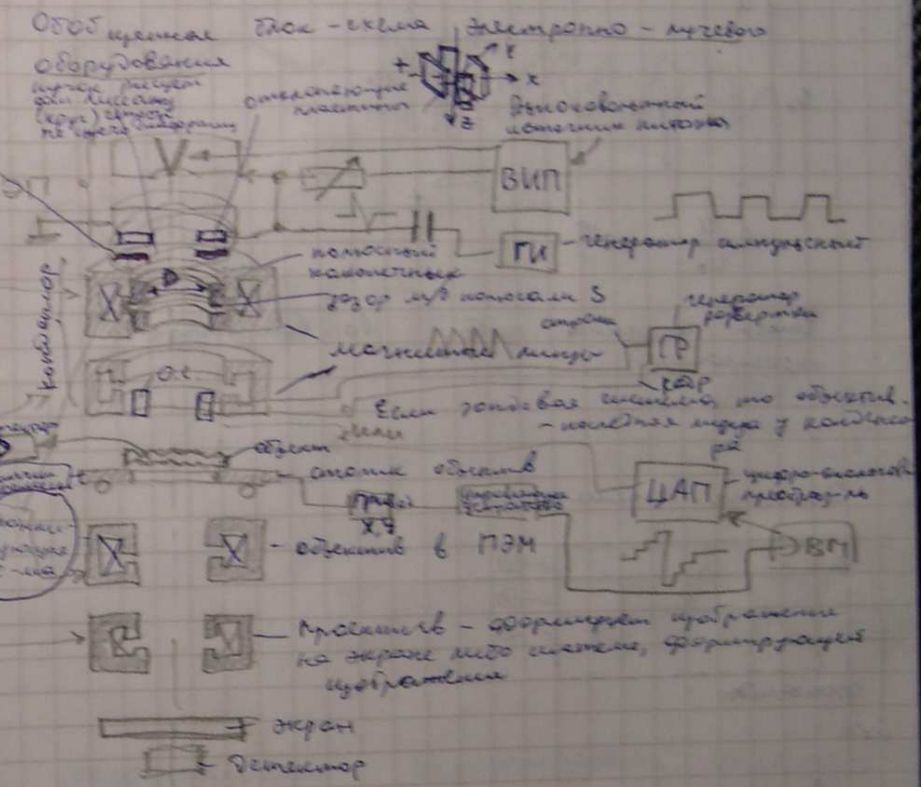
10-100 мкм
Фотонное излучение, Use для
разрешения обработки, сканирования и флуоресценции

1-10 мкм
Трехфазная полная обработка, полная
миктография. Также вторичная миктоспектро-
метрия (В ИМС)

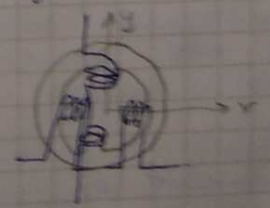
Векторизация пучка - это пучки > 100 мкм
в поле их в рентгеновском, рентгенографии

- Отображение, лазерное излучение**
- > 100 мкм, лазерная обработка обработки с помощью лазера: гравировка, резка
 - 10-100 мкм - фотомиктография
 - 1-10 мкм - микрогравировка
 - 0,1-0,2 мкм - фотохимическая обработка, для отрисовки рисунка в-в и их копирование в стандартном виде так же и стандартной аппаратурой

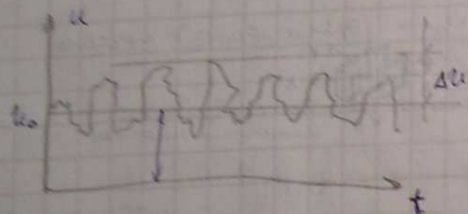
23.10.



О.С. - оптический канал системы
мощности О.С. (с фототрубой
мощностью порядка 1000
ватт)



