

Отчет по работе СКБ «Синтез наноматериалов» за 2022 год

ФИО члена СКБ	Факультет, направление подготовки, курс, группа
Руководитель	
Казakov Валерий Алексеевич	доцент кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Члены СКБ	
Смирнов Александр Вячелавович	инженер, учебный мастер кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Кокшина Анна Владимировна	ассистент кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Разина Алиса Геннадьевна	доцент кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Васильев Алексей Иванович	инженер ООО «Хевел»
Васильева Ольга Васильевна	старший преподаватель кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Столбов Даниил Олегович	выпускник гр. 21-17 ФПМФИТ
Ануфриева Дарья Александровна	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Миронов Олег Владиславович	мастер-технолог ООО «Хевел»
Петров Дмитрий Владимирович	аспирант, мастер-технолог ООО «Хевел»
Анисимов Никита Андреевич	аспирант, инженер АО «ЭЛАРА»
Тюнтеров Евгений Сергеевич	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Лисин Сергей	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Артемьев Сергей	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Тюнтеров Евгений Сергеевич	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Кочергин Артем	аспирант ФТИ им. А.Ф. Иоффе, сотрудник НТЦ, выпускник
Данилов Евгений	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий
Иванов Алексей Владимирович	выпускник гр. ФММ-01-16/2, руководитель частного образовательного центра
Борзенкова Юлия Владимировна	выпускник гр. ФММ-01-16/2 (выпускник), учитель МБОУ «Кугесьский лицей»

Герасимов Александр Михайлович	выпускник гр. ФММ-01-16/2 (выпускник)
Царева Екатерина Руслановна	аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий, инженер АО «ЭЛАРА»
Платонов Павел Сергеевич	магистрант ФММ-01-20_3
Кудряшова Антонина	студент ФМ-21-19
Гимбатова Дарья Евгеньевна	студент ФМ-21-19
Школьники	
Станислав Тунгулов	СОШ №61 г. Чебоксары
Михаил Кадилов	СОШ №61 г. Чебоксары
Ефимова Анна Львова	Лицей №2 г. Чебоксары
Аюжакова Александра	Лицей №2 г. Чебоксары
Устимов Даниил Викторович	СОШ №61 г. Чебоксары
Попов Антон Павлович	СОШ №62 г. Чебоксары
Феденева Анна	МБОУ «Лицей №44»
Цветков Севастьян	МБОУ «Лицей №2»

Полученные научно-технические результаты

В 2022 году продолжили исследования по следующим темам (с перечислением достигнутых результатов):

I. «Синтез и исследование пленочной системы оксида меди с ЛЦУ» для газовой сенсорики

- 1) Образец одновалентного оксида меди имел больший процент пропускания в видимой области спектра, чем образец оксида меди (II)
- 2) Образцы с нанесенной пленкой ЛЦУ 1000 Å толщиной имели почти одинаковый процент пропускания на всем исследуемом спектре.
- 3) Оптическая ширина запрещенной зоны образца CuO составила приблизительно 2,02 эВ, для образца Cu₂O – 2,35 эВ.
- 4) Оптическая ширина запрещенной зоны образцов CuO+ ЛЦУ 1000 Å и Cu₂O имела значения 2,16 и 2,45 эВ соответственно.
- 5) Проанализированы РФЭ-спектры пленок Cu+ЛЦУ после термической обработки.

Исследования электрофизических свойств показали:

- 1) Сопротивление всех образцов уменьшается с повышением температуры, что характерно для полупроводников. Также образцы с пленкой ЛЦУ имели меньшее сопротивление.
- 2) Образцы оксида меди (I) и (II) на кремниевой подложке являются светочувствительными.
- 3) Образец CuO+ ЛЦУ 1000 Å обладал большей светочувствительностью, чем образец без пленки ЛЦУ, в то время как образец одновалентного оксида меди с нанесением пленки ЛЦУ вовсе утратил светочувствительность.

Отметим, что на данном этапе работы, по полученным измерениям можно сделать промежуточные выводы: пленки оксида меди и пленки меди с ЛЦУ, который обладают килоомными сопротивлениями, и степень легированности $2E_a/E_g = 0,15-0,2$, не обладали реакционной способностью, для измеренных образцов пленок оксида меди и пленок оксида меди с ЛЦУ обладающими сопротивлениями 5-20 МоМ, степенью легированности 0,3-0,45 обладали хорошей чувствительностью.

