



# RIEMANA

Цифровой двойник  
технологического  
процесса  
плазмохимического  
травления

# Целевая аудитория



## Кремниевые фабрики

Производители интегральных микросхем. Используют установки ПХТ на всех этапах производства

Плазмохимическое травление (ПХТ) - 10-20% от всех операций при создании процессора

## Производители плазменного оборудования

Создают установки ПХТ для кремниевых фабрик и НИИ. Полный цикл разработки и производства оборудования





## Отсутствие персонализированных цифровых двойников ПХТ

**Большие затраты** на  
отработку нового тех.  
процесса

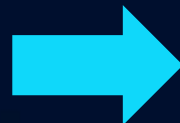


Повышение  
стоимости  
оборудования

**Широкий диапазон  
выходных  
характеристик** на  
производстве



Снижение  
**выхода  
годных**



Снижение  
рентабельности



# Решение - RIEMANA



Автоматизированный цифровой  
двойник для плазмохимического  
травления

## Производители плазменного оборудования:

- Сопровождение разработки оборудования на всех этапах - сокращение затрат **до 20%**

## Кремниевые фабрики:

- Настройка тех. процесса на фабрике - сокращение затрат **до 80%**
- **Real-time** цифровой двойник для производства - повышение выхода годных



# Технологическое решение



Ключевое  
преимущество -  
интеграция  
физической и  
ML-based моделей

- Высокая **точность**
- Высокая **скорость** - ML-based подхода
- Возможность **автоматического улучшения** модели на потоке данных с производства

Физическая  
модель



Валидационная  
модель



ML-модель



# Оптимизация процесса разработки



Создание прототипа и эксперимент

Аналитика результатов эксперимента

Проведение дополнительных экспериментов

Создание и верификация готовой установки



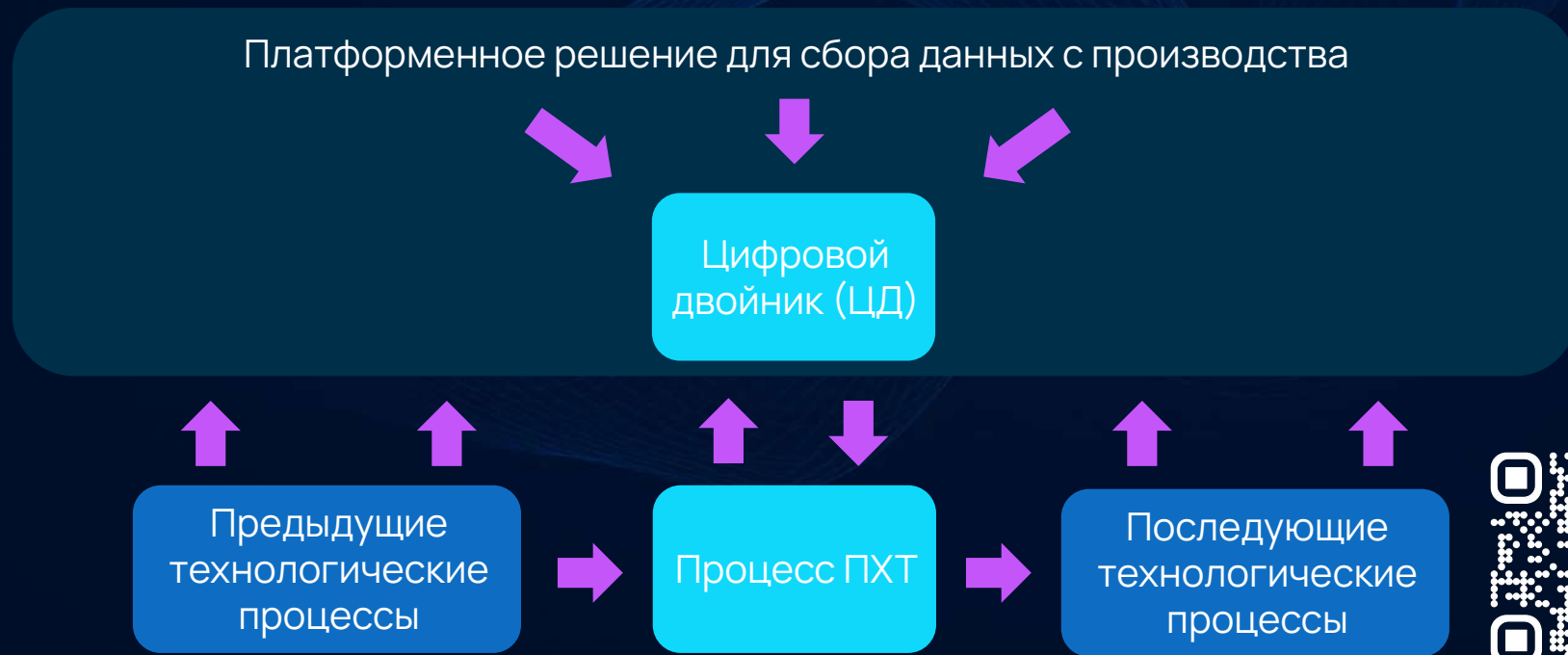
Более 5 месяцев и 600 млн.  
руб. на эксперименты

