



ЦЕНТР ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ
Платформа открытых инноваций

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ТОМ 2

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научно-исследовательская и инновационная деятельность НИТУ МИСИС направлена на решение широкого круга задач современной энергетики, обеспечивающих в том числе:

- Повышение эффективности и экологичности технологий традиционной энергогенерации;
- Создание новых материалов для сетей передачи энергии;
- Разработку материалов и технологий альтернативной энергетики, включая солнечную и водородную.

В сборнике приведены отдельные результаты, иллюстрирующие проводимые работы в интересах развития энергетического комплекса страны. Глубокие компетенции научных групп НИТУ МИСИС в области материаловедения, горного дела, металлургии, определяющие лидирующие позиции университета в стране и в мире, практический опыт внедрения этих решений в промышленности позволяют ученым университета эффективно применять свои знания для решения задач современной энергетики.

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

1.	Проводниковый термостойкий наноструктурный алюминиевый сплав системы Al-Ca-Mn-Zr, получаемый литьем в электромагнитный кристаллизатор	4
2.	Гидридообразующий сплав на основе TiFe для обратимого хранения водорода	5
3.	Новые алюминиевые термически стабильные проводники системы Al-PЗМ-Fe-Si	6
4.	Вольфрам-медные композиционные материалы	7
5.	Технология производства литых крупногабаритных лопаток из жаропрочных сплавов для газотурбинного двигателя	8
6.	Масштабирование перовскитной фотовольтаики для утилитарного использования	9
7.	Автономные термоэлектрические источники электрической энергии	10
8.	Термоэлектрический материал для зеленой энергетики	11

УСТРОЙСТВА И СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ

9.	Однокомпонентный цифровой ГМИ-магнитометр	12
10.	Водородный интегрально-оптический сенсор	13
11.	Наноразмерный сенсор электрического потенциала на полевом эффекте	14
12.	Суперконденсатор на базе материалов из хлопковых отходов	15
13.	Суперконденсаторы с электродным материалом на основе композита углеродная ткань-полианилин	16

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

1. ПРОВОДНИКОВЫЙ ТЕРМОСТОЙКИЙ НАНОСТРУКТУРНЫЙ АЛЮМИНИЕВЫЙ СПЛАВ СИСТЕМЫ AL-SA-MN-ZR, ПОЛУЧАЕМЫЙ ЛИТЬЕМ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР

Назначение:

Предназначен для производства кабельно-проводниковой продукции, выполненной из алюминия, в качестве токопроводящего элемента кабеля/провода

Новизна:

- Создан новый проводниковый материал на основе алюминия, допускающий экономное легирование и содержание примесных элементов, без потери в эксплуатационных свойствах конечной продукции, в частности, пропускной способности, и обеспечивающий повышенные термостойкость и пластичность
- Оптимизирован фазовый состав проводникового сплава, содержащего элемент, имеющий высокую растворимость в матричной фазе и резко снижающий основное свойство проводникового материала - удельную электропроводность

Преимущества:

- Предлагаемый материал на основе алюминия обеспечивает повышенную пропускную способность за счет достижения высокого комплекса физико-механических свойств: удельной электропроводности, термостойкости, пластичности, позволяющего изготавливать из нового материала тонкую проволоку
- Фазовый состав сплава и технология его получения организованы таким образом, что позволяют обеспечить уровень электропроводности AT2 и AT4 по ГОСТ Р МЭК 62004-2014, превышая требование по термостойкости к материалу AT4 (1-часовой отжиг 400 °C), уступая при этом по прочности на ~ 20 МПа (сплав AT4), но выигрывая в пластичности практически в 20 раз

Уровень разработки технологии: TRL5

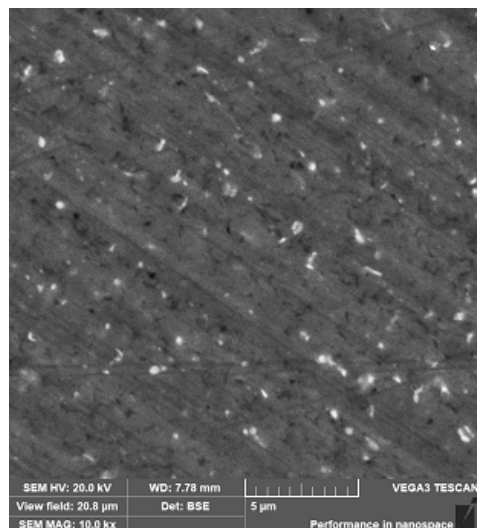


Рис. Микроструктура проволоки $\varnothing$ 2.5 мм после отжига; увеличение $\times 10\,000$, СЭМ, BSE