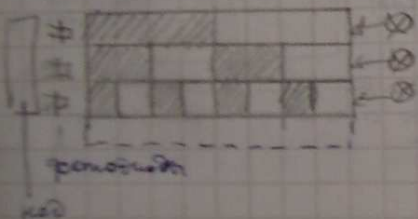
параметры
Прайс элементов системы



$$\frac{\Delta u}{u_0} = 10^{-5}$$

Уменьшитель шума в виде
эквивалента

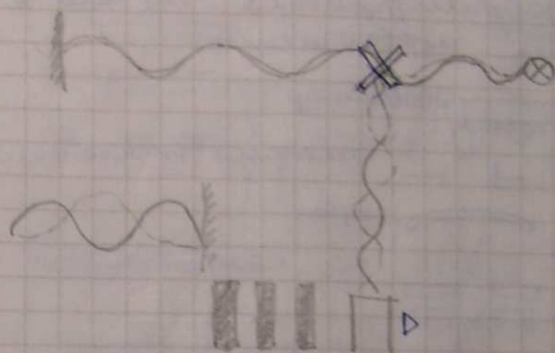
Вспомогательные элементы:



Линии Льюра (кварцевые волны)



Интерферометр Мейкельсона:



27.10.06
Левина

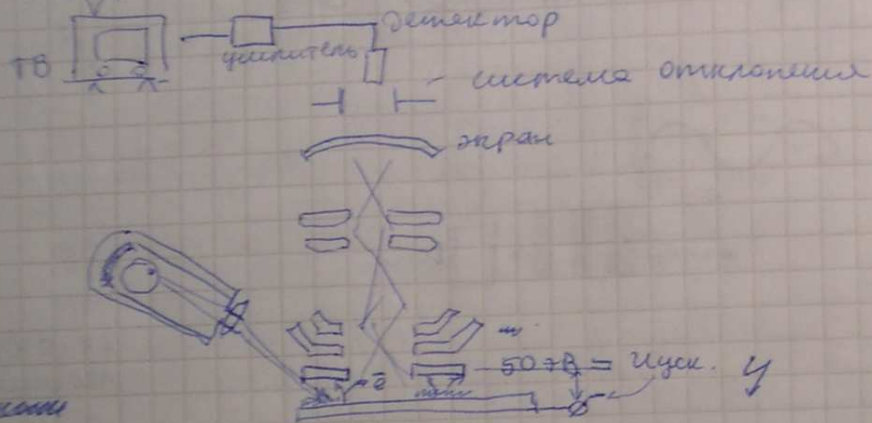
Экранирование - "жесточеская" защита

В МД ~~иногда~~ ^{всегда} нужно знать
состояние пов-ти, т.е. насколько
хорошо удален резист, отщипыва-
ется в-ва, покрытие и т.д.

Равно пользования технологические
приемы, но разные требования
не позволяют отследить пленки на пов-ти

Экранирование электродами, т.к.
они не проникают при тонких слоях
позволяет обнаружить грязь на пов-ти

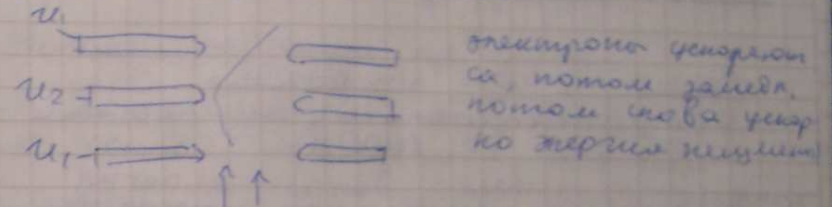
Разработана с помощью электронной оптики формируются трубки \bar{e} и формируются изображения



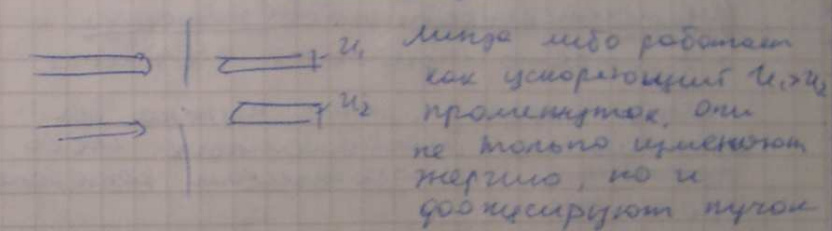
Фотоэмиссионной микроскоп с электроинжекционными линзами

- --- - обкладки электродных узлов
- \odot - изоразрядная лампа, центр УФ
- --- - экран
- --- - труба
- --- - линза - с произвольным потенциалом, вольта протекания УФ - впадет из кварца
- --- - электростатическая линза