II. «Цифровая экономика: фундаментальные и прикладные исследования работы солнечных электростанций»:

В рамках развития цифровой экономики разработаны методы и технологии фундаментальных и прикладных исследований работы СЭ. Созданы многофакторные модели работы СЭ и различные модели прогнозирования работы СЭ в зависимости от метеоусловий. Совокупность их можно рассматривать как базу знаний работы СЭ. Она может быть полезна не только для проведения фундаментальных исследований закономерностей работы СЭ и непосредственного прогнозирования работы СЭ в зависимости от метеоусловий на определенный период времени вперед, но и для районирования территории РФ с точки зрения перспективности развития солнечной энергетики и технико-экономического обоснования строительства СЭ [10, 11]. При этом речь идет не о стандартном районировании территории РФ с точки зрения уровня солнечной радиации, а районировании с точки зрения плотности мощности СЭ и коэффициента преобразования (трансформации) солнечной энергии в электрическую.

III. «Разработка оптимальной рецептуры производственного процесса при изготовлении солнечных модулей с помощью набора инструментария искусственных нейронных сетей»:

Данные модели основаны на экспериментальных данных, полученные при производстве фотоэлектрических преобразователей (ячеек) на заводе ООО Хевел по технологии HJT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) – осаждение на кристаллический кремний. Так как максимальная эффективность ячеек при производстве по данной технологии находится в диапазоне от 20,8 до 27,6%, подбор оптимальных параметров режима производства является важной задачей. Основными параметрами, характеризующими ФЭП, являются мощность ячеек, эффективность, а также фил-фактор (FF).

Цель работы: получить нейромодели, позволяющие проводить прогнозирование характеристик фотоэлектрических преобразователей на основе кремния в зависимости от производственных условий с целью повышения КПД солнечных элементов. Входные параметры являются толщины кристаллического и толщины слоев аморфного кремния, давление газов (аргон, силан) в процессе магнетронного распыления в вакуумных камерах, электрическое сопротивление контактной сетки, выходные – мощность, КПД, ff-фактор.

IV Разработка концепции генома углеродных наноматериалов для ускоренного синтеза перспективных гибридных функциональных материалов с программируемыми свойствами: управляемый синтез, экспериментальное исследование и моделирование с помощью методов науки о данных

Фундаментальная научная задача Проекта - экспериментальное и теоретическое исследование гибридных наноструктур на основе пленки линейно-цепочечного углерода

(sp¹-состояние) (ПЛЦУ) с внедренными атомами (кластерами атомов) различных элементов, принадлежащих различным группам (подгруппам) и периодам периодической таблицы Менделеева и создание, на этой основе, новой научной концепции - «Геном углеродных наноструктур», позволяющей выполнять ускоренное проектирование и последующий синтез перспективных наноструктур и наноматериалов разнообразного функционального назначения с программируемыми физико-химическими свойствами.

Готовится:

- аналитический обзор литературы по теме проекта;
- новые технологии и инструментарий синтеза гибридных наноструктур на основе пленок линейно-цепочечного углерода (ПЛЦУ);
- комплекс новых гибридных наноструктур на основе пленок линейно-цепочечного углерода (ПЛЦУ) с различными электрофизическими, оптическими, структурными, топографическими характеристиками, биологическими и химическими свойствами, которые могут служить основой для разработки перспективных наноматериалов разнообразного функционального назначения;
- результаты экспериментального исследования новых гибридных наноструктур на основе пленок линейно-цепочечного углерода (ПЛЦУ) с помощью комплекса современных методов: характеристики и свойства новых гибридных наноструктур;
- совокупность новых многофакторных вычислительных моделей характеристик, свойств и технологий синтеза гибридных наноструктур, зависимости характеристик и свойств от параметров технологий синтеза и характеристик атомов внедренных в ПЛЦУ, результаты решения прямых и обратных задач эксперимента.

Исполнители: инженер Смирнов А.В., инженер Васильев А.И., ст. преп. Кокшина А.В., доц. Казаков В.А., доц. Разина А.Г., аспирант Ануфриева Д.А., аспирант Царева Е.Р., магистрант Платонов П.С.