Характеристики для проволоки диаметром 2,5 мм после проведения операции термической обработки:

Режим 1:

Удельная электропроводность: 33,98 МСм/м;

Удельное электросопротивление: 29,43 мОм·мм/м;

Предел прочности: 140 МПа;

Относительное удлинение: 21,5 %;

Термостойкость: до 450 °C включительно.

2. ГИДРИДООБРАЗУЮЩИЙ СПЛАВ НА ОСНОВЕ TiFe ДЛЯ ОБРАТИМОГО ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Назначение:

В перспективе сплав способен расширить сферу применения газа для транспорта и автономных источников питания, применим в стационарных системах хранения водорода для энергетики, в установках резервного электро-снабжения, в автономных энергетических комплексах

Новизна:

- Сплав, который способен поглощать и высвобождать водород при комнатной температуре, сохраняя стабильные характеристики при многократных циклах работы
- Сплав изготавливается из доступных компонентов с использованием дуговой или индукционной плавки в инертной атмосфере
- К составу интерметаллического сплава титана и железа добавлен хром и сера. Первая добавка позволяет снизить рабочие давления поглощения и выделения водорода, а вторая модифицирует поверхностный оксидный слой, делая его более проницаемым для водорода. В результате материал начинает эффективно взаимодействовать с водородом без предварительной активации
- Сплав начинает поглощать водород сразу, при комнатной температуре и сравнительно низком давлении, всего 1,6-3 атм — это в 20-40 раз ниже, чем для обычного сплава TiFe

Преимущества:

- Новый материал решает одну из ключевых задач альтернативной энергетики — безопасное, эффективное и недорогое хранение водорода
- В составе отсутствуют дорогие редкоземельные элементы, такие как лантан, ванадий или церий, которые часто используются в аналогичных материалах
- Стабильность: сплав сохраняет свои свойства при многократных циклах поглощения и выделения водорода
- Экологический плюс в том, что сера вводится не в чистом виде, а в составе дешёвого сульфида железа, который безопаснее чистой серы



Уровень разработки технологии: TRL4

Номер патента (заявки на патент) или номер ноу-хау: Патент 2840528

3. НОВЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ТЕРМИЧЕСКИ СТАБИЛЬНЫЕ ПРОВОДНИКИ СИСТЕМЫ AL-P3M-FE-SI

Назначение:

Проводники для авто-, авиа- и ж/д транспорта и строительства. Для изготовления электрической проводки, для контактной биметаллической пары в рельсах

Новизна:

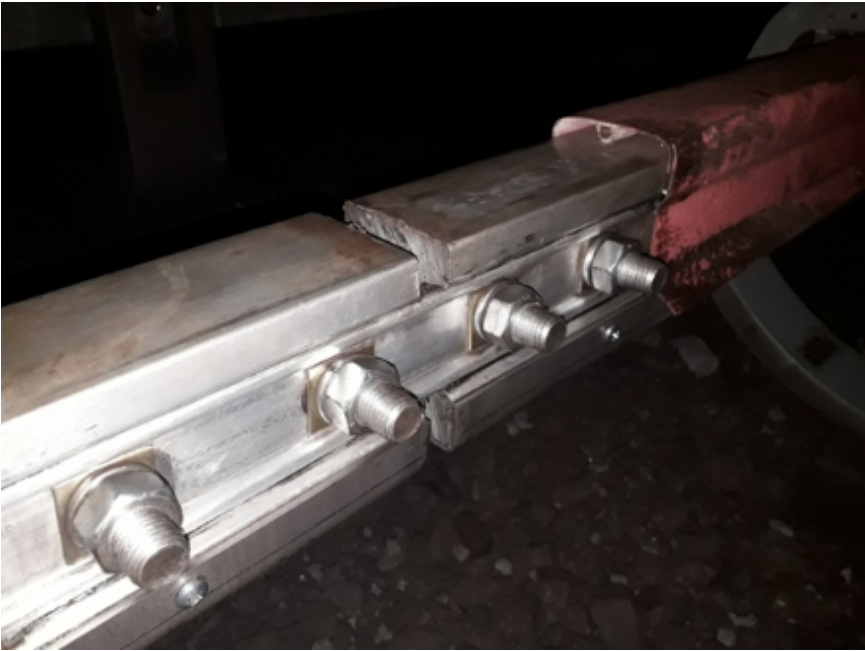
- Новые сплавы содержат в качестве малых добавок дисперсоидообразующие элементы иттрий, эрбий, иттербий или гадолиний, что совместно с цирконием обеспечивает высокую прочность после деформации и отжига
- Примеси железа и, особенно, кремния не являются вредными – не снижают электропроводность
- Разработанная термдеформационная обработка и составы Al-P3M-Fe-Si обеспечивают предел текучести 176-196 МПа, предел прочности 191-210 МПа, относительное удлинение 10-16% и электропроводность 55,7-56,5%IACS