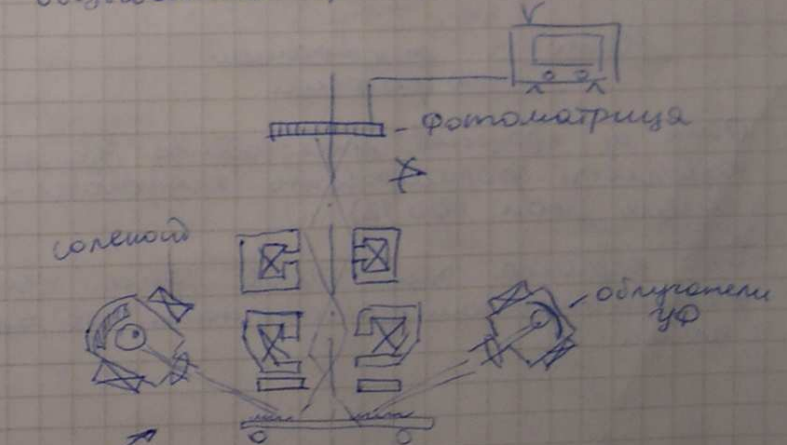
Однолучная э-ст. линза



Эмиссионная э-ст. линза



На электродах, имеющих заусеницы возникает автоэмиссия (полевая) возникают пробой



Фотоэмиссионной микроскоп с матричными линзами
 Соленоид - для того, чтобы с помощью

по кр-ти и проводимости больше
актов ионизации.

Разрешающая способность
Фотомикрометра - микрометра -
- от 100 до 1000 Å

Растровый микроскоп имеет более
высокое раз-ное, но не видит его

Чувствительность обнаружения =
= $\frac{1}{2}$ монокристаллический слой (в пленке
есть дефекты). Это нужно для
обнаружения монокристаллических слоев в
промышленном технологическом контроле в
пром-ти.

В СССР были созданы устройства для
технологических линий.

Методы электронной микротомографии.

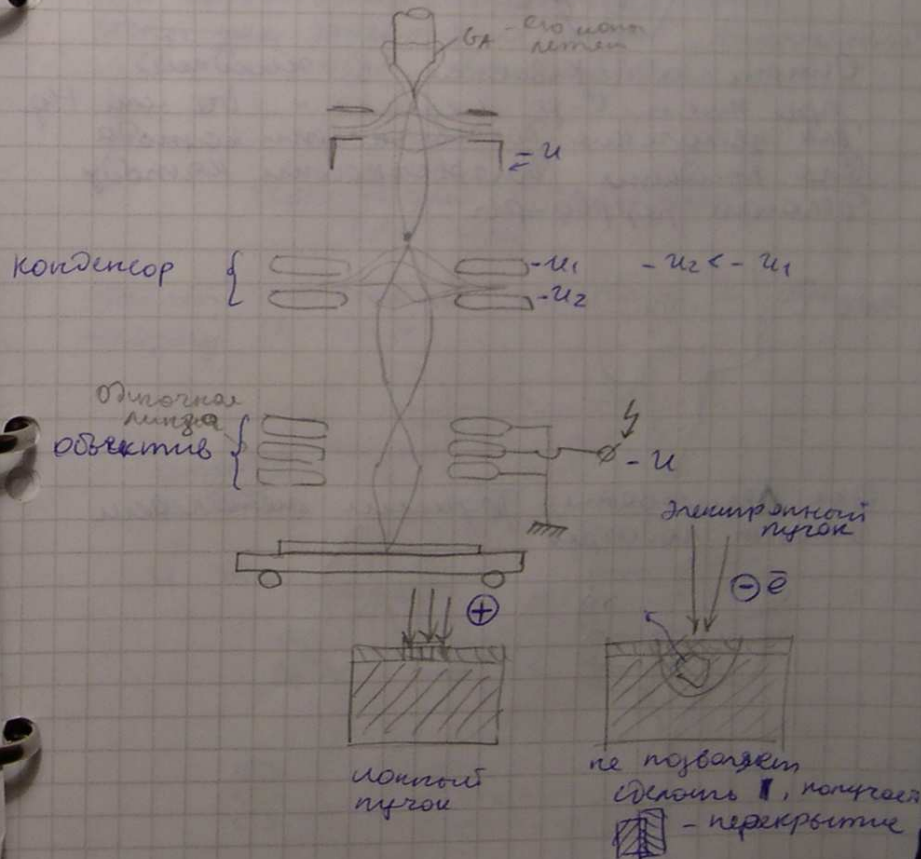
Они и процессы производства ИС,
позволяет формировать топологию -
геометрию ИС (до 12)

