

Высокие технологии в Красноярске.

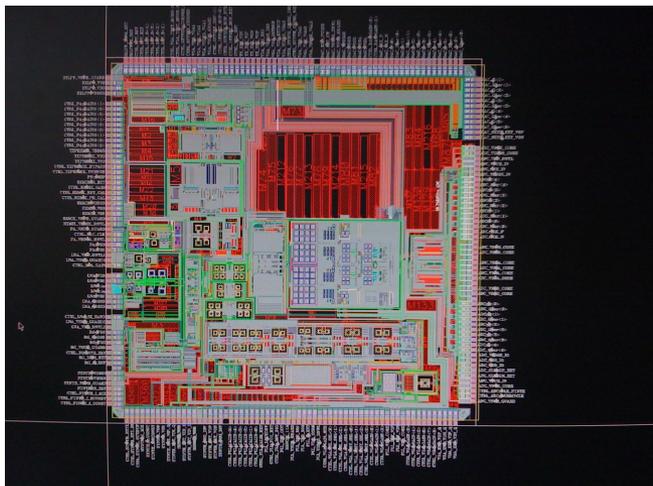
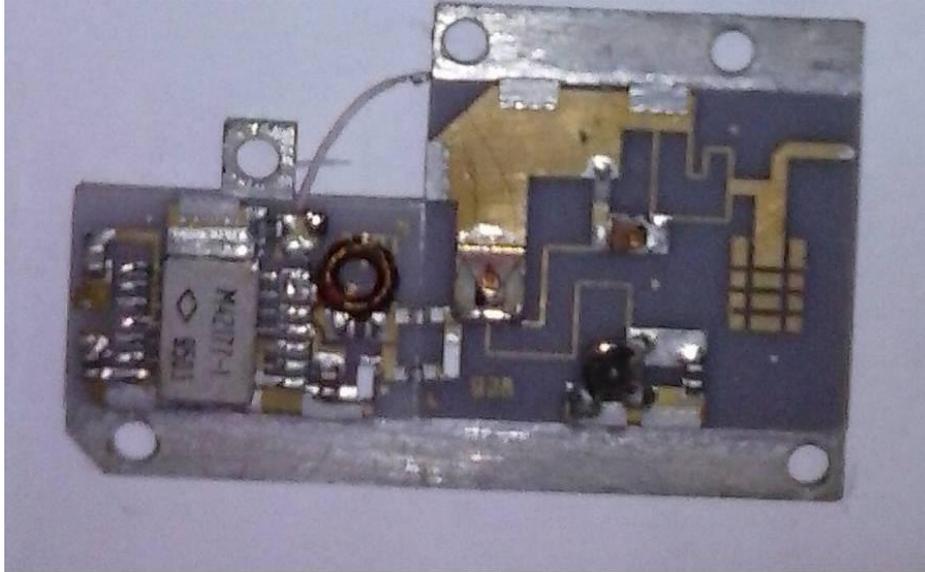
Лекция 1. Как построить Нанолaborаторию

Зам. главного технолога по
микроэлектронике
АО «НПП» Радиосвязь»,
Научный сотрудник лаборатории РСЭ
ИФ СО РАН

Ф.А. Барон, PhD
16 ноября 2016



1. Зачем

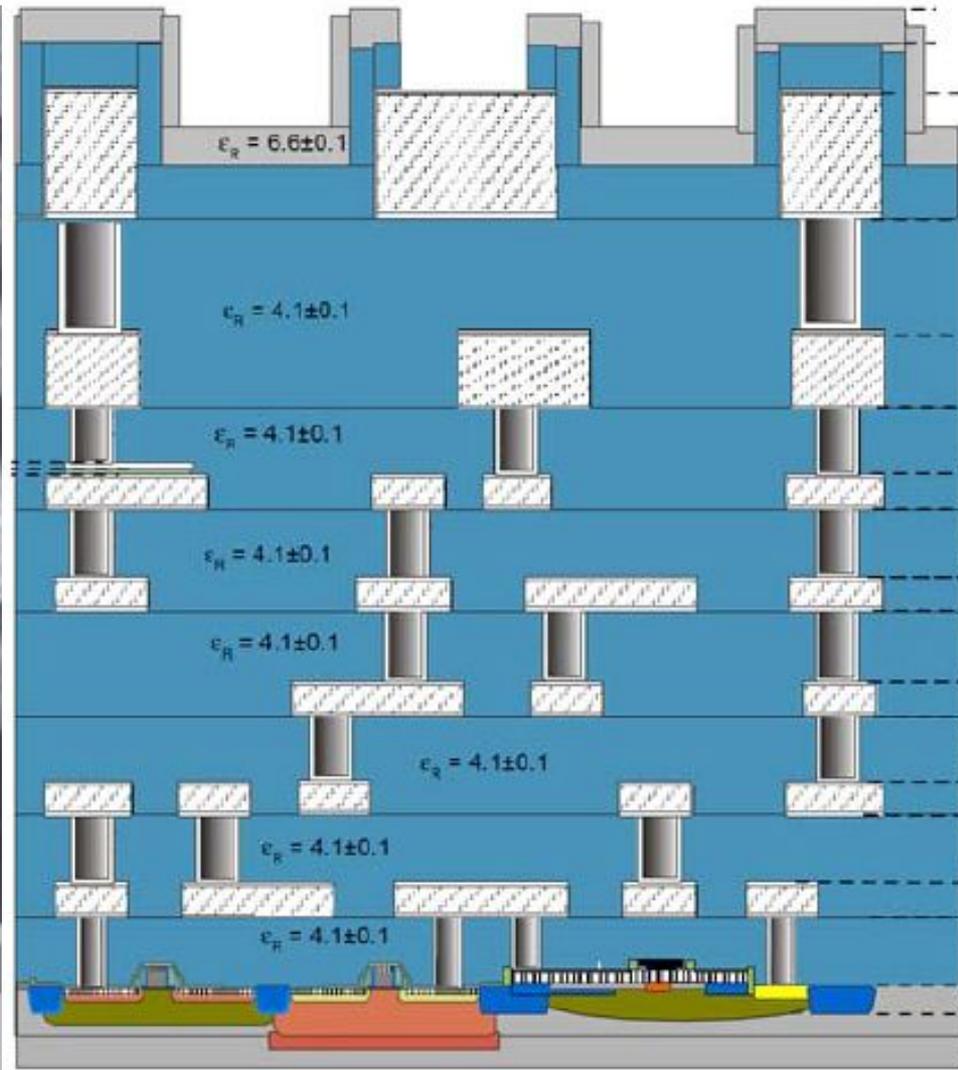
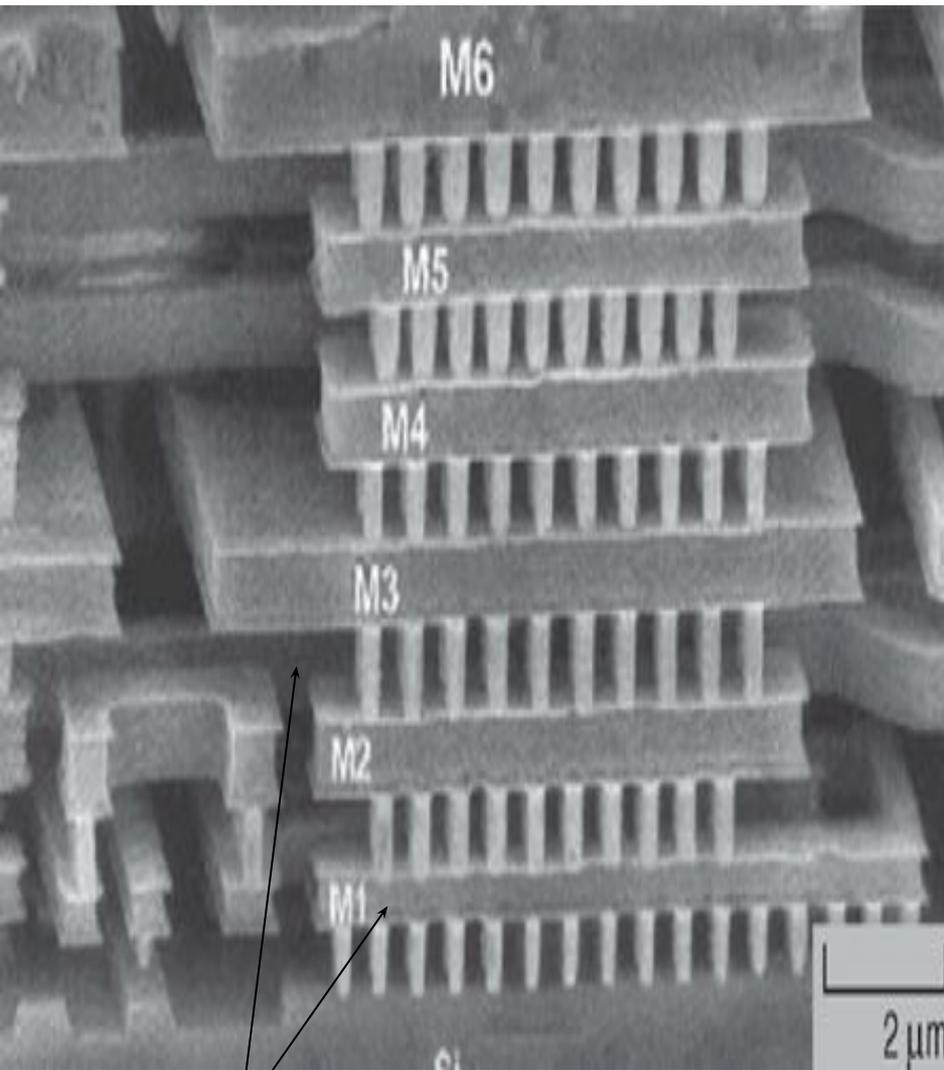


Проблема №1: Пыль



Частицы размером менее 50 микрон не падают вниз!