Преимущества:

- Легкие, прочные, термически стабильные, дешевые сплавы без использования дорогостоящего скандия
- Могут быть выплавлены на самом дешевом техническом алюминии марки А0
- Сплавы демонстрируют высокую термическую стабильность до 100 часов при 300°C и до 10 часов при 360°C

Уровень разработки технологии: TRL4

Номер патента: Заявка на патент на стадии подготовки



4. ВОЛЬФРАМ-МЕДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Назначение:

Для применений в атомной энергетике в теплонагруженных компонентах, обращенных к плазме

Новизна:

- Впервые применена гироид-технология для создания вольфрамовой матрицы
- Использованы гибридные аддитивные технологии печати с инфильтрацией меди для получения композита
- Получен материал с улучшенной прочностью за счет вольфрама и превосходными качествами теплоотвода за счет добавления меди

Преимущества:

- Высокая эффективность теплоотвода
- Повышенная термоциклическая стойкость
- Улучшенная пластичность и трещиностойкость
- Контролируемая микроструктура и состав

Уровень разработки технологии: TRL5

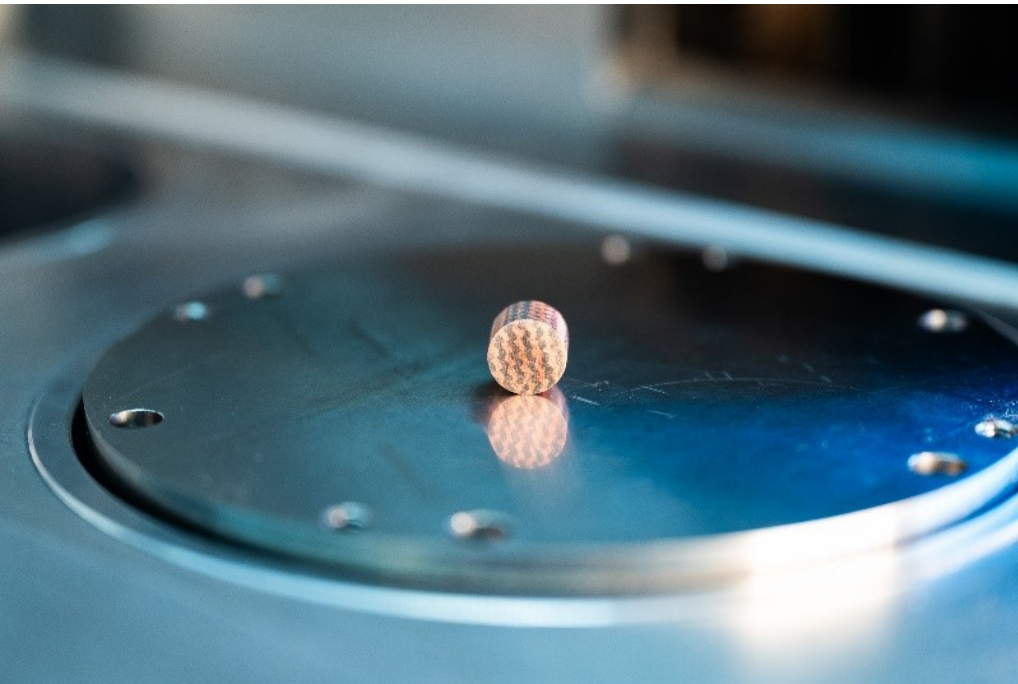


Рис. Вольфрам-медный композиционный образец

5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЛОПАТОК ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Назначение:

Серийное производство крупногабаритных лопаток из жаропрочных никелевых сплавов для газотурбинных энергетических установок большой мощности, и в частности ГТЭ-170

Новизна:

Впервые в России на базе ООО «Технологии точного литья» реализована технология, обеспечивающая серийное производство крупногабаритных литых лопаток из жаропрочных никелевых сплавов с размером 780 мм и более, для отечественных газотурбинных энергетических установок большой мощности, и в частности ГТЭ-170

Преимущества:

Импортозамещение, возможность серийное производить в России крупногабаритные лопатки газотурбинных энергетических установок большой мощности

Внедрение: ООО «Технологии точного литья»

Уровень разработки технологии: TRL9

Номер патента: Заявка на патент 2023128455



Рис. Направляющая лопатка 4 ступени газотурбинной энергетической установки ГТЭ-170

6. МАСШТАБИРОВАНИЕ ПЕРОВСКИТНОЙ ФОТОВОЛЬТАИКИ ДЛЯ УТИЛИТАРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Назначение:

Технология Building Integrated Photovoltaics подразумевает встраивание солнечных модулей в конструкцию здания: фасады, крыши, окна, балконные ограждения

Новизна:

- Возможно получать электроэнергию прямо с поверхности здания, снижать его энергопотребление и при этом сохранять эстетический облик и естественную освещённость помещений
- В основе технологии лежат тонкие перовскитные плёнки толщиной менее одного микрона, нанесённые методом печати на стеклянную подложку
- Ключевой инновацией стало использование прозрачных многослойных электродов с добавлением палладия, устойчивых к окислению
- Инновационные полупрозрачные панели сочетают высокую прозрачность более 30% с эффективным преобразованием солнечного излучения в электроэнергию
- Уникальные свойства перовскитов позволяют преобразовывать солнечную энергию при облачной погоде и низкой освещённости
- Каждый квадратный метр панели способен вырабатывать до 150 Вт электроэнергии, превращая стеклянные поверхности в активные элементы энергосистемы здания

Преимущества:

- Нанесение тонкого слоя палладия практически не влияет на себестоимость технологии, но значительно повышает ее устойчивость к влаге, воздуху и перепадам температур
- Возможность одновременного выполнения трёх функций: генерации электроэнергии, естественного освещения помещений и отражения теплового излучения
- Возможность компенсировать от 15 до 40% энергозатрат зданий со стеклянными фасадами и панорамными окнами

Внедрение: При активном взаимодействии с Центром палладиевых технологий ПАО ГМК «Норникель»

Уровень разработки технологии: TRL7

Патент РФ № 2814810 «Способ получения фотоэлектрических преобразователей энергии на основе перовскитов»
 Заявка на патент № 2025506779 от 11.12.2025 «Перовскитный солнечный модуль»



Рис. Масштабируемые полупрозрачные солнечные модули из перовскитов

7. АВТОНОМНЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Назначение:

Для термоэлектрического генератора

Новизна:

- Повышение термоэлектрической эффективности за счет комплексной оптимизации термоэлектрического материала
- Увеличение термоэлектрической добротности материала
- Создание многосекционных термоэлементов
- Усовершенствование технологии сборки термоэлемента
- Создание новых материалов антимонидов магния:

Расчетные значения при 550 K:

$n\text{-Mg}_3\text{Sb}_2$ и $ZT = 2.5$

$p\text{-MgAgSb}$: $ZT = 2.3$

Преимущества:

Возможность повышения КПД термоэлектрического генератора на 10-20 %

Уровень разработки технологии: TRL4

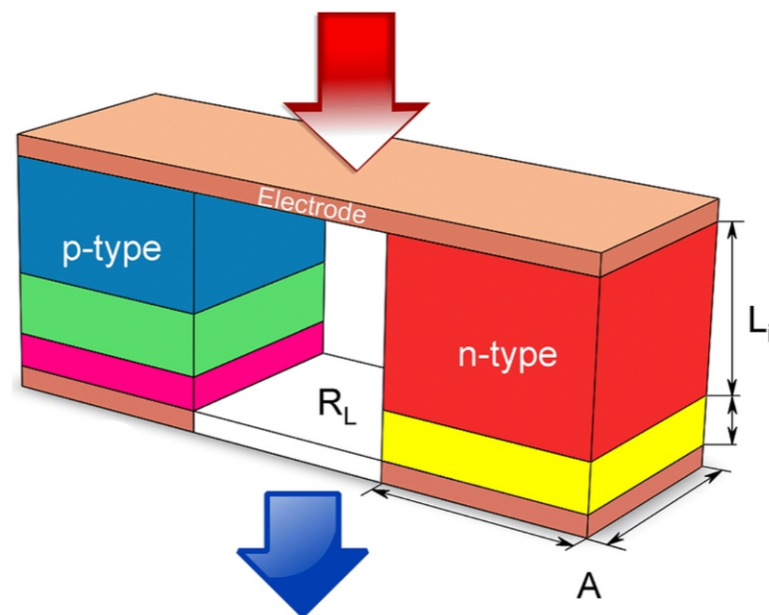


Рис. Конструкции термоэлемента

8. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗЕЛеной ЭНЕРГЕТИКИ

Назначение:

Для преобразования промышленного тепла в электричество

Новизна:

- Материалы, созданные на основе перовскита манганита кальция с добавлением марокита, демонстрируют улучшенные термоэлектрические свойства при повышенных температурах, это превосходит известные аналоги
- Такие характеристики достигаются благодаря контролируемой пористости (10–22%) и оптимизированной структуре, которая оказывает значительное влияние на проводимость тепла и электричества
- Метод, включающий молекулярное смешение химических веществ, где ионы равномерно распределяются в растворе, создавая основу для однородного материала. Затем жидкость превращают в аэрозоль, капли которого попадают в горячую зону реактора. Там происходит их локальное горение
- Этот метод повышает энергоэффективность производственных процессов и минимизирует воздействие на окружающую среду

Преимущества:

- Достижение рекордной эффективности преобразования тепла в электричество для чистого перовскита манганита кальция, благодаря уникальной комбинации пористости, фазового состава и равномерности структуры
- Метод исключает длительное высокотемпературное обжигание, используемое в традиционных подходах, что делает его более энергоэффективным и простым для масштабирования

Уровень разработки технологии: TRL4



Рис. Термоэлектрический материал для зеленой энергетики

УСТРОЙСТВА И СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ

9. ОДНОКОМПОНЕНТНЫЙ ЦИФРОВОЙ ГМИ-МАГНИТОМЕТР

Назначение:

Цифровой ГМИ-магнитометр предназначен для измерения и цифровой индикации одной компоненты магнитной индукции магнитного поля Земли и магнитных полей намагниченных объектов, в медицине - магнитоэкранирующие камеры

Новизна:

Использование магниточувствительных элементов на основе покрытых стеклянной оболочкой аморфных ферро-магнитных микропроводов (АФМ), в которых наблюдается недиагональный ГМИ-эффект

Преимущества:

Основные преимущества ГМИ-магнитометров по отношению к хорошо известным феррозондовым магнитометрам:

- Весьма малые массо-габаритные параметры (снижены на порядок)
- Широкая полоса рабочих частот (увеличена на порядок)



Рис. Общий вид однокомпонентного цифрового ГМИ-магнитометра

Внедрение: ООО «МаКриЭл системс»; используется для измерений остаточного магнитного поля магнитного экрана

Уровень разработки технологии: TRL5

Ноу-хау НИТУ МИСИС № 07-336-2024 ОИС от 05.09.2024

Ноу-хау НИТУ МИСИС № 08-336-2024 ОИС от 05.09.2024

Соисполнители: ИЗМИРАН; ООО «МаКриЭл системс»

10. ВОДОРОДНЫЙ ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЙ СЕНСОР

Назначение:

Устройство детектирования водорода, работающее в ближнем ИК диапазоне длин волн с пассивной схемой стабилизации температуры для определения ультранизких концентраций водорода в газовой фазе. За счет интеграции с оптическим волокном может быть использован в удаленных труднодоступных местах, где присутствие человека не желательно или опасно

