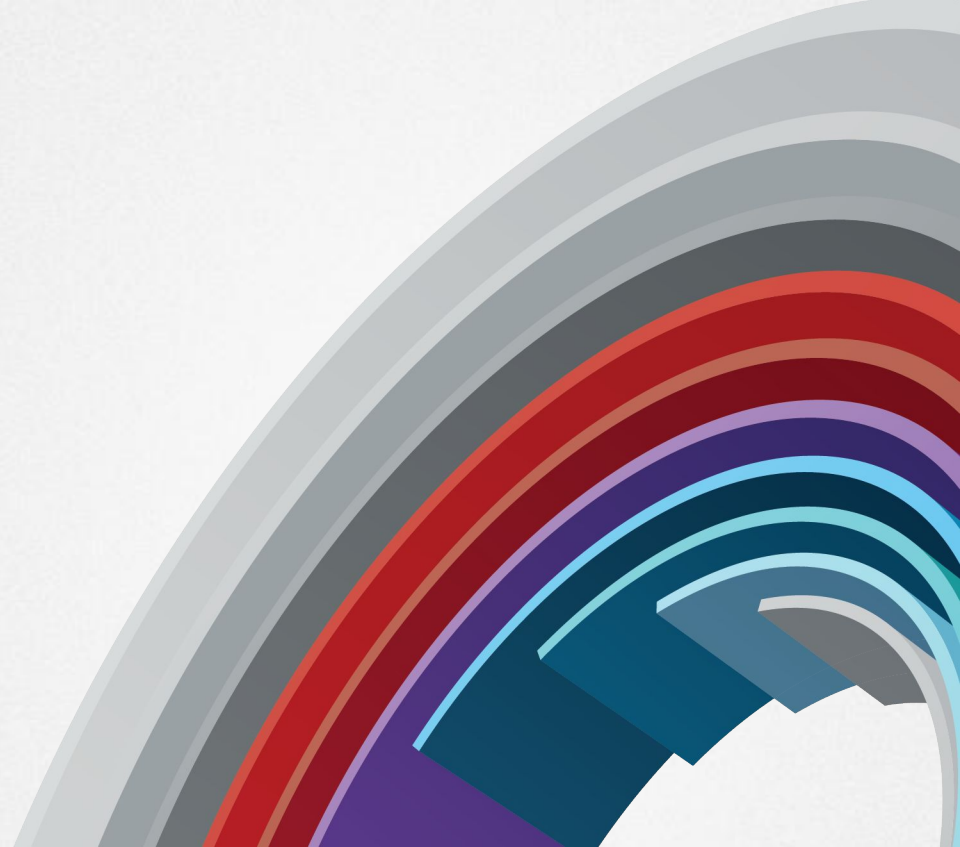


ФОНД СОДЕЙСТВИЯ  
ИННОВАЦИЯМ



**«Разработка технологии кроссбар архитектуры  
мемристорных структур для нейроморфных систем  
искусственного интеллекта»**