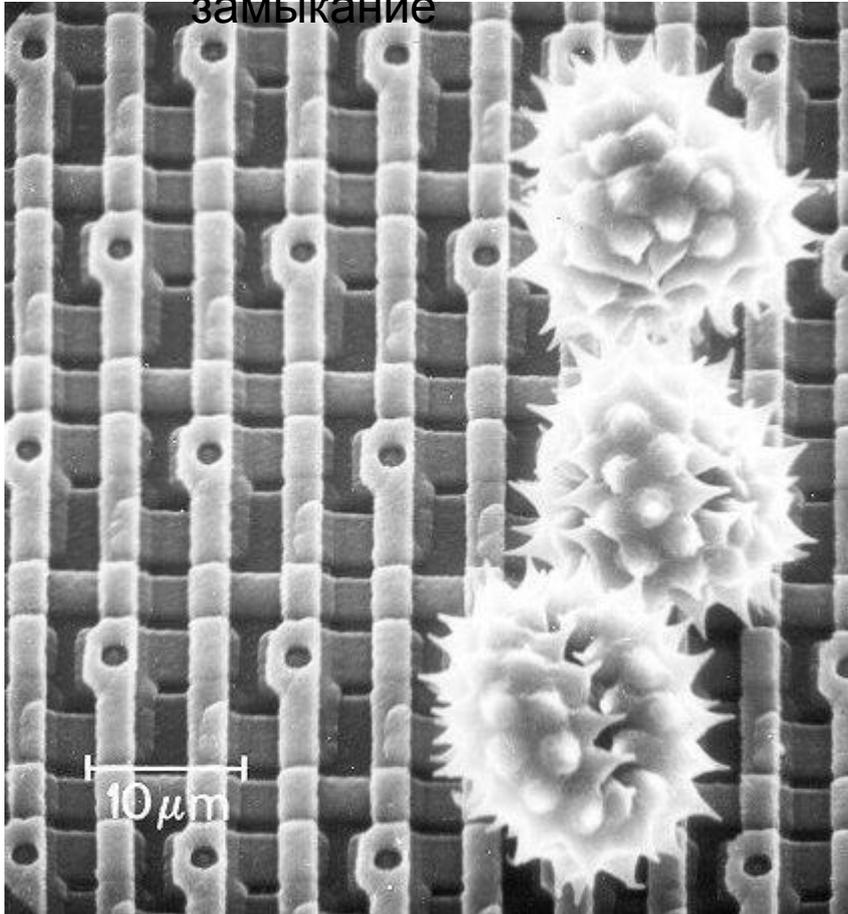
Поперечное сечение чипа



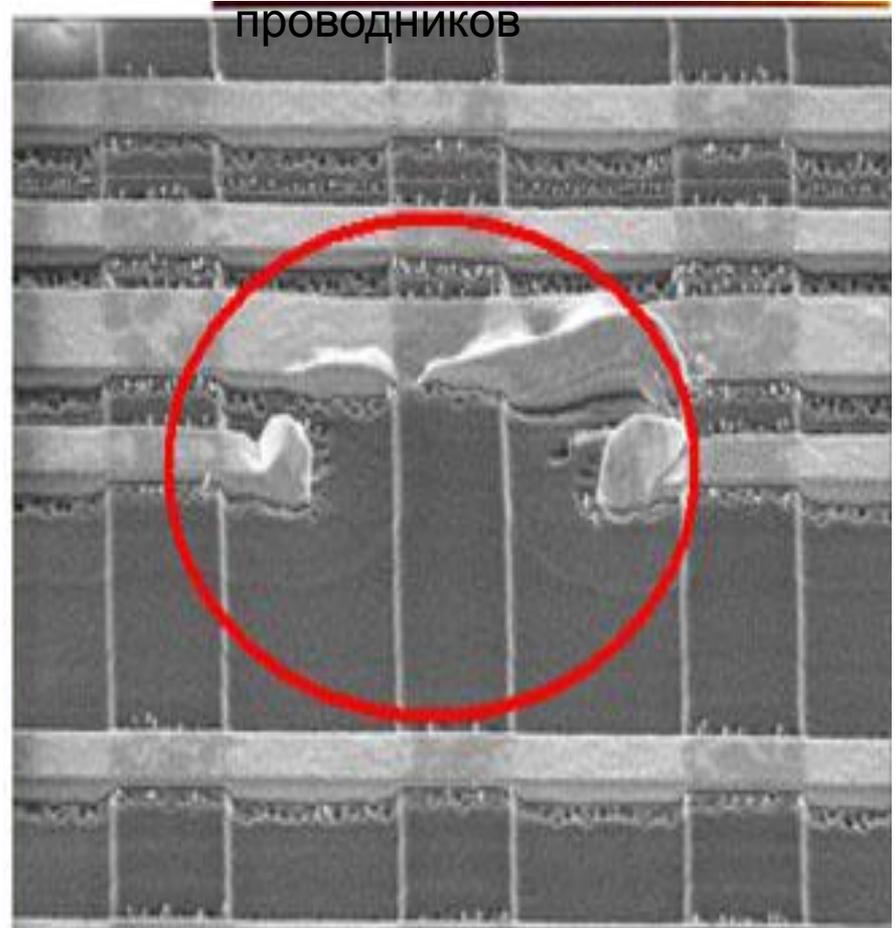
Тонкие пленки

Пылинки-убийцы

Короткое замыкание



Разрыв проводников



Класс чистоты помещения

The US FED STD standards is [United States standards](#).