Новизна:

Использование для детектирования концентрации водорода эванесцентной волны фотонной интегральной схемы

Преимущества:

Каталитические, термохимические или гальванические датчики водорода работают от электричества, поэтому неисправность устройства или проводов может спровоцировать взрыв, который, по сути, такие датчики и должны были предотвратить. Решение- использование оптических датчиков на основе кольцевых микрорезонаторов

Внедрение: Лицензионный договор о передаче исключительных прав компании ООО «Тинфотоника» для внедрения

Уровень разработки технологии: TRL4

Патент на полезную модель № 223794

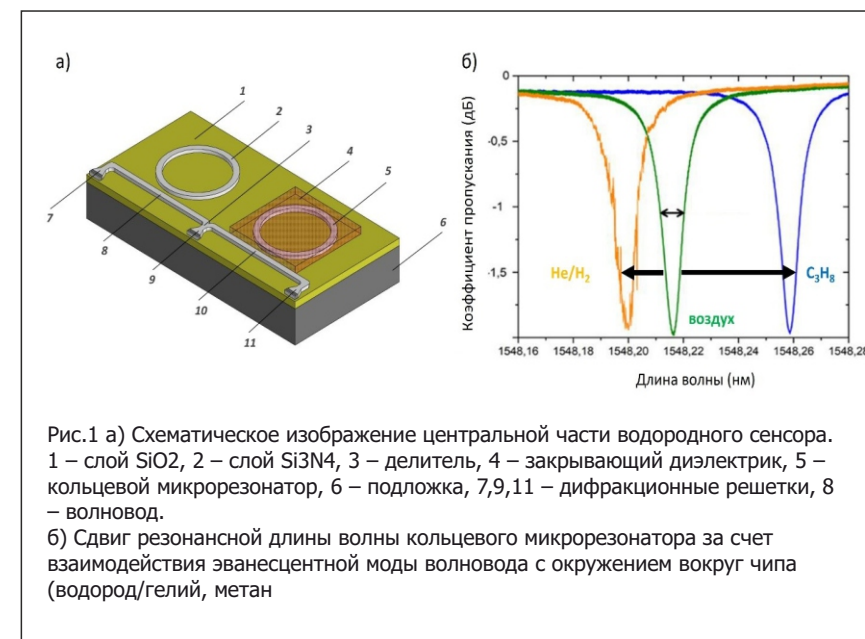


Рис.2 Водородный интегрально-оптический сенсор

11. НАНОРАЗМЕРНЫЙ СЕНСОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПОЛЕВОМ ЭФФЕКТЕ

Назначение:

Изобретение относится к полупроводниковым сенсорам электрического потенциала

Новизна:

- Возможность проводить измерения с высоким пространственным разрешением на поверхности твердых тел и жидкостей, а также в объеме жидкостей, в том числе содержащихся внутри живых организмов и других биологических структур с высокими пространственным разрешением и чувствительностью не хуже 10 мВ
- В качестве заготовки используется тонкая кварцевая или стеклянная трубка длиной не менее 20 мм, содержащая два продольных канала
- При использовании в качестве защитного диэлектрического слоя пленки оксида кремния или аморфной кремний-углеродной пленки наилучшие защитные свойства без существенного уменьшения полевого эффекта достигаются при толщине защитного диэлектрического слоя в диапазоне от 5 до 30 нм
- Ток между измерительными электродами изменяется от 190 нА до 60 нА при электрическом напряжении между ними, равном 0,8 В, и при изменении электрического потенциала вблизи сужающегося чувствительного конца зонда от 0 В до 500 мВ, что соответствует изменению электрического сопротивления от 4,2 МОм до 13,3 МОм

Преимущества:

Изобретение обеспечивает увеличение стабильности характеристик, химической инертности и чувствительности сенсора за счет формирования транзисторной структуры измерения электрического потенциала на полевом эффекте

Уровень разработки технологии: TRL2

Номер патента: Патент № 2790004 от 14.02.2023 «Наноразмерный сенсор электрического потенциала на полевом эффекте»