Для формир. этих слоев ранее уже
фотомикротомография; фильм имеет изображение
(плоский)

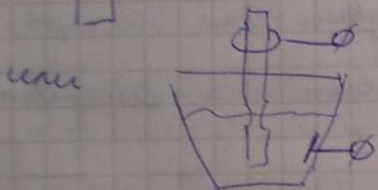
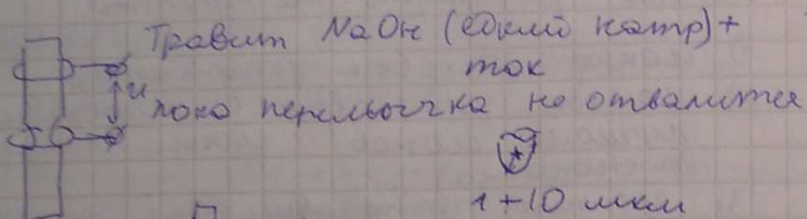
Ионно-лучевые устройства. 6.11.06.

Можно разделить на 4 группы:

- 1) Ионно-лучевые устройства
- 2) Ионные установки с микро-
пучками ионов (ионно-плазменные
технологии)
- 3) Ионные установки для легиро-
вания мат-лов
- 4) Ионные установки для аналити-
ческих целей



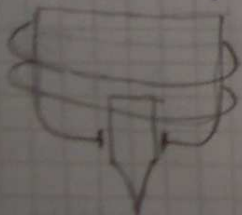
Для получения острия use метод
э/х травления



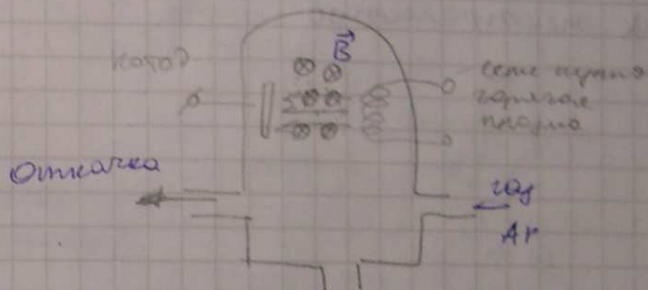
Острие обрабатывается в пиднии
при конн F^- -ре металл - Ba или Hg
для увеличения долговечности катода
для придания долговечности катоду
делают перфорации:



Для привода вращающ металл
острием подогрет



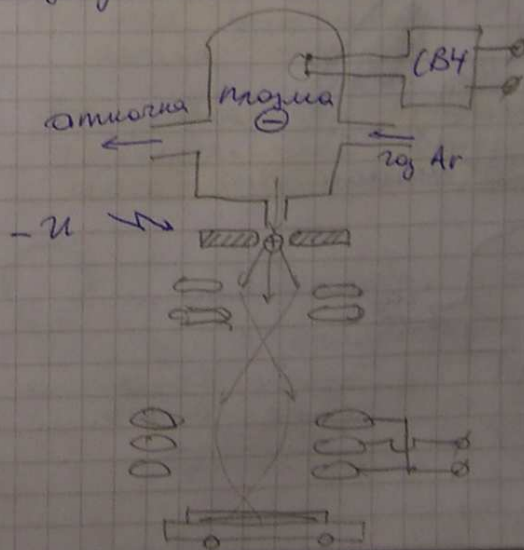
Другой источник ионов - плазма



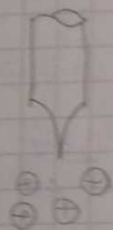
При воздействии магнитного поля
траектория ионов "закругляется"
и вертль вз-е увеличивается

Ионизация с помощью
(ВЧ поле)

Атмосферное колеблющееся, ультрафиолетовое, образцы
процессу (холодные)

