B

**Паспорт стартап-проекта**

|  |  |
| --- | --- |
| \_\_\_\_\_\_\_*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(ссылка на проект)* | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(дата выгрузки)* |

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование образовательной организации высшего образования (Получателя гранта) | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный университет» |
| Карточка ВУЗа (по ИНН) | 0562039983 |
| Регион ВУЗа | Республика Дагестан, г. Махачкала |
| Наименование акселерационной программы |  |
| Дата заключения и номер Договора |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Краткая Информация о стартап-проекте | |
| **1** | **Название стартап-проекта\*** | Разработка широкоапертурного плазменного источника ионных потоков для прецизионных технологий АСТ материалов наноэлектроники |
| **2** | **Тема стартап-проекта\***  *Указывается тема стартап-проекта в рамках темы акселерационной программы, основанной на Технологических направлениях в соответствии с перечнем критических технологий РФ, Рынках НТИ и Сквозных технологиях.* | Разработка широкоапертурного плазменного источника ионных потоков для прецизионных технологий АСТ материалов наноэлектроники |
| **3** | **Технологическое направление в соответствии с перечнем критических технологий РФ\*** | Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов  Технологии наноустройств и микросистемной техники  Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий |
| **4** | **Рынок НТИ** | TechNet |
| **5** | **Сквозные технологии** | Технологии моделирования и разработки новых функциональных материалов с заданными свойствами |
|  | Информация о лидере и участниках стартап-проекта | |
| **6** | **Лидер стартап-проекта\*** | - Unti ID U768947  - Leader ID - 1490284  - Агабекова Зурият Андреевна  - +7 (909) 486-25-68  - agabekovazuriat@gmail.com  CEO |
| **7** | **Команда** **стартап-проекта (участники стартап-проекта, которые работают в рамках акселерационной программы)**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | № | Unti ID | Leader ID | ФИО | Роль в проекте | Телефон, почта | Должность (при наличии) | Опыт и квалификация (краткое описание) | | 1 | *U514158* | 1237432 | Закарьяева Мадина Закарьяевна | наставник | +7 (960) 407-75-94  Zakamad1990@yandex.ru | Старший преподаватель (ДГУ), м.н.с. (Институт физики им. Х.И.Амирханова ДФИЦ РАН ) | Специалист в области физики плазмы, кандидат физико-математических наук. Имеет значительный опыт в области исследований, касающихся цифрового моделирования плазменных источников для прецизионных технологий атомно-слоевого травления поверхности материалов, владеет навыками цифрового проектирования и разработки цифровых двойников. Имеет 12 опубликованных научных работ в данной области, автор патента Российской Федерации на изобретение, автор свидетельства НОУ-ХАУ. Участница акселерационной программы ДГУ 2022 года по направлению Технет. | | 2 | *U539145* | 1513975 | Мустафаев Эмин Маликович | Исполнитель  CTO | +7 928 561-25-31  emin.mustafaev.2000@mail.ru | Студент 4 года обучения физического факультета | Проходит специализацию бакалавриата по направлению физика. | | 3 | *U1121183* | 3588610 | Рамазанов Курбан Магомедшейхович | Исполнитель  CFO | +7 (963) 408-44-70 kurbanm1908@mail.ru | Студент 4 года обучения физического факультета | Проходит специализацию бакалавриата по направлению физика. | | |
|  | плаН реализации стартап-проекта | |
| 8 | **Аннотация проекта\***  *Указывается краткая информация (не более 1000 знаков, без пробелов) о стартап-проекте (краткий реферат проекта, детализация отдельных блоков предусмотрена другими разделами Паспорта): цели и задачи проекта, ожидаемые результаты, области применения результатов, потенциальные потребительские сегменты* | Разработка и производство полупроводниковых элементов микро и наноэлектроники существенным образом зависит от базовых технологических процессов и специализированного оборудования, которое способно формировать наноструктурированные слои материалов наноэлектроники. Расширение спектра используемых материалов и необходимость их прецизионного и конформного травления требует развития и новых методов получения различных функциональных слоев микроэлектроники. К таким методам можно отнести метод атомно-слоевого травления, который позволяет контролируемо травить ультратонкие пленки толщиной отдельных атомарных и молекулярных слоев, осажденные на структуры с высоким аспектным соотношением. В таких технологиях важным элементом является плазменный источник ионных потоков. Перспективными для этих целей являются импульсно-периодические разряды с полым катодом.  Данный проект направлен на разработку плазменного широкоапертурного источника низкоэнергетичных потоков ионов, пригодного для использования в прецизионной технологии атомно-слоевого травления материалов электронной техники. |
|  | **Базовая бизнес-идея** | |
| 9 | **Какой продукт (товар/ услуга/ устройство/ ПО/ технология/ процесс и т.д.) будет продаваться\***  *Указывается максимально понятно и емко информация о продукте, лежащем в основе стартап-проекта, благодаря реализации которого планируется получать основной доход* | Конечным продуктом после реализации проекта будет плазменный широкоапертурный источник низкоэнергетичных потоков ионов для прецизионных технологий атомно-слоевого травления материалов электронной техники. |
