

Инвестиции в российский хай-тек:  
от идеи до работающей фабрики за два года

Денис Шамирян



Что такое Mapper Lithography?



Почему фабрика в России?



Как это было сделано?



Что из этого получилось?

# Mapper Lithography



- Mapper Lithography – голландская компания, основанная в 2000 г.
- Mapper Lithography разрабатывает машину многолучевой электронной литографии, позволяющей переносить рисунок на полупроводниковую пластину напрямую, минуя маску
- В Mapper Lithography работают 200 человек, компания находится в Делфте, Нидерланды

# Преимущества многолучевой электронной литографии



## Отсутствие масок

- Изготовление масок не оправдано экономически для малых серий чипов
- Существенные сроки изготовления масок замедляют выход новых продуктов на рынок

## Высокое разрешение

- Возможность печатать структуры малых размеров за один проход (без многочисленных цикло литография-травление)

# Что можно сделать многолучевой электронной литографией и нельзя обычной?



Быстрая  
разработка  
продуктов



Производство  
малых серий  
чипов



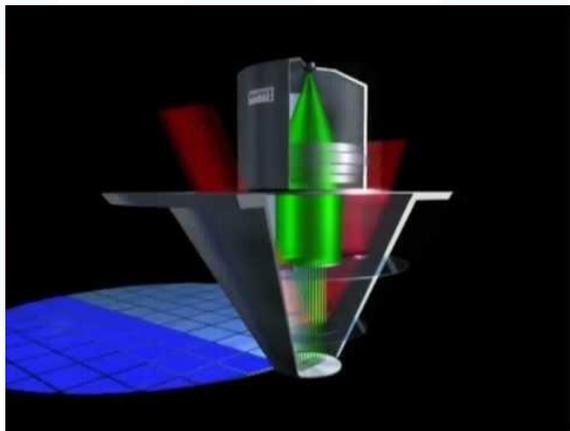
Производство  
уникальных  
чипов



Производство  
сверхбольших  
оптических  
матриц



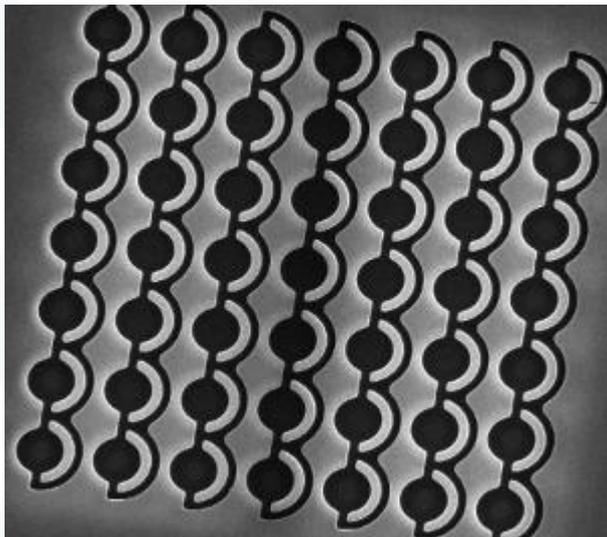
# Mapper Lithography производит многолучевые машины электронной литографии



Ключевой элемент  
машины – электронно-  
оптическая колонна



# Машина использует элементы электронной оптики произведенные по МЭМС технологиям



- Первоначально изготавливались в Техническом университете Делфта: подходят для прототипа, но не для серийного производства
- Найти производителя МЭМС не удалось:
  - Слишком большие отличия от стандартных МЭМС
  - Слишком маленькие объемы производства
- Решение: строительство собственной МЭМС фабрики
  - Необходим инвестор

# Роснано инвестировало в Mapper Lithography



**РОСНАНО**

- В 2012 Роснано инвестировало 40 млн € в Mapper Lithography
- 20 млн € должно быть потрачено на строительство МЭМС фабрики
- Условие Роснано – фабрика должна быть построена в России