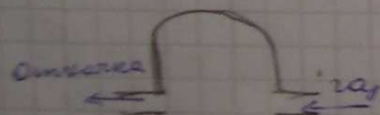


использование в качестве
источника ионов твердотел-
ных электролитов

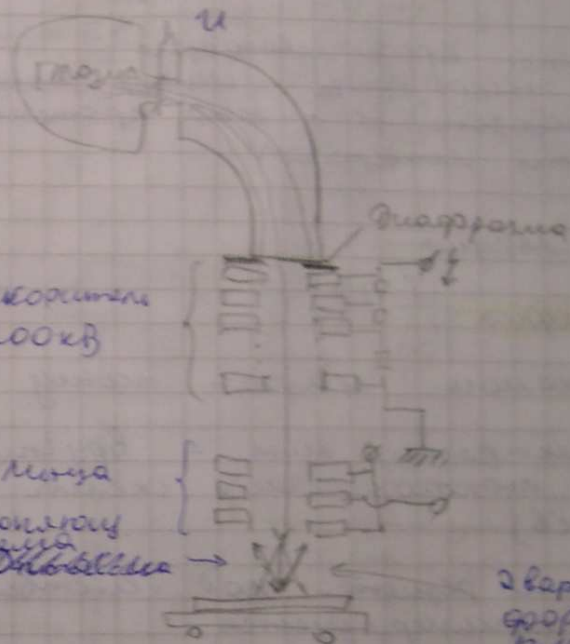


Широкий ионный пучок

Получение плазмы и формирование
широкого ионного пучка для очистки
поверхности и напыления проб



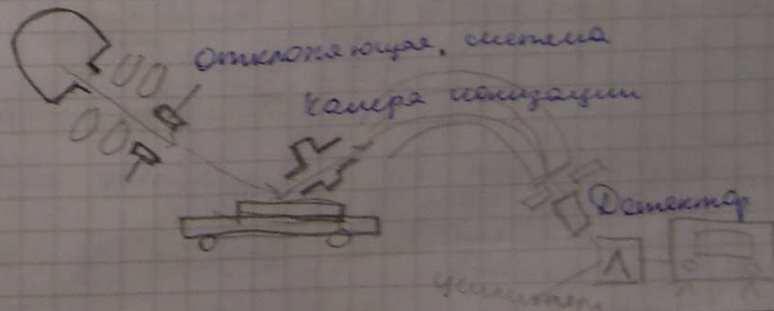
источник Калламан
с сеткой с ант-э.ми



Зарядовый
формирователь
пробки на
столе образца

Установка Ультравис
ион-э.мат.лов

Установка для вторичной ионной
эмиссии или вторичной ионной
масс-спектрометрии (ВИМС)



Изготавливают просветляющие
 и антирефлективные - используются
 покров водорода H - это протоны! →
 протонной микроскоп

17.11.06 лекция

Литография

Литос - камень, графо - пишу

микроэлектронная лит. - в основном
 рисовали топологические схемы
 (нек. слоев)

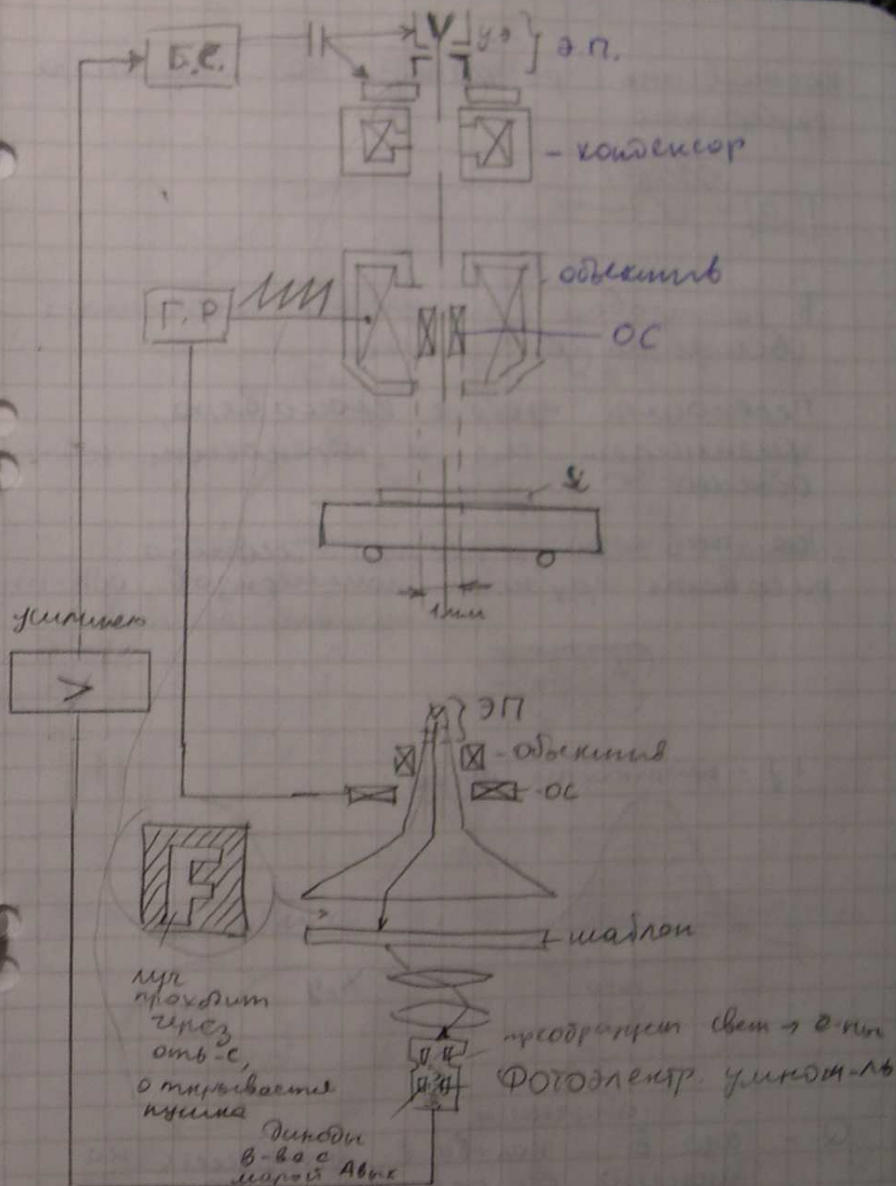
Позитивный резист - под действием
 света полимеризуется

