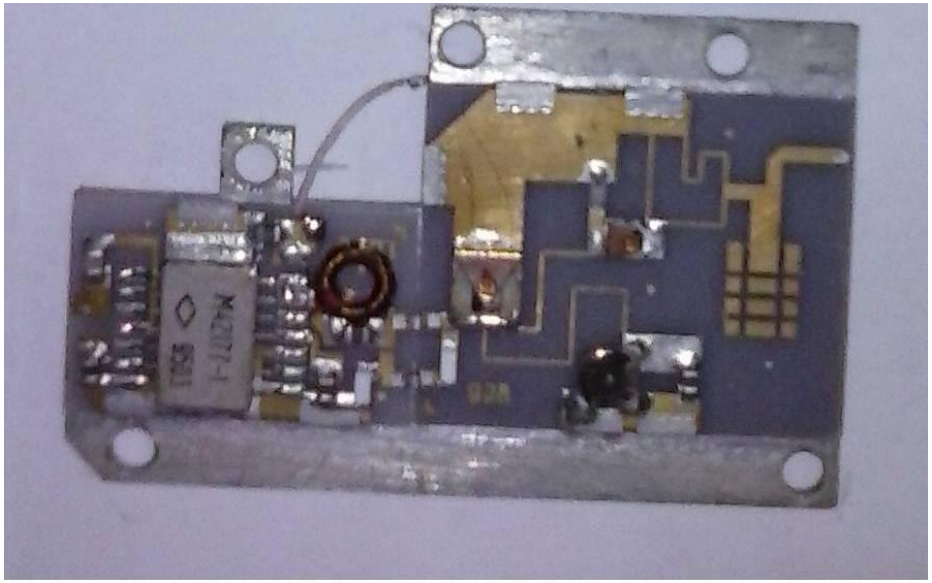
Высокие технологии в Красноярске.

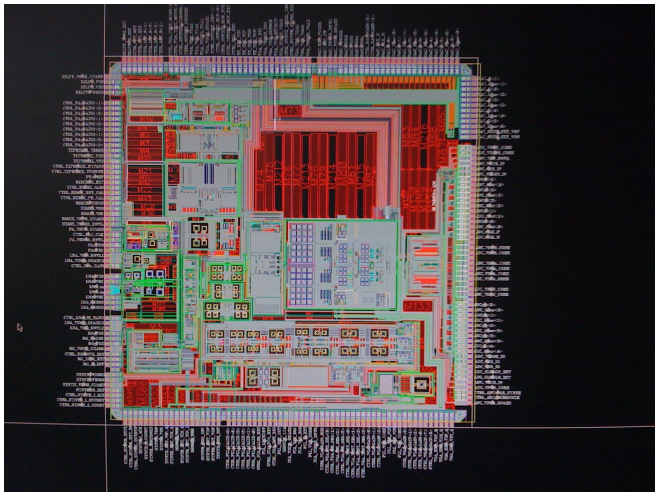
Лекция 1. Как построить Нанолабораторию

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

Ф.А. Барон, PhD
16 ноября 2016

1. Зачем



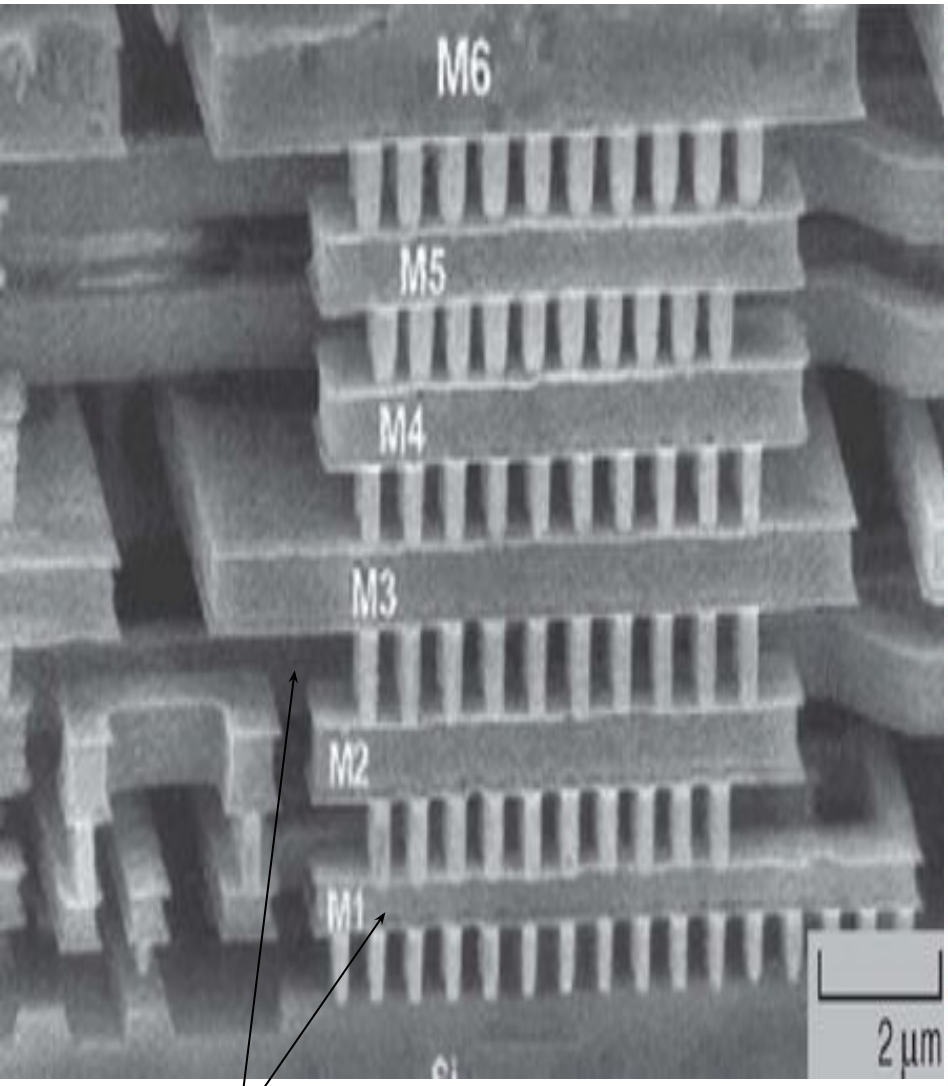


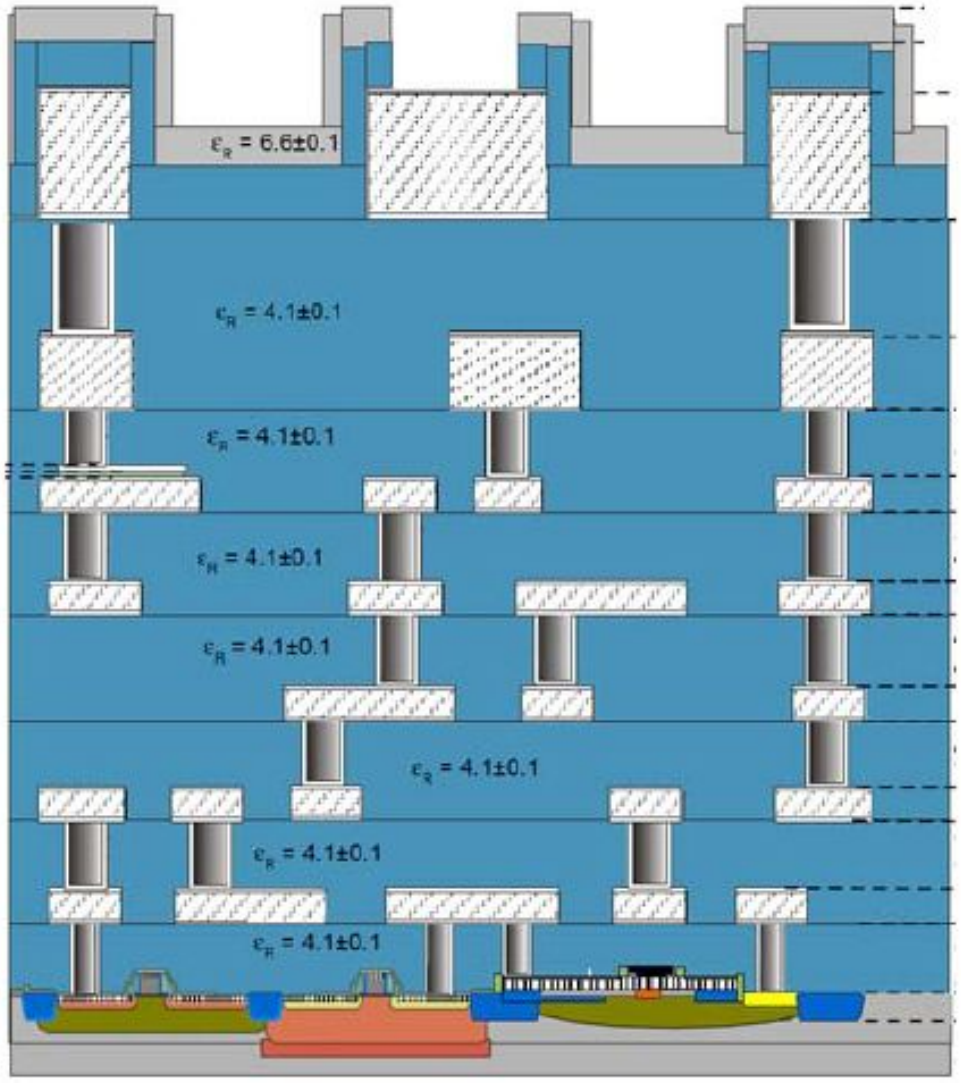
?