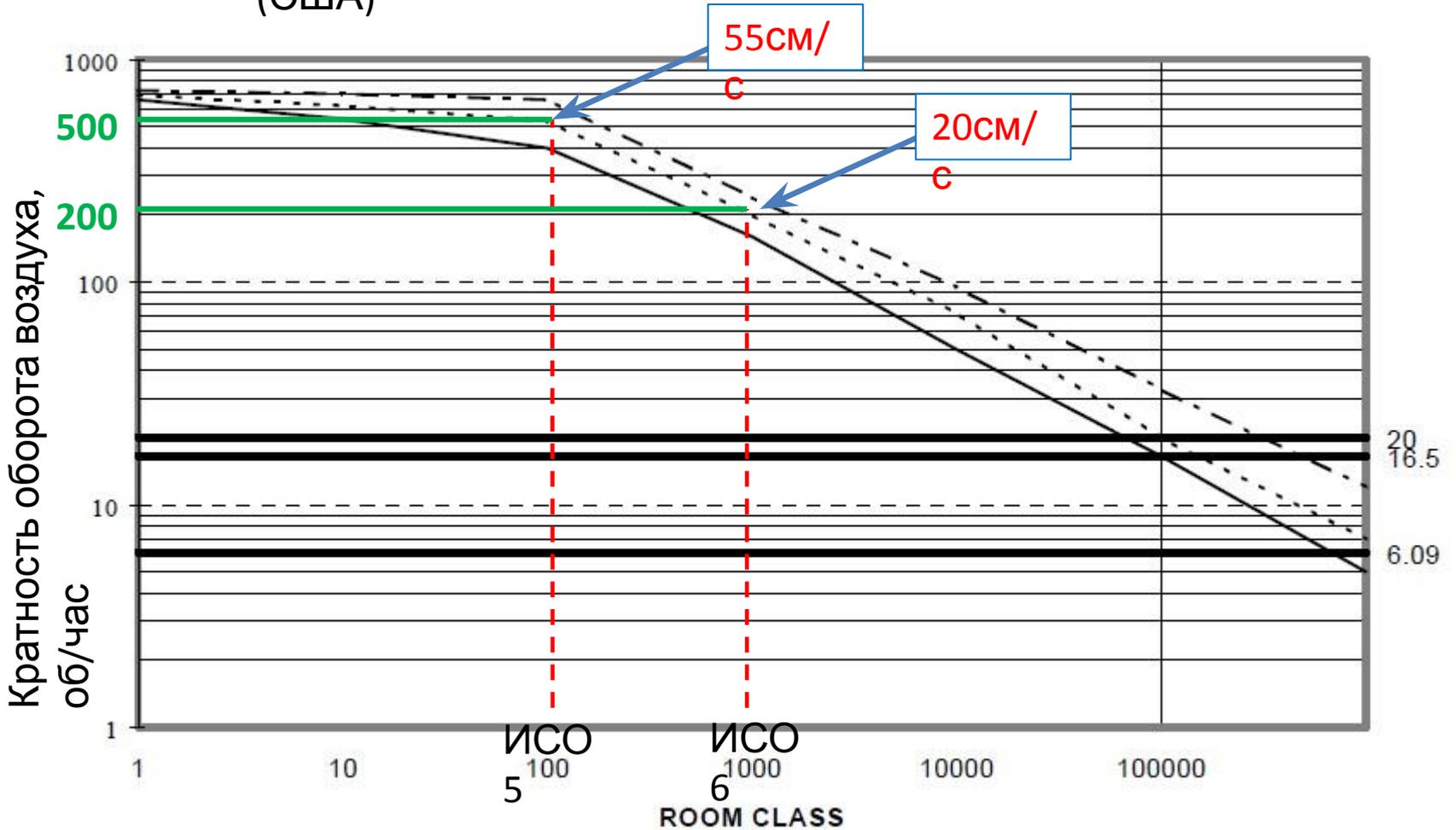
| Class | maximum particles/ft ³ | | | | | ISO equivalent |
|---------|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------|----------------|
| | ≥0.1 μm | ≥0.2 μm | ≥0.3 μm | ≥0.5 μm | ≥5 μm | |
| 1 | 35 | 7.5 | 3 | 1 | 0.007 | ISO 3 |
| 10 | 350 | 75 | 30 | 10 | 0.07 | ISO 4 |
| 100 | 3,500 | 750 | 300 | 100 | 0.7 | ISO 5 |
| 1,000 | 35,000 | 7,500 | 3000 | 1,000 | 7 | ISO 6 |
| 10,000 | 350,000 | 75,000 | 30,000 | 10,000 | 70 | ISO 7 |
| 100,000 | 3.5 × 10 ⁶ | 750,000 | 300,000 | 100,000 | 700 | ISO 8 |

Классификация чистых помещений по ГОСТ ИСО 14644-1

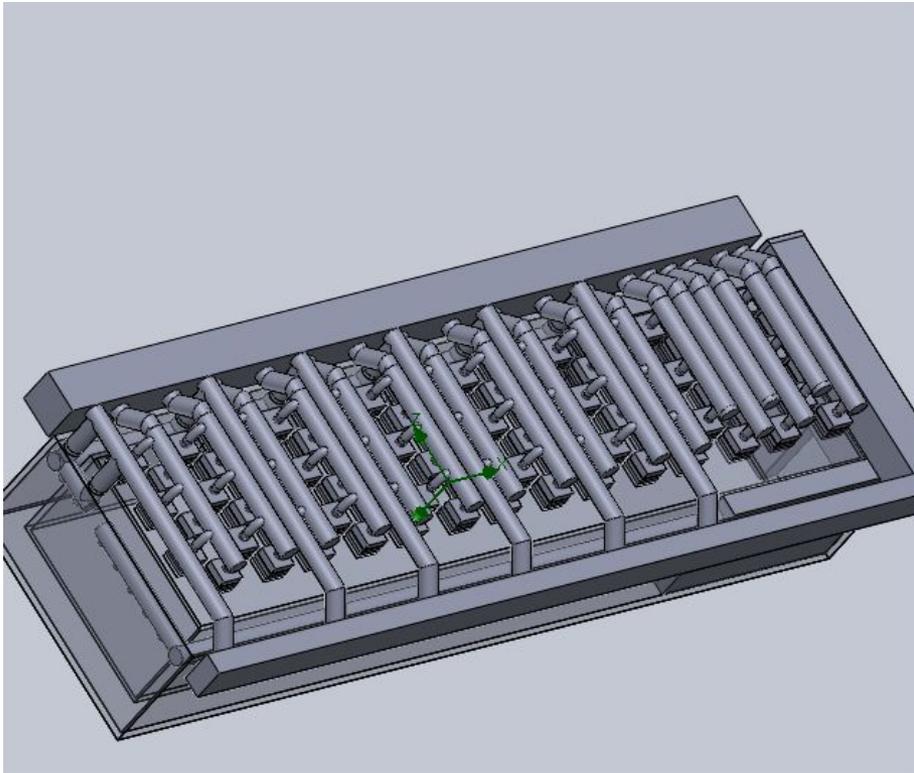
| Класс чистоты | Предельно допустимое число частиц в 1 м ³ воздуха с размерами, равными или превышающими, мкм | | | | | |
|---------------|---|--------|--------|----------|---------|--------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 5,0 |
| 1 ИСО | 10 | 2 | | | | |
| 2 ИСО | 100 | 24 | 10 | 4 | | |
| 3 ИСО | 1000 | 237 | 102 | 35 | 8 | |
| 4 ИСО | 10000 | 2370 | 1020 | 352 | 83 | |
| 5 ИСО | 100000 | 23700 | 10200 | 3520 | 832 | 29 |
| 6 ИСО | 1000000 | 237000 | 102000 | 35200 | 8320 | 293 |
| 7 ИСО | | | | 352000 | 83200 | 2930 |
| 8 ИСО | | | | 3252000 | 832000 | 29300 |
| 9 ИСО | | | | 35200000 | 8320000 | 293000 |

2. Строительство нанолаборатории

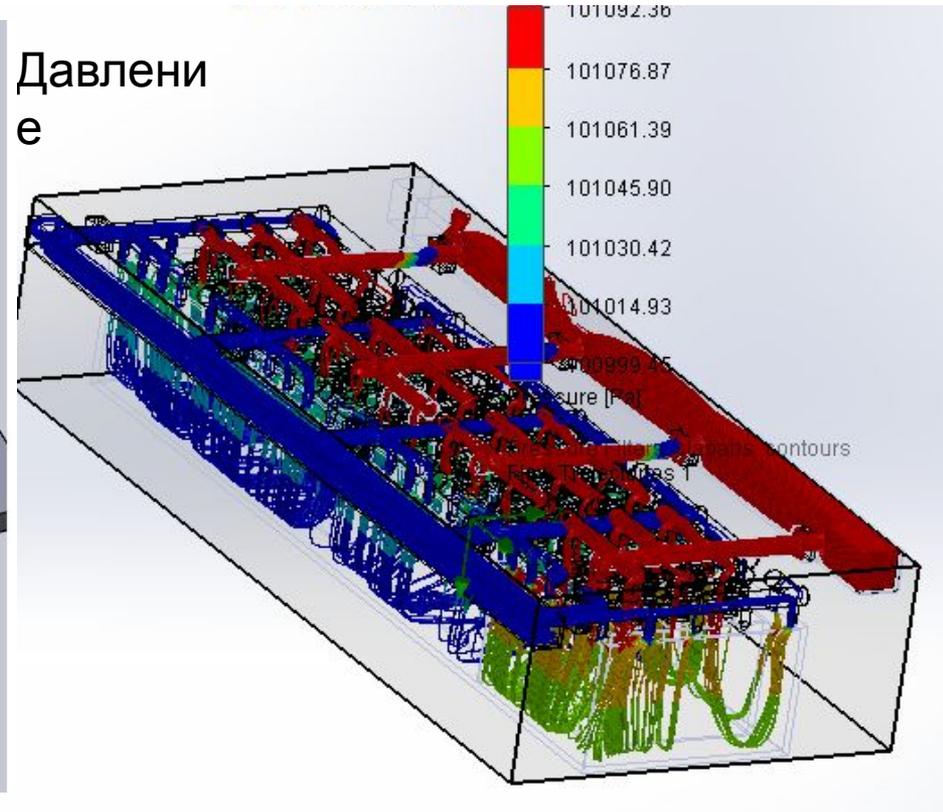
Федеральный стандарт чистых помещений 209D
(США)



