

A large, abstract graphic composed of many thin, overlapping white lines that form a complex, wavy, and somewhat circular shape. This graphic is centered on the slide and serves as a background for the main text.

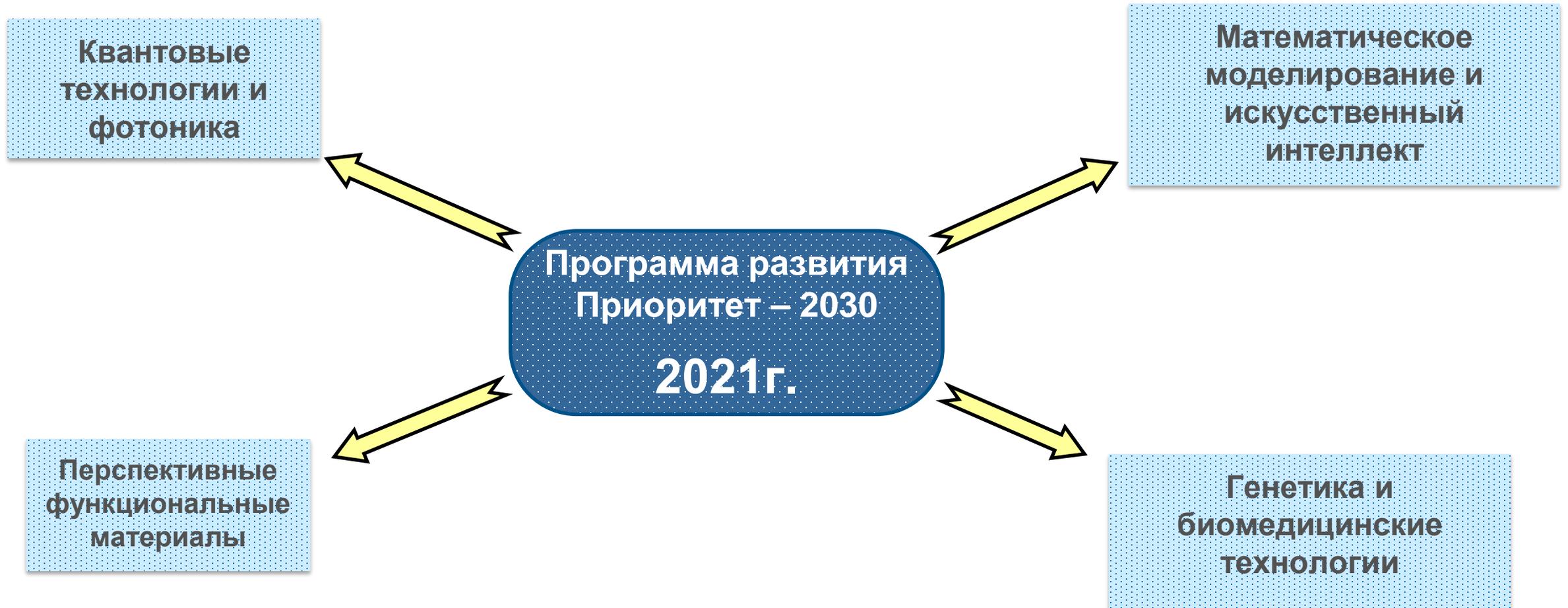