Полякова Виктория Вадимовна

Южный федеральный университет

# Актуальность идеи («боль потребителя»)

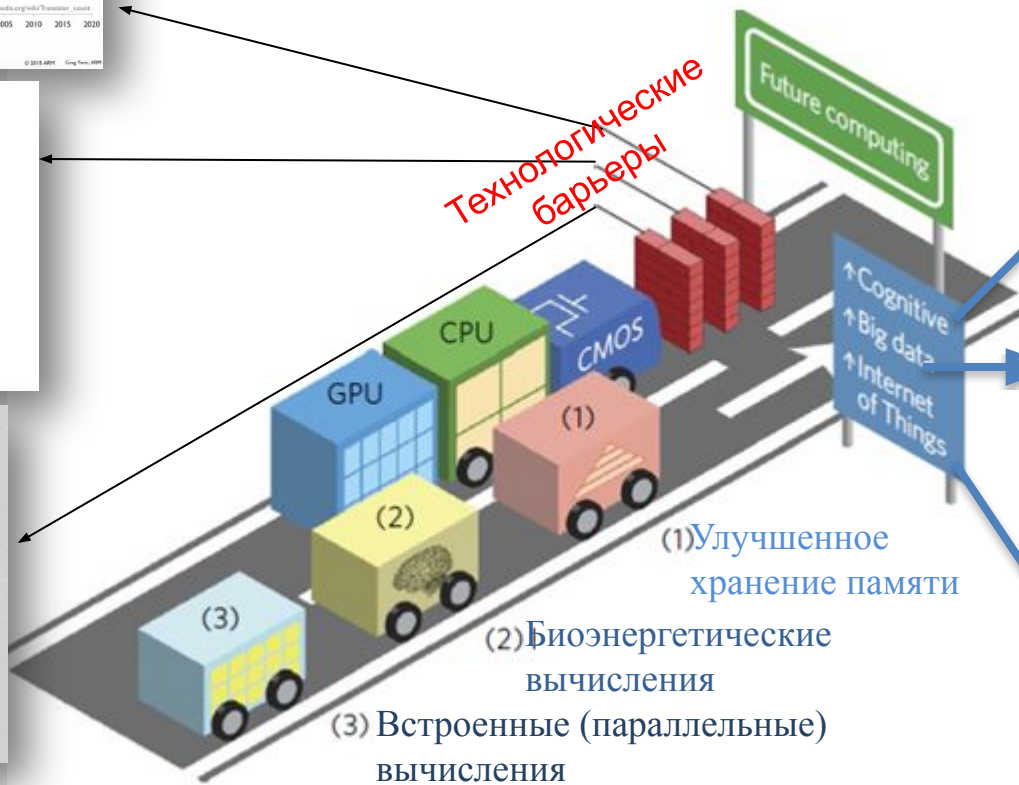
Для создания нового поколения компьютеров на основе нейроморфных систем **актуальным** является разработка технологии кроссбар архитектуры мемристорных структур



Когнитивные технологии  
(искусственный интеллект)



Технологические  
барьеры



Гонка будущего компьютерных технологий

# Предлагаемое решение (конечный продукт)

Мы предлагаем разработку технологии кроссбар архитектуры и создание макета массива мемристорных структур на основе оксида титана для нейроморфных систем искусственного интеллекта.

Верхний контакт Ti

Пленка TiO

Нижний контакт Ti

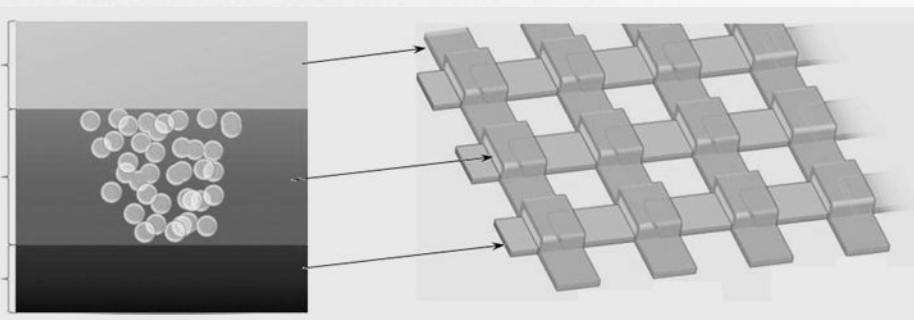
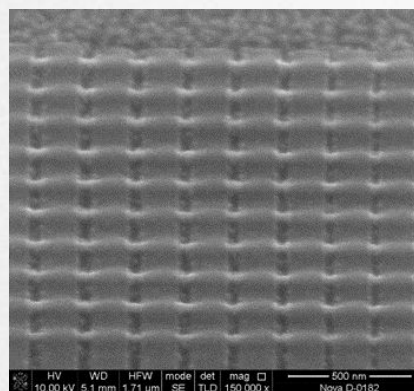


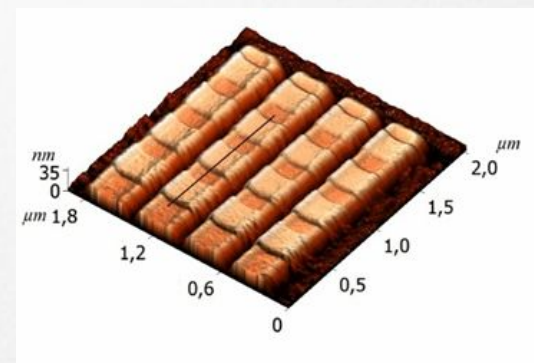
Схема реализации массива мемристорных структур  
На основе кроссбар архитектуры