Фотолитография. Фотографируется
 гермет, накладывается на рисунок

рисунок на стекле 1 м x 1 м

использ. E-лучи или
 технология закрытия
 конкуренция между разработчиками

Установка с телеметрическим
 устройством

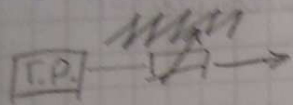


Как увеличить?

$$k = \frac{L}{e}$$

L - площадь скан-а
 по ширине
 e - площадь, забери-
 ваемая по ширине

поставить регулятор на генераторе
развертки



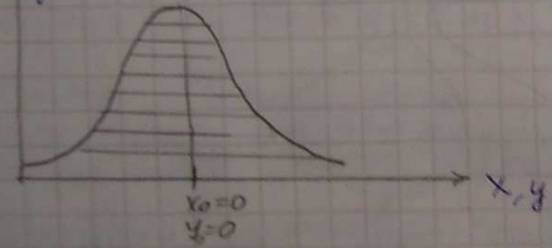
В растробаи микроскопе стремимся
увеличить $\delta \approx$ пикса

Перекосят изобр. с кросс вера,
фиксируем его и перекосят на
объект

на пов-ти резиста можно
рисовать кружки (поммеризов. обл-ти)
резинорезинеру обл-ти

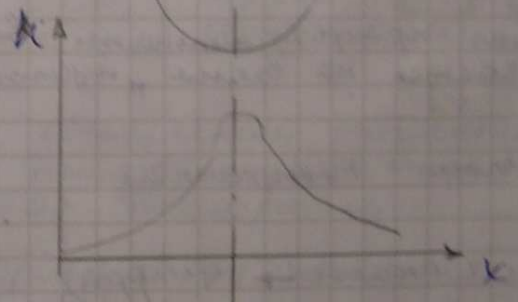
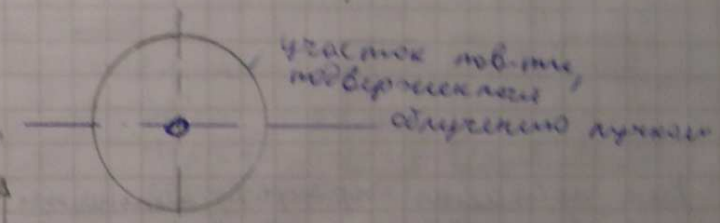
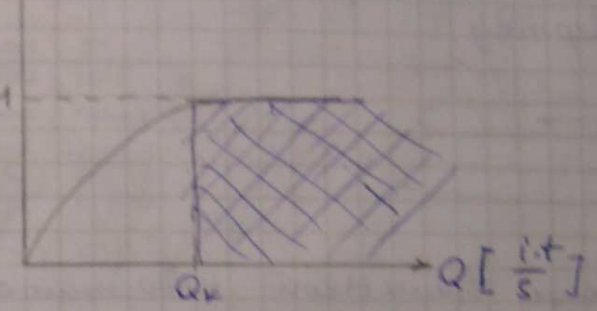