Расчеты воздушных потоков системы



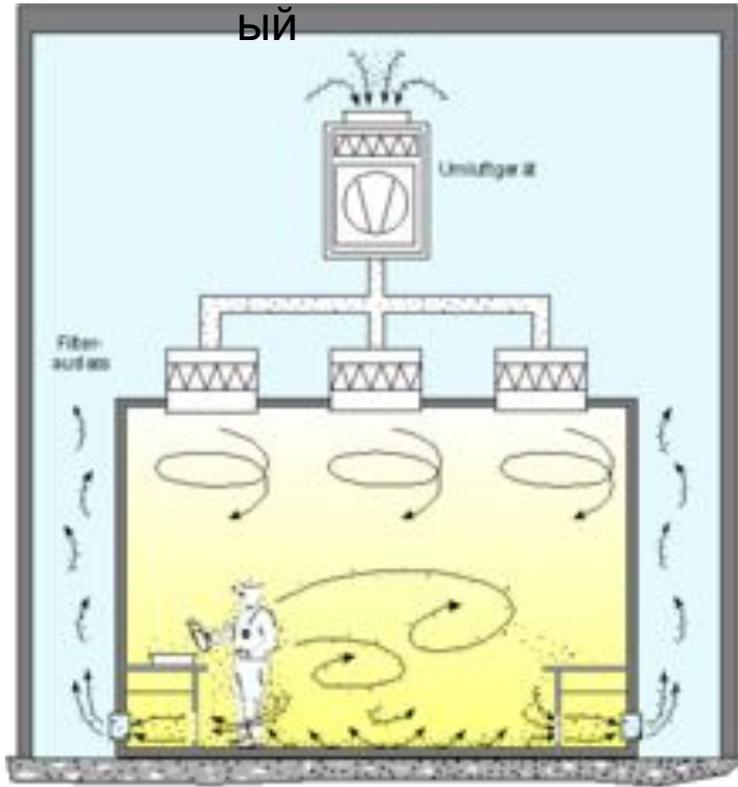
Давление



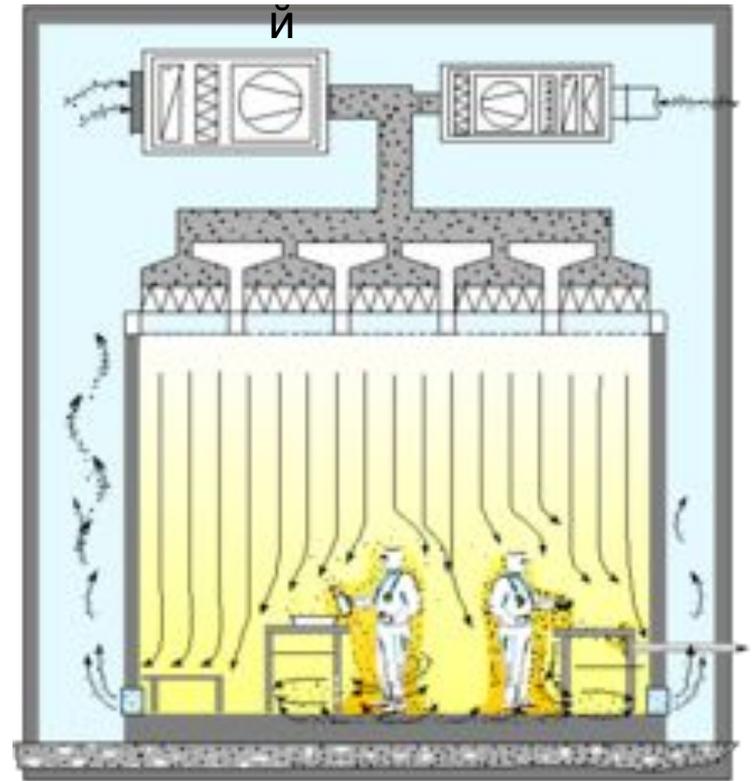
Ограничение: скорость воздуха в трубах < 6м/с

Отличие турбулентного от ламинарного потока

Турбулентный

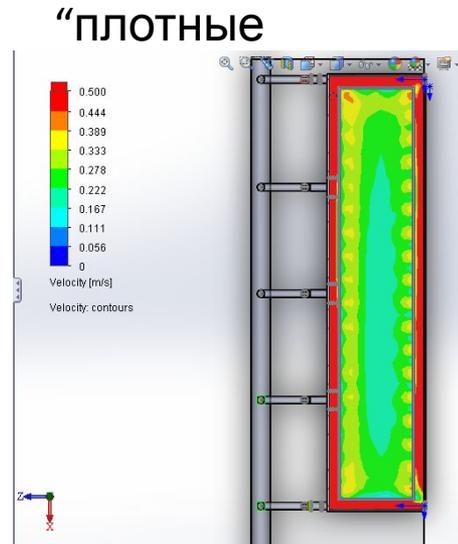
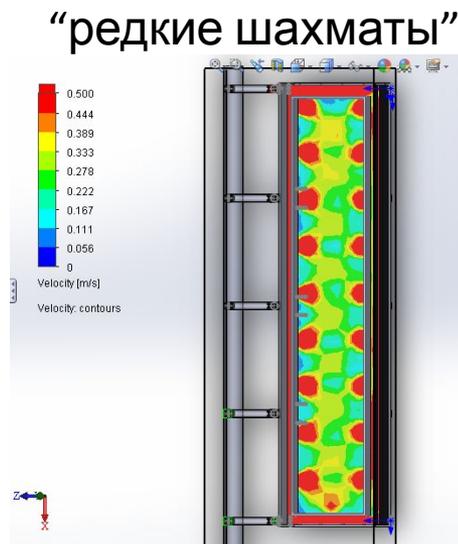
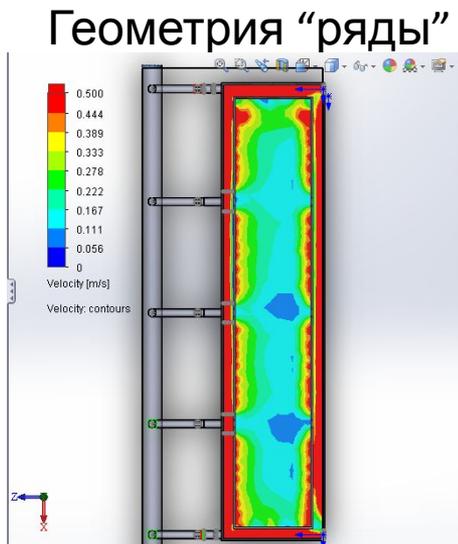


Ламинарный

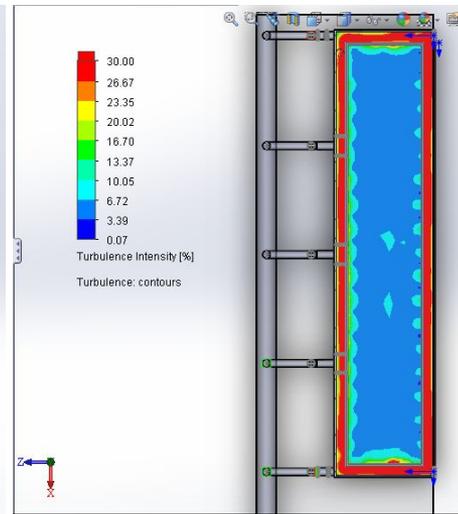
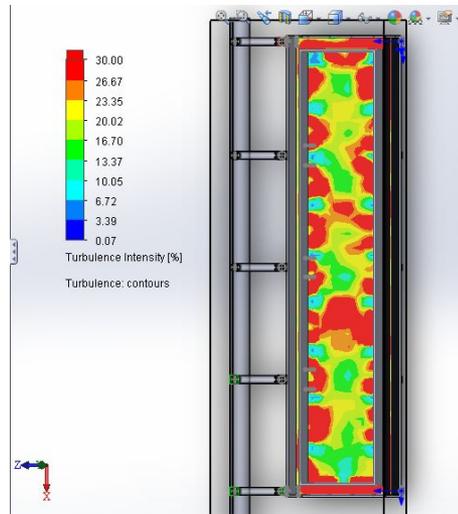
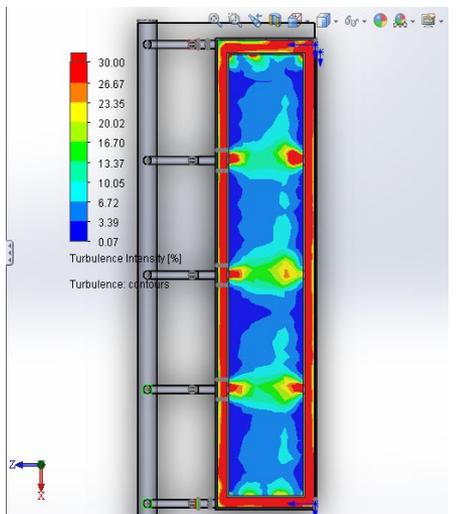


Расчеты и сравнение различных геометрий раскладок потолочных фильтров наноцефа

По скорости*:



По турбулентности:



*на высоте 1.5м от

Этапы стройки. Этап 1: зачистка.