| 10 | **Какую и чью (какого типа потребителей) проблему решает\***  *Указывается максимально и емко информация о проблеме потенциального потребителя, которую (полностью или частично) сможет решить ваш продукт* | Продукт решает проблему производителей оборудования по обработке подложек для полупроводниковой микроэлектроники и представляет интерес в области полупроводниковой промышленности. В последние годы актуальной задачей стало создание емких, быстрых, надежных и компактных хранилищ данных. Однако технологии, применяемые в настоящее время для изготовления микросхем, достигли своего предела, вследствие чего возникает необходимость в быстром поиске новых методов конструирования. Увеличение плотности полупроводниковых элементов на плоских структурах микросхем повышает производительность устройства, однако такое увеличение, в конечном итоге, имеет свой непреодолимый порог. Радикальное увеличение плотности полупроводниковых элементов, возможное благодаря их вертикальному размещению, позволит в десятки раз сократить затраты на производство микросхем по сравнению с традиционными методами.  В настоящее время для создания 3D полупроводниковых структур широко применяют технологии атомно-слоевого осаждения и травления сверхтонких слоев материала. Прецизионность данной технологии обеспечивается Ключевым элементом таких технологий является плазменным реактором, формирующим вблизи поверхности материала низкоэнергетичные ионные потоки с управляемой энергией ионов. |
| 11 | **Потенциальные потребительские сегменты\***  *Указывается краткая информация о потенциальных потребителях с указанием их характеристик (детализация предусмотрена в части 3 данной таблицы): для юридических лиц – категория бизнеса, отрасль, и т.д.; для физических лиц – демографические данные, вкусы, уровень образования, уровень потребления и т.д.; географическое расположение потребителей, сектор рынка (B2B, B2C и др.)* | Основными потребителями на рынке, которые будут создавать спрос на предлагаемую нами продукцию будут:  *Производители компонент микроэлектроники России (В2В);*  *Научные и образовательные организации, занимающиеся исследованиями и разработками 3D полупроводниковых структур;*  *Высокотехнологичные компании материаловедения и электронной промышленности;*  *Росатом;* |
| 12 | **На основе какого научно-технического решения и/или результата будет создан продукт (с указанием использования собственных или существующих разработок)\***  *Указывается необходимый перечень научно-технических решений с их кратким описанием для создания и выпуска на рынок продукта* | Для создания низкоэнергетичного потока ионов нами будет использован источник ленточного электронного пучка с энергией электронов около 1 кэВ на основе импульсно-периодического наносекундного газового разряда с протяженным полым катодом. Расстояние между электродами в газоразрядной камере будет значительно меньше, чем длина электродов. Выбор такой конфигурации электродов и наносекундный частотно-периодический режим создания разряда обусловлен тем, что такая конфигурация разряда позволяет масштабировать разряд под условия технологического применения в плазменных реакторах. |
| 13 | Бизнес-модель\*  *Указывается кратко описание способа, который планируется использовать для создания ценности и получения прибыли, в том числе, как планируется выстраивать отношения с потребителями и поставщиками, способы привлечения финансовых и иных ресурсов, какие каналы продвижения и сбыта продукта планируется использовать и развивать, и т.д.* | В2В (дистрибьюторские компании, маркетплейсы, сайт)  Данное устройство может быть интересно производителям микроэлектроники.  В2G (дистрибьюторы, сайт, гос. заказ)  Каналами взаимодействия могут быть маркетплейсы, личный сайт, реклама в социальных сетях |
| 14 | **Основные конкуренты\***  *Кратко указываются основные конкуренты (не менее 5)* | * США (Drexel University, Old Dominion University, New York University, Apyx Medical, Nordson Corporation, Enercon Industries Corporation, Surfx Technologies, LLC), * Германия (INP Greifswald, MPE Garching, IOM Leipzig, Plasmatreat GmbH), * Франция (University of Orleans), * Великобритания (Louhborough University), * Канада ( McGill University, Montreal), * Россия: АО «Ангстрем» (г.Зеленоград), ГК «Микрон», НПЦ «Плазма», Научно-исследовательский институт точного машиностроения, (Зеленоград), Научно-исследовательский институт молекулярной электроники (Зеленоград). |
| 15 | **Ценностное предложение\***  *Формулируется объяснение, почему клиенты должны вести дела с вами, а не с вашими конкурентами, и с самого начала делает очевидными преимущества ваших продуктов или услуг* | В отличие от аналогов конкурентов, использующих для создания источника ионов разряды в постоянном токе или разряды микросекундной длительности, в данной разработке источника низкоэнергетичных ионов «плазменного листа» используются ленточные электронные пучки, сформированные в процессе наносекундного электрического пробоя газа с щелевым катодом. Выбор такого источника позволит создать поток низкоэнергетичных ионов с энергией около 1 эВ, что является критически важным условием в реализации прецизионной технологии АСТ. Также источник позволит оперировать более широким рядом прекурсоров, что расширит выбор материалов травления.  Производство продукта будет локализовано в России, что позволит снизить общую цену на оборудование АСТ и поможет расширить их спектр применения благодаря обходу экономических санкций. |