# МЭМС фабрика в России: где строить?

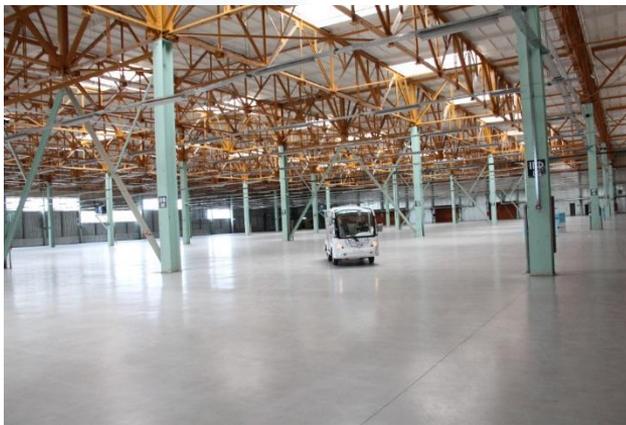


- Строительство «с нуля»
  - Высочайшая степень кастомизации
  - Высокая стоимость
  - Вне крупных городов – логистические проблемы
- Аренда чистых помещений
  - Недорого
  - Слабый контроль над условиями производства
  - Низкая степень кастомизации
- Перепрофилирование производства
  - Приемлемый уровень кастомизации
  - Приемлемая стоимость

# Технополис «Москва» был выбран в качестве площадки для фабрики



ТЕХНОПОЛИС  
**МОСКВА**



- Удобное расположение
  - Общественный транспорт
  - Дорожная сеть
- Приемлемая арендная плата
  - Номинирована в рублях
- Инфраструктура
  - Инженерные коммуникации
  - Собственный таможенный пост
- Свобода
  - Арендуются участок цеха, строительство ведется по индивидуальному проекту

# Хронология проекта



Апрель 2012



Решение об  
инвестиции

Июль 2012



Регистрация  
ООО  
«Маппер»

Сентябрь 2013



Начало  
строительства

Июль 2014



Открытие  
фабрики

Декабрь 2014



Отгрузка  
первой партии  
товара

# Строительство фабрики завершено в течение 9 месяцев



# Во время строительства инженерная команда работала в Делфте



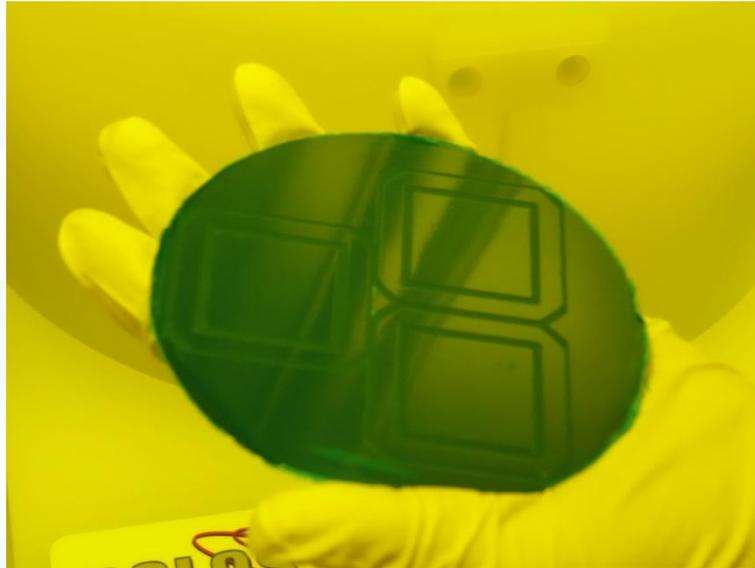
- Изучение исходной технологии
- Выбор оборудования для производственной линии в Москве
- Знакомство с бизнес-логикой и методами работы материнской компании
- Команда переехала в Москву в мае 2014



# Принципы формирования команды

- Инженеры с опытом работы на полупроводниковых производствах:
  - Германии
  - США
  - Бельгии
- Выпускники российских технических вузов
  - МГУ
  - МГТУ им Баумана
  - МИФИ
  - МИСиС
  - и т.д.
- Текущее количество сотрудников:
  - Общее: 30
  - Инженеров: 20