Проблема №1: Пыль

Частицы размером менее 50 микрон не падают вниз!

Поперечное сечение чипа

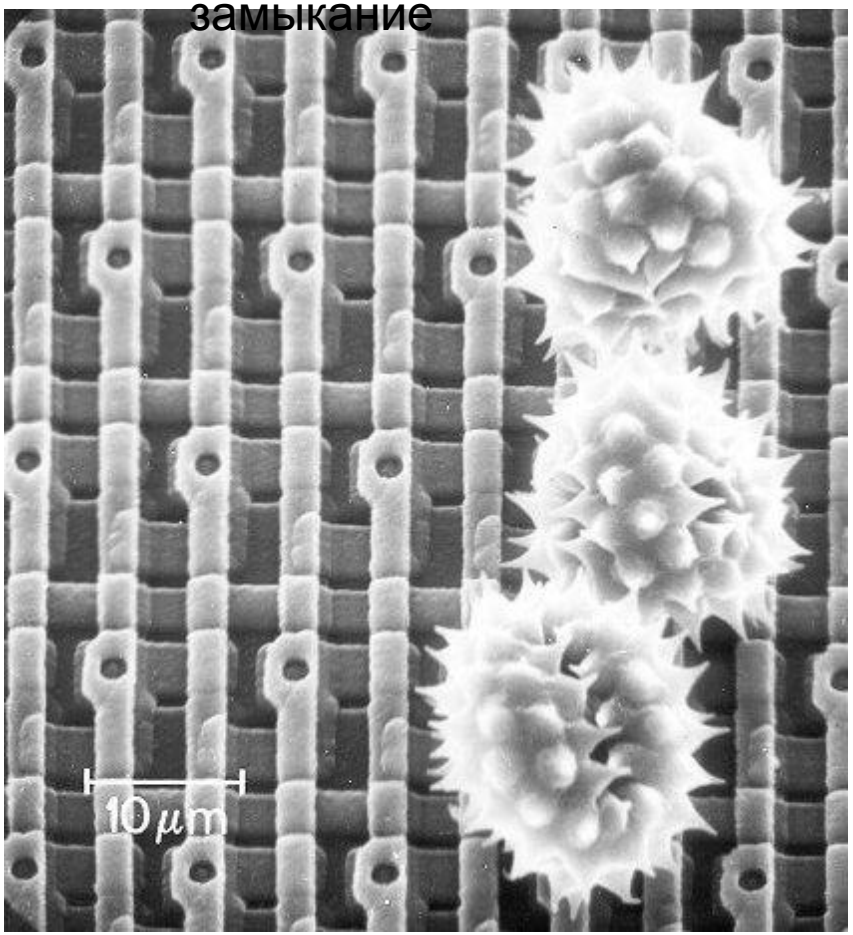




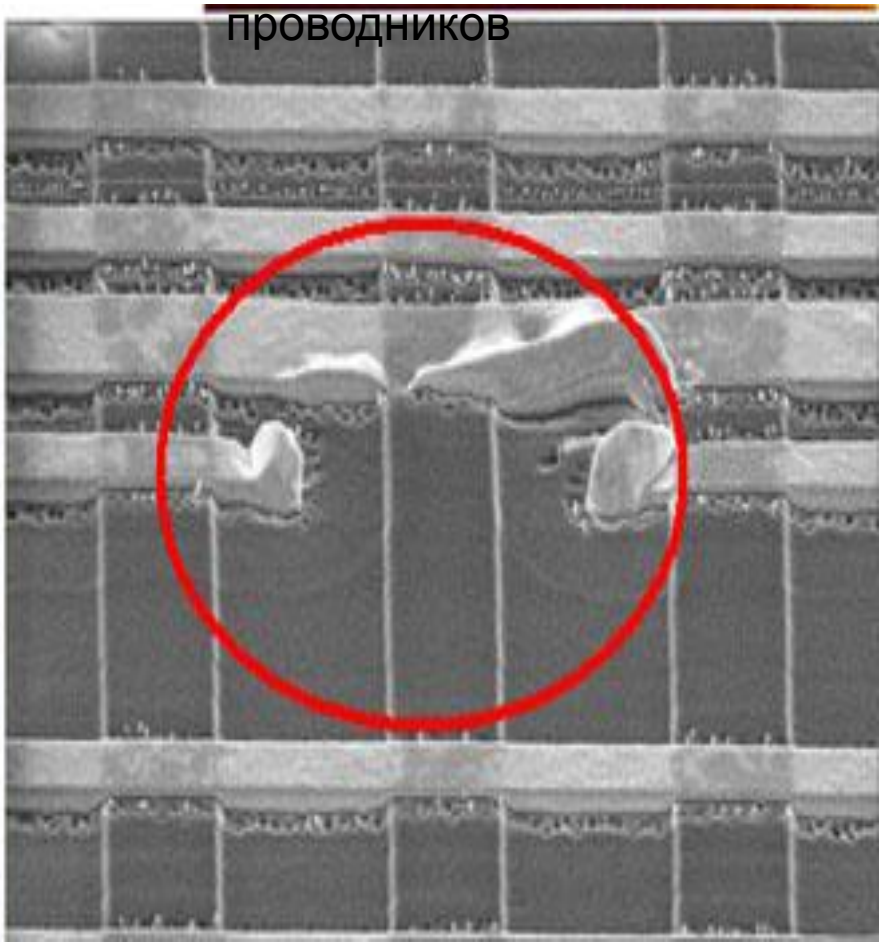
Тонкие пленки

Пылинки-убийцы

Короткое замыкание



Разрыв проводников



Класс чистоты помещения

The US FED STD standards is United States standards.

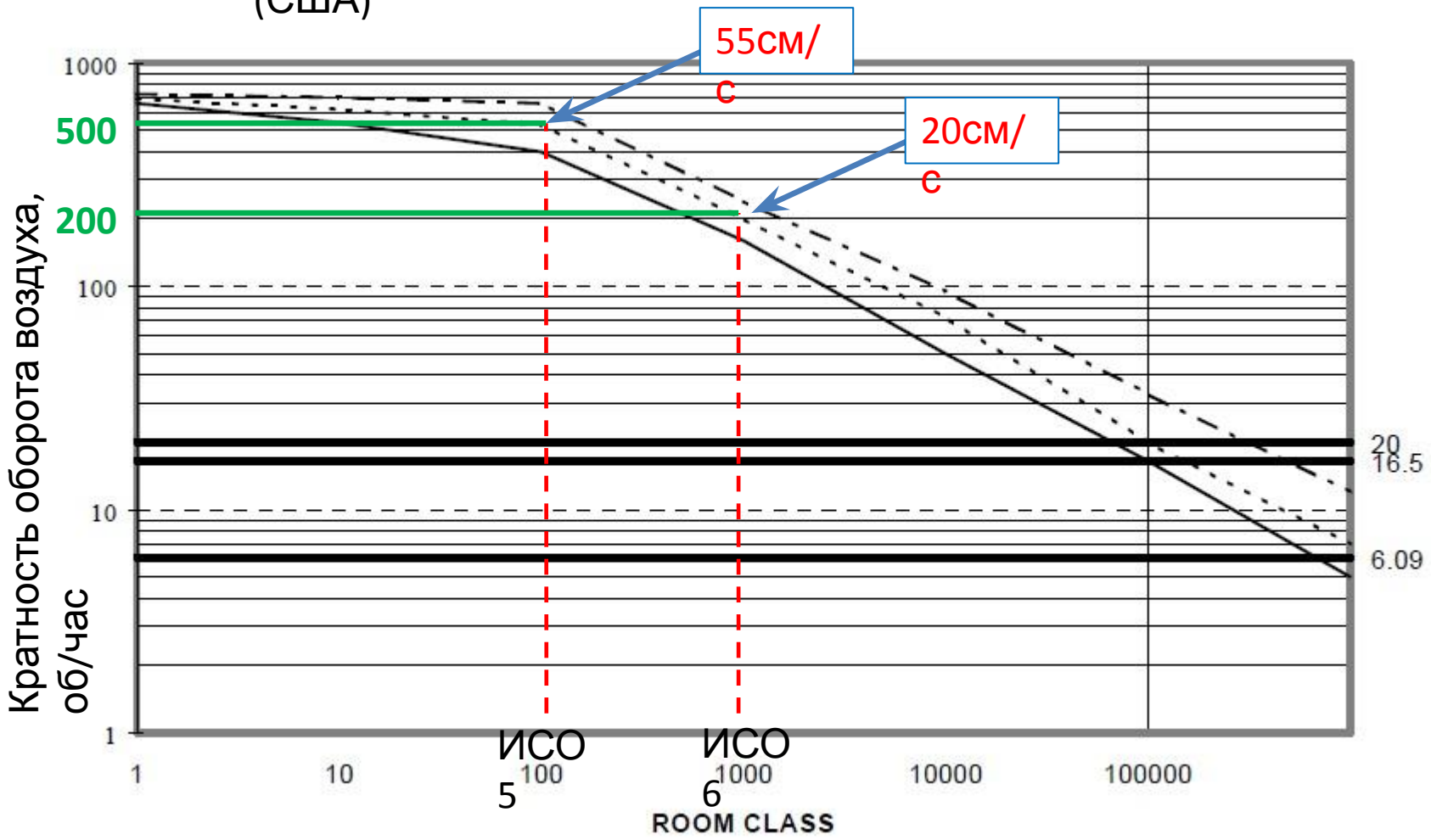
Class	maximum particles/ft^3					ISO equivalent
	≥0.1 µm	≥0.2 µm	≥0.3 µm	≥0.5 µm	≥5 µm	
1	35	7.5	3	1	0.007	ISO 3
10	350	75	30	10	0.07	ISO 4
100	3,500	750	300	100	0.7	ISO 5
1,000	35,000	7,500	3000	1,000	7	ISO 6
10,000	350,000	75,000	30,000	10,000	70	ISO 7
100,000	3.5×10^6	750,000	300,000	100,000	700	ISO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