| 16 | **Обоснование реализуемости (устойчивости) бизнеса (конкурентные преимущества (включая наличие уникальных РИД, действующих индустриальных партнеров, доступ к ограниченным ресурсам и т.д.); дефицит, дешевизна, уникальность и т.п.)\***  *Приведите аргументы в пользу реализуемости бизнес-идеи, в чем ее полезность и востребованность продукта по сравнению с другими продуктами на рынке, чем обосновывается потенциальная прибыльность бизнеса, насколько будет бизнес устойчивым* | В последнее десятилетие значительным образом усилилось внедрение технологии атомно-слоевого осаждения (АСО) и атомно-слоевого травления (АСТ) в микроэлектронику, в связи с чем наблюдается интенсификация научных исследований в данных области во всех развитых странах. Научные исследования в области АСТ направлены на разработки полупроводниковых многослойных структур с толщиной слоя в один атом, поскольку потребности в современной электронной промышленности требуют массового производства микросхем с трехмерной структурой, на примере флеш-памяти 3D NAND. Уникальность разработки состоит в том, что наш источник позволит решить основную проблему термостимулированного травления, когда при увеличении глубины травления ухудшается изотропность травления и ширина дорожки на входе растет, что приводит к ухудшению электрических характеристик элементарных логических элементов.  Нами получен патент на изобретение (Ашурбеков Н.А., Иминов К.О., Закарьяева М.З., Шахсинов Г.Ш., Муртазаева А.А. Устройство для получения широкоапертурного низкоэнергетичного потока ионов. № 2722690. Дата регистрации 03.06.2020) |
|  | **Характеристика будущего продукта** | |
| 17 | **Основные технические параметры, включая обоснование соответствия идеи/задела тематическому направлению (лоту)\***  *Необходимо привести основные технические параметры продукта, которые обеспечивают их конкурентоспособность и соответствуют выбранному тематическому направлению* | Цифровые технологии, которые будут использоваться при проектировании и изготовлении прототипа, позволят обеспечивать следующие функции:   * Выбор дизайна плазменного источника, наиболее подходящего для использования в прецизионной технологии АСТ; * Выбрать необходимый режим работы источника плазмы путем автоматического регулирования регулировать амплитуду импульсов напряжения, подаваемых на электрические электроды, частоты следования импульсов разряда, давления рабочего газа.   Разрабатываемый научно-технический продукт должен обеспечивать работу:   * при давлении от 1 Па до 800 Па ; * эффективно ионизировать газы: Ar, пары прекурсоров с содержанием фтора и хлора; * обеспечивать регулируемую энергию ионов, вблизи подложки в диапазоне 0,7-10 эВ.   Система будет представлять собой камеру из нержавеющей стали, внутри которой будут размещены электроды газоразрядной системы, состоящей из щелевого катода, сетчатого анода напротив щелевого катода, ускоряющего электрода формирующих направленный ленточный электронный пучок и дополнительный электрод (анод) для замыкания тока в плазменном листе. С помощью современных систем диагностики, базирующихся на цифровых технологиях, будут контролироваться основные параметры среды внутри разрядной камеры. С помощью системы напуска и откачки газов, внутри камеры будет формироваться необходимая среда, в зависимости от вида ионов, необходимых для поставленной технологической задачи. В готовой системе будут использованы источники питания, в основном собранные из готовых промышленно-выпускаемых блоков. С помощью источника высокого напряжения на тиристорах будут формироваться высокие напряжения, одно (до -1,5 кВ) необходимое для зажигания разряда в полом катоде, второе (до +5 кВ) необходимое для ускорения электронов. Система на основе датчика давления, тока, напряжения будет работать в режиме постоянного контроля основных критических параметров, необходимых для поддержания технологического процесса. |
| 18 | **Организационные, производственные и финансовые параметры бизнеса\***  *Приводится видение основателя (-лей) стартапа в части выстраивания внутренних процессов организации бизнеса, включая партнерские возможности* | CRL 4  Компетентная проектная команда с внешней поддержкой  Предполагается использование закрытой бизнес-модели проекта. На основе внутренней и внешней технологических баз будут проводится исследования, направленные на разработку новых продуктов. Проводимые маркетинговые исследования рынка будут направлены на реализацию продукта на рынке. Одним из инструментов применения модели станет создание стратегических альянсов и совместных предприятий с инжиниринговыми центрами для вывода на рынки новых продуктов. |