# Наука в МФТИ

## Новое время — новые вызовы

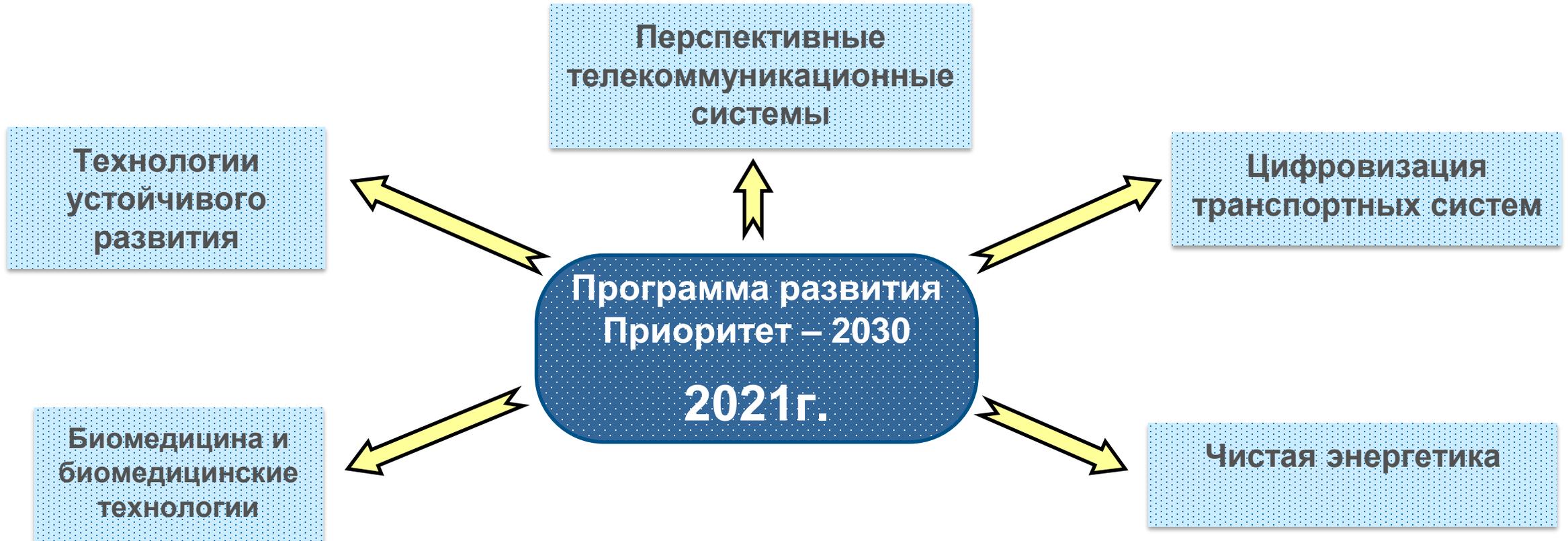
**Иванов В.В.**

*26 ноября 2022 г., МФТИ*

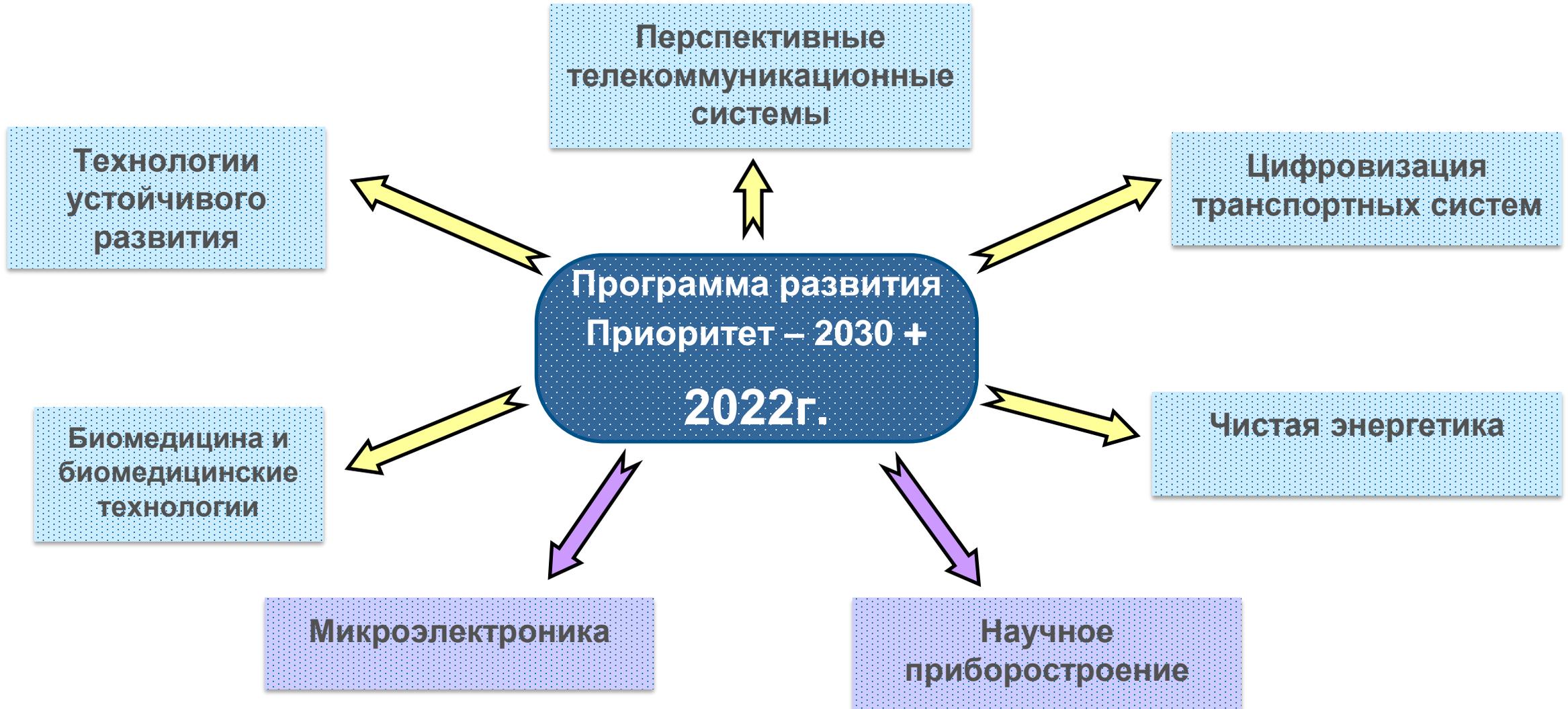
# Основные направления фундаментальных исследований



