

Разработка высокочувствительного гибкого газового датчика на основе углеродных нанотрубок

Н4. Новые приборы и интеллектуальные производственные технологии



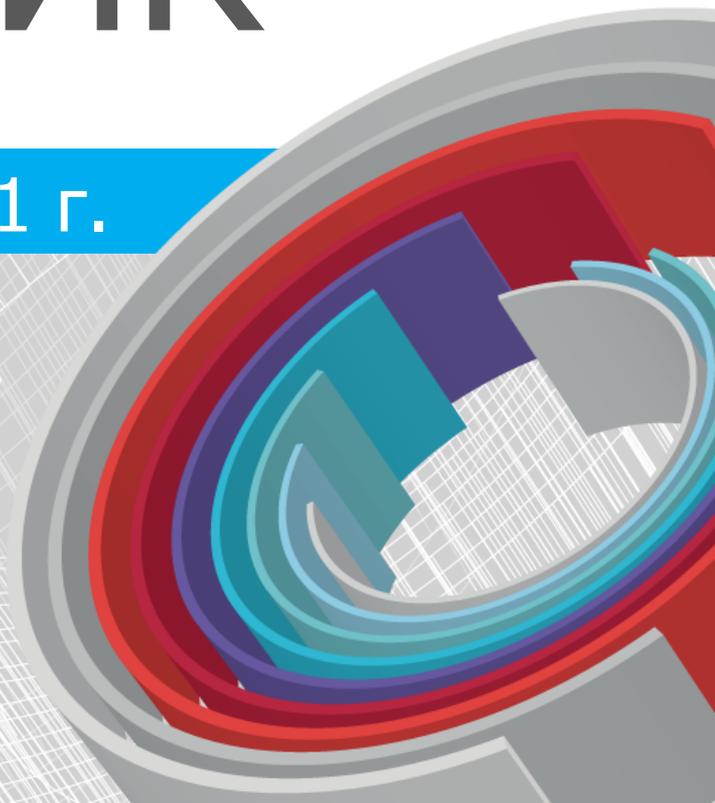
УМНИК

2021 г.

Воробьев Александр Андреевич

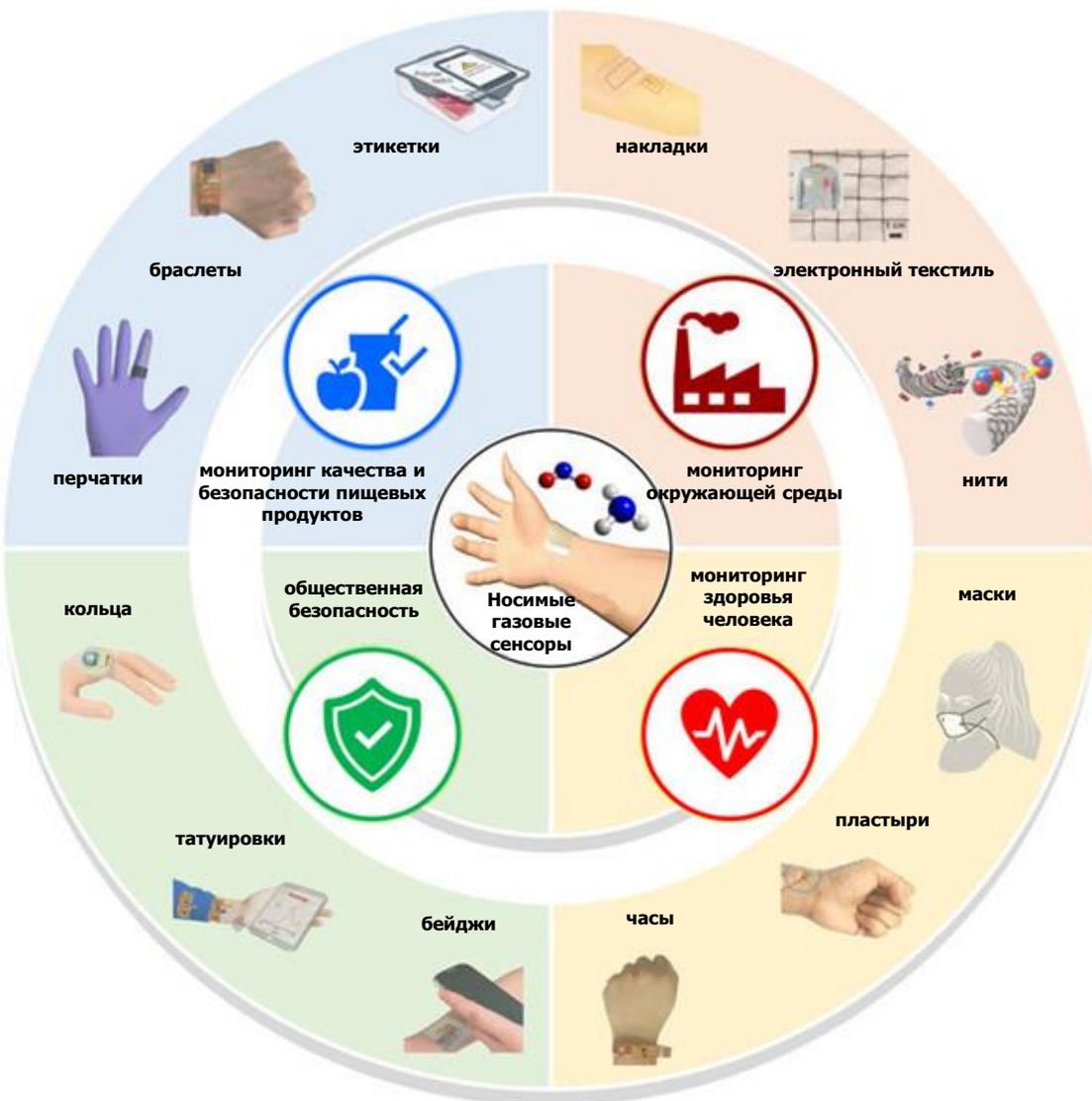
аспирант СПбАУ РАН им. Ж.И. Алфёрова,
м.н.с. лаборатории ВИЭ