V Разработка инновационной системы дистанционного контроля давления в автомобильных шинах с применением вакуумно-плазменного напыления пленочных элементов колебательного контура

В настоящее время отсутствуют недорогие и надежные системы контроля рабочего давления в колесах тракторно-транспортных систем.

Известная TPMS (" tyre pressure monitoring system) с использованием датчиков давления, снабженных измерителем давления оснащена сложной электроникой (микроконтроллером, электронной схемой преобразования сигнала, микромоощным радиопередатчиком и приемником, элементами электропитания). Существующая система косвенного измерения с использованием сигналов ABS относительно дешевая, но не точная и не оперативная.

Проведятся исследования, как теоретические, так и экспериментальные работы по ионно-плазменному / терморезистивному/катодному нанесению токопроводящих элементов вакуумным напылением материалов (Ag, Cu) и углеродных пленок на гибкую полимерную пленку (подложку); отработана технология создания пленочного датчика давления, состоящего из пленочных элементов индуктивности и емкости пассивного колебательного контура. Выходной сигнал – резонансная частота, калибруемая в значения давления (Па, бар) в шинах. Автору проекта неизвестны примеры изготовления гибких переменных емкостей, величина которых зависила бы от внешнего давления.

Ожидается, что разрабатываемая автоматизированная система контроля давления в автомобильных шинах (легковых, грузовых, сельскохозяйственной техники) по своим характеристикам будет отличаться оперативностью, точностью, надежностью, экономически целесообразностью.

Участие членов СКБ «Синтез наноматериалов» в российских и международных мероприятиях научно-технической направленности

- 24-я всероссийская молодежная конференция по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике!

- Международная 56-й научная студенческая конференция по гуманитарным, естественным и техническим наукам

- XXIV межрегиональная конференция-фестиваль научного творчества учащейся молодежи «Юность Большой Волги»

- Всероссийский конкурс-конференция молодых физиков Московского физического общества

- Международный конкурс РФФИ БРИКС_т совместно с National Synchrotron Radiation Laboratory (NSRL) at University of Science and Technology of China

- Конкурсы Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК»

- Молодежная премия в области науки и инноваций НИТУ «МИСиС»

- Участие в работе совета молодых ученых специалистов ЧР

- Участие в экспертном совета портала «Наука и образование ON-LINE»

- Участие в научной школе «Математическое моделирование наноматериалов»

Научно-технологического университета «Сириус»

- Призовые места XXII Международной конференции научно-технических работ школьников «Старт в Науку, Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор», всероссийском фестивале творческих открытий и инициатив для учащихся (конкурсе научно-исследовательских работ) «Леонардо», школьных научно-практических конференций

- Всероссийский фестиваль студентов и молодежи «Человек. Гражданин. Ученый»

Основные публикации:

В. А. Казаков, А. В. Кокшина, А. Г. Разина, А. И. Васильев, О. В. Васильева, С. И. Ксенофонтов. Влияние процедуры нагрева и температуры отжига на спектр пропускания пленок sp^1 -углерода, синтезированных ионно-плазменным методом / В. А. Казаков, А. В. Кокшина, А. Г. Разина [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2022. – Т. 89. – № 3. – С. 419-424. – DOI 10.47612/0514-7506-2022-89-3-419-424

В.А. Казаков, А.В. Смирнов, А.В. Кокшина, Е.С. Тюнтеров, В.С. Абриков, Д.А. Ануфриева. Синтез и исследование оптических свойств гибридных металлоуглеродных систем: пленок линейно-цепочечного углерода, легированных серебром. НАНОИНДУСТРИЯ. 2022. Т. 15, № 3–4. С. 186–194. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.3-4.186.194>

Е. С. Тюнтеров, А. В. Смирнов, В. А. Казаков, Г. М. Сорокин «Исследование свойств тонкопленочной системы на основе оксида олова с однослойными углеродными нанотрубками», Физическое образование в ВУЗах, №1, 2022

Абриков В.С., Коннова К.А., Егоров Е.Н., Ануфриева Д.А., Кольцов Н.И. // Нейросетевой калькулятор характеристик резины с улучшенными свойствами. Химия в интересах устойчивого развития. 2022