# Основные направления прикладных исследований



# Основные направления прикладных исследований



# Микроэлектроника в МФТИ

## Развиваемые технологии:

- Атомно-слоевое осаждение
- Аддитивные бесконтактные технологии в микронном диапазоне размеров

## Новое поколение ЭКБ:

- Энергонезависимая память FeRAM и Ox ReRAM
- Оптоэлектронные устройства на основе коллоидных квантовых точек

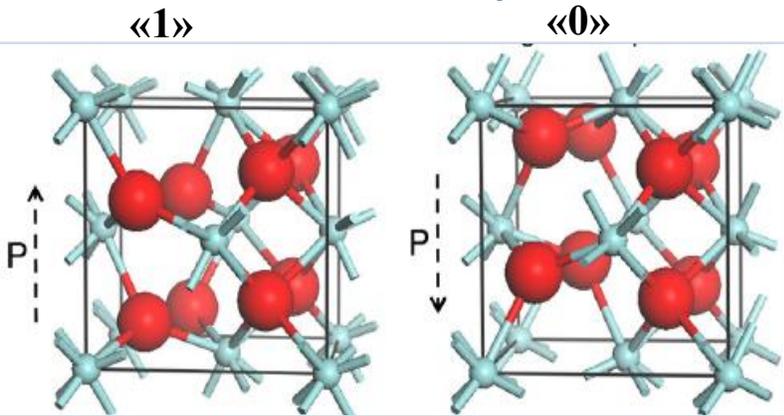
Технологический центр гибридной микроэлектроники МФТИ (опытная фабрика)

2023 - 2026

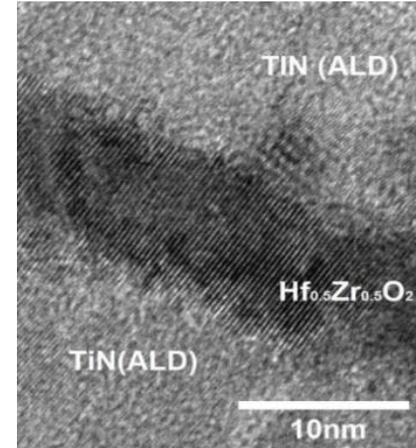
# Энергонезависимая память FeRAM и Ox ReRAM