Классификация чистых помещений по ГОСТ ИСО 14644-1

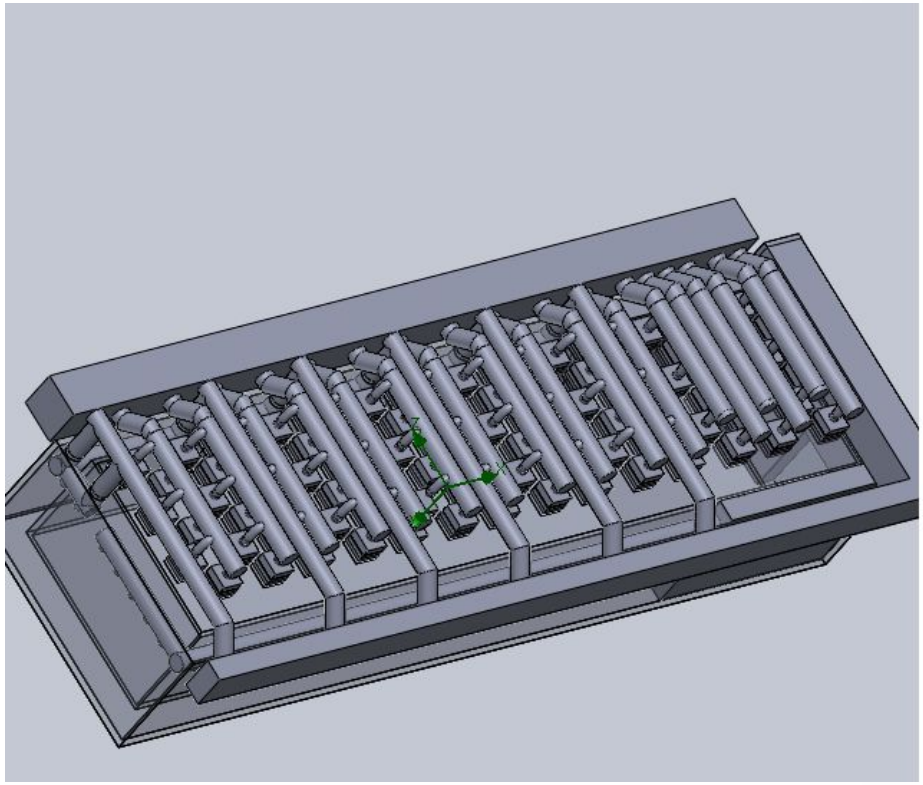
Класс чистоты	Предельно допустимое число частиц в 1 *м*^{3} воздуха с размерами, равными или превышающими, *мкм*					
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0
1 ИСО	10	2				
2 ИСО	100	24	10	4		
3 ИСО	1000	237	102	35	8	
4 ИСО	10000	2370	1020	352	83	
5 ИСО	100000	23700	10200	3520	832	29
6 ИСО	1000000	237000	102000	35200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

2. Строительство нанолаборатории

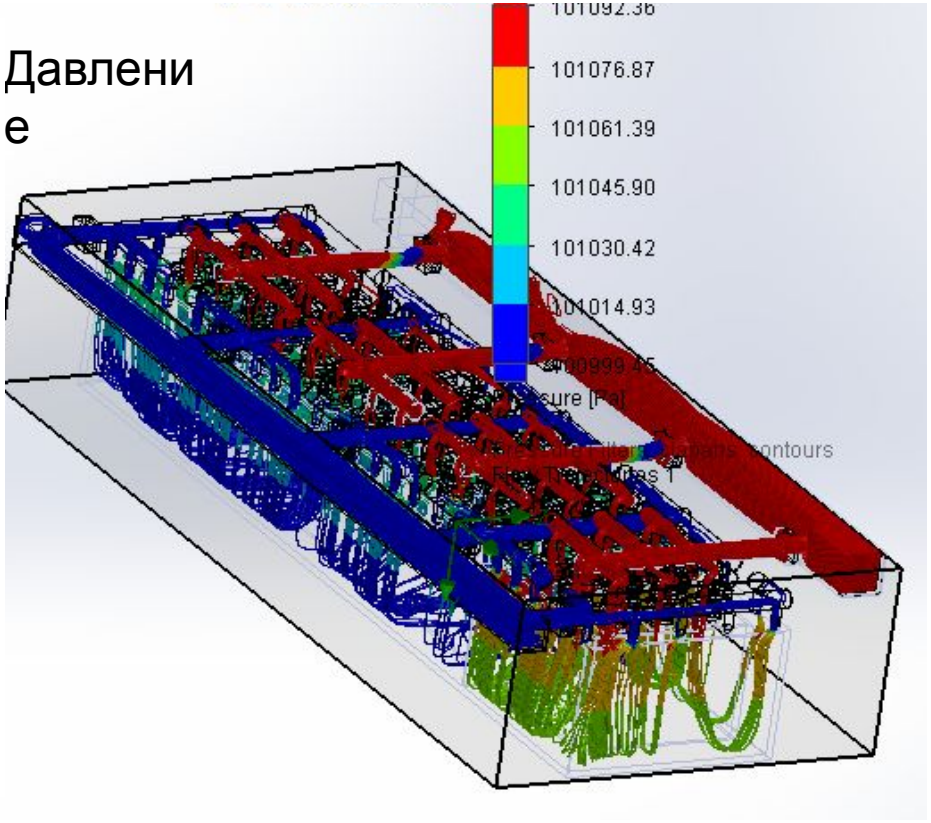
Федеральный стандарт чистых помещений 209D (США)