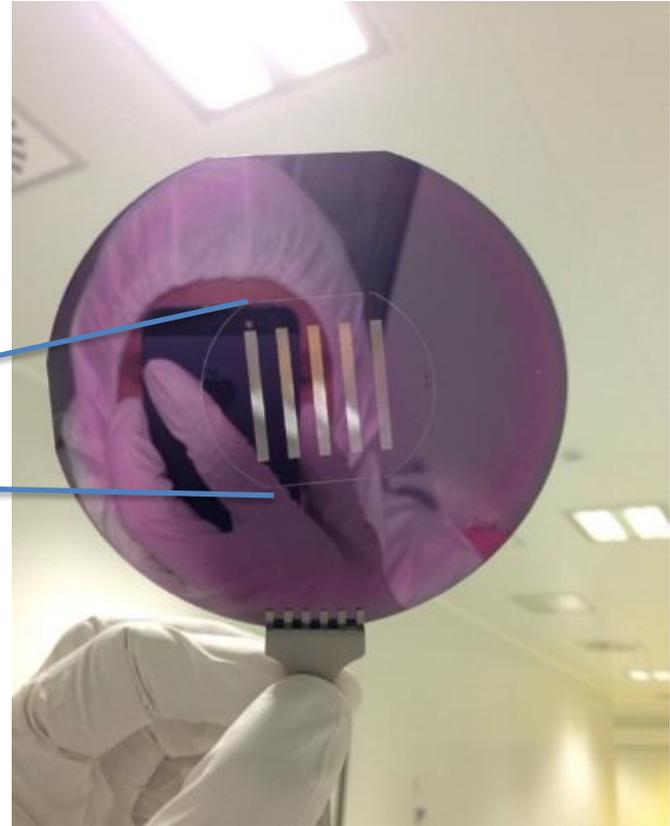
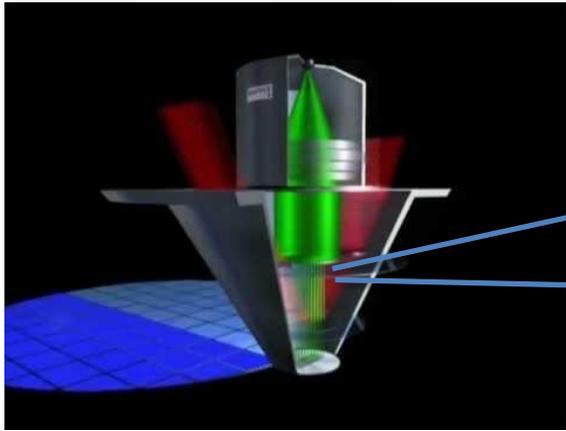
# Первый стеклянный элемент, произведенный ООО «Маппер»: июнь 2014



# Торжественное открытие фабрики 3 июля 2014 при участии С. Собянина и А. Чубайса



# Первый кремниевый элемент, произведенный ООО «Маппер»: август 2014



# Отгрузка первой серии элементов заказчику: ноябрь 2014



# Сегодня: современная МЭМС фабрика с оборотом 3 млн € /год

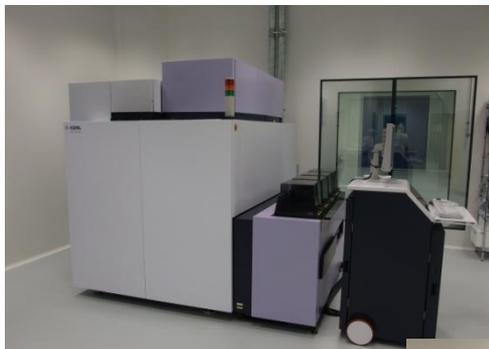


# Проект полностью уложился в бюджет



Бюджет	План (М€)	Факт (М€)
Строительство	5	7
Оборудование	12	10
Операционные расходы	3	3
<b>Всего</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

# Возможности литографии ООО «Маппер»



- Оптическая литография:
  - Разрешение: 250 нм
  - Ошибка размещения: 30 нм
  - Совмещение лицевой и обратной стороны
- Контактная литография
  - Разрешение: 1.5 мкм
  - Совмещение лицевой и обратной стороны
- Установка нанесения и проявления резиста
  - 2 линии для резиста
- Все установки оборудованы роботизированной подачей 100 мм пластин

# Film deposition capabilities of Mapper Fab1



- Thermal oxidation
  - Up to 1150°C
  - Dry and wet
  - 50 wafers boat automatic loading
- Dielectric PECVD
  - Low substrate temperature (from 90°C)
  - $\text{SiO}_2$ ,  $\alpha\text{-Si}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$
  - Automatic wafer loading
- Metal PVD
  - Mo, Cr
  - Other targets possible