## FeRAM на основе $\text{HfO}_2 - \text{ZrO}_2$

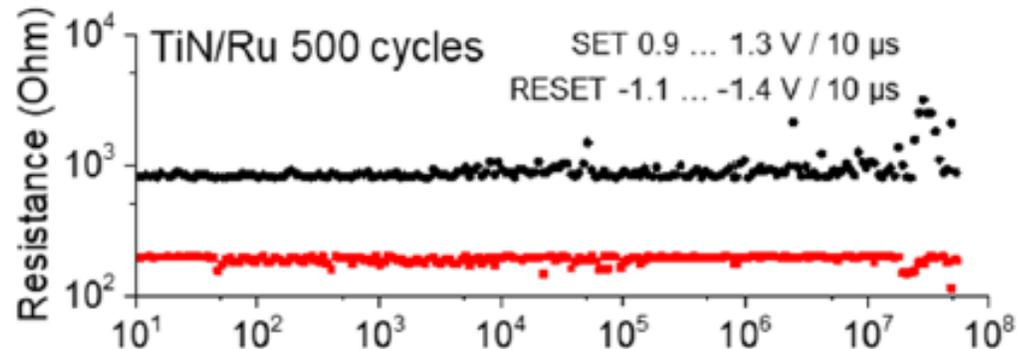
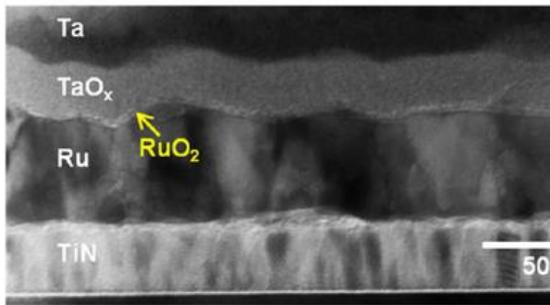
$\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_y$  – полностью КМОП-совместимый сегнетоэлектрик:



- СЭ свойства в тонких  $\sim 3-10$  нм слоях;
- прекрасно получается атомно-слоевым осаждением;
- хорошо работает с традиционными электродами из TiN
- низкие токи утечек;

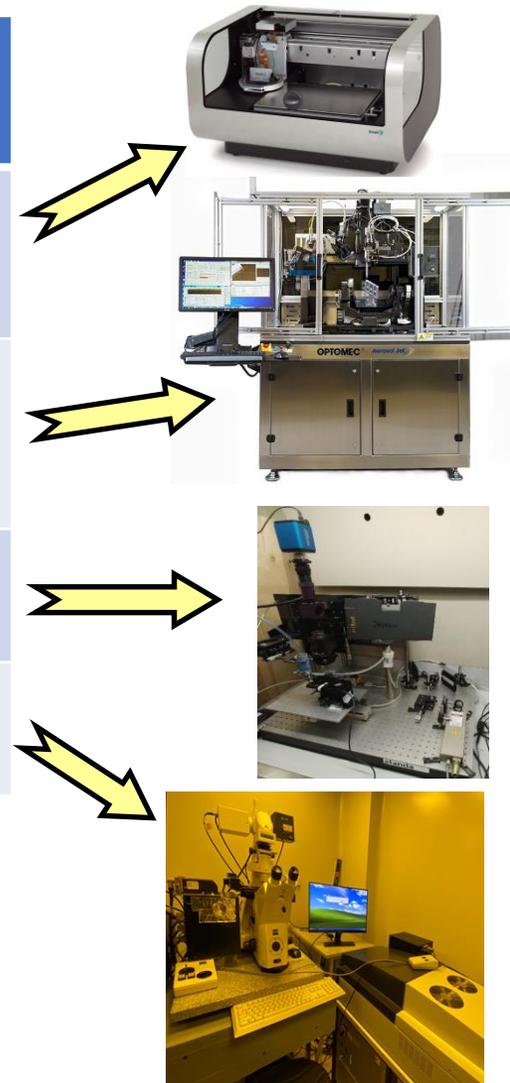


## Ox ReRAM - Замена Pt эл-да на КМОП-совместимый Ru



# Аддитивные бесконтактные технологии в микронном диапазоне размеров (printed electronics)

Метод	Толщина слоя, мкм	Проектная норма, мкм	Ограничения по материалам	Оборудование
Струйная печать (inkjet printing)	0,2	30	УНТ, нанопроволоки	США, Корея, Германия, Китай и др.
Аэрозольная (чернильная) печать (aerosol printing)	0,1	10	Металлы только благородные	Германия <b>Планирует МФТИ</b>
Аэрозольная «сухая» печать	0,05	25	Кроме сложных соединений	<b>МФТИ</b>
Прямое лазерное письмо (laser direct writing)	0,1	0,1	Фоторезисты, полимеры	Германия, <b>МФТИ</b>