Расчеты воздушных потоков системы



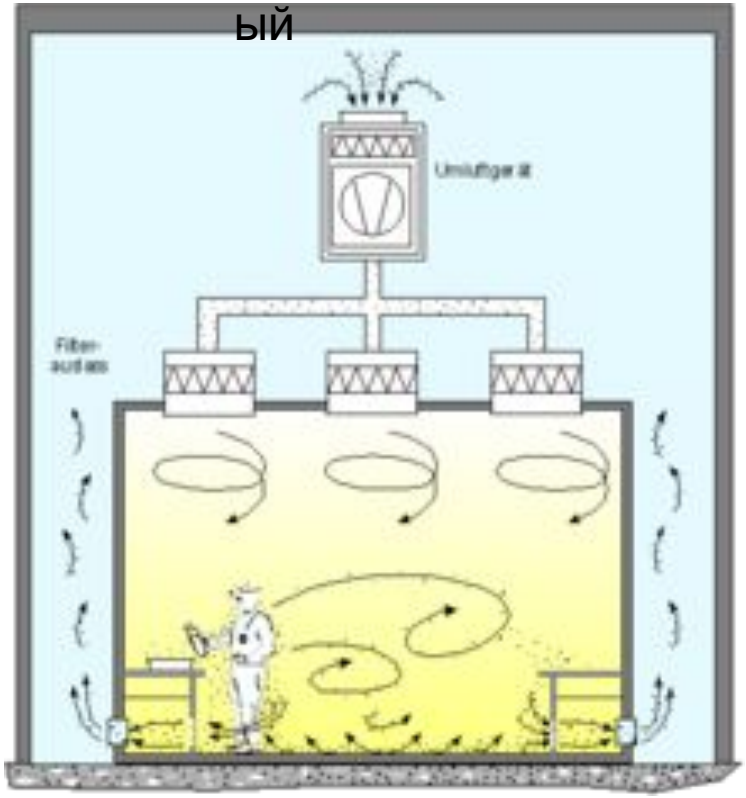
Давление



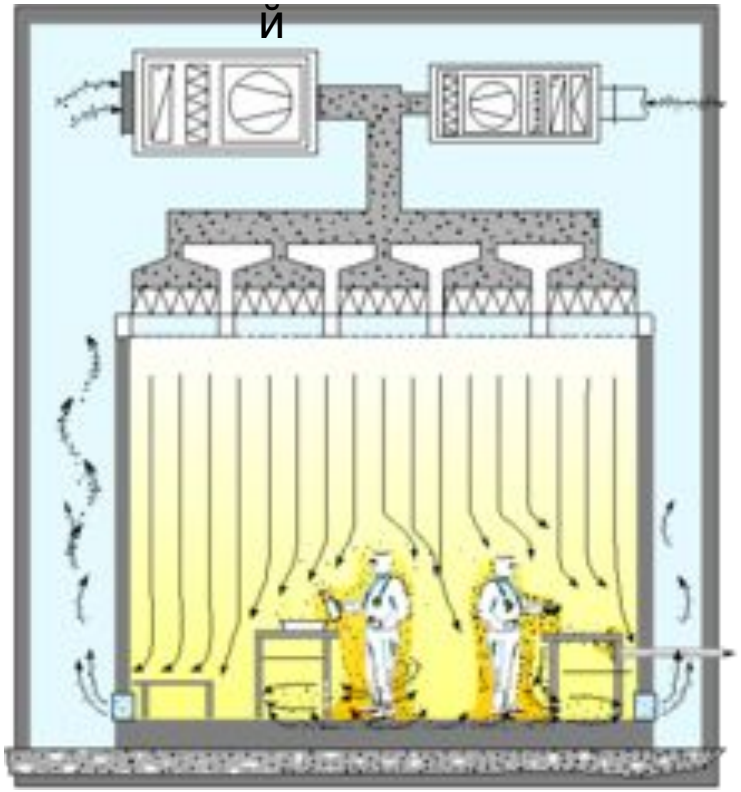
Ограничение: скорость воздуха в трубах < 6м/с

Отличие турбулентного от ламинарного потока

Турбулентный



Ламинарный



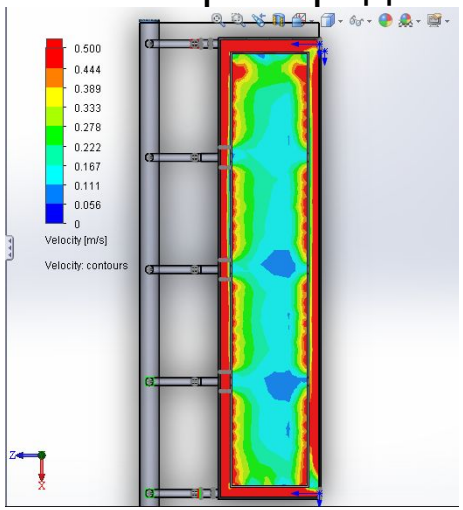
Расчеты и сравнение различных геометрий раскладок потолочных фильтров наноцеха

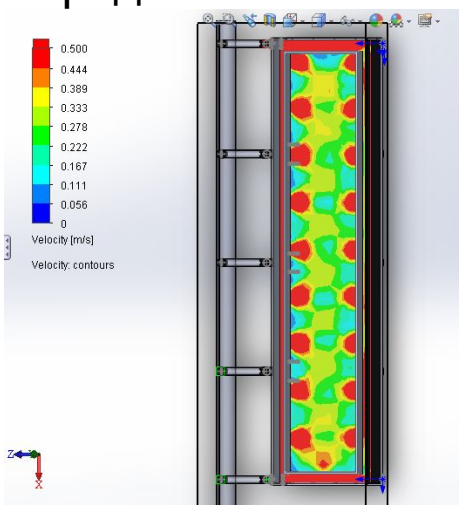
Геометрия “ряды”

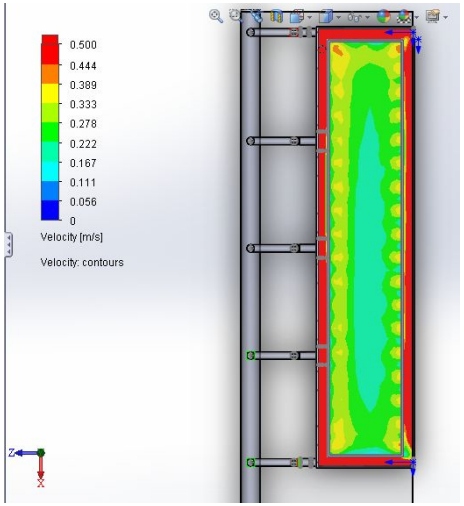
“редкие шахматы”

“плотные

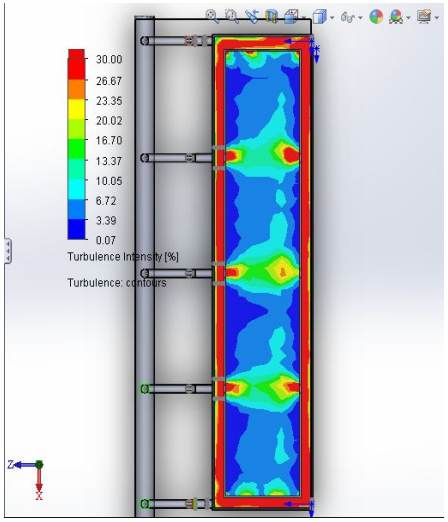
По скорости*:

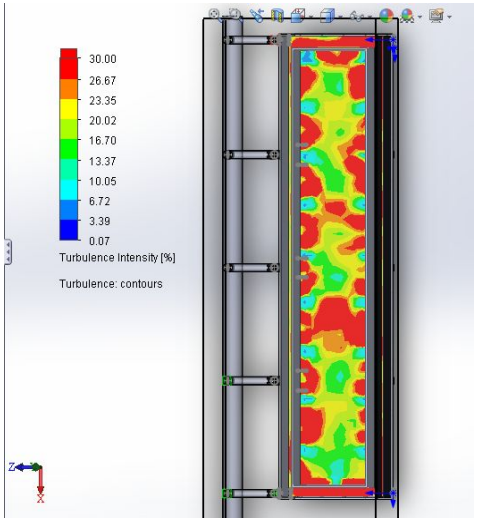


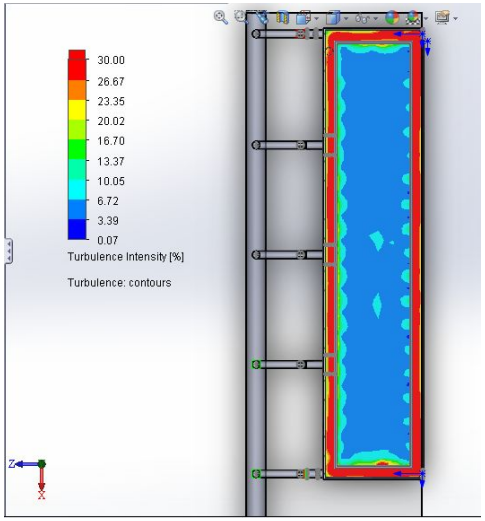




По турбулентности:







*на высоте 1.5м от

Этапы стройки. Этап 1: зачистка.

Этап 3: сварка-монтаж каркаса.

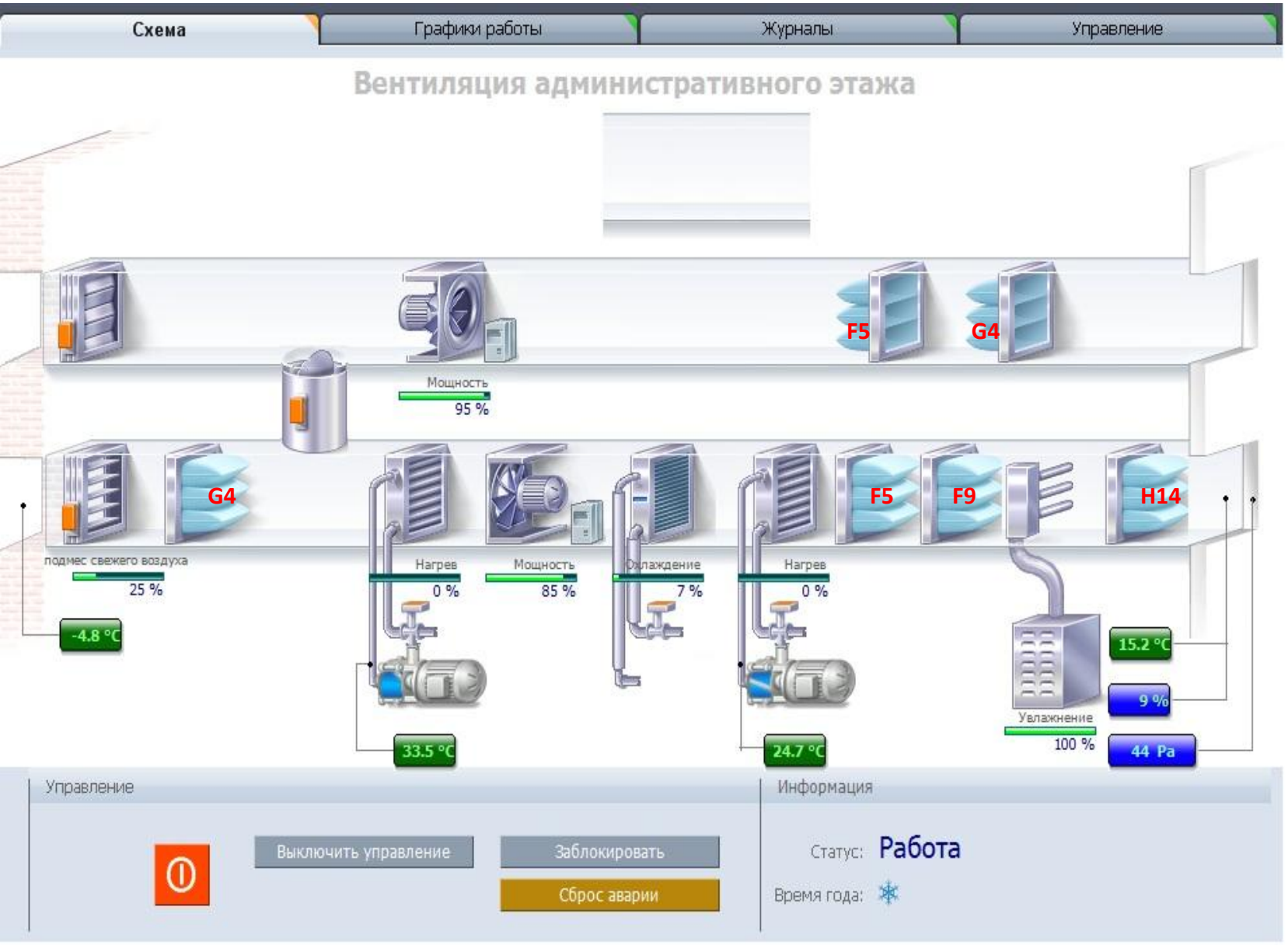
Этап 4: фильтровальные модули.