# Возможности осаждения пленок

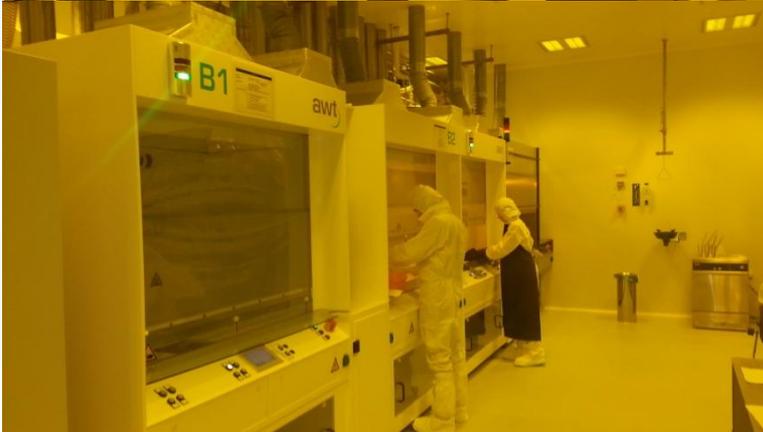
## ООО «Маппер»



- Термическое окисление
  - До 1150°C
  - Сухое или влажное
  - Автоматическая загрузка до 50 пластин
- Плазменное осаждение диэлектриков
  - Возможность осаждения при невысоких температурах (от 90°C)
  - $\text{SiO}_2$ ,  $\alpha\text{-Si}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$
  - Автоматическая загрузка пластин
- Магнетронное распыление металлов
  - Mo, Cr
  - Возможны другие металлы или диэлектрики