**RIEMANA**





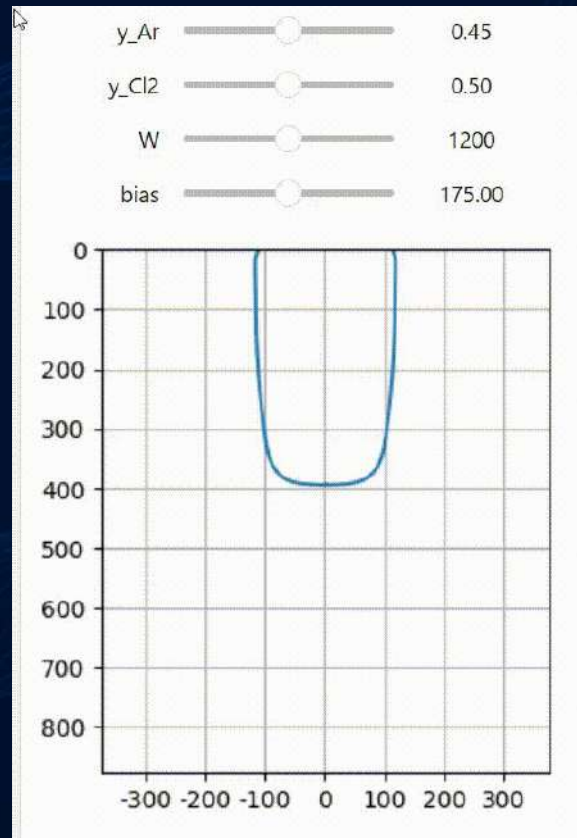
# Встраивание установки в маршрут



# Уже достигнуто RIEMANA



- Созданы собственные физическая+ML модели
- Создан прототип - real-time модель травления в определённых условиях
- Проведена валидация на основе эксперимента
- Время расчёта менее 100 мс
- Ошибка ML-модели - менее 5 нм (допустимо 18)
- TRL - 4: Proof of Concept





# Стратегия развития



RIEMANA

Мы здесь

Q1-2 2025

Q3-4 2025

Q1-2 2026

Q3-4 2026

Q1-2 2027

Q3-4 2027

Физ.  
модель

Создание 0D  
плазменной  
модели

Создание 2D  
поверхностной  
модели

Оптимизация кода  
поверхностной и  
плазменной  
моделей

Создание 2D модели плазмы

Оптим.  
модель

Оптимизация  
плазменной  
модели

Частичная  
оптимизация  
поверхностной  
модели

Экспер.  
данные

Полная  
оптимизация  
поверхностной  
модели

Оптимизация  
комплексной  
многомерной модели

ML  
двойник

Создание  
базовой  
модели

Random  
sampling

Adaptive  
sampling

Гибридные модели для  
плазмы



# Команда RIEMANA



RIEMANA

Физическая  
модель



Валидационная  
модель



ML-модель



Оксаниченко Федор  
МФТИ



Резванов Аскар  
МФТИ



Богачёв Иван  
МФТИ



Ефремов Александр  
ИГХТУ



Гиниятулин Руслан  
МИЭТ



Бурцев Роман  
МФТИ



# Необходимые инвестиции



- Проведение экспериментов – 10 млн. на 2 года
- ФОТ – 10 млн. на 2 года



# Контакты



Оксаниченко Федор  
foksanichenko@niime.ru

# CAPEX



RIEMANA

MVP (создание 1 ЦД)

Масштабирование и  
поддержка (10 ЦД)

Этап  
валидации

2 недели работы  
компьютера на 30 ядер  
+ данные в рамках  
ОКР+НИР

Кластер из 200+ CPU  
ядер + канал  
получения  
экспериментальных  
данных

Этап  
обучения  
ML-модели

2 дня работы  
компьютера с  
GPU(NVIDIA 3080)

Кластер из 3-5 GPU-  
серверов + система  
сбора данных в  
реальном времени

- Требуемые возможности для работы MVP имеются
- Ключевые вызовы - масштабирование и распараллеливание