Этап 3: сварка-монтаж каркаса.



Этап 4: фильтровальные модули.



Этап 5: монтаж воздуховодов и светодиодных светильников



Заливка антистатического
пола

Этап 6: Монтаж стен и кондиционера.



Цифровой кондиционер

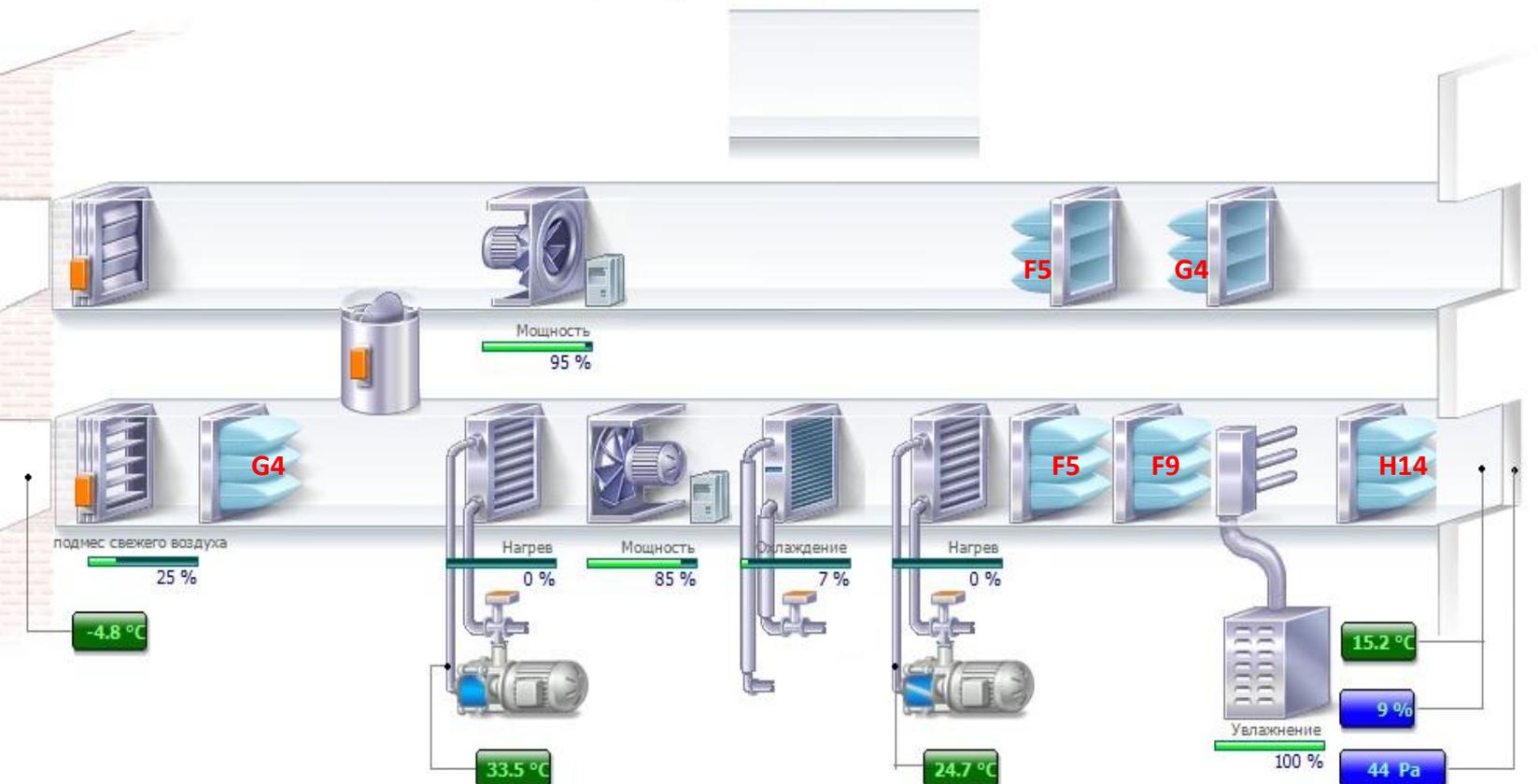
Схема

Графики работы

Журналы

Управление

Вентиляция административного этажа



Помещение 1

T1: 21.2 °C

h1: 10 %

PDE1: 40 Pa

Помещение 2

T2: 20.3 °C

h2: 8 %

PDE2: 4 Pa

Помещение 3

T3: 21.4 °C

h3: 10 %

PDE3: 48 Pa

Управление

Информация



Выключить управление

Заблокировать

Сброс аварии

Статус: **Работа**

Время года: ❄️

Этап 7: Газовая обвязка, вода, азот.



19Ш
Т



4атм.,
120л/мин



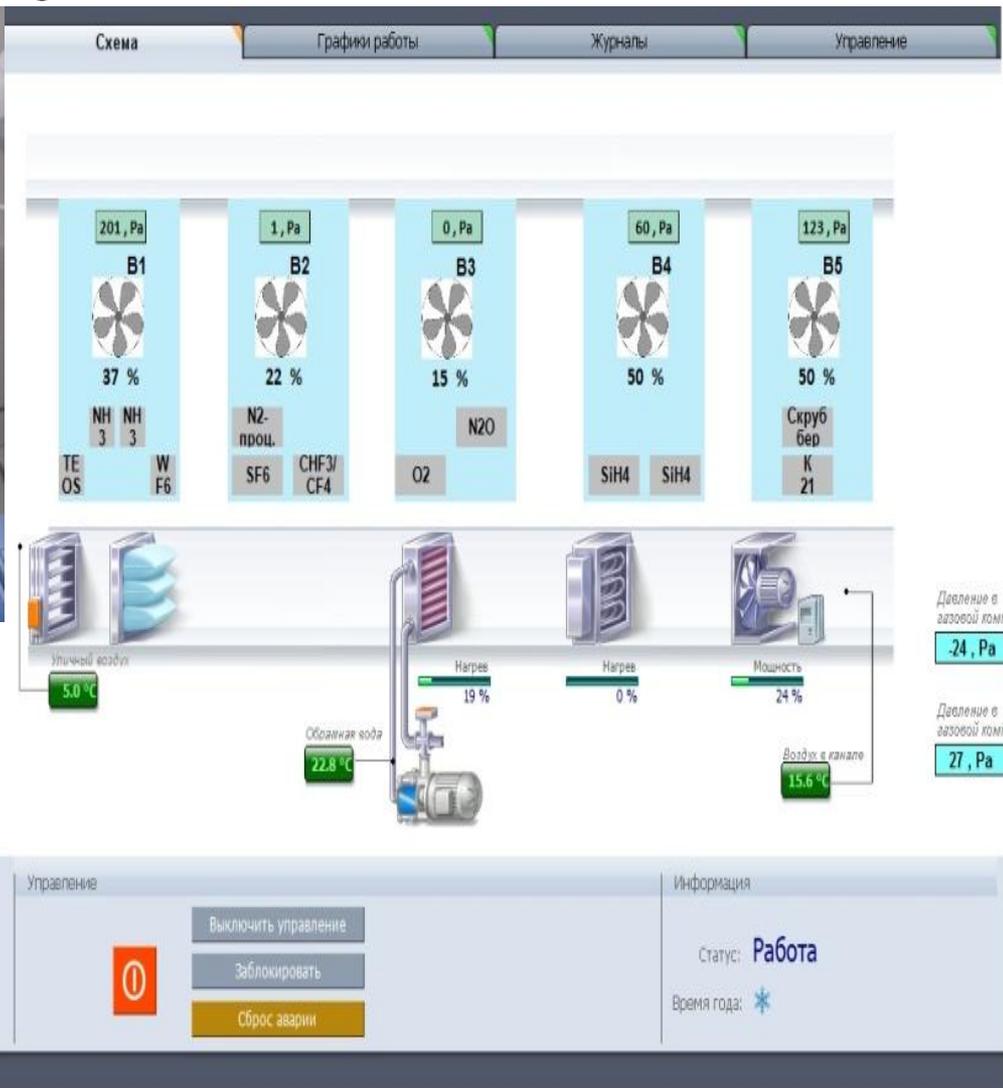
Азот:
99.99% - 120л/мин
99.999% - 60л/мин