| 19 | **Основные конкурентные преимущества\***  *Необходимо привести описание наиболее значимых качественных и количественных характеристик продукта, которые обеспечивают конкурентные преимущества в сравнении с существующими аналогами (сравнение по стоимостным, техническим параметрам и проч.)* | В отличие от аналогов конкурентов US Naval Research Laboratory (США), Applied Materials (США), Hitachi High-Technologies, Lam Research, Tokyo Electron Ltd. (Япония), использующих для создания источника ионов разряды в постоянном токе или разряды микросекундной длительности, в нашей разработке источника низкоэнергетичных ионов «плазменного листа» используются электронные пучки, сформированные в процессе импульсно-периодического разряда с полым катодом. Энергия ионов аргона на выходе источника ионов лежит в контролируемом диапазоне 0,7-10 эВ, что играет решающую роль в процессах травления на нанометровых масштабах.  В отличие от известных устройств с термическим травлением, использование плазменного источника обеспечит возможность направленного травления, что является ключевым требованием при создании 3D наноразмерных полупроводниковых структур. Цены на научно-исследовательские установки лежат в пределах от 50 млн. руб. Благодаря локализации производства источника низкоэнергетичных ионов в России, можно добиться существенного снижения цен на оборудование АСТ и расширить их спектр применения благодаря обходу экономических санкций. |
| 20 | **Научно-техническое решение и/или результаты, необходимые для создания продукции\***  *Описываются технические параметры научно-технических решений/ результатов, указанных пункте 12, подтверждающие/ обосновывающие достижение характеристик продукта, обеспечивающих их конкурентоспособность* | Способы и методы решения поставленных задач:  1. Для получения необходимых характеристик источника низкоэнергетичных ионов будет использован ранее разработанный плазменно-пучковой разряд в щелевом катоде и сетчатом аноде.  2. Для оптимизации характеристик плазменного источника ленточных электронных пучков планируется исследования с использованием следующих методик: Для исследования спектров поглощения и пропускания будут использованы время разрешенные методы лазерной абсорбционной и эмиссионной спектроскопии с наносекундным временным разрешением. Также будут использованы: методы фоторегистрации пространственного распределения оптического излучения с использованием высокоскоростной система фотодетектирования на базе спектрографа изображения SP2358/PIMax3: 1024i (Princeton Instruments, США); методы оптической эмиссионной спектроскопии, поляризационной спектроскопии и лазерной абсорбционной спектроскопии с наносекундным временным разрешением для с использованием многофункционального экспериментального лазерно-спектрометрического комплекса на базе монохроматора/спектрографа MS 7504i с цифровой регистрацией оптических спектров с использованием CCD-детектора HS102H-2048/14 (Hamamatsu, Япония) в диапазоне длин волн 200 нм -1100 нм.  Представленный проект научных исследований базируется на многолетнем опыте работы коллектива проекта по исследованию импульсных электрических разрядов, электрического пробоя газовых промежутков, спектроскопии нестационарной неравновесной плазмы.  1.Ашурбеков Н.А., Иминов К.О., Шахсинов Г.Ш., Рамазанов А.Р. Роль высокоэнергетичных электронов при формировании нестационарных оптических спектров излучения и пропускания плазмы за фронтом высокоскоростных волн ионизации // Теплофизика высоких температур. 2015. Т. 53. № 5. С. 664.  2. Ashurbekov N.A., Iminov K.O., Shakhsinov G.S., Zakaryaeva M.Z., Rabadanov K.M. The dynamics of a nanosecond gas discharge development with an extended slot cathode in argon // Plasma Science and Technology. 2020. Т. 22. № 12. С. 125403.  3. Li S., Bogdanov E.A., Kudryavtsev A.A., Yuan C., Zhou Z., Rabadanov K.M., Ashurbekov N.A. Features of the eedf formation in the dusty plasma of the positive column of a glow discharge // Plasma Sources Science and Technology. 2021. Т. 30. № 4. С. 047001.  4. N A Ashurbekov, K O Iminov, G S Shakhsinov and A R Ramazanov Low-energy ions source of plane geometry on the basis of plasma-beam discharge with a slot cathode // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1115 (2018) 022036  5. Ashurbekov N.A., Iminov K.O., Shakhsinov G.S. The role of high-energy electrons in the formation of the transverse profile of high-speed ionization wave fronts in gases // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 830. № 1. С. 012026.  6. Ashurbekov N.A., Iminov K.O., Shakhsinov G.S., Popov O.A. Current self-limitation in a transverse nanosecond discharge with a slotted cathode //Plasma Science and Technology. 2017. Т. 19. № 3. С. 035401. |
| 21 | **«Задел». Уровень готовности продукта TRL**  *Необходимо указать максимально емко и кратко, насколько проработан стартап-проект по итогам прохождения акселерационной программы (организационные, кадровые, материальные и др.), позволяющие максимально эффективно развивать стартап дальше* | TRL 5  Работоспособность технологии может быть продемонстрирована на детализированном макете в условиях, приближенных к реальным. |
| 22 | **Соответствие проекта научным и(или) научно-техническим приоритетам образовательной организации/региона заявителя/предприятия\*** | Проект соответствует научно-техническим приоритетам образовательной организации:   * разработка конструкций (дизайна) АСО/МСО и АСТ реакторов для их коммерческого производства и широкомасштабного использования в качестве наукоемкого, высокотехнологичного научного оборудования и практических приложений; * разработка высокоэффективных плазменных реакторов нового поколения для многофункциональных прецизионных аддитивных плазма-стимулированных технологий АСО/МСО и АСТ;   Проект соответствует плану научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВО Дагестанский государственный университет. |