Этап 5: монтаж воздуховодов и светодиодных светильников

Заливка антистатического пола

Этап 6: Монтаж стен и кондиционера.

Цифровой кондиционер



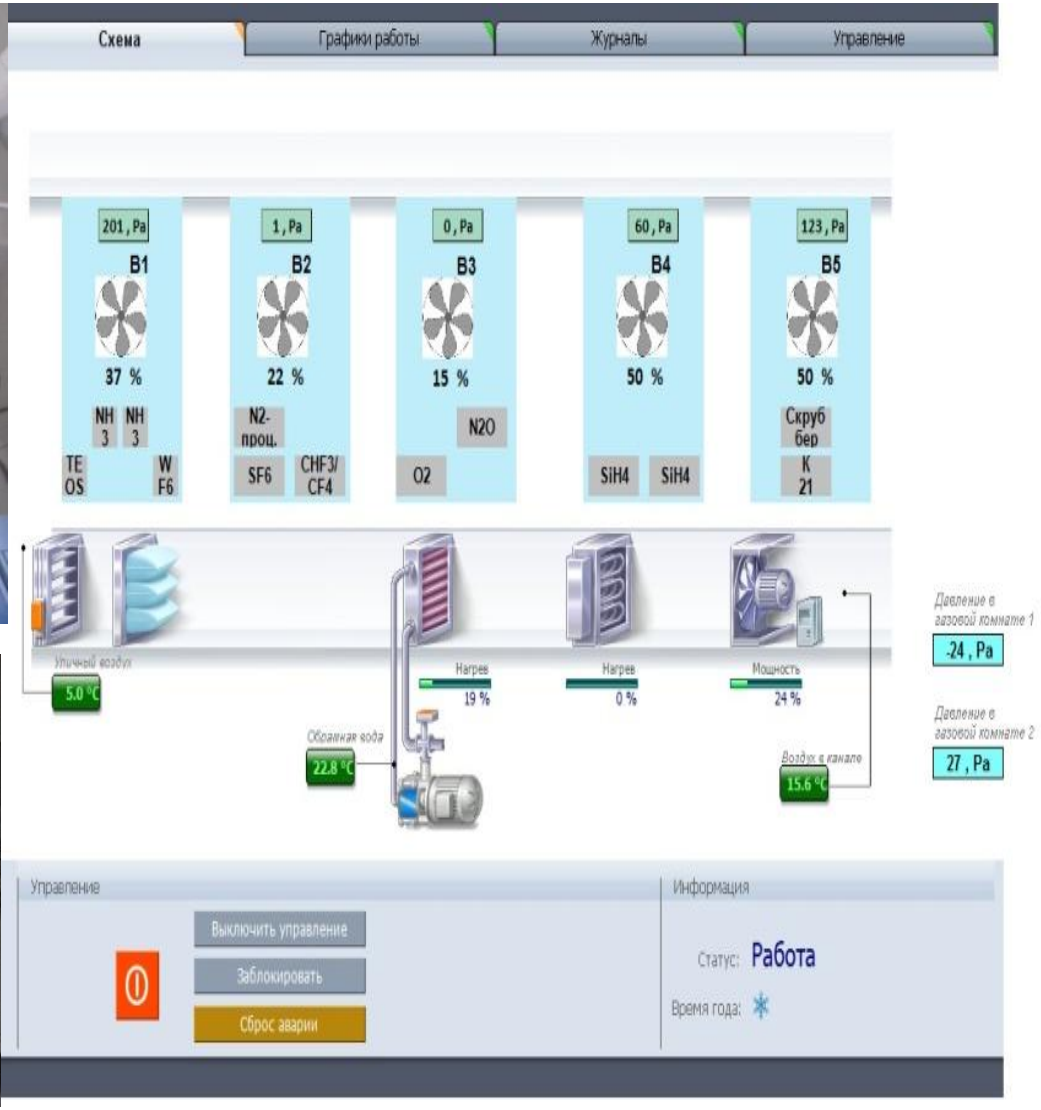
Этап 7: Газовая обвязка, вода, азот.