Цифровое управление кондиционированием и продувкой воздуха газовых комнат

Вытяжка



Приток



Чистые комнаты класса ИСО-6/5



Установка оборудования



Подключение системы подачи газов для роста, травления и отжига тонких пленок

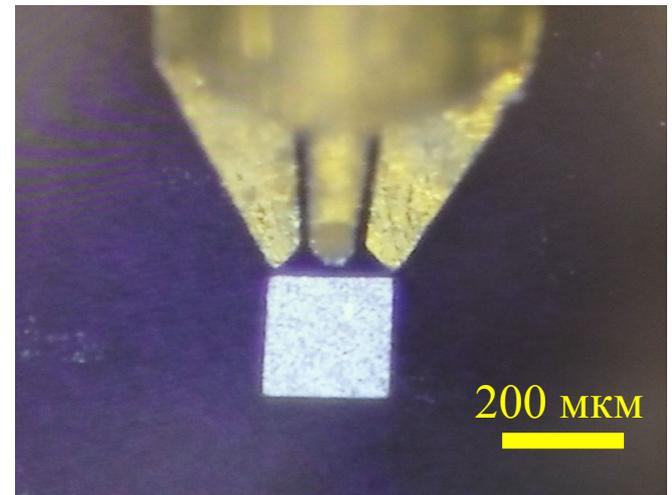
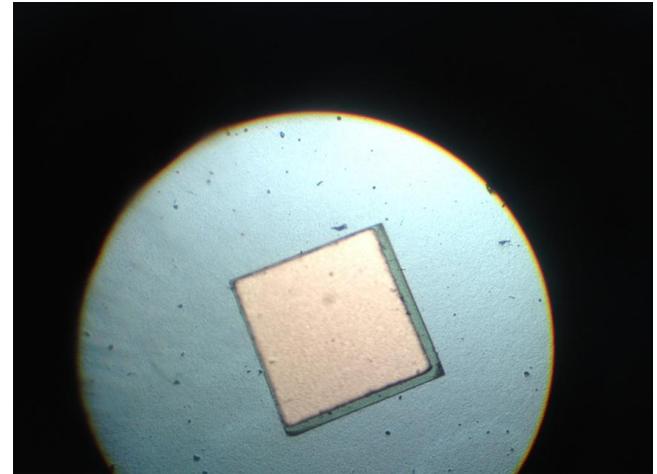
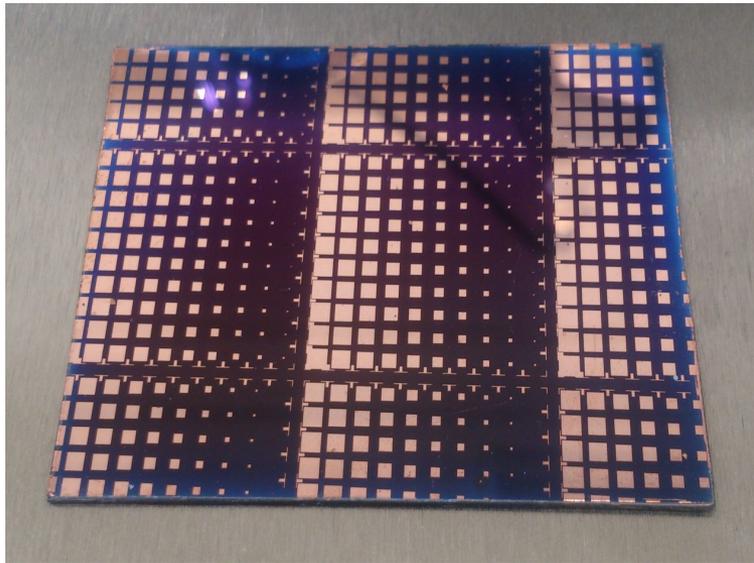


Нанолаборатория готова к работе

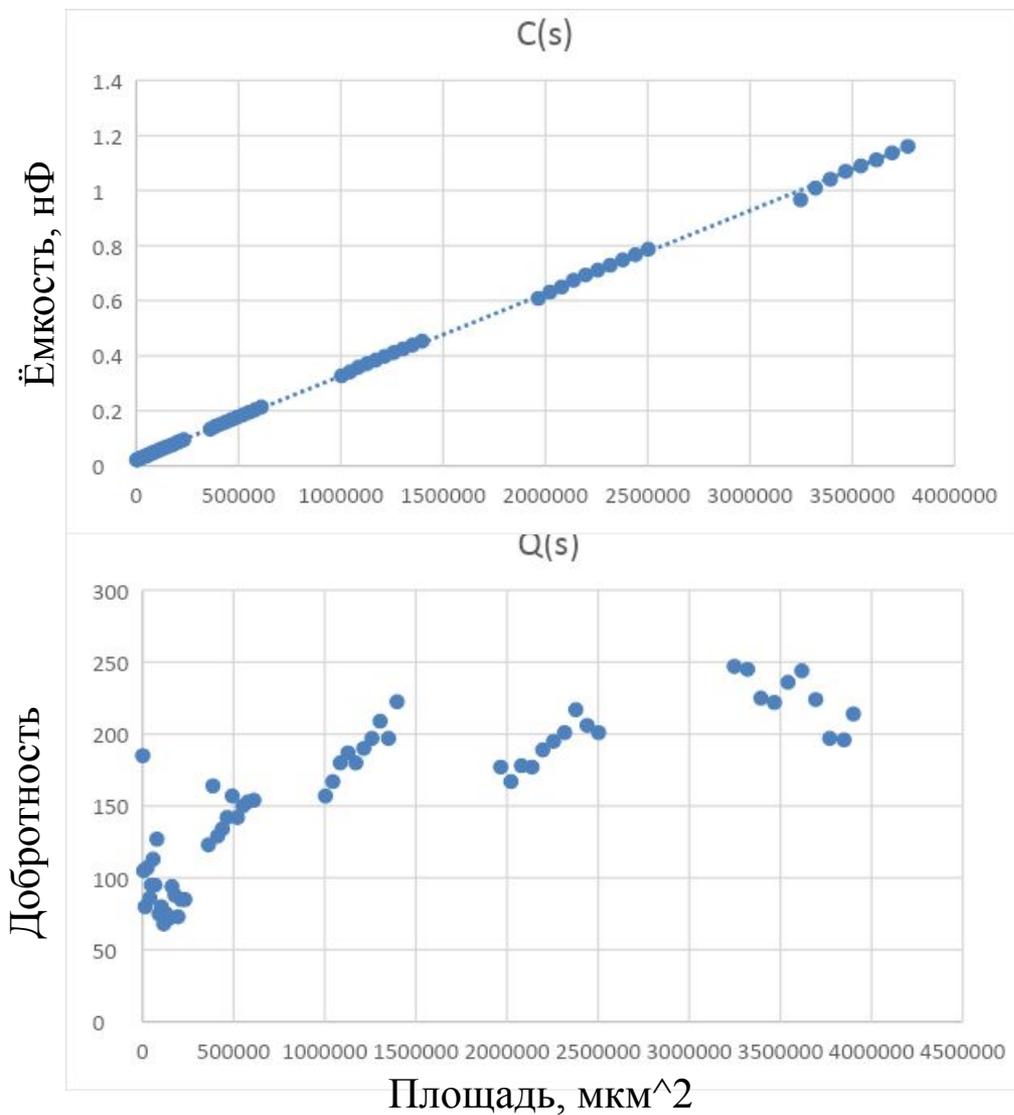


3. Опытные изделия нанолaborатории

Изготовлены опытные образцы конденсаторов с тонкоплёночными диэлектриками:
44нм Al_2O_3 и HfO_2 на кремнии