Технические характеристики продукта:

- толщина оксидной наноразмерной структуры титана – 1-10 нм;
- геометрические размеры мемристорной структуры – менее 300 нм;
- рабочее напряжение – менее 5 В;
- рабочий ток – менее 1 мА;
- рабочая среда работы макета – воздух или вакуум



ЭМ-изображение макета  
массива мемристорных структур



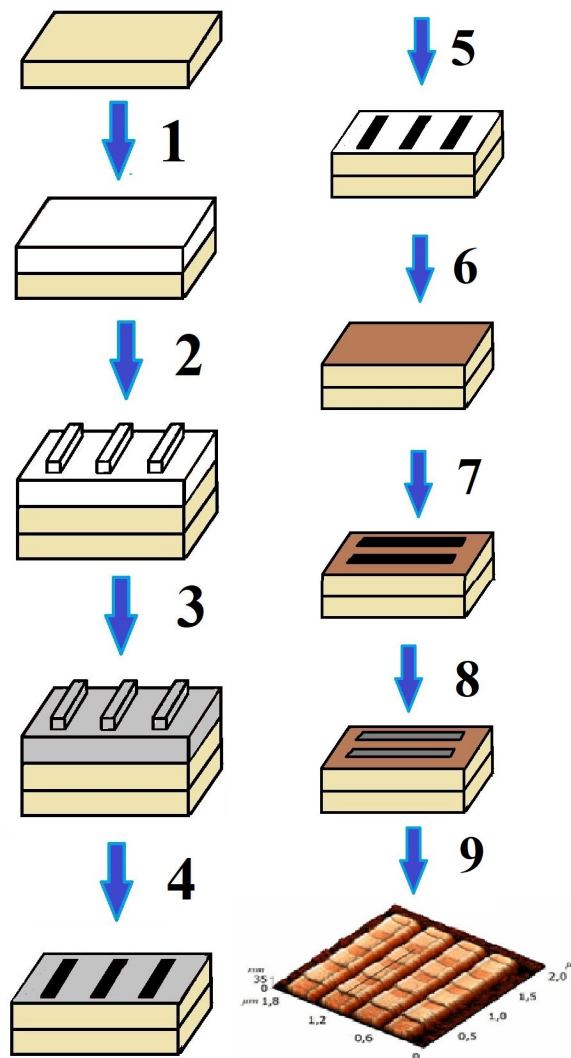
АСМ-изображение  
макета массива  
мемристорных структур

# Обоснование научной новизны проекта и актуальности для науки

**Научная новизна** заключается в разработке физических принципов и методов создания компонентной базы нейроморфных систем искусственного интеллекта на их основе.

**Актуальностью** проекта является разработка технологии кроссбар архитектуры мемристорных структур, выявлении взаимосвязи между процессами формирования и оксидных наноструктур.

**Получение запланированных результатов** обусловлено наличием научного и технического задела, современного оборудования и профессиональных навыков, а также использованием методов и подходов, основанных на интеграции сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и жидкостного химического травления, что позволяет производить сверхточное позиционирование создаваемых наноструктур, а также локальный контроль геометрических, электрофизических параметров формируемых наноструктур с использованием СЗМ.



Маршрут изготовления кроссбар архитектуры мемристорных структур

- 1-ЛАО кремния
- 2- 2ЛАО кремния
- 3- Напыление титана
- 4-Травление оксида кремния
- 5-ЛАО титана
- 6-Нанесение фоторезиста
- 7- Силовая литография
- 8- Напыление титана
- 9-Удаление фоторезиста