| 23 | **Каналы продвижения будущего продукта\***  *Необходимо указать, какую маркетинговую стратегию планируется применять, привести кратко аргументы в пользу выбора тех или иных каналов продвижения* | СustDev, информационный канал продвижения (сайт продвижения компании, тематические конференции, участие в выставках и др.); продажный канал взаимодействия (сайт продвижения компании, партнерские каналы). |
| 24 | **Каналы сбыта будущего продукта\***  *Указать какие каналы сбыта планируется использовать для реализации продукта и дать кратко обоснование выбора* | Специализированные выставки и форумы в области микроэлектроники»;  НИИ РАН и Университеты;  Маркетплейсы;  Личный сайт;  Социальные сети;  Минпромторг России |
|  | Характеристика проблемы, на решение которой направлен стартап-проект | |
| 25 | **Описание проблемы\***  *Необходимо детально описать проблему, указанную в пункте 9* | Одним из актуальных направлений развития современных цифровых технологий широкого применения является одновременное снижение энергопотребления и размеров наноэлектронных устройств. В настоящее время в данном направлении активно разрабатываются компактные многослойные микро и наноэлектронные устройства. В их основе лежат технологии нанесения тонких пленок и технологии их контролируемого травления для формирования объемных структур наноэлектроники. Уникальными возможностями для этих целей обладают плазменные технологии, в том числе технологии атомно-слоевого осаждения (АСО) и атомно-слоевого травления (АСТ), которые позволяют управлять свойствами поверхности на уровне отдельных атомарных слоев.  Процессы управляемого плазменного осаждения и плазменного травления поверхности материалов микро- и наноэлектроники имеют широкую перспективу практического применения. Принцип этих технологий сводится к использованию продуктов распада молекул и атомов рабочего газа за счет их ионизации. Продукты распада газов либо реагируют между собой и осаждаются на поверхности подложки в виде нового соединения, либо реагирует с материалом подложки, и образуют летучие соединения.  Технология плазменного АСТ представляет растущий интерес для научных и промышленных применений в качестве альтернативы непрерывному травлению и в качестве важного аналога АСО.  Преимущества АСТ на плазменном источнике перед другими технологиями состоит в том, что данная технология позволяет оперировать только одним атомным слоем, то есть является, по сути, цифровой технологией, предоставляющей полный контроль над процессами травления.  Преимущества плазменного атомно-слоевого травления:  • Низкое повреждение материала при травлении, обусловленное использованием ионов низких энергий  • Точный контроль глубины травления  • Удаление ультратонкого слоя  • Самоограничивающее поведение  • Высокая селективность, так как доза газа и энергии ионов может быть адаптирована для минимизации травления слоев маски или подстилающих материалов  • Скорость травления в меньшей степени зависит от соотношения сторон вытравленных объектов (т. е. уменьшенного ARDE), так как подача радикалов и бомбардировка поверхностных ионов разделены на независимые шаги  • Гладкие поверхности травления  Поскольку потребности наноэлектроники развиваются в сторону размеров нанометрового масштаба важно иметь технологию, которая позволила бы контролируемым образом модифицировать один и только один монослой за один раз, без «повреждения» других слоев материала. Примером такой технологии, как было уже сказано, является технология цифрового атомно-слоевого травления, которая соответствует следующим ключевым требованиям:  1) Точный контроль потока и энергии ионов на поверхностях при их обработке  2) Для очень тонких материалов (например, двухмерных материалов) энергия падающих ионов должна быть равной приблизительно 1 эВ, чтобы минимизировать ущерб при их обработке.  В таких технологиях важными элементами являются плазменные источники, генерирующие энергетически и химически активные частицы, удовлетворяющие определенным требованиям. В первую очередь, должны обеспечиваться фиксированный диапазон энергий образующихся частиц и равномерность их генерации на определенных площадях при приемлемых мощностях плазменного источника.  Перспективными в этом отношении могут быть плазменные реакторы, в которых использован принцип плазменного катода. Такие системы обеспечивают возможность получения ленточных электронных пучков в области давлений рабочего газа от форвакуумного до нескольких Тор. Одним из типов таких источников ленточных электронных пучков является импульсный поперечный разряд наносекундной длительности с протяженным щелевым катодом.  Разработка широкоапертурного плазменно-пучкового источника низкоэнергетичных ионов с возможностью использования его для технологий АСО и АСТ является чрезвычайно актуальной задачей. |
| 26 | **Какая часть проблемы решается (может быть решена)\***  *Необходимо детально раскрыть вопрос, поставленный в пункте 10, описав, какая часть проблемы или вся проблема решается с помощью стартап-проекта* | Создание плазменного источника потоков низкоэнергетичных ионов с управляемыми характеристиками для технологии атомно-слоевого травления функциональных материалов 3D структурной наноэлектроники. |