г. Санкт-Петербург



1. Актуальность идеи (проблематика)
2. Предлагаемое решение (Конечный продукт)
3. Обоснование научной новизны проекта
4. Техническая значимость (преимущества перед существующими аналогами)
5. Перспектива коммерциализации результата НИОКР (Сферы применения и конкретный потребитель)
6. План реализации проекта
7. Защита прав на интеллектуальную собственность
8. Партнеры, заинтересованные организации

Области применения



Проблема:

**создание ГИБКОГО
чувствительного элемента
газовых сенсоров**



Решение:

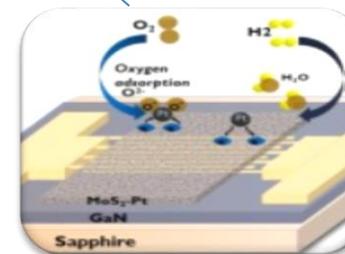
**применение углеродных
нанотрубок в качестве
чувствительного элемента**



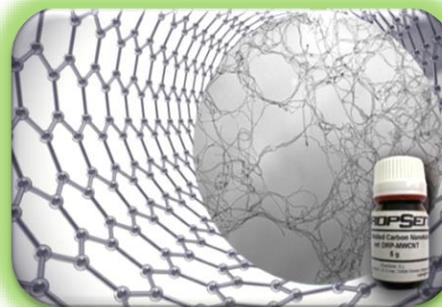
Полупроводниковые оксиды
х высокие рабочие температуры



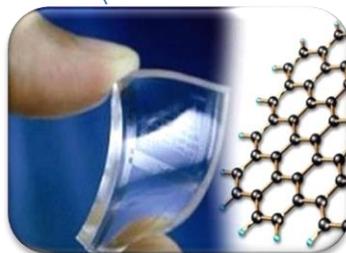
Электронные органические
полимеры
х стойкость
х стабильность



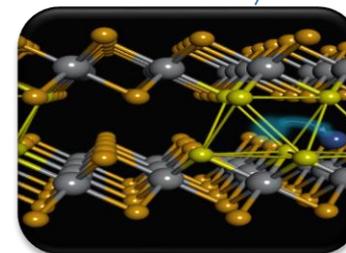
Гибридные структуры
х сложность производства



Углеродные нанотрубки
в прозрачность
в гибкость
в масштабируемость
в дешевизна



Графен
х стоимость, х масштабируемость



Дихалькогениды переходных металлов
х стоимость, х масштабируемость

Углеродные нанотрубки (УНТ)

Решение:

**использование углеродных нанотрубок
в качестве гибкого чувствительного
элемента газовых сенсоров**

Преимущества:

- ✓ гибкость;
- ✓ высокая газовая чувствительность;
- ✓ прозрачность;
- ✓ низкая себестоимость;
- ✓ масштабируемость;
- ✓ низкие рабочие температуры;



фотография лабораторного
образца на основе УНТ
и гибкой подложке-носителе

Научная новизна

Научно-технический задел

Mitin, D., Berdnikov, Y., **Vorobyev, A.**, Mozharov, A., Raudik, S., Koval, O., ... & Mukhin, I. (2020). Optimization of Optoelectronic Properties of Patterned Single-Walled Carbon Nanotube Films. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 12(49), 55141-55147.