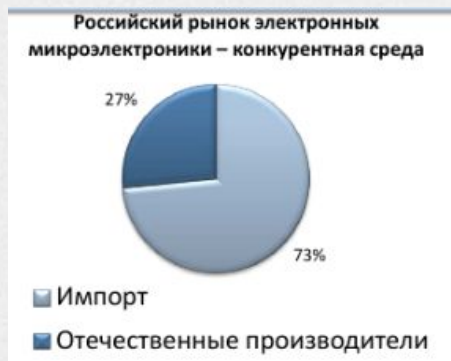
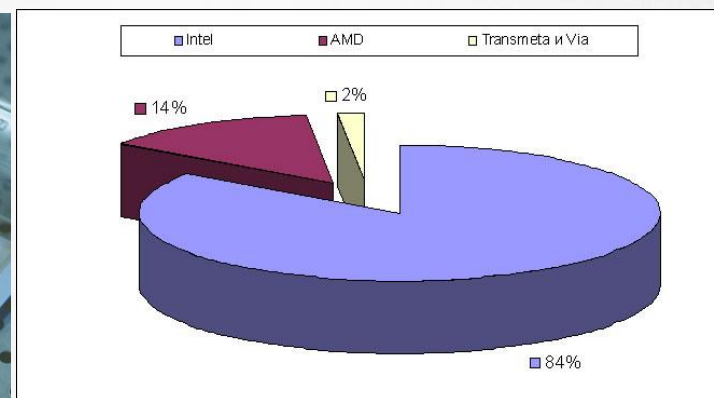
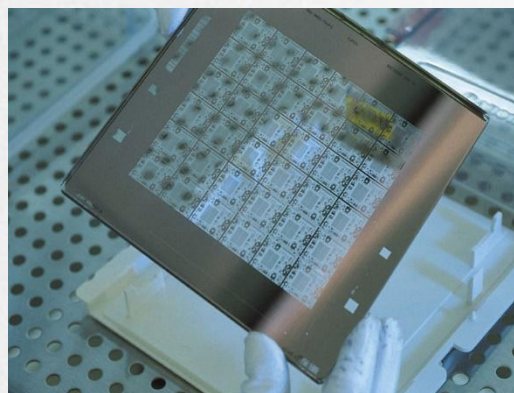
# Перспектива коммерциализации результата НИОКР

Разработанная технология кроссбар архитектуры мемристорных структур может послужить основой для создания элементов нейроморфных процессоров производимых ведущими компаниями. В настоящее время интегральные схемы используются практически во всех устройствах современной электроники и нанoeлектроники. Целевой рынок-рынок электроники. Продажа процессоров в год составляет около — 28.8 млрд\$.

**TAM** – импорт + отечественные производители

**SAM** - отечественные производители (занимает 27% мирового рынка)(7.7 млрд\$)

**SOM** – 1% отечественной продукции (доход в год 770000\$~50286005руб.)



# Перспектива коммерциализации результата НИОКР (бизнес-модель)

Основная деятельность: разработка технологии кроссбар архитектуры и изготовление макетов мемристорных структур для нейроморфных систем искусственного интеллекта, исследование свойств наноструктур оксида титана.

Основные ресурсы: имеются все необходимые для реализации продукта расходные материалы и технологическое и исследовательское оборудование ЦКП “Нанотехнологии” Южного федерального университета.

Расходы: зарплата сотрудникам, участие в конференциях.

Предложение: технология кроссбар архитектуры и макет мемристорных структур на основе наноструктур оксида титана.

Сегменты потребителей: интегральные схемы, реализованные по предложенной технологии кроссбар архитектуры, могут быть востребованы в электронной, автомобильной, энергетической, военной, космической промышленности.

Анализ рисков:

- риск, связанный с реализацией продукта;
- риск, связанный с отсутствием специалистов соответствующей квалификации;
- риск, связанный с нестабильностью на рынке валют;
- риск, связанный с падением спроса на данный продукт;
- риск, связанный с приемкой продукта покупателем

## Техническая значимость

ТИП ПАМЯТИ	SRAM	DRAM	FLASH	RRAM (НАШ ПРОДУКТ)
Размер ячейки (F <sup>2</sup> )	50-120	4-6	4-5	4
Потребляемая энергия(пДж)	3	3	10000	1
Напряжение записи	низкое	низкое	высокое	низкое
Напряжение чтения	низкое	низкое	высокое	низкое
Время хранения	недели	Меньше секунды	годы	годы



# Научно-технический задел исполнителей проекта

Рис.1.