| 27 | **«Держатель» проблемы, его мотивации и возможности решения проблемы с использованием продукции\***  *Необходимо детально описать взаимосвязь между выявленной проблемой и потенциальным потребителем (см. пункты 9, 10 и 24)* | Одним из приоритетных направлений в области объемного конструирования микросхем является плазменное атомно-слоевое травление. Импульсная плазма, низкотемпературная плазма, импульсные газовые потоки и т.п., которые в настоящее время включены в современные наборы инструментов для плазменной обработки, рассматриваются как ключевые достижения, позволяющие потенциально включить атомно-слоевое травление (АСТ) в условия крупномасштабного производства. Преимущества АСТ перед другими технологиями состоит в том, что данная технология позволяет оперировать только одним атомным слоем, то есть является, по сути, цифровой технологией, предоставляющей полный контроль над процессами травления.  Тем не менее, необходимо разработать оборудование для достижения больших объемов производства с точностью атомного масштаба для различных систем материалов полупроводников и диэлектриков.  Потенциальные заказчики для продуктов и технологии, которые будут создавать спрос на предлагаемую нами продукцию будут:   * Производители микроэлектроники России; * Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации; * Министерство промышленности и торговли Российской Федерации; * Росатом; |
| 28 | **Каким способом будет решена проблема\***  *Необходимо описать детально, как именно ваши товары и услуги помогут потребителям справляться с проблемой* | В нашей разработке источника низкоэнергетичных ионов «плазменного листа» используются ленточные электронные пучки, сформированные в процессе наносекундного электрического пробоя газа с щелевым катодом. Энергия ионов аргона на выходе источника ионов лежит в контролируемом диапазоне 0.7-1 эВ, что играет решающую роль в процессах травления на нанометровых масштабах длин. Научными исследованиями доказано, что при энергиях ионов ниже этого порога происходит обычное тепловое воздействие на атомарные слои, а при энергиях выше происходит неконтролируемое разрушение материала. При энергии ионов в диапазоне 0,7-1эВ можно осуществлять контролируемое травление поверхности в нанометровых масштабах. |
| 29 | **Оценка потенциала «рынка» и рентабельности бизнеса\***  *Необходимо привести кратко обоснование сегмента и доли рынка, потенциальные возможности для масштабирования бизнеса, а также детально раскрыть информацию, указанную в пункте 7.* | В 2022 году объем мирового рынка микроэлектронных компонентов составил 599,6 млрд долл., что лишь на 0,2% больше, чем в 2021 году.  Аналитики IDC дали прогноз на 2024 год, согласно которому объем продаж поднимется с 625,9 млрд до 632,8 млрд долл. По мнению аналитиков, спрос на рынке США останется устойчивым, а в Китае начнет восстанавливаться ко второй половине 2024 года.  Согласно Cognitive Market Research, глобальный рынок систем АСТ вырастет на 5,00% с 2023 по 2030 год. Спрос на рынок АСТ повышается из-за растущего спроса на электронику и полупроводниковые элементы. В 2023 году наибольшая доля выручки на рынке АСТ пришлась на категорию транзисторов.  Согласно Cognitive Market Research, на рынке систем атомно-слоевого травления (ALE) доминирующим сегментом является производство транзисторов. Технология ALE играет ключевую роль в полупроводниковой промышленности, обеспечивая точные и контролируемые процессы травления в атомном масштабе. Производство транзисторов требует предельной точности для обеспечения эффективного функционирования электронных устройств. Системы ALE преуспевают в этой области благодаря своей способности избирательно удалять тонкие слои материалов с атомарной точностью. Такой уровень точности имеет решающее значение при создании сложных транзисторных структур, что позволяет разрабатывать высокопроизводительные и энергоэффективные электронные устройства.  По данным Cognitive Market Research, Азиатско-Тихоокеанский регион является крупнейшим рынком систем атомно-слоевого травления (ALE), на долю которого приходится 33% мирового рынка. Этот рост объясняется быстрым расширением деятельности по производству полупроводников, особенно в таких странах, как Китай, Япония, Южная Корея и Тайвань. Растущий спрос на более компактные и мощные электронные устройства, и появление передовых технологий в значительной степени способствовали внедрению систем ALE в регионе. Поскольку Китай лидирует в этом вопросе, Азиатско-Тихоокеанский регион продолжает удерживать свои позиции на мировом рынке АСТ. Растущий спрос на потребительскую электронику, распространение технологии 5G и постоянные усовершенствования в технологии производства полупроводников создали благодатную почву для роста систем ALE.  Северная Америка находится на переднем крае технологических инноваций, что делает ее ключевым игроком на мировом рынке АСТ (ALE). Рост региона, занимающего долю рынка в 30%, обусловлен постоянным спросом на передовые полупроводниковые устройства, исследованиями в области нанотехнологий и несколькими ведущими компаниями-производителями полупроводников. Соединенные Штаты, в частности, являются технологическим центром, способствующим передовым разработкам в полупроводниковой промышленности. |

план дальнейшего развития стартап-проекта