2 публикации в редакции журнала «Наноиндустрия»

Полученные гранты при участии членов СКБ «Синтез наноматериалов» за 2022 г.и заявки на гранты

1. Продолжение исследований по Гранту РФФИ СТ_а?? «Разработка концепции генома углеродных наноматериалов для ускоренного синтеза перспективных гибридных функциональных материалов с программируемыми свойствами: управляемый синтез, экспериментальное исследование и моделирование с помощью методов науки о данных» (Казаков В.А., Смирнов А.В., Кокшина А.В., Платонов П.С.).
2. Продолжение исследований гранта по программе, проект «Разработка технологии создания энергоэффективных газовых сенсоров спиртов» (Платонов П.С., Смирнов А.В.)
3. Заявки на внутривозовские гранты по молодежным стартапам ЧГУ
(Анисимов Н.А., Тюнтеров Е.С., Царева Е.Р., Петров Д.В. Смирнов А.В.)
4. Заявки на стипендиальную программу фонда Г.Комиссарова «Молодые ученые 2.0» (Тюнтеров Е.С., Анисимов Н.А., Царева Е.Р., Петров Д.В., Васильева О.В.)
5. Заявка на грант в Российский научный фонд с проектом «Геном высокоэнергетических материалов (Ануфриева Д.А., Смирнов А.В.)
6. Заявка на грант в Российский научный фонд с проектом «Геном гибридных углеродных наноматериалов» (Смирнов А.В., Разина А.Г., Казаков В.А, Ануфриева Д.А.)
7. Заявка на грант в Российский научный фонд с проектом «Геном гибридных углеродных наноматериалов» (Смирнов А.В., Разина А.Г., Казаков В.А, Ануфриева Д.А., др.)
8. Заявка на грант в Российский научный фонд с проектом «Разработка системы дистанционного контроля давления в автомобильных шинах» (Казаков В.А, Смирнов А.В., др.)

Опыт взаимодействия с административными и коммерческими структурами:

СКБ «Синтез наноматериалов» на протяжении 2017 по настоящее время взаимодействует с Федеральным центром травматологии, ортопедии и эндопротезирования по линии создания углеродных нанопокровов для медицинских имплантов и изделий.

Получен патент РФ на изобретение №2697855 зарегистрирован 21.08.2019г. в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

Изобретение «Способ нанесения покрытия на устройства и инструменты для остеосинтеза, ортопедические имплантаты из металла» явилось итогом мультицентрового клинического исследования, начатого еще в 2017 году тремя организациями – центрами травматологии и ортопедии в г. Чебоксары и г. Смоленск в содружестве с ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

В области создания интеллектуального анализа данных (нейросетевые модели) в технологическом процессе изготовления гетероструктурных солнечных модулей по технологии НТТ члены СКБ «Синтез наноматериалов» тесно сотрудничают с представителями ООО «Хевел» (г. Новочебоксарск).

Примечание: «Хевел» производит высокоэффективные фотоэлектрические ячейки, одно- и двусторонние солнечные модули мощностью до 380 Вт. Солнечные ячейки и модули изготавливаются по гетероструктурной технологии, которая объединила в себе преимущества тонкопленочной и кристаллической технологии, обеспечивая высокий уровень КПД солнечной ячейки (до 23,5%), входящий в ТОП-5 в мире по энергоэффективности.

В области разработки энергоэффективных газовых сенсоров на основе металлоксид-углеродных наноструктур СКБ «Синтез наноматериалов» взаимодействует с Центром коллективного пользования МГУ им. М.В. Ломоносова (Технологии получения новых наноструктурированных материалов и их комплексное исследование) и лабораториями ФТИ им. А.Ф. Иоффе

??Разработка генома углеродных наноматериалов по Международному гранту РФФИ-TUBITAK совместно с коллегами из Турции - лаборатории перспективных исследований Департамента Физики Билкентского университета, г. Анкара (Advanced Research Laboratories (ARL), Department of Physics, Bilkent University).

Физический факультет Белорусского государственного университета (на стадии формулировки конкретной повестки сотрудничества).

Научный руководитель

В.А. Казаков

«___» _____ 2022 г.