Mitin, D. M., **Vorobyev, A. A.**, Mozharov, A. M., Raudik, S. A., Nasibulin, A. G., & Mukhin, I. S. (2020, December). Highly transparent and conductive textured single walled carbon nanotube electrode for optoelectronic applications. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2300, No. 1, p. 020088). AIP Publishing LLC.

Mitin, D. M., **Vorobyev, A. A.**, Raudik, S. A., Mozharov, A. M., Nasibulin, A. G., & Mukhin, I. S. (2020, December). Improvement of single walled carbon nanotubes layer conductivity by texturing. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1697, No. 1, p. 012123). IOP Publishing.

Kochetkov, F. M., Neplokh, V., Mastalieva, V. A., Mukhangali, S., **Vorob'ev, A. A.**, Uvarov, A. V., ... & Mukhin, I. S. (2021). Stretchable Transparent Light-Emitting Diodes Based on InGaN/GaN Quantum Well Microwires and Carbon Nanotube Films. *Nanomaterials*, 11(6), 1503.

Практический задел

Гибкий чувствительный элемент газовых датчиков

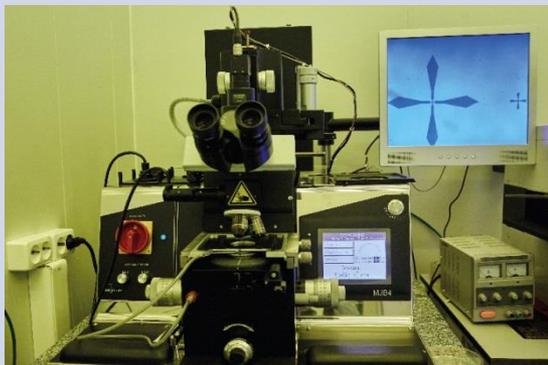
8 научных работ и выступления на научных конференциях, посвященных методам улучшения и модификации электрофизических свойств УНТ, переноса слоев УНТ на твердые носители, а также потенциального использования текстурированных слоев УНТ в качестве электродов для устройств гибкой электроники.

Исследование газочувствительных свойств оксидов переходных металлов (2 статьи).

Лабораторный образец на основе УНТ и гибкой подложке-носителя

- опыт создания контактов из углеродных нанотрубок к фотоэлементам;
- опыт исследования основных электрофизических и оптических характеристик углеродных нанотрубок и полупроводниковых структур;
- опыт в использовании методов химической обработки и плазменной обработки материалов
- опыт в использовании методов фотолитографии и жидкостного/сухого травления при работе с углеродными нанотрубками и полупроводниковыми структурами.

Оборудование доступно в СПбАУ РАН им. Ж.И. Алфёрова. Заключен договор о взаимодействии



Установка проекционной фотолитографии Suss MJB4



ИК-Фурье спектрометр Bruker VERTEX 80/80v



Комплекс для нанесения фото- и электронных резистов Suss Delta 6



Зондовый измерительный комплекс



Установка плазменного травления Plasma Finish



Установка лазерной литографии Heidelberg DWL 66fs

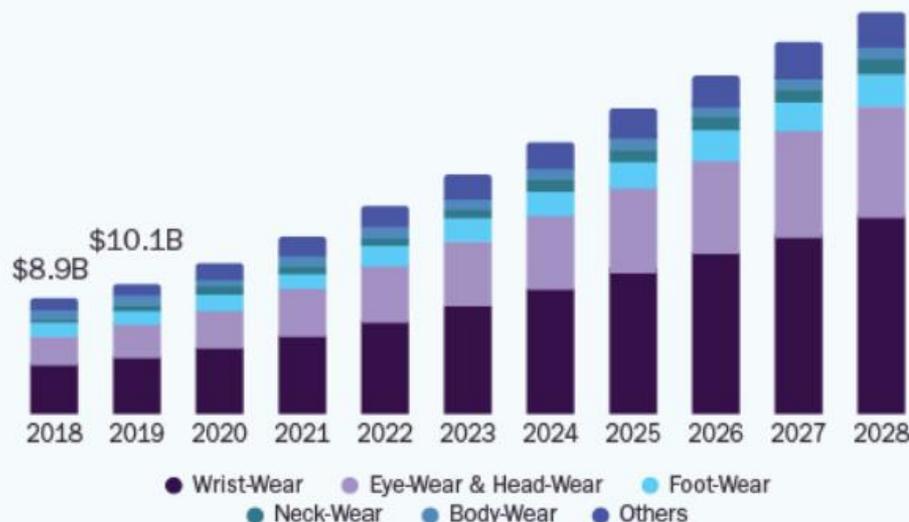
Техническая значимость (преимущества перед существующими аналогами)