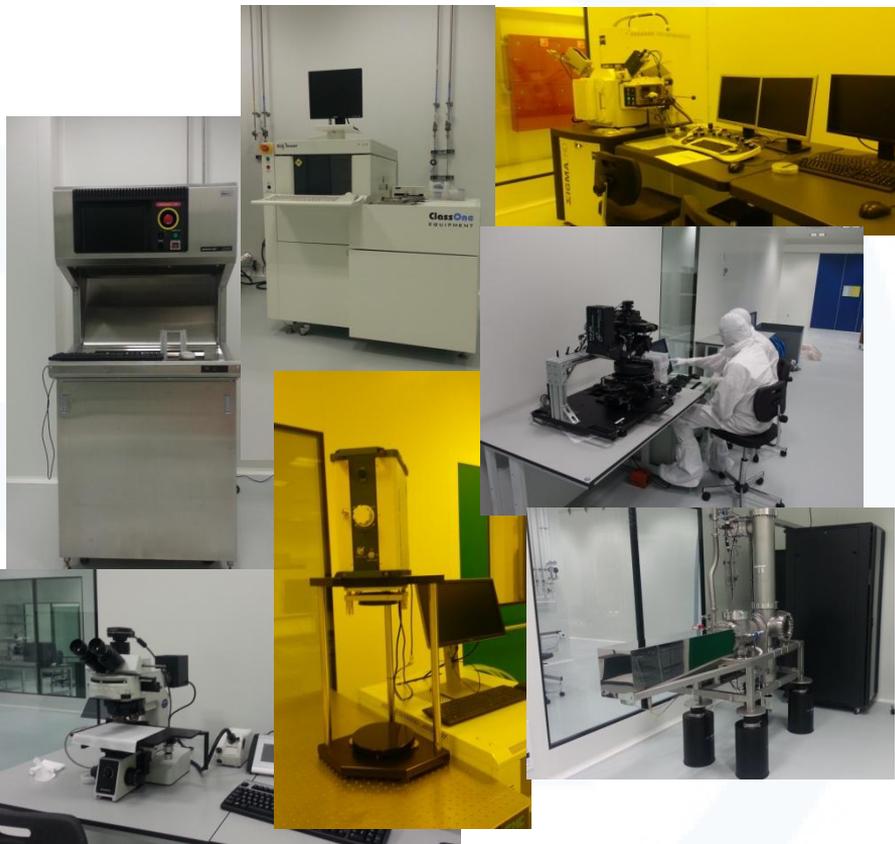
# Возможности жидкостного травления

## ООО «Маппер»



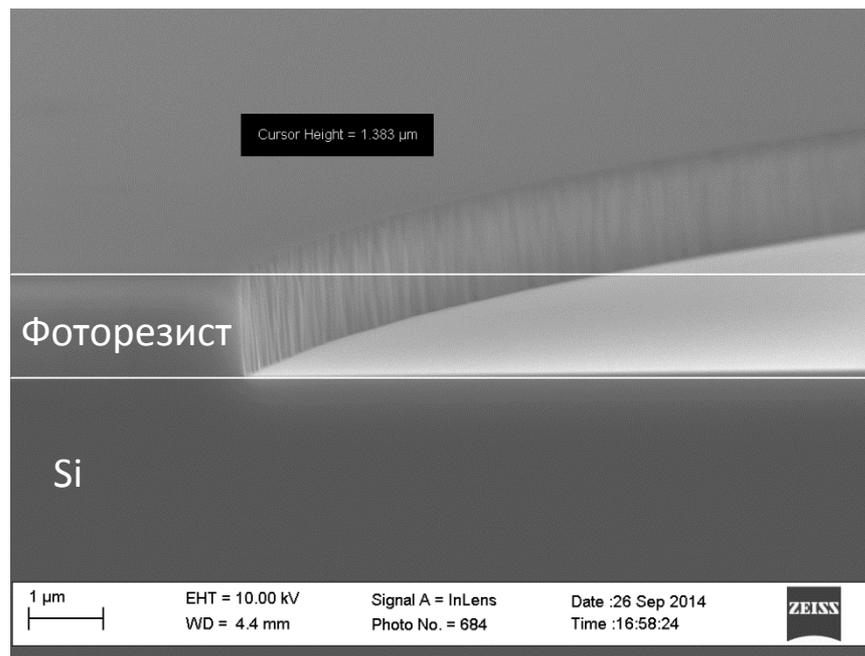
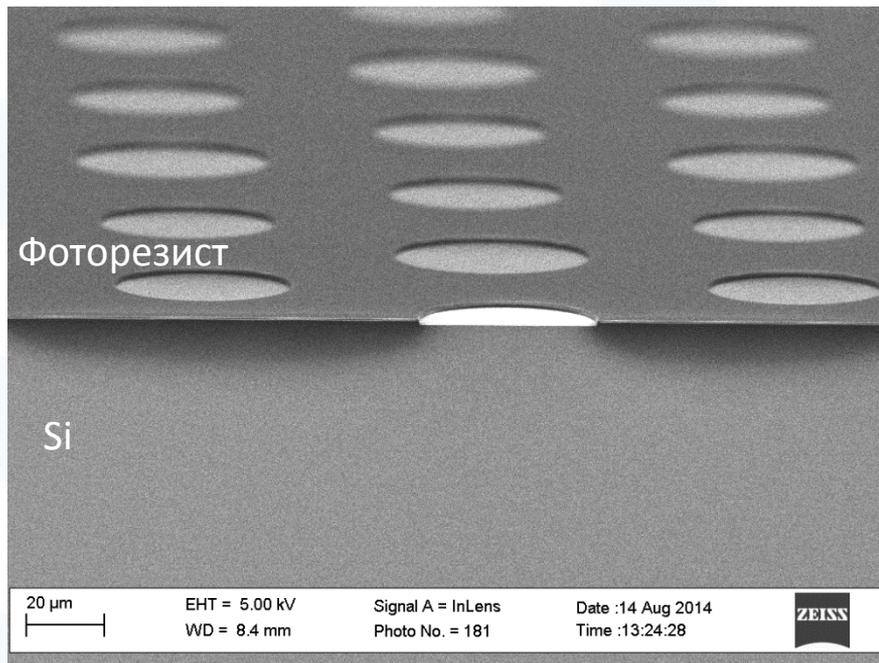
- Автоматическое оборудование
  - HF
  - Rezi38 (очистка после сухого травления)
  - SC-1 ( $\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ ,  $65^\circ\text{C}$ )
  - Сушка Марангони
- Полуавтоматическое оборудование
  - Ацетон (нагрев + ультразвук)
  - Изопропанол (нагрев + ультразвук)
  - $\text{HNO}_3$  (нагрев + ультразвук)
  - VHF
  - Cr etcher
  - Гидроксид тетраметиламмония (ТМАН)
  - HF
- Ручное оборудование
  - Любая химия