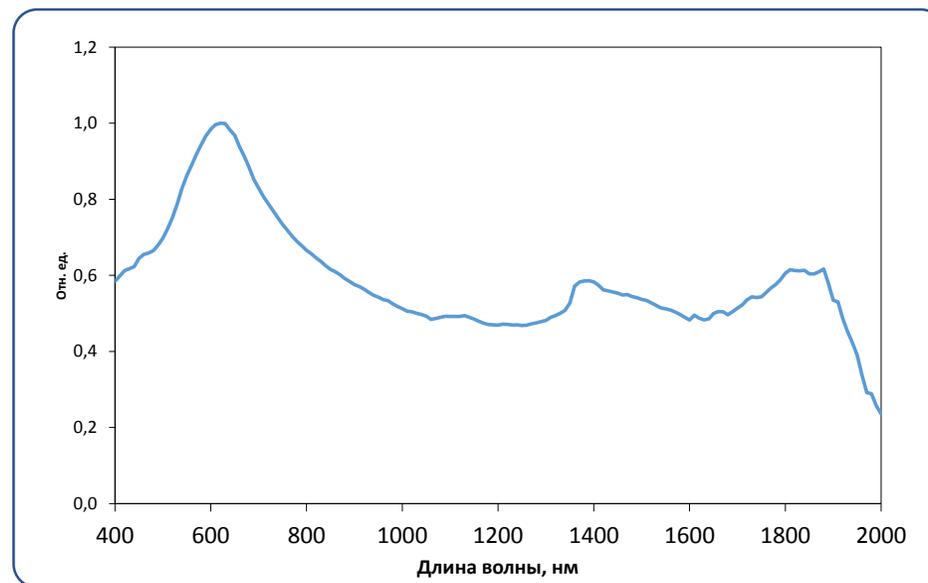
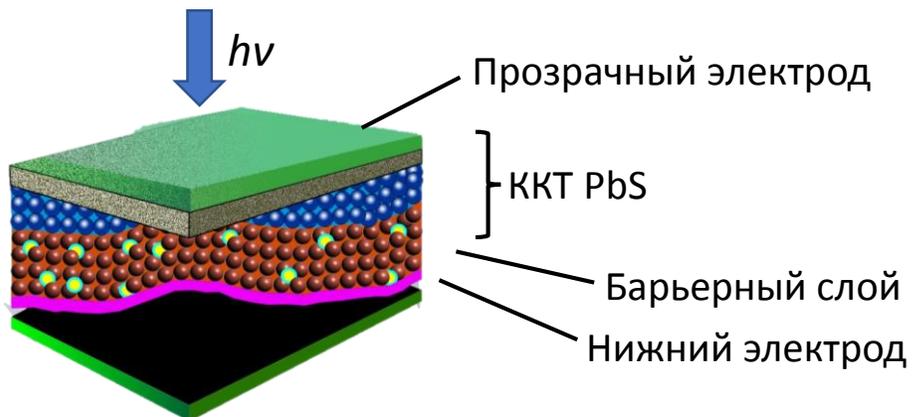
Аддитивные методы просты и содержат меньше операций.

Аддитивными технологиями многократно экономичней изготавливать многие устройства в микронном диапазоне размеров (500 – 5 мкм) в сравнении с литографическими методами.

**Многообразие подложек для печати (пластик, стекло, бумага, ткань и др.)**

# Фотосенсорная барьерная структура на основе ККТ

**Впервые в России разработаны, изготовлены и испытаны фоточувствительные элементы нового поколения на основе коллоидных квантовых точек**



Относительная спектральная чувствительность фотодиода на ККТ

# Разработки приборов для научных исследований

## Старт проектов - 2022

- Однолучевой оптический литограф с превышением дифракционного предела
- Масс-спектрометрический комплекс высокого разрешения для анализа газовых смесей
- Принтер плазмонных наноструктур
- Рамановский спектрометр ближнего и среднего ИК-диапазона