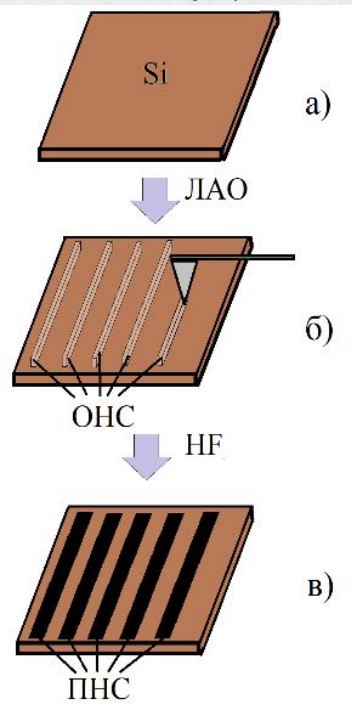


Рис.2

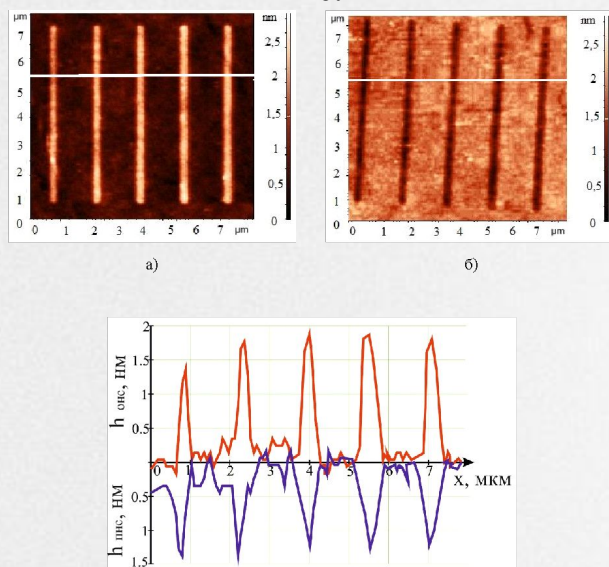


Рис.3

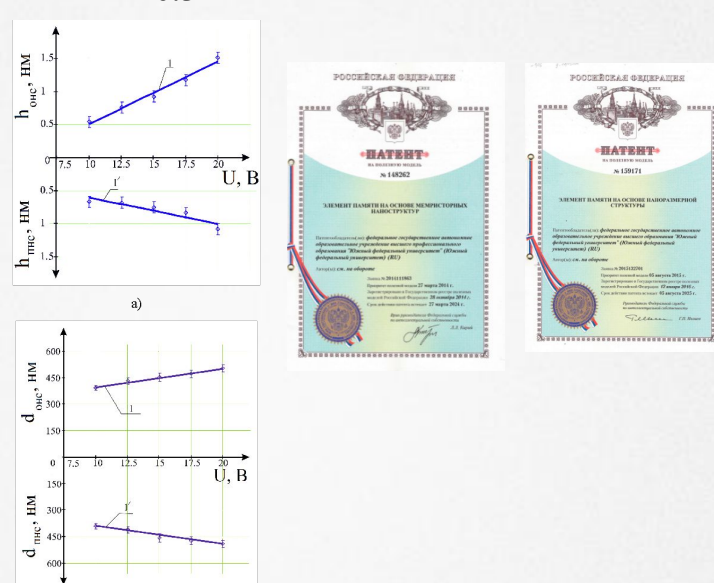


Рис. 1. Схематическое изображение методики наноразмерного профилирования поверхности кремния: а) подложка кремния; б) формирование ОНС методом ЛАО; в) травление в HF. Рис. 2. АСМ-изображения: а) – исходная маска из ОНС; б) – ПНС; в) – профилограммы вдоль линии на а и б. Рис. 3. Зависимости геометрических параметров наноструктур от амплитуды напряжения при ЛАО при относительной влажности 50%; а) – высоты ОНС (1) и глубины ПНС (1); б) – диаметры ОНС (1) и ПНС (1).