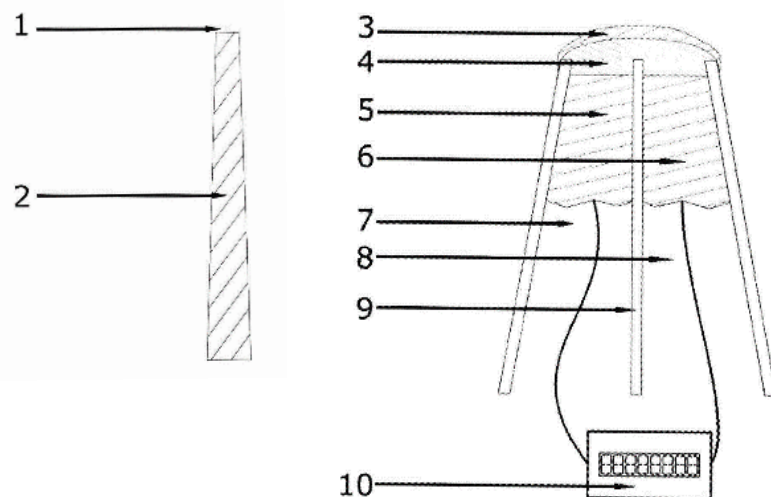


Рис.1 Сужающийся чувствительный конец наноразмерного сенсора электрического потенциала в общем виде

Рис.2 В разрезе схема чувствительной части наноразмерного сенсора электрического потенциала в сужающейся области

Устройство содержит: чувствительный элемент 1, размещенный на плоском сужающемся конце иглообразной трубки 2, состоящий из защитного диэлектрического слоя 3 и слоя 4 полупроводникового материала, соединяющего гальванически изолированные друг от друга электроды 5, 6, нанесенные на внутренние поверхности каналов 7, 8 сенсора. Между электродами 5, 6 располагается тонкая диэлектрическая стенка 9, изолирующая электроды друг от друга. Электроды 5, 6 подключены к внешнему измерителю электрического сопротивления 10

12. СУПЕРКОНДЕНСАТОР НА БАЗЕ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ХЛОПКОВЫХ ОТХОДОВ

Назначение:

Для систем хранения энергии нового поколения — от портативной электроники до электротранспорта и промышленной энергетики

Новизна:

- Для получения углеродных материалов из хлопковых отходов применили микроволновую обработку в специальном волноводе в режиме бегущей волны. В такой системе микроволновое излучение эффективно поглощается всем образцом, а это позволяет нагревать материал быстро и по всему объёму
- В качестве исходного сырья использовали хлопковые отходы текстильного производства — доступный и возобновляемый материал с высоким содержанием углерода
- Полученные углеродные материалы имеют развитую иерархическую пористую структуру
- Образцы электродов сохраняют более 95% ёмкости даже после 20 тысяч циклов зарядки и разрядки

Преимущества:

- У традиционных аналогов преобладают очень мелкие поры, в которые ионам электролита сложно быстро проникать, а в новом материале формируется удачное сочетание и мелких, и более крупных каналов. Это облегчает движение ионов внутри электрода и повышает эффективность работы суперконденсатора, особенно при высоких нагрузках
- Новый способ позволяет сократить процесс до нескольких минут вместо привычных полутора часов
- При высоких токах углеродные материалы демонстрируют более высокие характеристики, чем активированные угли, полученные традиционным способом
- Использование текстильных отходов снижает нагрузку на окружающую среду и соответствует концепции экономики замкнутого цикла, где отходы становятся ресурсом