К концу 2025 будут разработаны не менее 12 приборов

# Однолучевой оптический литограф

с превышением дифракционного предела

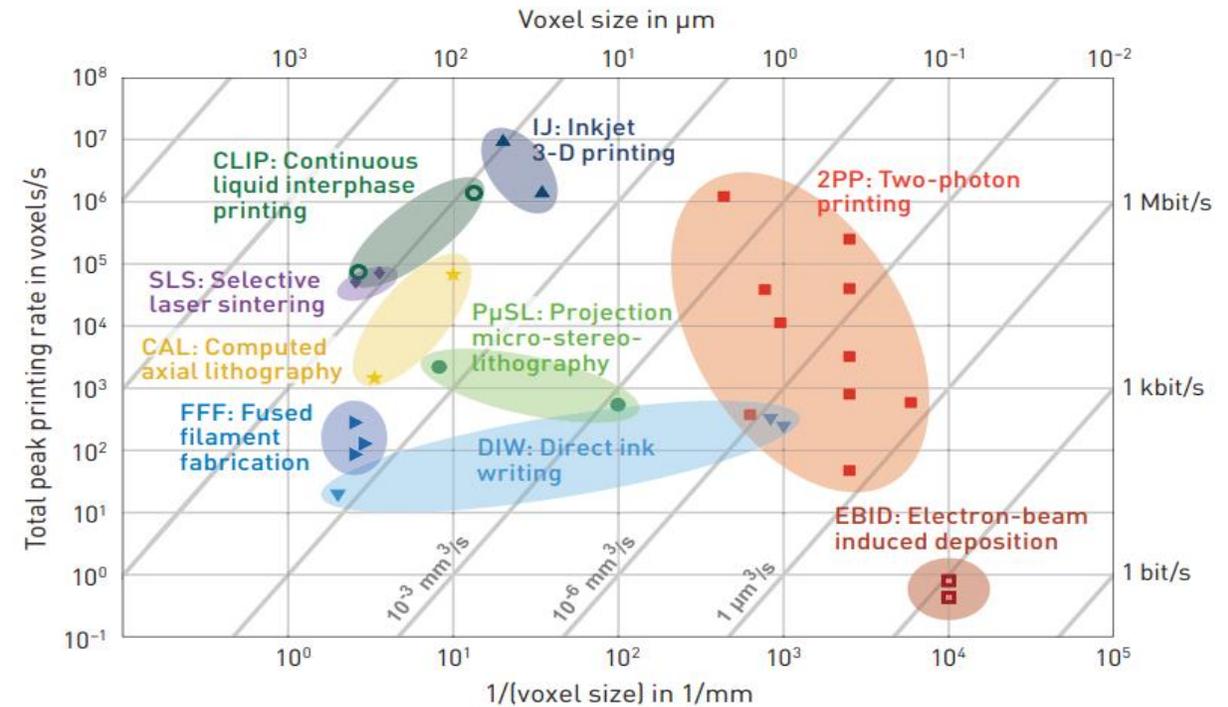
## ПРИМЕНЕНИЯ

Для промышленности:

- Рефрактивная микрооптика
- Дифракционная микрооптика
- Микромеханика и MEMS
- Интегральная фотоника (ФИС)
- 3D печать «on-chip»
- Оптические элементы на торце световодов

Для научных целей:

- Исследования в интегральной фотонике
- Фотонные элементы рентгеновского диапазона
- Биологические исследования
- Микрофлюидика и различные биомедицинские применения (scaffolds, прецизионная стоматология, и др.).