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | **Наименование мероприятия/объекта/процедуры** | Срок исполнения | Ответственный исполнитель | Результат выполнения |
| **1.Финансы** | | | | |
| 1. | **Получение гранта по программе «Студенческий Стартап»** | 01.01.2024- 31.12.2024 | Агабекова Зурият Андреевна | Получен грант по программе «Студенческий стартап» в объеме 1 млн.руб |
| **2. Бизнес-процессы** | | | | |
| 1 | **Создание юридического лица** | 12.01.2024-  20.02.2024 | Агабекова Зурият Андреевна | Создано МИП с уставным капиталом 10000 руб |
| **3.Кадры** | | | | |
| 1 | **Подбор инженера и бухгалтера** | 21.02.2024-21.03.2024 | Агабекова Зурият Андреевна | Формирование штата организации |
| **4. Клиенты** | | | | |
| 1 | **Поиск и привлечение клиентов**  **CustDev** | 21.03.2024-21.08.2024 | Агабекова Зурият Андреевна | Заключены соглашения с организациями |

**ДОПОЛНИТЕЛЬНО ДЛЯ ПОДАЧИ ЗАЯВКИ**

**НА КОНКУРС СТУДЕНЧЕСКИЙ СТАРТАП ОТ ФСИ**:

(подробнее о подаче заявки на конкурс ФСИ - <https://fasie.ru/programs/programma-studstartup/#documentu> )

|  |  |
| --- | --- |
| Фокусная тематика из перечня ФСИ (<https://fasie.ru/programs/programma-start/fokusnye-tematiki.php> ) | Б4 Промышленность  Б4.01 Аддитивное цифровое производство (3D печать, 3D дизайн, 3D производство) |
| ХАРАКТЕРИСТИКА БУДУЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ  (РЕЗУЛЬТАТ СТАРТАП-ПРОЕКТА) *Плановые оптимальные параметры (на момент выхода предприятия на самоокупаемость):* | |
| Коллектив *(характеристика будущего предприятия)*  *Указывается информация о составе коллектива (т.е. информация по количеству, перечню должностей, квалификации), который Вы представляете на момент выхода предприятия на самоокупаемость. Вероятно, этот состав шире и(или) будет отличаться от состава команды по проекту, но нам важно увидеть, как Вы представляете себе штат созданного*  *предприятия в будущем, при переходе на самоокупаемость* | Закарьяева Мадина Закарьяевна, к.ф.-м.н. старший преподаватель кафедры ФЭ физического факультета  Агабекова Зурият Андреевна студентка 4 курса физического факультета  Мустафаев Эмин Маликович студент 4 курса физического факультета  Рамазанов Курбан Магомедшейхович студент 4 курса физического факультета |
| Техническое оснащение  *Необходимо указать информацию о Вашем представлении о планируемом техническом оснащении предприятия (наличие технических и материальных ресурсов) на момент выхода на самоокупаемость, т.е. о том, как может быть.* | Четыре АРМ с возможностью цифрового проектирования и моделирования технологических процессов;  Помещение для сборки плазменного источника;  Тестирование плазменного источника будет проводиться в инжиниринговом Центре «Цифровые платформы» ДГУ на договорной основе; |
| Партнеры (поставщики, продавцы)  *Указывается информация о Вашем представлении о партнерах/ поставщиках/продавцах на*  *момент выхода предприятия на самоокупаемость, т.е. о том, как может быть.* | Заинтересованные организации:   * Группа компаний МИКРОН * АО НПП КВАНТ * АО «Ангстрем» * ООО «Крокус наноэлектроника» * Институт физических проблем имени П. Л. Капицы РАН |
| Объем реализации продукции (в натуральных единицах)  *Указывается предполагаемый Вами объем реализации продукции на момент выхода*  *предприятия на самоокупаемость, т.е. Ваше представление о том, как может быть*  *осуществлено* | 10 |
| Доходы (в рублях)  *Указывается предполагаемый Вами объем всех доходов (вне зависимости от их источника, например, выручка с продаж и т.д.) предприятия на момент выхода 9 предприятия на самоокупаемость, т.е. Ваше представление о том, как это будет достигнуто.* | 7000000 |
| Расходы (в рублях)  *Указывается предполагаемый Вами объем всех расходов предприятия на момент выхода*  *предприятия на самоокупаемость, т.е. Ваше представление о том, как это будет*  *достигнуто* | 5000000 |
| Планируемый период выхода предприятия на самоокупаемость  *Указывается количество лет после завершения гранта* | 3 года |
| **СУЩЕСТВУЮЩИЙ ЗАДЕЛ,****КОТОРЫЙ МОЖЕТ БЫТЬ ОСНОВОЙ БУДУЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ:** | |
| Коллектив | Закарьяева Мадина Закарьяевна, к.ф.-м.н. старший преподаватель кафедры ФЭ физического факультета  Агабекова Зурият Андреевна студентка 4 курса физического факультета  Мустафаев Эмин Маликович студент 4 курса физического факультета  Рамазанов Курбан Магомедшейхович студент 4 курса физического факультета |
| Техническое оснащение: | Имеется доступ к приборной базе Инжинирингового центра «Цифровые платформы» центра коллективного пользования «Аналитическая спектроскопия» ДГУ:  Для фоторегистрации пространственного распределения оптического излучения используется   * высокоскоростная система фотодетектирования на базе спектрографа изображения SP2358/PI-Max3: 1024i (Princeton Instruments, США); * многофункциональный экспериментальный лазерно-спектрометрического комплекс на базе монохроматора/спектрографа MS 7504i (ООО «Оптосистемы» ЦП ИОФ РАН, Россия; ООО «Плазма», Россия; СП СОЛАР ТИИ, Беларусь; Hamamatsu, Япония; Tectronix inc., США) с цифровой регистрацией оптических спектров с использованием CCD-детектора HS102H-2048/14 (Hamamatsu, Япония) в диапазоне длин волн 200 нм -1100 нм. * Спектрофотометр UV-3600 c интегрирующей сферой LISR-3100 (Shimadzu, Япония) * Многоцелевая исследовательская лаборатория зондовой и лазерной конфокальной микроскопии Ntegra Spectra (ЗАО «НТИ», Россия) |