γ -плотности тока

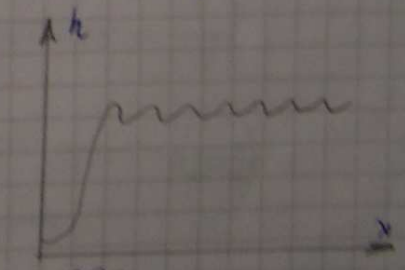
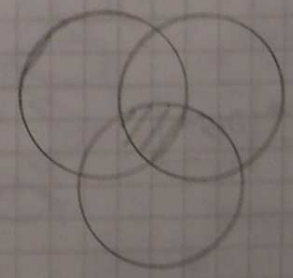


Q - (облученн)
 Q - коэф-т ϵ - кол-во ϵ , упавших на
единицу об. площади в ед.
времени

h - толщина резиста

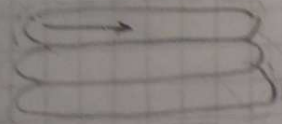


Можно облучать участки, внахлест?

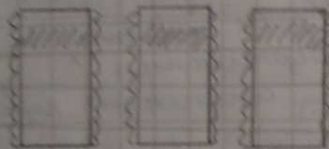


профиль
стабилизированного
резиста

Можно использовать непрерывную развертку:



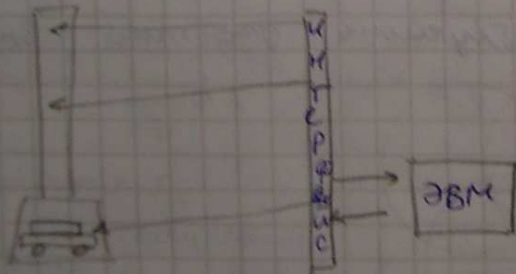
Здесь еще временем недостаток:



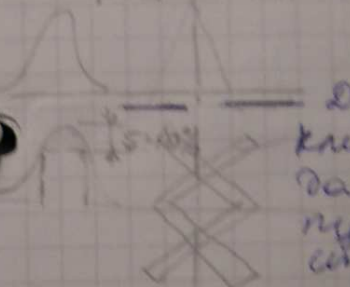
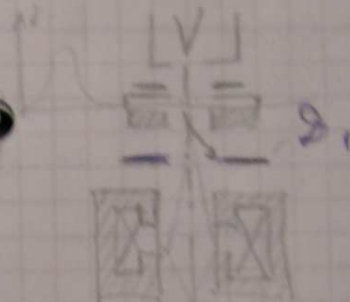
Как повысить производительность, ведь мп включается на время «пустого прохода»

ЭВМ управляет электроникой пушира

Интерфейс (аналог → цифра)



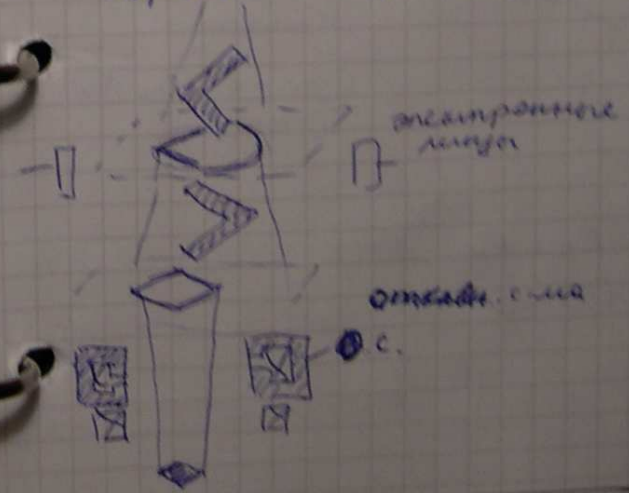
Бланкир с-на 2Жост
луг по кругу



Клинообразная диафрагма
даст преломл. свету
луча с угловыми
сторонами

Для обеспечения точности делают
1-4 диафрагму → отклоняющ. с-на
→ 2ая диафрагма

Форма полуотражающей линзы:

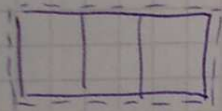


асимметричные
линзы

отклон. с-на

с.