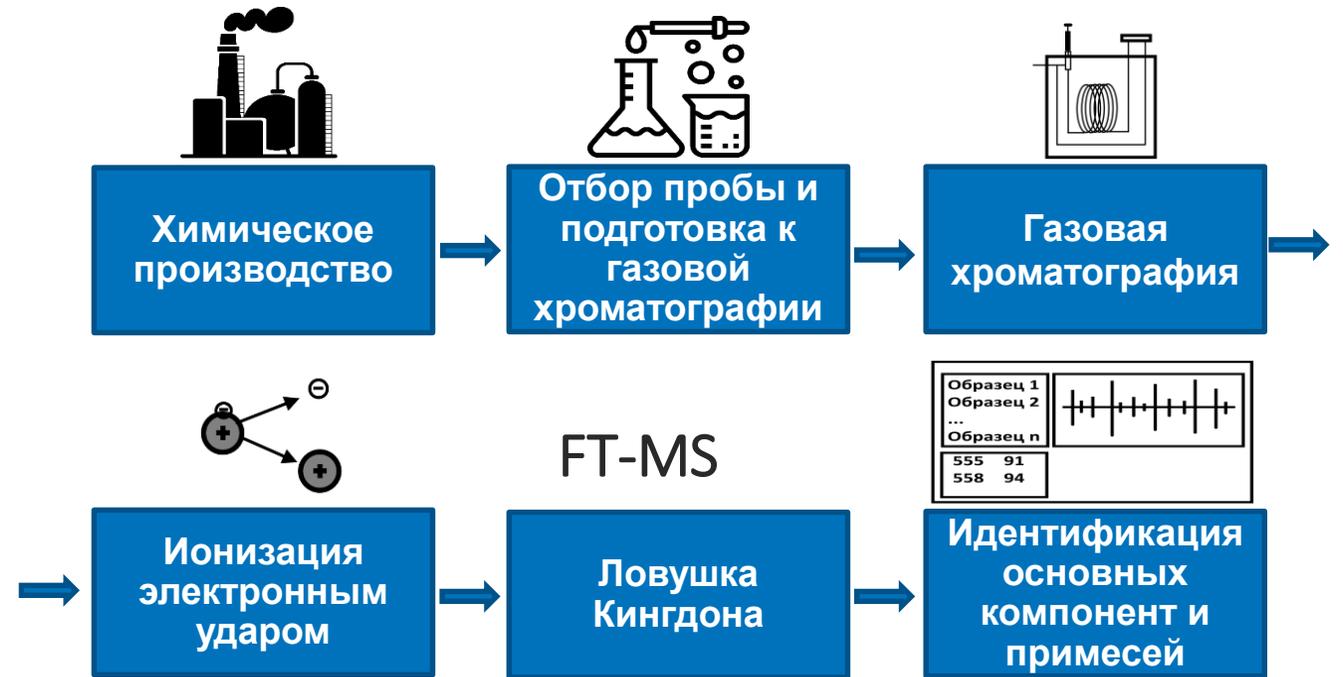


# Масс-спектрометрический комплекс

высокого разрешения для анализа газовых смесей

## ПРИМЕНЕНИЯ

Разрабатываемый масс-спектрометр высокого разрешения с преобразованием Фурье (FTMS) на основе гармонизированных ловушек Кингдона с ионизацией электронным ударом предназначен для анализа и идентификации летучих химических веществ, в том числе, находящихся в составе сложной смеси, в химической и фармацевтической промышленности.



## ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

**analytikjena**

**JEOL**

**LECO**

# Рамановский спектрометр ближнего и среднего ИК-диапазона

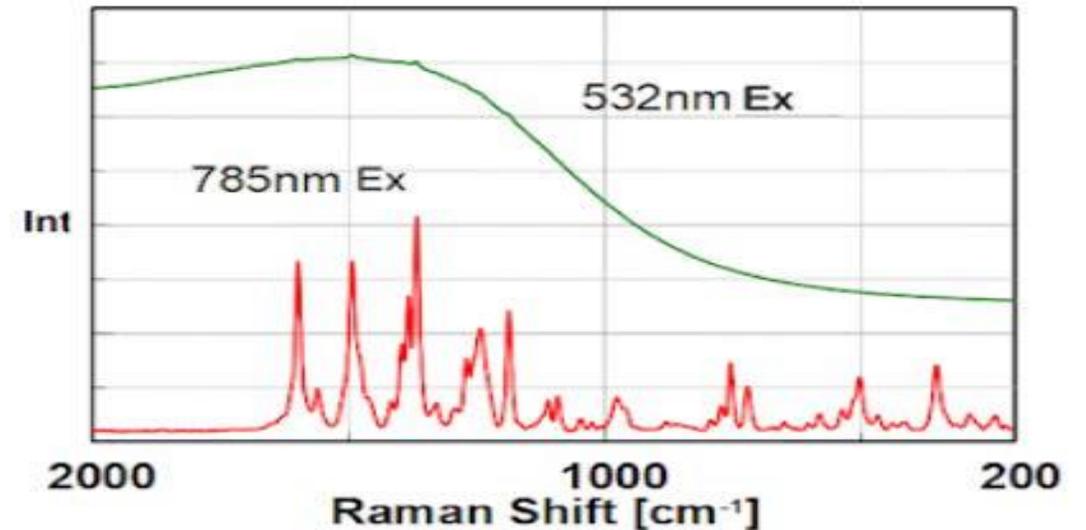
## ПРИМЕНЕНИЯ

Рамановская спектроскопия является эффективным инструментом неразрушающего контроля веществ различной природы, не требует сложной пробоподготовки

Разрабатываемый спектрометр позволяет работать с объектами имеющими сильную флуоресценцию и может применяться для экспресс-анализа вещества в:

- Фармацевтике
- Биомедицине
- Экологии
- Нефтехимии
- таможенном контроле
- пищевой промышленности и т.д.