- Исследована возможность локального анодного окисления (ЛАО) кремния которые показывают перспективность использования данной технологии.
- Имеются два патента по проблеме исследования:  
Элемент памяти на основе мемристорных наноструктур. Патент на полезную модель. № 142375  
Элемент памяти на основе наноразмерной структуры. Патент на полезную модель. № 132701.
- Опубликовано 4 статьи и 42 тезиса докладов.



## Основные публикации исполнителя проекта

1. V. V. Polyakova, V. A. Smirnov, and O. A. Ageev A Study of Nanoscale Profiling Modes of a Silicon Surface via Local Anodic Oxidation // Nanotechnologies in Russia, 2018, Vol. 13, Nos. 1–2, pp. 84–89., 2018.
2. V.A. Smirnov, R.V. Tominov, N.I. Alyab'eva, M.V. Il'ina, V.V. Polyakova, Al.V. Bykov, O.A. Ageev Atomic Force Microscopy Measurement of the Resistivity of Semiconductors // Technical Physics, 2018, Vol. 63, No. 8, pp. 1236–1241, 2018, Vol. 88, No. 8, pp. 1273–1278
3. А.В. Быков, А.С. Колומийцев, В.В. Полякова, В.А. Смирнов Профилирование зондов для сканирующей зондовой нанодиагностики методом фокусированных ионных пучков // Известия ЮФУ. Технические науки Октябрь 2014
4. В.А. Смирнов, В.И. Авилов, В.В. Полякова, Л.Р. Саубанова, М.С. Солодовник, О.Г. Цуканова, С.Ю. Краснобородько Профилирование эпитаксиальных слоев арсенида галлия методом локального анодного окисления // Статья Известия ЮФУ. Технические науки №9, 2015 – С. 84-93
5. Polyakova, I .N. Kots, O.A. Ageev Investigation of modes profiling of silicon surface by the method of local anodic oxidation to create promising elements of nnoelectronics // IC Micro- and Nanoelectronics with the Extended Session IC MNE2018 , 2018
6. V.V. Polyakova, I.N. Kots Silicon Substrate Surface Nanoprofiling by Local Anodic Oxidation to Create Nanoelectronics Elements // International Conference on "Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications" (PIENMA 2018) August 9-11, 2018 Korea maritime and Ocean University , Busan, Republic of Korea
7. V.V. Polyakova<sup>1</sup>, I.N. Kots<sup>1</sup>, V.A. Smirnov<sup>1</sup>, O.A. Ageev Study of the surface profiling of silicon based on the method of local anodic oxidation using scanning probe microscopy // International Conference Scanning probe microscopy August 26-29, 2018 Ekaterinburg



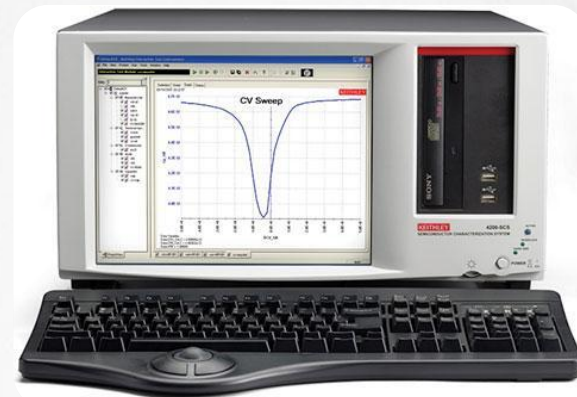
# Оборудование



Зондовая нанолaborатория  
Ntegra (NT-MDT, Russia)



Установка электронно-лучевого  
и магнетронного напыления  
AUTO500



Система измерения параметров  
полупроводников Keithley 4200-SCS



Растровый электронный микроскоп  
Nova Nanolab 600 (FEI Co.)

# План реализации

## 1 полугодие 2019

### Разработка методики и исследование режимов ЛАО кремния

1. Разработка методики профилирования поверхности кремния методом локального анодного окисления.
2. Проведение экспериментальных исследований режимов локального анодного окисления поверхности кремния.
3. Анализ и обобщение полученных результатов, представление полученных результатов на конференция различного уровня, подготовка публикаций. (планируемые затраты 300 т.р.)