| Партнеры (поставщики, продавцы) |  |
| ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА  *(на период грантовой поддержки и максимально прогнозируемый срок, но не менее 2-х лет после завершения договора гранта)* | |
| Формирование коллектива: | 2 месяца |
| Функционирование юридического лица: | 5 лет |
| Выполнение работ по разработке продукции с использованием результатов научно-технических и технологических исследований (собственных и/или легитимно полученных или приобретенных), включая информацию о создании MVP и (или) доведению продукции до уровня TRL 31 и обоснование возможности разработки MVP / достижения уровня TRL 3 в рамках реализации договора гранта: | 6 месяцев |
| Выполнение работ по уточнению параметров продукции, «формирование» рынка быта (взаимодействие с потенциальным покупателем, проверка гипотез, анализ информационных источников и т.п.): | 2 месяца  В рамках работ предполагается проведение CustDev, проблемных интервью |
| Организация производства продукции: | 1 год |
| Реализация продукции: | 2 года |
| ФИНАНСОВЫЙ ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ПЛАНИРОВАНИЕ ДОХОДОВ И РАСХОДОВ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОЕКТА | |
| Доходы: | 12000000 |
| Расходы: | 10000000 |
| Источники привлечения ресурсов для развития стартап-проекта после завершения договора гранта и обоснование их выбора (грантовая поддержка Фонда содействия инновациям или других институтов развития, привлечение кредитных средств, венчурных инвестиций и др.): | Грантовая поддержка Фонда содействия инновациям (программа коммерциализация) |
| Перечень планируемых работ с детализацией | |
| Этап 1 (длительность – 2 месяца) | |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Наименование работы** | **Описание работы** | **Стоимость** | **Результат** | | Организационные работы | Создание юридического лица | 200000 | Создано ООО | | |
| Этап 2 (длительность – 10 месяцев) | |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Наименование работы** | **Описание работы** | **Стоимость** | **Результат** | | Разработка и изготовление макета плазменного источника низкоэнергетичных ионов | Разработка численной модели газоразрядной системы для получения плоского плазменного листа низкоэнергетичных ионов на основе ленточных электронных пучков с помощью программы Comsol Multiphysics. | 200000 | Макет источника низкоэнергетичных ионов | | Исследование основных параметров широкоапертурного источника низкоэнергетичных ионов | Экспериментальное и численное исследование оптимальных условий формирования однородного протяженного «плазменного листа» в аргоне, азоте и фторсодержащих средах, исследование плотности и энергии ионов, выходящих из плазменного листа в поперечном направлении. | 400000 | Определение пространственной структуры ионизационных процессов, распределение температурного поля и спектрального состава излучения вдоль плазменного листа в зависимости от амплитуды импульсов напряжения, давления газа | | Создание цифрового двойника рабочего прототипа источника | Создание цифрового двойника рабочего прототипа источника для дальнейшей коммерциализации продукта. | 200000 | Будут исследованы основные характеристики плазменного листа в процессе его формирования | | |
| Поддержка других институтов  инновационного развития | |
| Опыт взаимодействия с другими институтами развития | |
| Платформа НТИ | НТИ TechNet |
| Участвовал ли кто-либо из членов проектной команды в «Акселерационно-образовательных интенсивах по формированию и преакселерации команд»: | В рамках образовательного процесса платформы университетского технологического предпринимательства, прохождение акселерационной программы TechNet ДГУ |
| Участвовал ли кто-либо из членов проектной команды в программах «Диагностика и формирование компетентностного профиля человека / команды»: |  |
| Перечень членов проектной команды, участвовавших в программах Leader ID и АНО «Платформа НТИ»: | Закарьяева Мадина Закарьяевна, к.ф.-м.н. старший преподаватель кафедры ФЭ физического факультета  Агабекова Зурият Андреевна студентка 4 курса физического факультета  Мустафаев Эмин Маликович студент 4 курса физического факультета  Рамазанов Курбан Магомедшейхович студент 4 курса физического факультета |
| **ДОПОЛНИТЕЛЬНО** | |
| **Участие в программе «Стартап как диплом»** | Планируется участие в программе «Стартап как диплом» при выполнении членами команды своих магистерских диссертаций |
| **Участие в образовательных программах повышения предпринимательской компетентности и наличие достижений в конкурсах АНО «Россия – страна возможностей»:** |  |
| Для исполнителей по программе УМНИК | |
| Номер контракта и тема проекта по программе «УМНИК» |  |
| Роль лидера по программе «УМНИК» в заявке по программе «Студенческий стартап» |  |

Календарный план

***Календарный план проекта:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № этапа | **Название этапа календарного плана** | **Длительность этапа, мес** | **Стоимость, руб.** |
| 1 | Создание юридического лица | 2 | 200000 |
| 2 | Разработка численной модели газоразрядной системы | 2 | 200000 |
| 3 | Экспериментальное и численное исследование оптимальных условий формирования плазменного листа как источника низкоэнергетичных ионов | 3 | 400000 |
| 4 | Создание прототипа | 2 | 200000 |