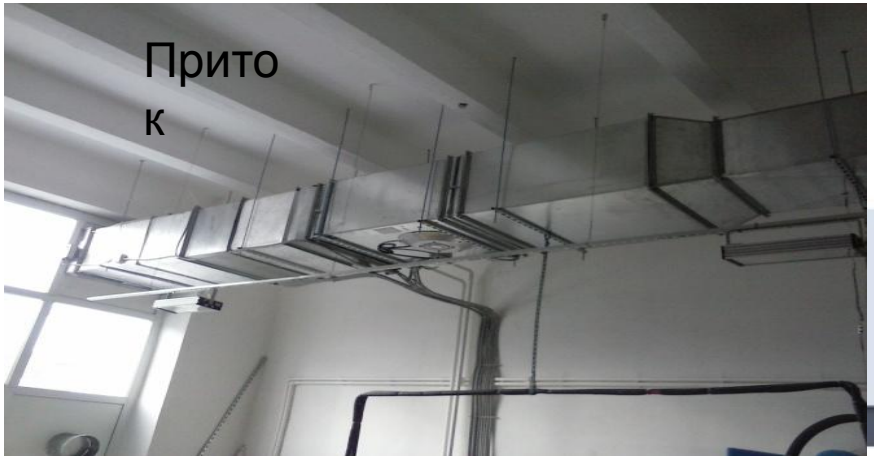
19шт

4атм., 120л/мин

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

Цифровое управление кондиционированием и продувкой воздуха газовых комнат

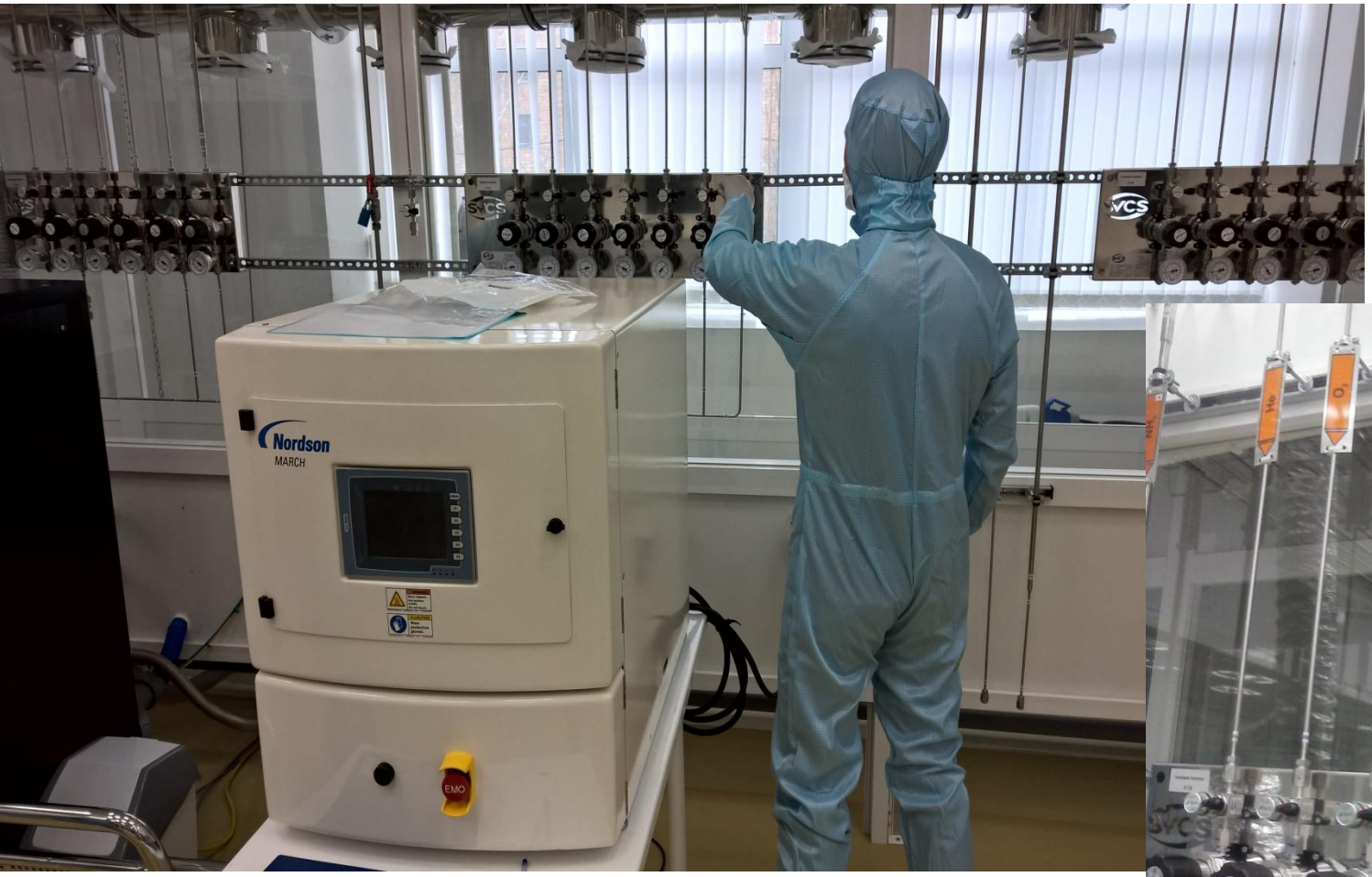




Чистые комнаты класса ИСО-6/5

Установка оборудования

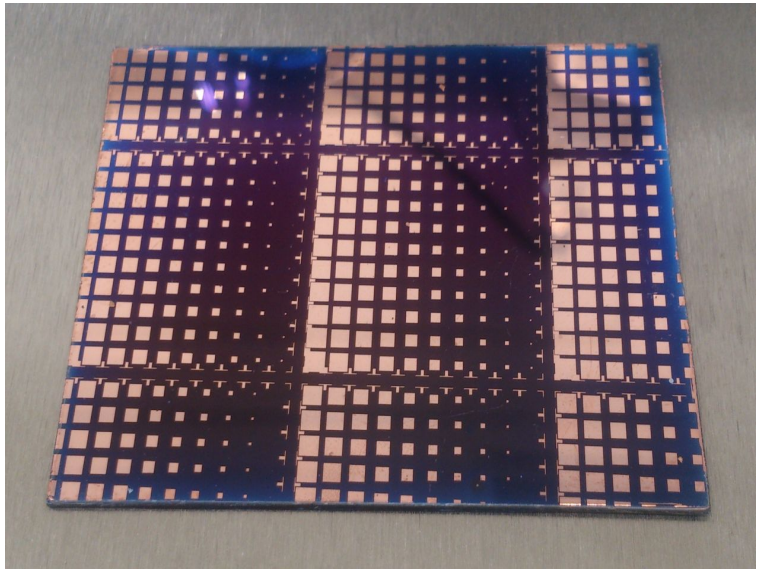
Подключение системы подачи газов для роста, травления и отжига тонких пленок

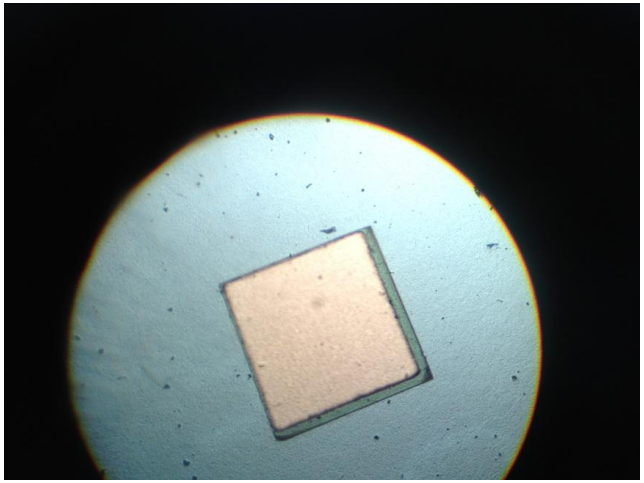


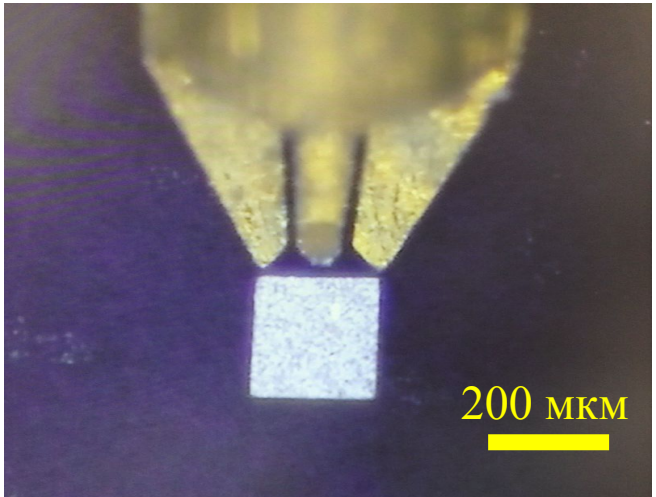
Нанолаборатория готова к работе

3. Опытные изделия нанолаборатории

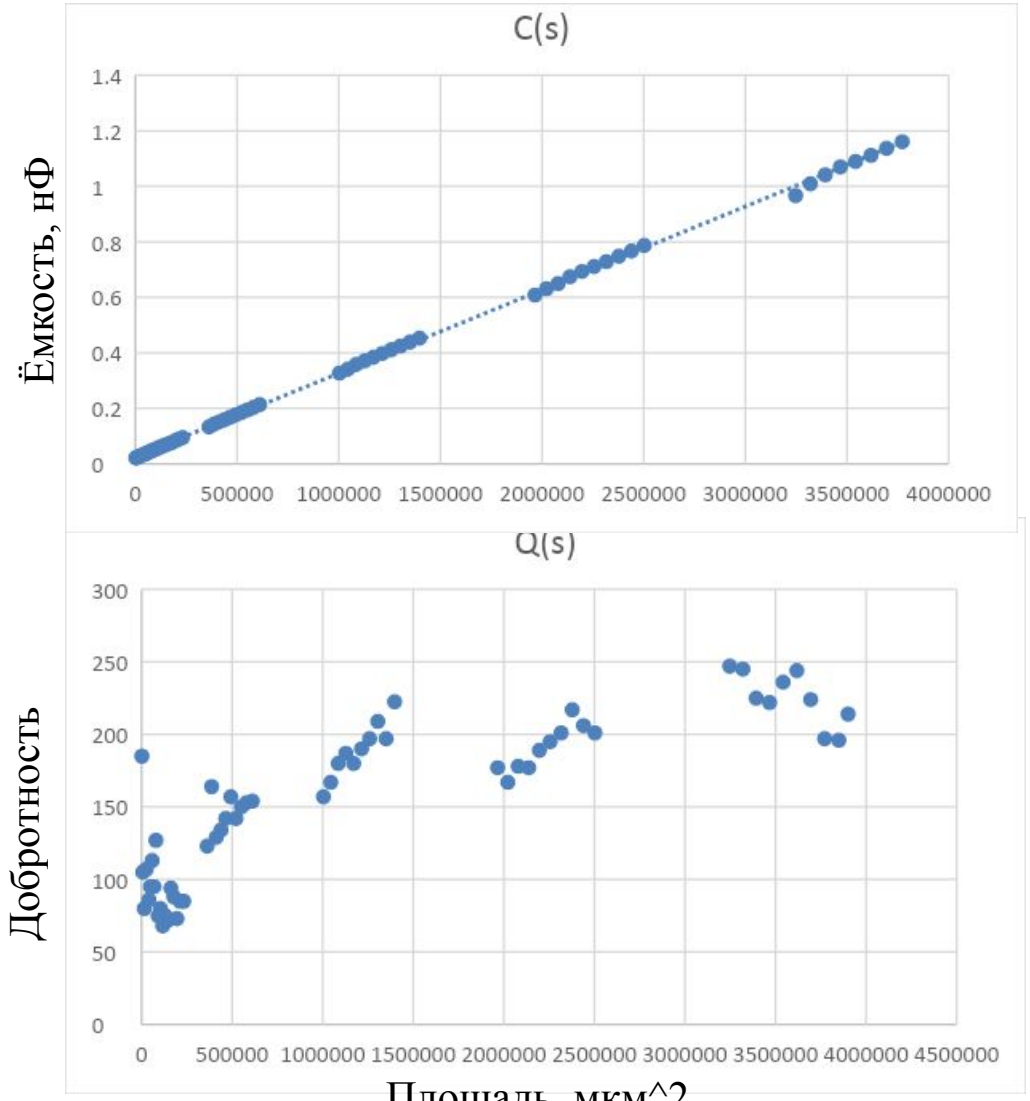
Изготовлены опытные образцы конденсаторов с тонкоплёночными диэлектриками: 44нм Al_2O_3 и HfO_2 на кремнии