На примере монооксида углерода (CO)	Разрабатываемый продукт	Figaro FECS40-1000	HONEYWELL 2106B1405	НПП Дельта
Негибкие датчики				
Материал датчика	Углеродные нанотрубки	Полупроводниковые оксиды, катализаторы из драгоценных металлов		
Детектируемые концентрации	<10-10000 ppm	<10-1000 ppm	<10-500 ppm	<10-250 ppm
Стоимость	~ 5000 руб.	25578 руб.	58608 руб.	12600 руб.
Производитель	Россия	Япония	США	Россия

Перспектива коммерциализации результата НИОКР (Сферы применения и конкретный потребитель)

U.S. Wearable Technology Market

size, by product, 2018 - 2028 (USD Billion)



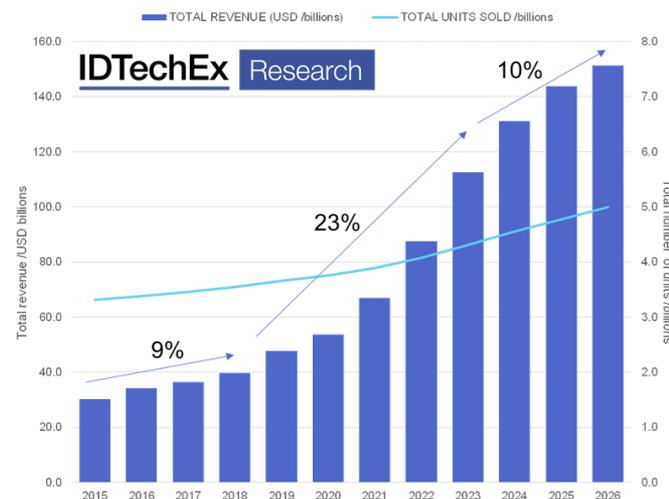
12.5%

U.S. Market CAGR,
2021 - 2028

Source:
www.grandviewresearch.com

Объем мирового рынка носимых устройств в 2020 году оценивался в **\$40,65 млрд** и, как ожидается, будет расти со среднегодовым темпом роста **13,8%** в период с **2021 по 2028** годы.

Темпы роста рынка носимой электроники обуславливают высокий интерес к разработке гибких сенсоров



Первый этап работ:

1. Разработка дизайна чувствительного элемента на основе УНТ;
2. Отработка технологии трансфера чувствительных слоев УНТ на поверхность гибкого носителя;
3. Отработка технологии формирования слоя УНТ заданной геометрии методами фотолитографии и травления;
4. Исследование электрических характеристик чувствительного элемента в различных газовых средах, определение чувствительности;

Второй этап работ:

1. Модифицирование поверхности УНТ для управления их чувствительностью;
2. Исследование чувствительности полученного элемента при механической деформации;
3. Оптимизация параметров чувствительного элемента на основании экспериментальных исследований;
4. Создание лабораторного образца газового датчика с чувствительным элементом на основе УНТ на гибкой подложке-носителе.

По окончании работы будет подана заявка на патент на конструкцию и метод создания газового датчика на основе гибкого чувствительного элемента на основе УНТ.

Партнеры, заинтересованные организации

<p>Российские компании</p>	<p>ООО «ГАЗСЕНСОР», ООО «ЭРИС», НПП «ДЕЛЬТА», АО «ГОСНИИХИМАНАЛИТ», ООО «ГАЗСЕНСОР», ООО «ЭРИС», НПП «ДЕЛЬТА», АО «ГОСНИИХИМАНАЛИТ»</p>
<p>Зарубежные компании</p>	<p>Honeywell, Air Quality Sensors, Bosch Sensortec, Figaro, Sensirion</p>



Имеется договор о взаимодействии с СПб АУ РАН им. Ж.И. Алферов

Имеется гарантийное письмо от ОАО «Элеконд»

ФОНД СОДЕЙСТВИЯ
ИННОВАЦИЯМ



Воробьев Александр Андреевич

Контакты:

+7(931)304-16-25;

alex.spbau@mail.ru

Спасибо за внимание!