# Возможности метрологии ООО «Маппер»

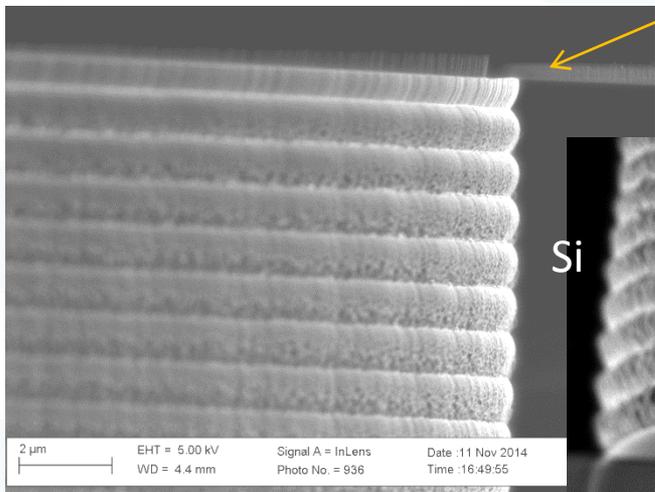


- Эллипсометрия
- Оптические микроскопы
- Сканирующий электронный микроскоп
  - + энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия
- Измерение гладкости пластин
  - Интерферометр Физо
- Измерение толщины пластин
  - ИК интерферометрия
- Счетчик частиц на пластине
  - Автоматическая загрузка
- Профилометр и измеритель механических напряжений
  - Автоматическая загрузка
- Зондовая станция