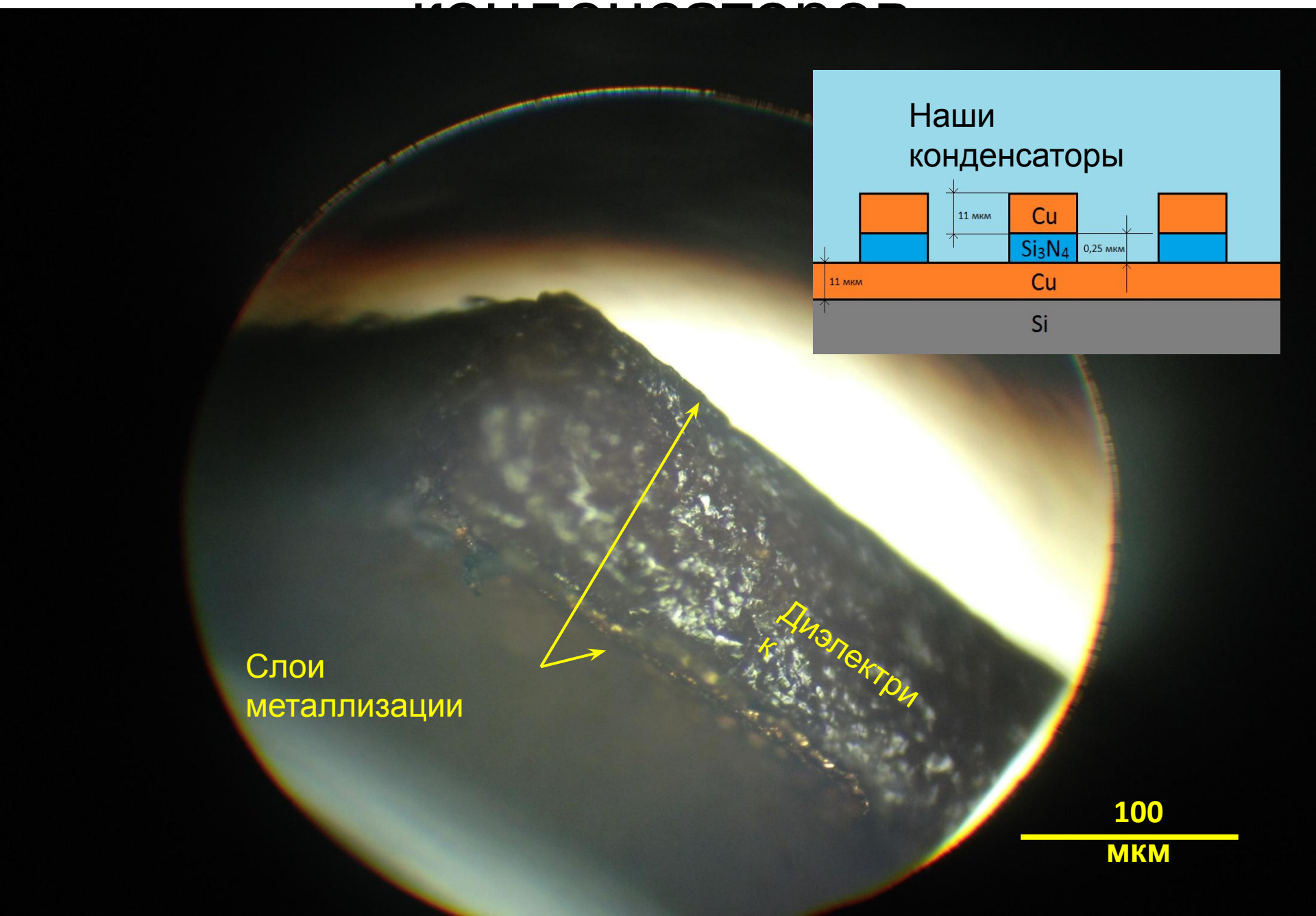




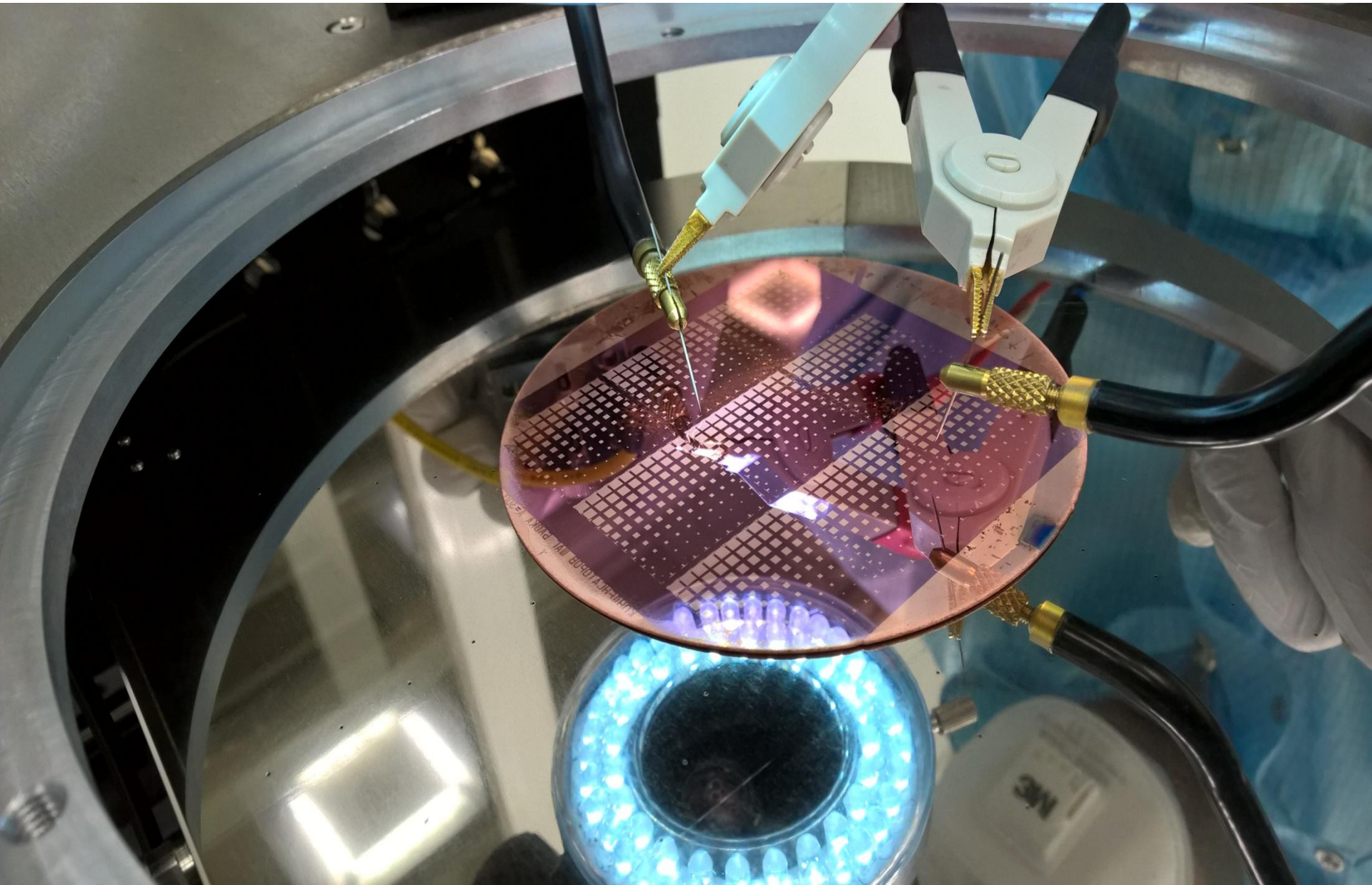
Типовые значения конденсаторов



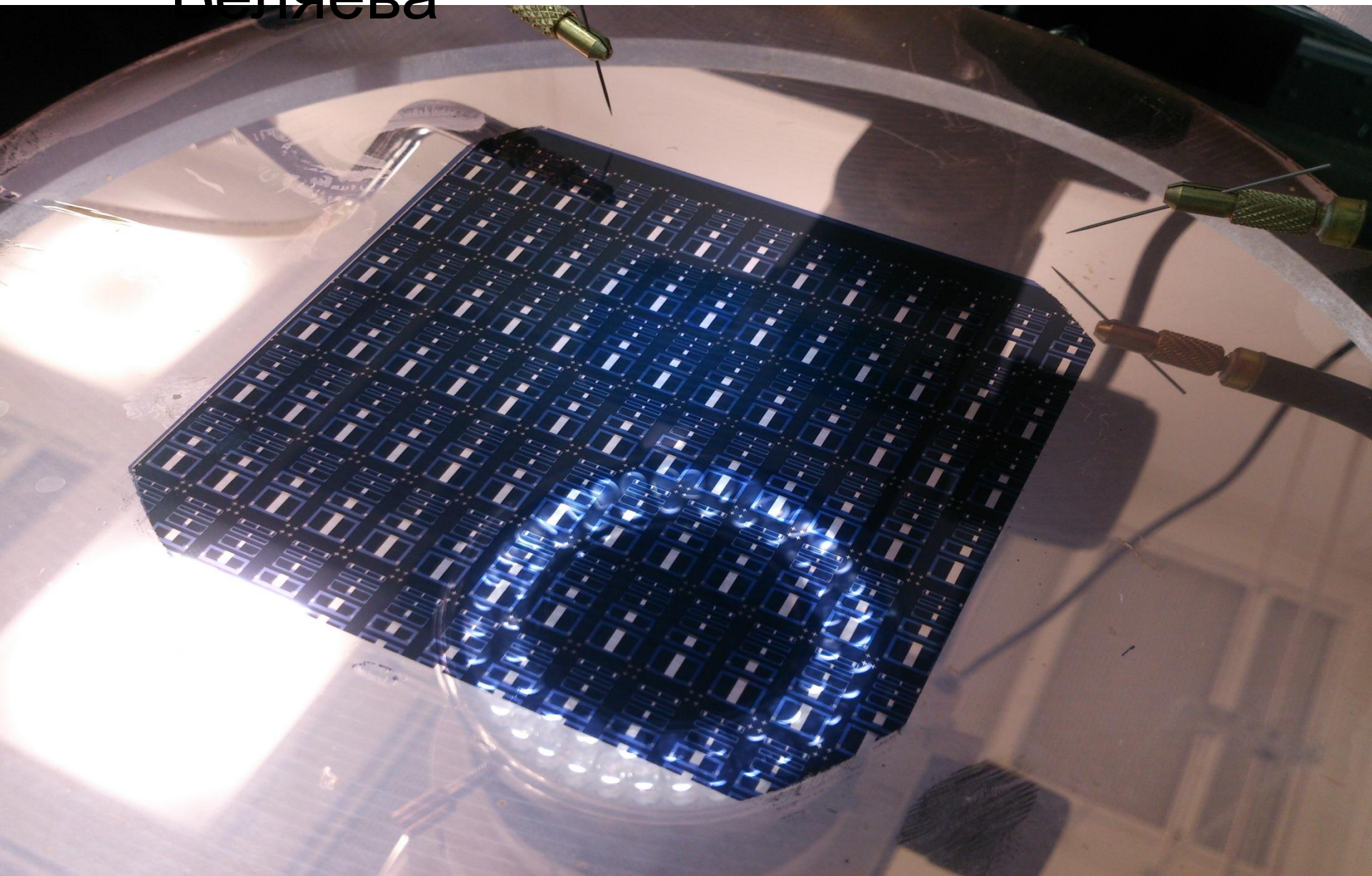
Отличие от импортных конденсаторов



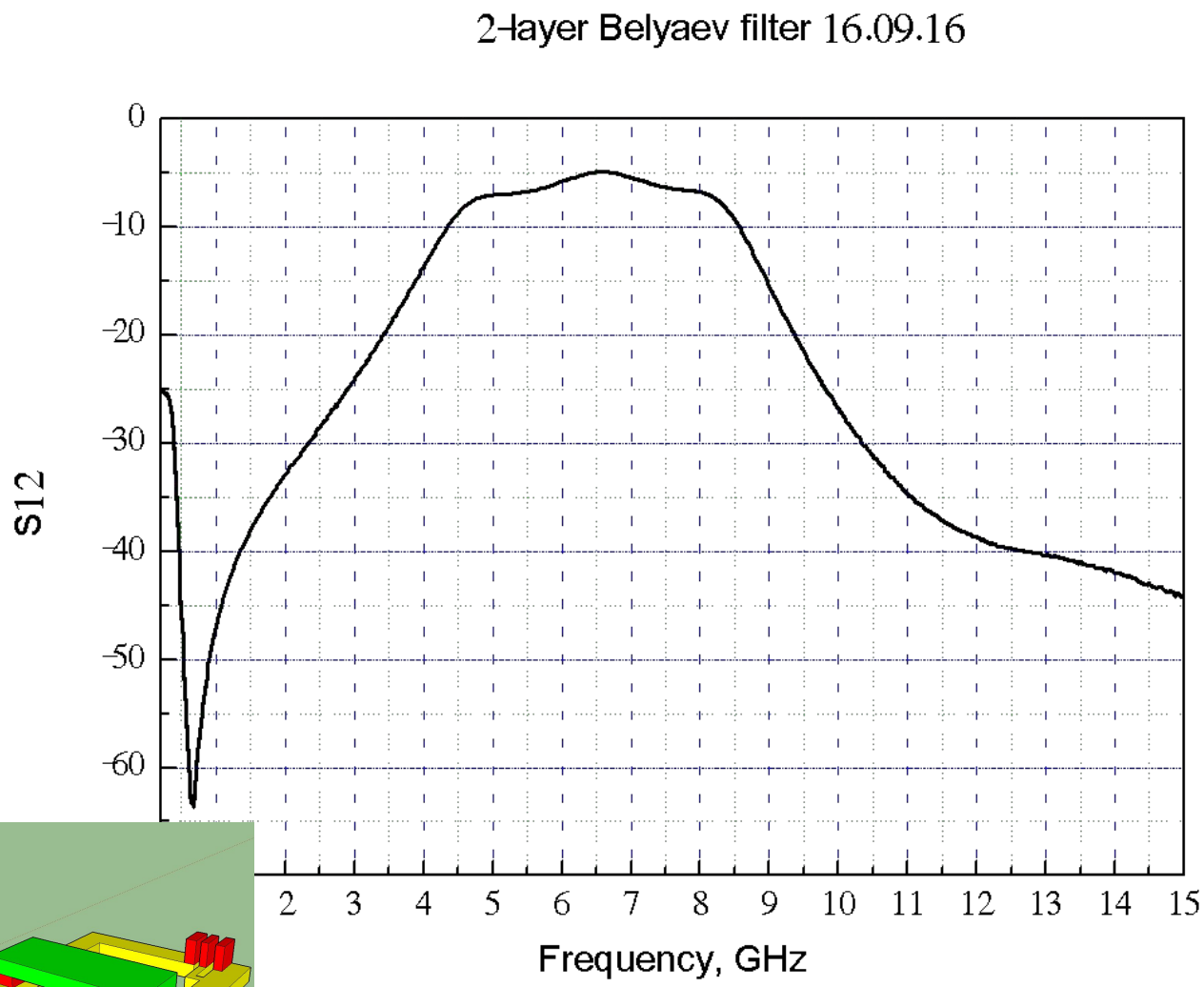
