

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.382.323

Деменковец
Максим Олегович

СЕНСОРНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ
НАНОМАТЕРИАЛОВ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 «Нанотехнологии и наноматериалы (в
электронике)»

Научный руководитель
Стемпичкий Виктор Романович,
канд. техн. наук, доц.

« ____ » _____ 2021 г.

Минск, 2021

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Человечество издавна подвергалось воздействию низких концентраций наночастиц (НЧ < 100 нм), содержащихся в воздухе и других объектах окружающей среды. Источниками НЧ могут быть действующие вулканы, лесные пожары, выветривание горных пород, микрослой океанической поверхности. Повышению содержания НЧ в атмосферном воздухе способствуют такие антропогенные источники, как металлургическая, цементная промышленность, сгорание каменного угля, полимерных соединений, нефти, газа, дизельного топлива и др.

Резко возросло воздействие НЧ на население за последние 20 лет вследствие разработки различных технологий создания более 2000 разновидностей наноматериалов.

Быстрое развитие нанотехнологий сопровождается повышением уровня воздействия НЧ на биообъекты, при этом информации о их потенциальной опасности для здоровья недостаточно. Эти пробелы восполняет развивающаяся дисциплина нанотоксикология — наука, изучающая токсичность НЧ и их потенциальный риск для здоровья населения и окружающей среды. Приоритетным направлением нанотоксикологии является установление новых стандартов для химической характеристики НЧ и оценка их биологических эффектов для тестирования регуляторной токсичности.

По этой причине особое место занимает вопрос о способах обнаружения НЧ. Наносенсоры можно классифицировать по двум основным категориям: сенсоры, включающие в себя нанотехнологии или датчики с поддержкой нанотехнологий, которые сами по себе являются наноразмерными или имеют наноразмерные материалы, компоненты; и сенсоры, которые используются для измерения наноразмерных свойств. Первая категория может в конечном итоге привести к снижению стоимости материалов, снижению веса и энергопотребления. Вторая категория может улучшить понимание потенциальных токсических эффектов появляющихся загрязнителей от наноматериалов, включая фуллерены, дендримеры и углеродные нанотрубки.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка принципов построения конструкции и исследование механизмов протекания физических процессов в сенсорных устройствах, предназначенных для оценки токсичности наноразмерных частиц с использованием результатов приборно-технологического проектирования в программном комплексе компании Silvaso.

Для достижения этой цели в работе решались следующие *задачи*:

1. Провести анализ современного состояния исследований по использованию материалов для детектирования наночастиц различных материалов;
2. Провести анализ современного состояния исследований по созданию сенсорных устройств детектирования наночастиц и предложить перспективные конструкции таких элементов;
3. Разработать конструкции, моделировать и оптимизировать технологический процесс изготовления и электрические характеристики сенсорных устройств, функционирующих на основе ионно-чувствительных полевых транзисторов;
4. Разработать методы и схемотехнические решения для обработки сигналов и провести тестирование исследуемых сенсорных устройств.

Положения, выносимые на защиту

1. Реализация датчика на основе ионно-селективного полевого транзистора, в качестве активной области которого используются ионно-чувствительные пленки соединений Al_2O_3 и Ta_2O_5 обеспечивает достижение величины чувствительности по току – 26 мкА/рН и 23 мкА/рН, и по напряжению – 58 мВ/рН и 56 мВ/рН, соответственно.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях: 56-научной конференции аспирантов магистрантов и студентов (БГУИР) «Радиотехника и электроника», 56-научной конференции аспирантов магистрантов и студентов (БГУИР) «Электронные системы и технологии», а также опубликованы в виде соответствующих тезисов и материалов конференций.

Опубликование результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 2 работы. Из них 2 тезис доклада.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из титульного листа, содержания, перечня условных обозначений терминов, введения, трех глав, заключения и списка использованных источников из 17 наименований, а также списка публикаций автора из 2 наименований. Объем диссертационной работы составляет 56 страниц, в том числе 7 таблиц в объеме 6 страниц и 15 рисунков в объеме 7 страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** проведен анализ влияния наночастиц различных материалов на живые организмы, в том числе на здоровье человека; материалов, которые используются для детектирования наночастиц различных элементов.

Во **второй главе** представлена общая информация о системах приборно-технологического моделирования. Описаны общие принципы работы модулей приборного и технологического моделирования, использовавшихся в работе для моделирования сенсорного устройства на основе ионно-селективного полевого транзистора.

В **третьей главе** описаны результаты исследования электрических характеристик ионоселективного полевого транзистора для различных материалов ионно-чувствительной пленки, а именно: SiO_2 , Si_3N_4 , Ta_2O_5 , Al_2O_3 . Анализ полученных результатов показал, что линейную зависимость тока стока от показателя pH раствора имеют ИСПТ, в которых в качестве ионно-чувствительной пленки применяются слои Al_2O_3 и Ta_2O_5 .

Представлены результаты исследования в среде программного комплекса схемотехнического моделирования схемы, предназначенной для обработки сигналов сенсорного устройства на основе ИСПТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертационной работе разработана и апробирована методика приборно-технологического моделирования сенсорного устройства на основе ионно-селективного полевого транзистора; исследованы электрические характеристики ИСПТ для различных материалов ионно-чувствительной пленки, а именно: SiO_2 , Si_3N_4 , Ta_2O_5 , Al_2O_3 .

2. В среде программного комплекса приборно-технологического моделирования проведено двухмерное моделирование характеристик сенсорного устройства на основе ИСПТ.

3. Анализ результатов компьютерного моделирования ИСПТ показал, что линейную зависимость тока стока от показателя pH раствора имеют приборы, в которых в качестве ионно-чувствительной пленки применяются слои Al_2O_3 и Ta_2O_5 . Наилучшей чувствительностью обладают приборные структуры с пленками Al_2O_3 и Ta_2O_5 (чувствительность по току 26 мкА/pH и 23 мкА/pH, по напряжению – 58 мВ/pH и 56 мВ/pH).

4. Нелинейность зависимости тока стока от показателя pH раствора для структур с пленками SiO_2 (невозможность правильной оценки значения pH ниже 5, чувствительность по току 8,0 мкА/pH, по напряжению – 5 мВ/pH) ограничивает применение данного материала в качестве ионно-чувствительной пленки pH-датчиков.

5. В среде программного комплекса схемотехнического моделирования исследовано схемотехническое решение, предназначенное для обработки сигналов сенсорного устройства на основе ИСПТ.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

[1-А] Деменковец М.О. Сенсорные устройства для оценки токсичности наноматериалов // Радиотехника и электроника : материалы 56-научной конференции аспирантов магистрантов и студентов – Минск: БГУИР, 2020. – С. 106–107.

[2-А] Demenkovets M.O. Sensor devices for assessing the toxicity of nanomaterials // Электронные системы и технологии : материалы 56-научной конференции аспирантов магистрантов и студентов – Минск: БГУИР, 2020. – С. 420–421.

Библиотека БГУИР