Уровень разработки технологии: TRL4

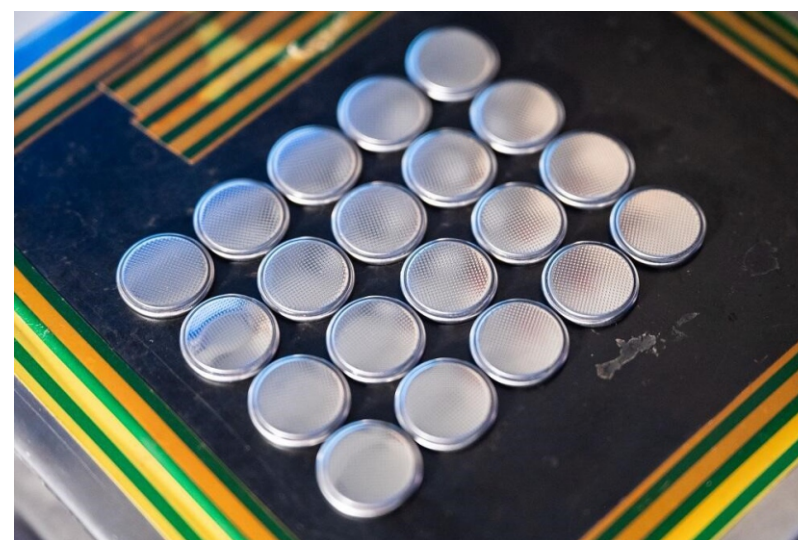


Рис. Суперконденсатор на базе материалов из хлопковых отходов

13. СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ С ЭЛЕКТРОДНЫМ МАТЕРИАЛОМ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА УГЛЕРОДНАЯ ТКАНЬ-ПОЛИАНИЛИН

Назначение:

Возобновляемые источники энергии и портативная электроника

Новизна:

Точное экспериментальное определение оптимальной концентрации анилина, при которой достигается максимальный баланс между ёмкостью и энергией, для создания композита. Данное исследование количественно показало, что отклонение от оптимального значения концентрации приводит к резкому ухудшению ключевых характеристик из-за блокировки пор и роста сопротивления

Преимущества:

Основу электродного материала составляет относительно недорогая углеродная ткань, а процесс полимеризации анилина и создания композита прост и экономичен

Технические характеристики:

- Морфология: пористая, не блокируемая полимером
- Удельная ёмкость: 4,40 Ф/см²
- Сохранение 93% от начальной ёмкости после 2000 циклов заряда-разряда

Уровень разработки технологии: TRL3



Рис. Суперконденсаторы с электродным материалом на основе композита углеродная ткань-полианилин

ЦЕНТР ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ «ПЛАТФОРМА ОТКРЫТЫХ ИННОВАЦИЙ МИСИС»

Сетевое сотрудничество

Центр трансфера технологий формирует партнёрскую сеть в целях взаимодействия по вопросам развития технологий, инноваций по направлениям специализации: материаловедение, металлургия, горное дело.

Создание сети направлено на решение следующих задач:

- Организация сетевого взаимодействия, включая обмен знаниями и опытом, информацией о технологических (инновационных) запросах и предложениях по направлениям специализации сети;
- Оказание содействия трансферу технологий, включая поиск потребителей и поставщиков технологий, формирование инновационных предложений, в том числе посредством цифровой платформы «Открытые инновации МИСИС» www.innovations.misis.ru;
- Оказание содействия внедрению инновационных разработок, современных технологических и производственных решений по направлениям специализации сети;
- Создание общего информационного пространства для обеспечения трансфера технологий по направлениям специализации сети при использовании платформы «Открытые инновации МИСИС»;
- Информационное продвижение инициатив и результатов работы участников сети.

Цифровое решение принципа «открытые инновации»

Цифровой инструмент сопоставления технологических запросов и технологических предложений, представленных партнерами сети ЦТТ МИСИС позволяет гибко настраивать и структурировать данные, осуществлять поиск по установленным категориям и ключевым словам, визуализировать поиск на технологическом радаре, организовывать рабочее место технокритика и технологического скаута.

Услуги ЦТТ для партнеров

- Проведение маркетинговых исследований и для выявления наиболее перспективных областей развития технологий;
- Проведение тематических выставочно-ярмарочных мероприятий по направлениям: материаловедение, металлургия и горное дело для установления коммуникации и трансфера знаний и технологий;
- Содействие партнерам сети при заключении договоров НИОКР и договоров на использование, распоряжение исключительным правом на РИД;
- Поиск потенциальных партнеров инновационной экосистемы для возможности реализации совместных проектов;
- Проведение технологического скаутинга по заявленным технологическим вопросам и возможностям;
- Содействие в обеспечении правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности (РИД) организаций-партнеров
- Проведение патентных исследований
- Подготовка и оформление пакета документов необходимых при распоряжении правами на РИД





Москва, Ленинский проспект, д.4 стр.1
+7 495 638 45 19
imcenter@misis.ru

