

## Резюме проекта, выполненного

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 5/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.574.21.0074

Тема: «Разработка технологии получения полислоистых структур на основе синтетического монокристалла алмаза с наноразмерными функциональными областями различной проводимости для создания быстродействующих силовых высоковольтных диодов Шоттки с повышенной стойкостью к внешним воздействующим факторам»

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика (ЭЭ)

Критическая технология: Базовые технологии силовой электротехники

Период выполнения: 27.06.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 34.00 млн. руб.

Бюджетные средства 25.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 9.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "Позитив"

Ключевые слова: СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ, СИНТЕТИЧЕСКИЕ МОНОКРИСТАЛЛЫ АЛМАЗА, ДИОД ШОТТКИ, ЛЕГИРОВАНИЕ, ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ, ЗАЩИТНАЯ СТРУКТУРА

## 1. Цель проекта

Цель проекта - создание полислоистых структур из синтетического монокристалла алмаза с наноразмерными функциональными областями, отличающимися типом проводимости, для изготовления алмазных диодов Шоттки нового поколения на обратное напряжение до 1500 В и средний прямой ток до 5 А, обеспечивающие снижение прямого падения напряжения и работоспособность в расширенном диапазоне температур вплоть до 250 °С. После окончания проекта планируется проведение ОКР по теме: «Разработка и освоение производства нового поколения быстродействующих силовых высоковольтных диодов Шоттки на основе синтетического монокристалла алмаза», в ходе которой будут созданы опытные образцы диодов Шоттки нового поколения на основе синтетического алмаза

## 2. Основные результаты проекта

Проведен аналитический обзор информационных источников и сравнительная оценка вариантов возможных решений. Осуществлен выбор направления исследований для решения проблемы на основе анализа современного состояния. Проведены патентные исследования. Разработана физико-математическая модель функционирования алмазного диода Шоттки (АДШ) с учетом особенностей зонной структуры синтетического алмаза. Изготовлены монокристаллические подложки из синтетических монокристаллов алмаза типа IIa и IIb для проведения дальнейших исследований. В результате компьютерного моделирования рассчитаны оптимизированные конфигурации структур АДШ. Разработан ряд лабораторных методик и регламентов на отдельные операции создания АДШ. Проведены исследовательские испытания отдельных элементов конструкции АДШ по разработанным методикам испытаний. Разработана технологическая документация на АДШ. Разработана программа и методики исследовательских испытаний АДШ, проверены испытания. Проведен анализ причин возможных отказов и несоответствия характеристик АДШ требуемым параметрам. Проведена корректировка технологической документации на АДШ. Разработано технико-экономическое обоснование организации производства АДШ. Разработана методика корпусирования АДШ.

Созданные алмазные диоды Шоттки

а) демонстрируют работоспособность образцов в диапазоне температур перехода от минус 60 °С до 250 °С.

б) обладают следующими предельными характеристиками при температуре 25 °С:

- максимальное обратное напряжение не менее 1500 В и максимальный прямой ток не менее 5 А;

- в) значения электрических параметров образцов диодов при температуре 25 °С
- постоянный обратный ток при обратном напряжении 1500 В, не более 100 мкА
- постоянное прямое напряжение при прямом токе 5 А, не более 4 В.

### 3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Секрет производства (ноу-хау) "Лабораторная методика имплантации примеси фосфора и последующего отжига радиационных дефектов для формирования наноразмерных областей n-типа проводимости в алмазе" (НУМК.432245.104 ЛМ), приказ о введении режима коммерческой тайны на основе конфиденциальности №79-о от 17.12.2015 г.  
Изобретение заявка №2016151512 от 27.12.2016 "Способ получения легированного монокристалла алмаза"  
Полезная модель заявка №2016151509 от 27.12.2016 "Алмазный диод с барьером Шоттки"

### 4. Назначение и область применения результатов проекта

В первую очередь, разрабатываемые АДШ предназначены для использования в высокоэффективных источниках вторичного электропитания. Алмаз имеет самое высокое электрическое поле пробоя среди таких полупроводников. Дополнительный выигрыш приборам на основе синтетического алмаза дает возможность работы при температуре кристалла 250°С и выше. В настоящее время такие источники представляют интерес для промышленности, медицины, космической техники и техники специального назначения, требующих высокой радиационной стойкости элементов.

### 5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Внедрение результатов проекта позволит создать новый класс полупроводниковых приборов с улучшенными электрическими и температурными характеристиками, способными работать в аппаратуре для экстремальных условий эксплуатации. Разработка нового поколения алмазных приборов с улучшенными характеристиками позволит существенно расширить область возможных применений алмазных диодов Шоттки. В то же время, в отличие от карбида кремния, где отечественные разработки не могут в полной мере конкурировать с изделиями зарубежных фирм, в области разработки и создания алмазных полупроводниковых приборов Россия сможет иметь приоритет.

### 6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Проект выполняется при поддержке Индустриального партнера ООО «Позитив». По окончании проекта планируется совместное проведение ОКР: «Разработка и освоение производства нового поколения быстродействующих АДШ на основе синтетического монокристалла алмаза», в ходе которой будет разработана ТД и освоено производство второго поколения АДШ. Разработан проект технического задания на проведение ОКР и ТЭО организации производства диодов.

### 7. Наличие соисполнителей

нет

федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов"

\_\_\_\_\_  
Директор  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
Бланк В.Д.  
(фамилия, имя, отчество)

### Руководитель работ по проекту

\_\_\_\_\_  
старший научный сотрудник  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
Бормашов В.С.  
(фамилия, имя, отчество)

М.П.