**В комплексе с оригинальными SERS-подложками позволяет увеличить чувствительность анализа в миллион раз и более.**



Пример спектров полученных на спектрометрах с длиной волны 532 нм и 785 нм

## ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

**Рамановских спектрометров:**

BWTEK iRaman, Thermo Scientific True Scan, Bruker Bravo

**SERS-подложек:**

Klarite, Silmeco, Hamamatsu, Ocean Optics

# Принтер плазмонных наноструктур

## ПРИМЕНЕНИЯ

**Оптоэлектроника** – наноструктуры, кратно повышающие эффективность:

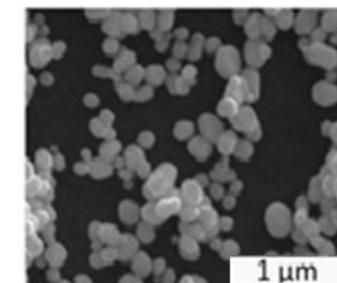
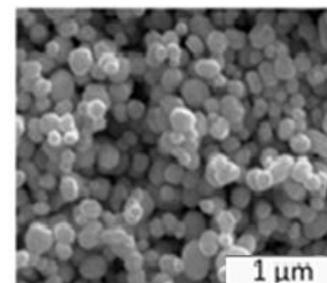
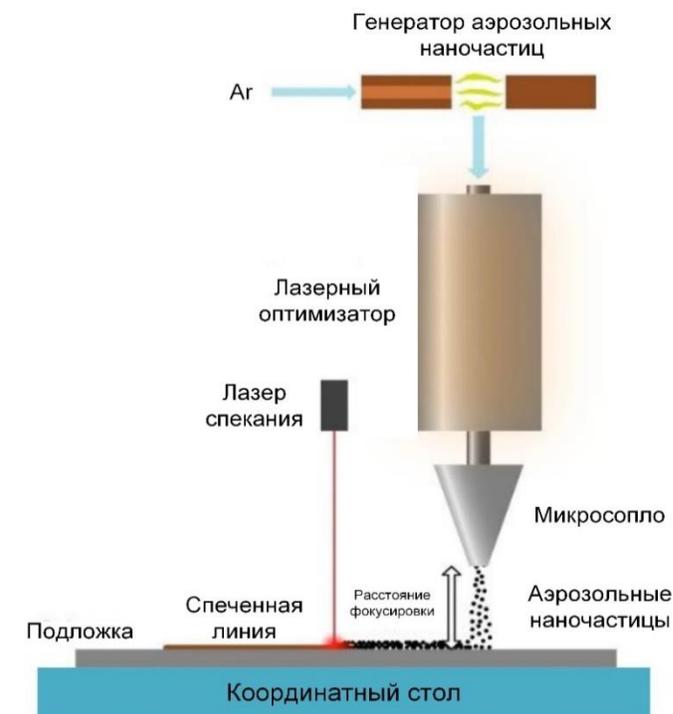
- фотоприемников
- дисплеев
- источников света

**Микроэлектроника** – высоко проводящие:

- межсоединения
- индуктивные и резистивные элементы

**Спектроскопия материалов и веществ** – бюджетные SERS-подложки для оперативной идентификации:

- малых концентраций химических элементов
- токсичных веществ
- лекарственных препаратов
- взрывчатых, наркотических и других опасных соединений
- пищевых продуктов
- мониторинга окружающей среды
- идентификация произведений изобразительного искусства



# Ожидаем предложения от выпускников:

**1. По применениям разработок МФТИ**

**2. Инициативы по постановке новых проектов на основе компетенций МФТИ**

**3. По развитию новых направлений и созданию новых компетенций в МФТИ**

**4. Иные предложения**