Изображение формируем из \square -ков:

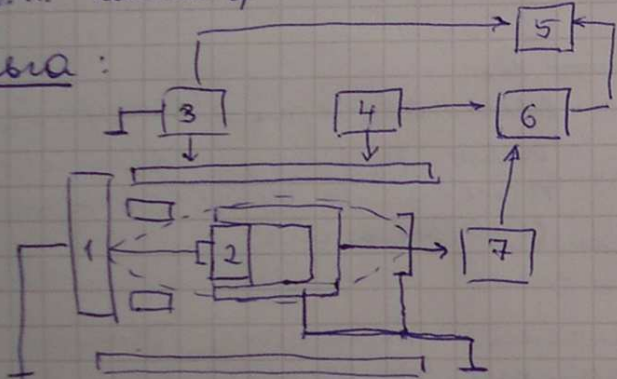


~~Уменьшение~~
 потеря времени на холостое прохождение кет!

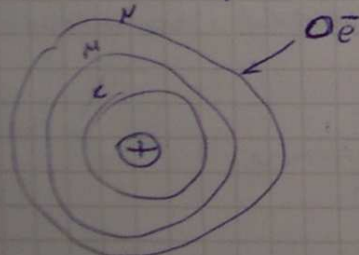
Управляем цифровым методом (ЭВМ)

20.11. Сцинтиляр

Опыта:



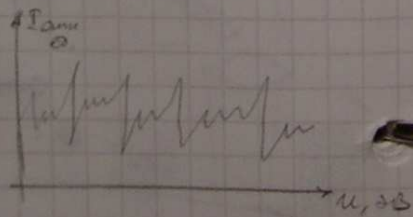
Опыт - спектрометр



- итагерка на легкие элементы
 Оме - \bar{e} - спадте
 L-конт

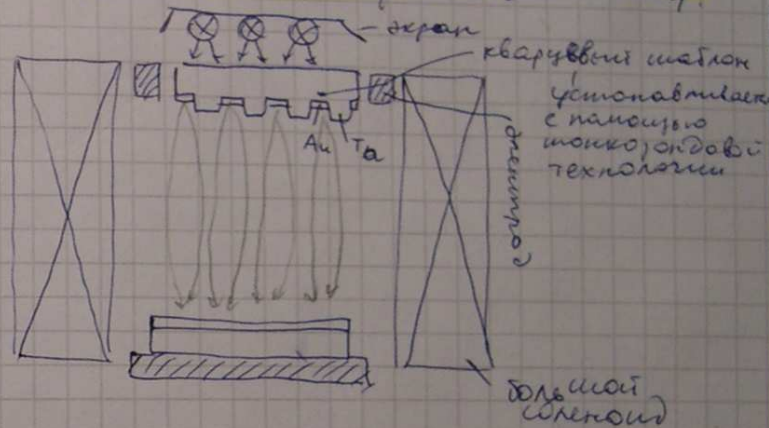
$$E_{KMN} = E_k - E_M - E_N$$

20 20 3000 эВ



Проекционная электронная микроскоп

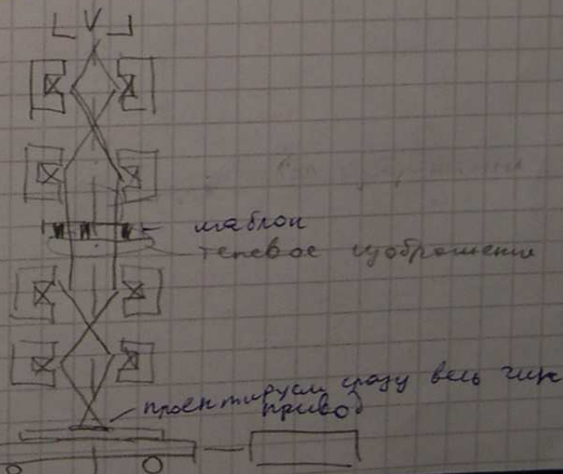
1.12.06



разрешающая система $\sim 10 \text{ \AA}$

переносит изображение 1:1

А нельзя ли сделать установку с уменьшенным изображением (установка электронной микроскопа проекционного типа с уменьшенным изображением)



Датчик изображения

проектирующий экран