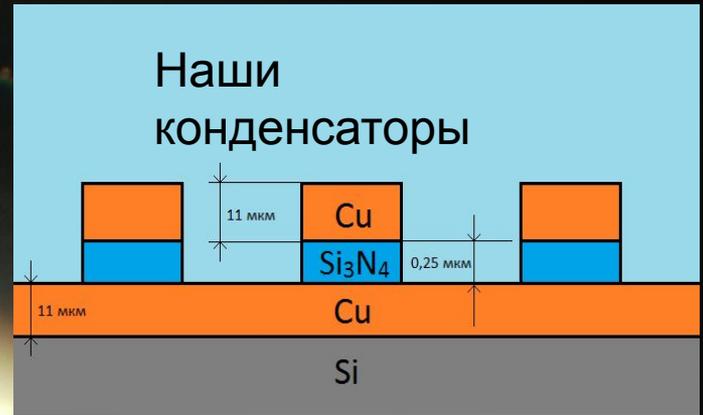
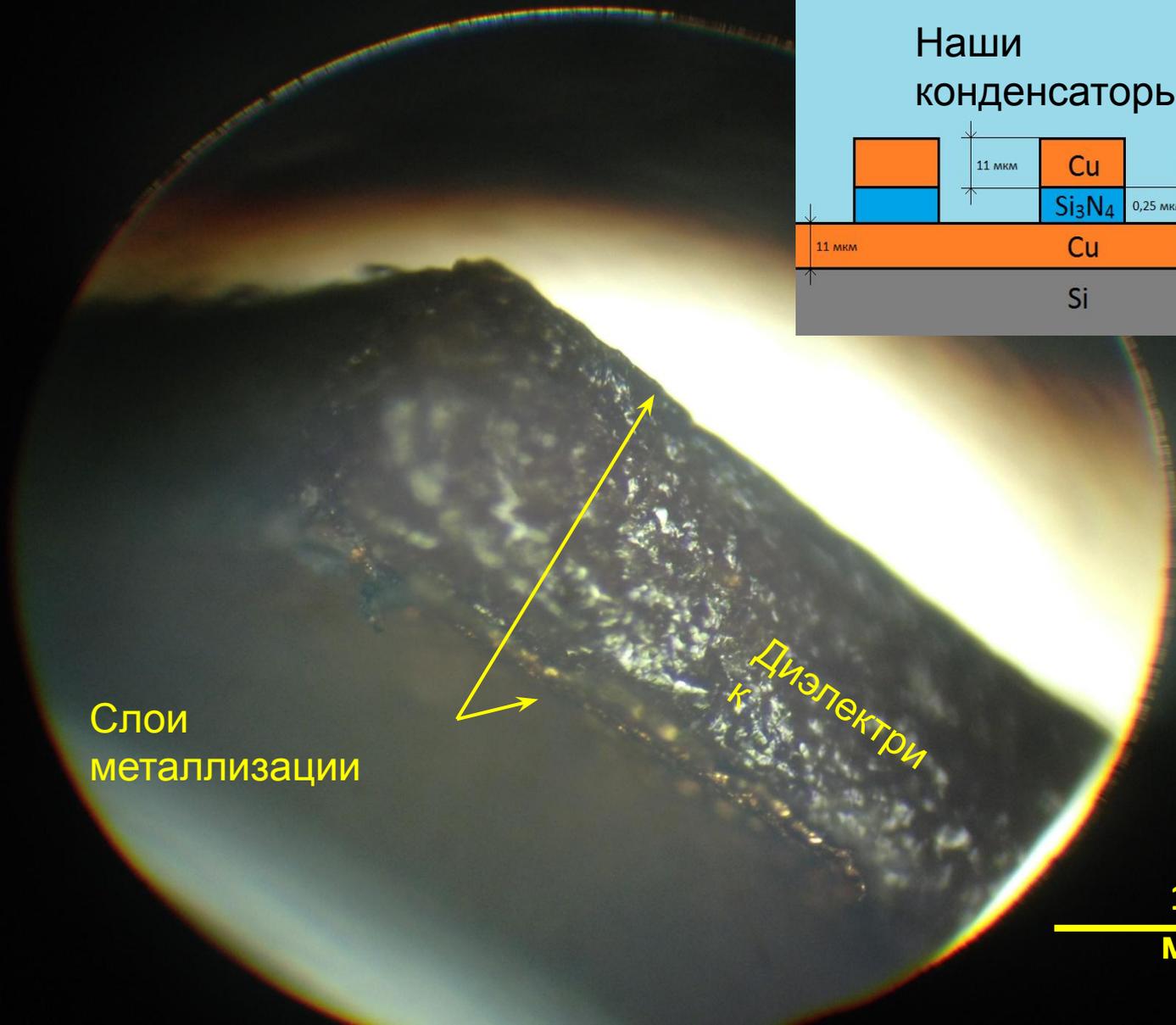