## 2 полугодие 2019

### Профилирования поверхности кремния методом ЛАО и силовой зондовой нанолитографии

1. Проведение экспериментальных исследований режимов профилирования поверхности кремния с использованием локального анодного окисления и химического травления.
2. Разработка методики формирования наноразмерных структур на поверхности резистивного слоя методом силовой зондовой нанолитографии.
3. Подготовка публикаций и научно-технического отчета. (планируемые затраты 200 т.р.)

## 1 полугодие 2020

### Формирование наноструктур методами зондовых нанотехнологий

1. Проведение экспериментальных исследований режимов формирования наноразмерных структур на поверхности резистивного слоя методом силовой зондовой нанолитографии.
2. Проведение экспериментальных исследований режимов формирования оксидных наноразмерных структур титана методом локального анодного окисления. (планируемые затраты 200т.р.)

## 2 полугодие 2020

### Формирование и исследование макета массива мемристорных структур на основе кроссбар архитектуры

1. Изготовление макета массива мемристорных структур на основе кроссбар архитектуры.
2. Проведение экспериментальных исследований макета массива мемристорных структур на основе кроссбар архитектуры.
3. Анализ и обобщение полученных результатов, представление полученных результатов на конференция различного уровня.
4. Подготовка публикаций и научно-технического отчета (планируемые затраты 350т.р.)

**Стоимость реализации проекта превосходит сумму гранта, дополнительное финансирование будет оказано Южным федеральным университетом за счет предоставления расходных материалов и технологических мощностей .**

**Для реализации цели и задач планируется использовать современное аналитическое и технологическое оборудование, а также специализированное программное обеспечение центра коллективного пользования «Нанотехнологии» Южного федерального университета.**



# Результаты проекта по этапам

---

## 1 год реализации проекта

- разработка методики профилирования поверхности кремния методом локального анодного окисления.
- экспериментальные исследования режимов локального анодного окисления поверхности кремния.
- экспериментальные исследования режимов профилирования поверхности кремния с использованием локального анодного окисления и химического травления.
- разработка методики формирования наноразмерных структур на поверхности резистивного слоя методом силовой зондовой нанолитографии.
- подача заявки на РИД.

## 2 год реализации проекта

- экспериментальные исследования режимов формирования наноразмерных структур на поверхности резистивного слоя методом силовой зондовой нанолитографии.
- экспериментальные исследования режимов формирования оксидных наноразмерных структур титана методом локального анодного окисления.
- сформировать макет массива мемристорных структур на основе кроссбар архитектуры.
- экспериментальные исследования макет массива мемристорных структур на основе кроссбар архитектуры.
- прохождение преакселерационной программы.

## Партнеры, заинтересованные организации

Для реализации цели и задач планируется использовать современное аналитическое и технологическое оборудование, а также специализированное программное обеспечение центра коллективного пользования «Нанотехнологии» Южного федерального университета.

В качестве партнеров или инвесторов могут являться:

- Ростехнологии
- Роскосмос
- Сколково
- АО «Ангстрем»
- НИЦ «Курчатовский институт»
- и др.

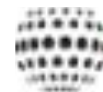


Yandex

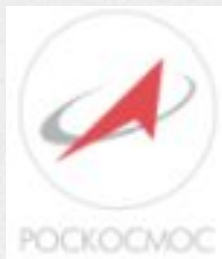
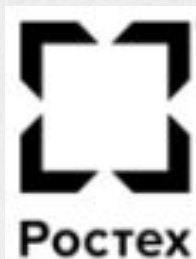
Google

intel®

IBM



ангстрем



# Контактная информация



**Виктория Вадимовна Полякова** — аспирантка, Южный Федеральный университет.

Имеет опыт и научный задел в области формирования оксидных наноразмерных структур методом локального анодного окисления и исследования их свойств методами сканирующей зондовой микроскопии (первые публикации в этой области датированы 2012 годом). С 2015 года ведутся активные исследования процесса локального анодного окисления с целью создания кроссбар архитектуры мемристорных структур

Email: [vik5702935@yandex.ru](mailto:vik5702935@yandex.ru)

Телефон: 8-918-570-29-35