Новый тип конденсаторов - на медной подложке

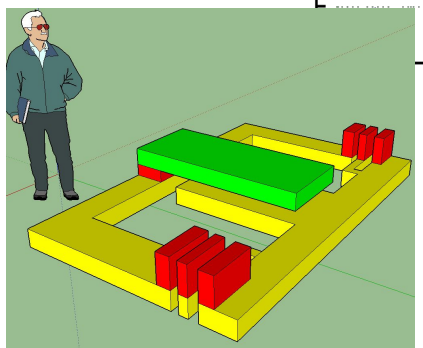


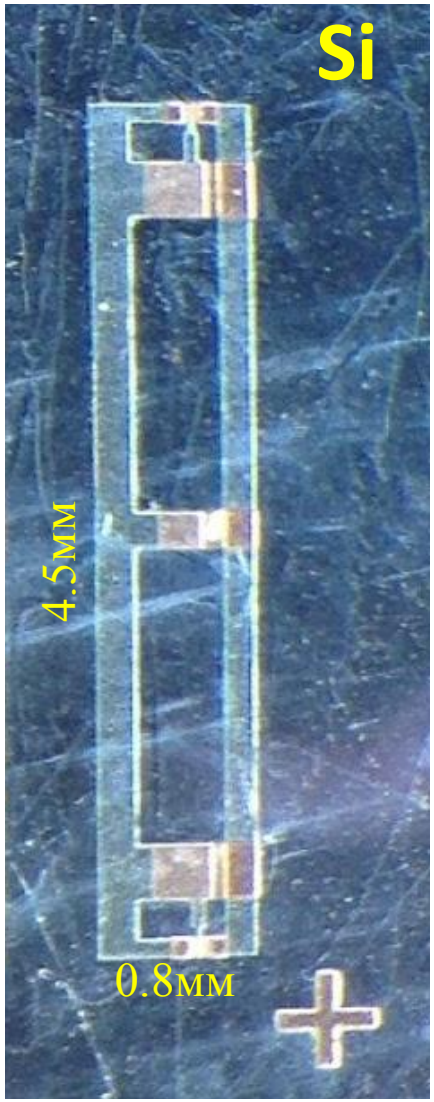
2-слойные СВЧ фильтры Б.А. Беляева



Характеристики кремниевого фильтра







Спасибо за внимание!