Типовые значения конденсаторов

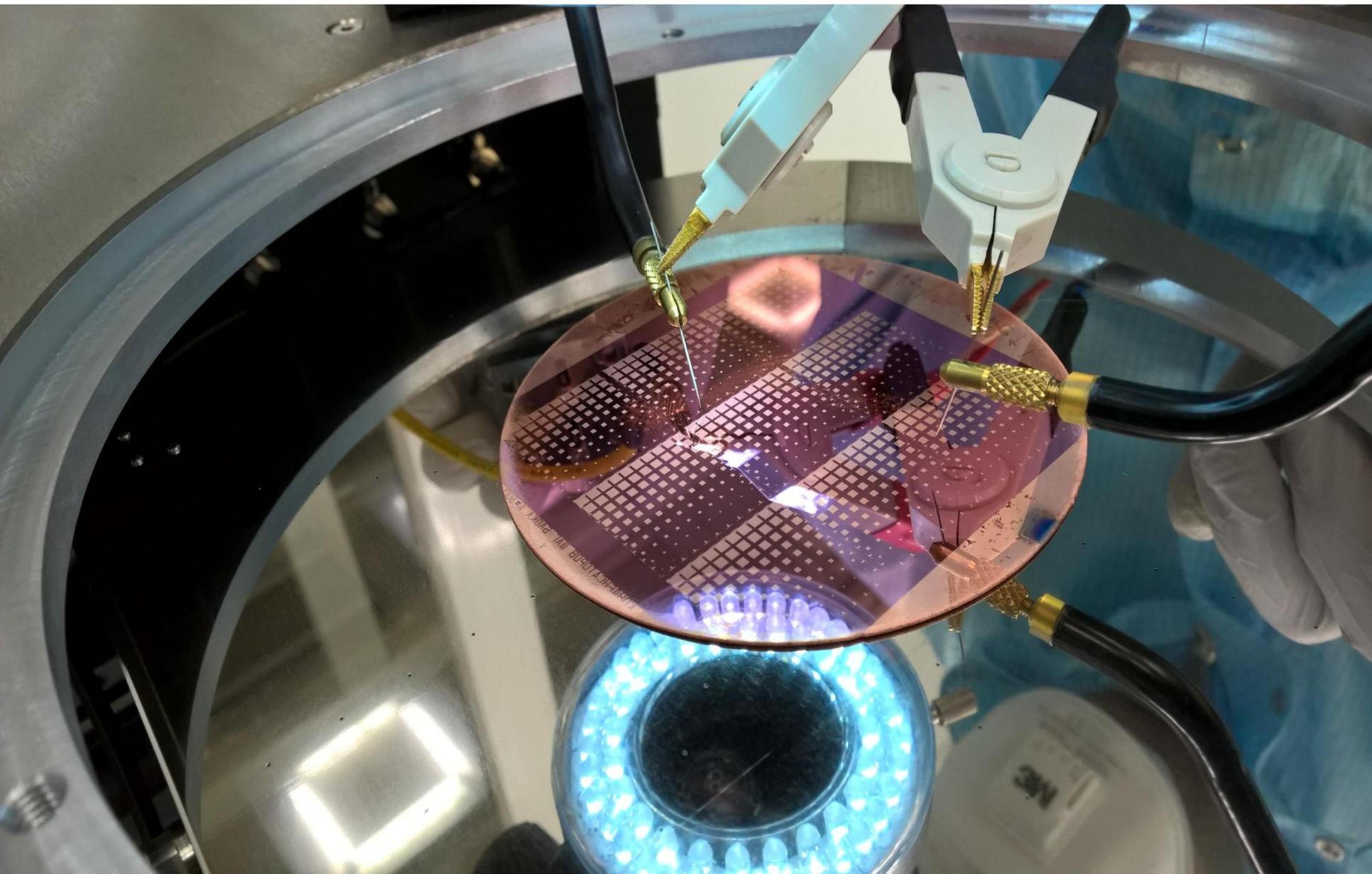


Отличие от импортных

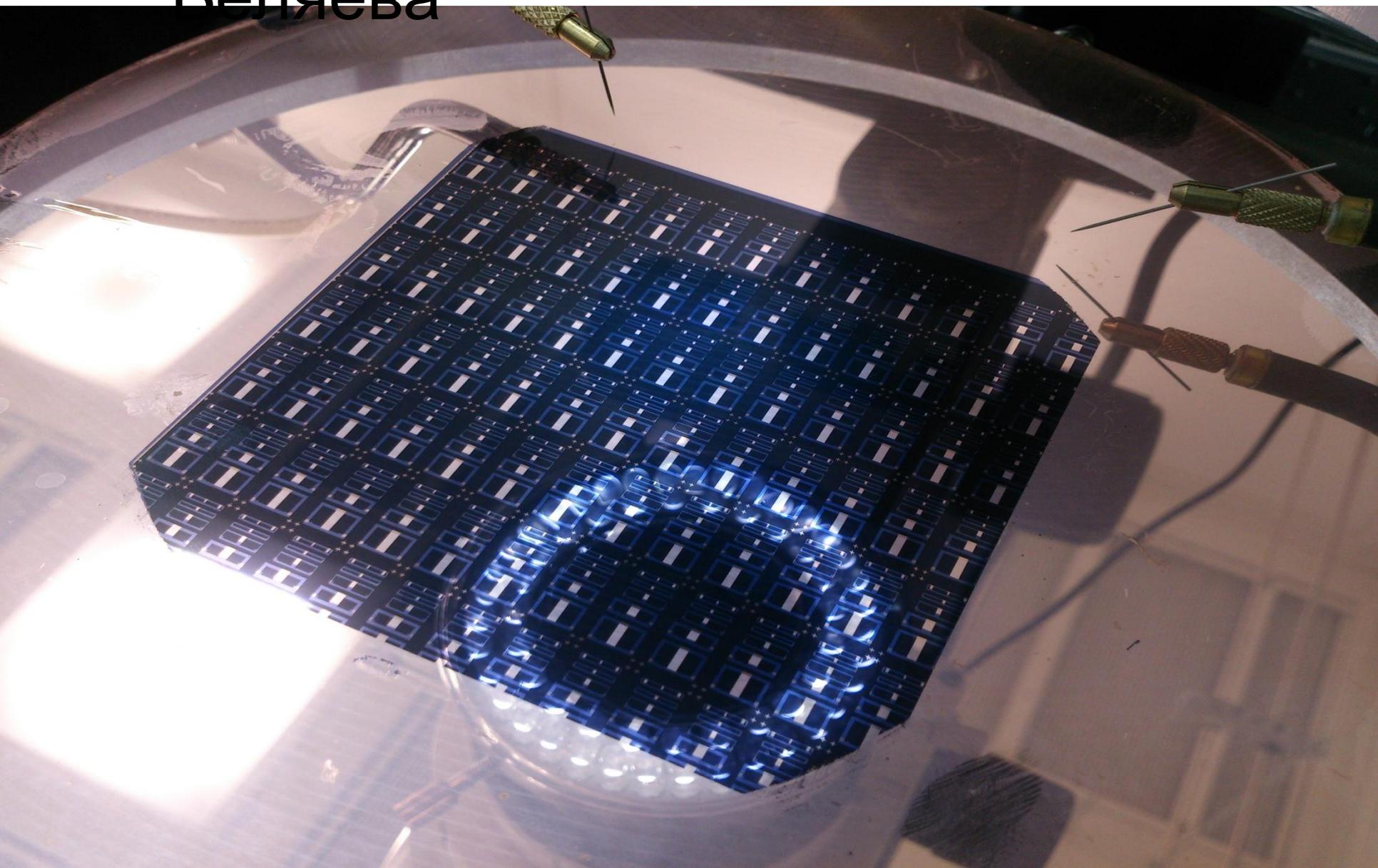
конденсаторов



Новый тип конденсаторов - на медной подложке

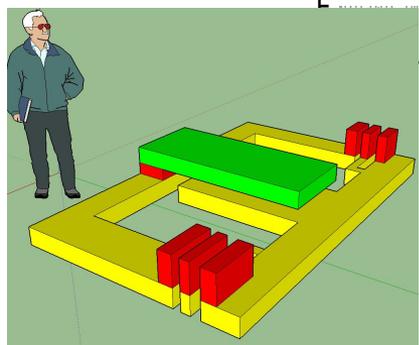
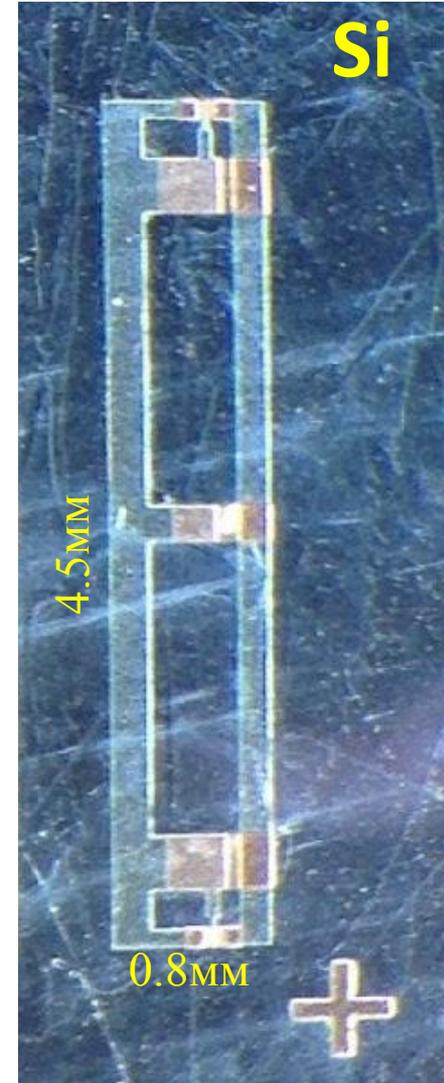
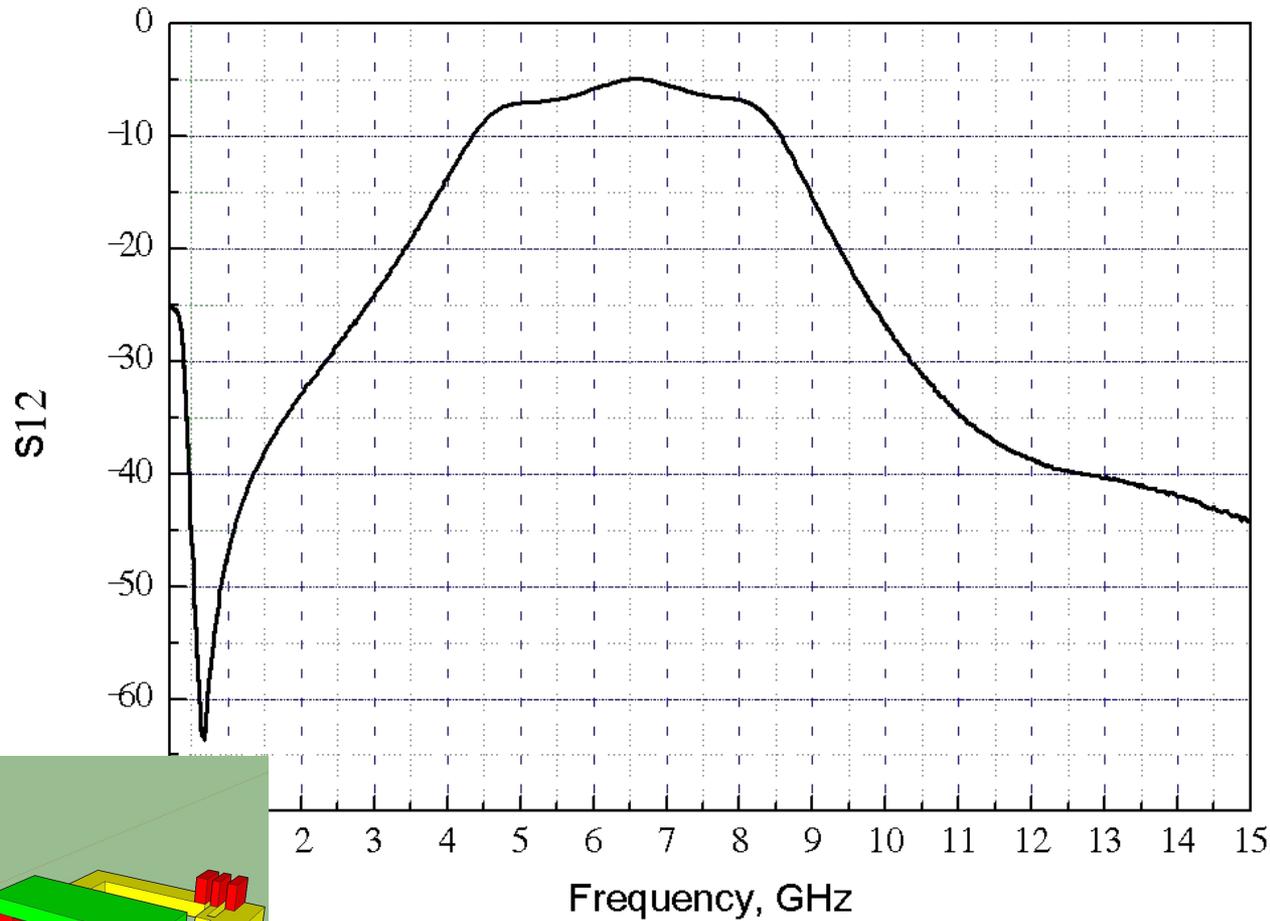


2-слойные СВЧ фильтры Б.А. Белыева



Характеристики кремниевого фильтра

2-layer Belyaev filter 16.09.16



Спасибо за внимание!