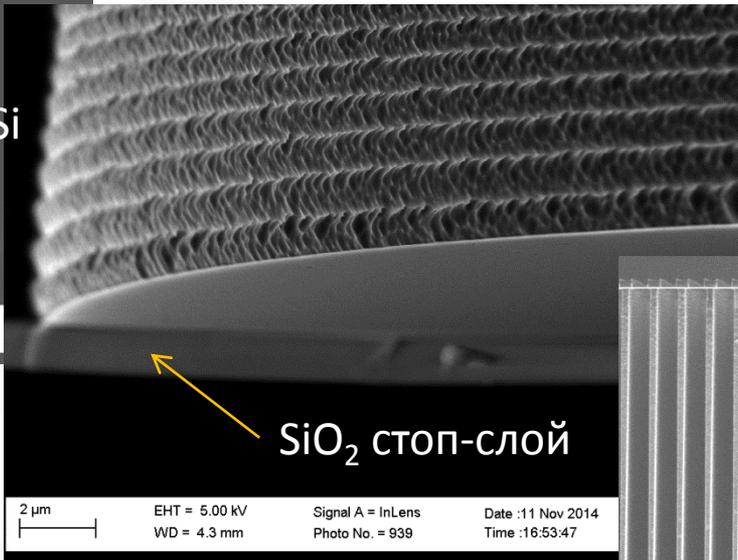
# Пример МЭМС литографии



# Пример Бош-травления

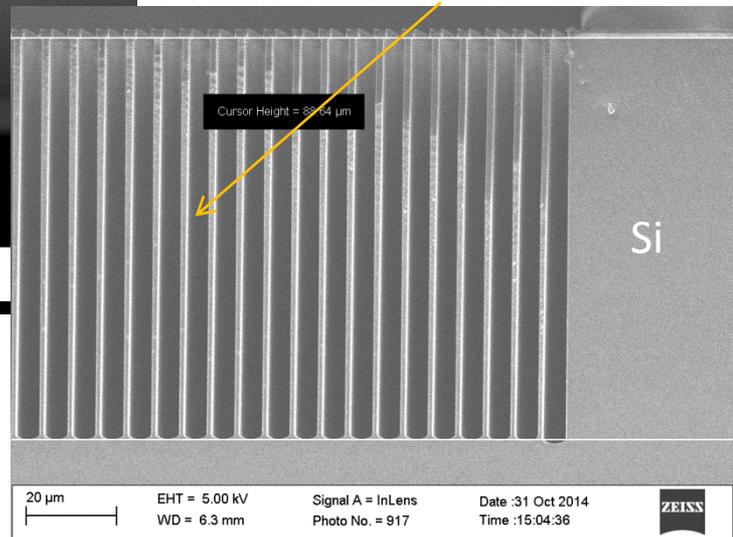


Маска  $\text{SiO}_2$



$\text{SiO}_2$  стоп-слой

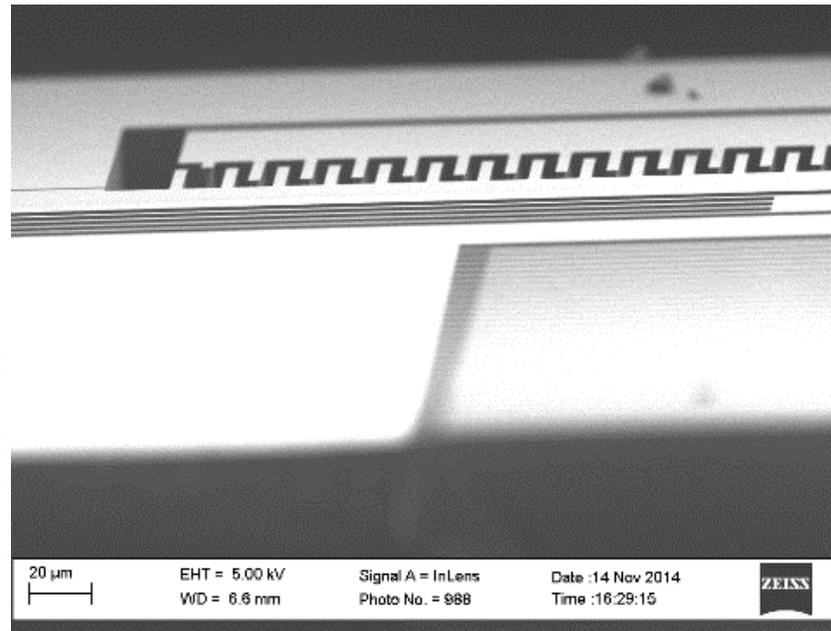
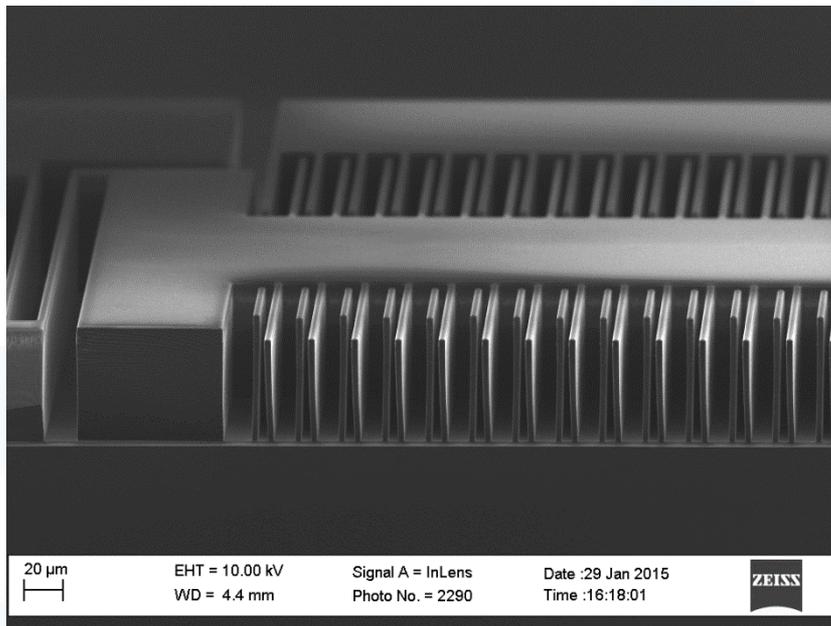
Аспектное отношение = 20



Cursor Height = 82.64  $\mu\text{m}$

Si

# Пример МЭМС устройства



МЭМС акселерометр



# Заключение

- В России вполне возможен запуск высокотехнологичного производства в установленные сроки и в пределах бюджета
- Что необходимо:
  - Четкий бизнес-план и тщательное планирование проекта
  - Инвестиции
  - Команда профессионалов
- Что получается в результате
  - Фабрика европейского уровня (с точки зрения качества и бизнес-процессов)