

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Саранина Данилы Сергеевича** на тему «Горизонтальный ионный затвор для органических и перовскитных солнечных элементов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 09.10.2020 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 13.04.2020 (протокол № 17) с изменениями от 10.06.2020 (протокол № 19).

Диссертация выполнена на кафедре полупроводниковой электроники и физики полупроводников Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Диденко Сергей Иванович, работает заведующим кафедрой полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 13.04.2020 (протокол № 17) с изменениями от 10.06.2020 (протокол № 19) в составе:

1. Ховайло Владимир Васильевич – доцент, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» – председатель комиссии;
2. Мурашев Виктор Николаевич – профессор, д.т.н., профессор кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС»;
3. Мухин Сергей Иванович – профессор, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС»;
4. Пархоменко Юрий Николаевич – профессор, д.ф.-м.н., научный руководитель АО «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет»;
5. Якимов Евгений Борисович – профессор, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией локальной диагностики полупроводниковых материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук;

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (г. Москва).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- установлено влияние процесса электростатической аккумуляции зарядов в двойном электрическом слое ионной жидкости DEME-BF₄ на поверхностное сопротивление слоев углеродных нанотрубок (одностенных и многостенных);
- определена временная динамика процессов зарядки/разрядки ионного затвора с обкладками из углеродных нанотрубок;
- для структур (контакт Шоттки) УНТ/фотопоглощающие полимеры p-типа (P3НТ, РТВ7) и УНТ/органический полупроводник n-типа (PC60BM; C60, C70) с горизонтальным ионным затвором выявлен переход в вольтамперной характеристике от линейной зависимости к выпрямляющей при напряжении на контр-электроде (затворе) $U_3 > 1.25$ В;
- разработан инвертированный перовскитный (CH₃NH₃PbI₃) солнечный элемент с интегрированным ионным затвором и толстым слоем (200-300 нм) собственного электронно-транспортного слоя C60/C70 и электродом на основе УНТ. КПД солнечных элементов был увеличен с 2.2 % до >11 % за счет использования режимов аккумуляции n-типа на интегрированном ионном затворе при повышении U_3 до 2,0 В;
- разработана архитектура и исследованы выходные характеристики органического tandemного солнечного элемента с общим ионным затвором на основе фотопоглощающих полимеров p-типа P3НТ и РТВ7.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

представлен новый подход аккумуляции зарядов n-типа для легирования собственных электронно-транспортных слоёв, снижение контактного сопротивления и работы выхода катода в двойном электрическом слое ионной жидкости интегрированного затвора в структуре солнечных элементов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработан процесс изготовления перовскитных и органических солнечных элементов без применения вакуумных процессов для нанесения электродов;
- разработана архитектура перестраиваемых устройств с интегрированным ионным затвором, работающих в режимах аккумуляции для повышения КПД органических (>4.5 %), перовскитных (>11.2 %) и tandemных (>2.4 %) солнечных элементов с электродом из углеродных нанотрубок;

– определены оптимальные режимы работы p-i-n органических солнечных элементов при смещении потенциала на затворе с ростом выходных характеристик, сопровождающиеся изменением вида вольтамперной характеристики от линейной до выпрямляющей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность научных результатов подтверждается использованием современных методик исследования, аттестованных измерительных установок и приборов, согласованностью результатов, полученных различными методами;

Личный вклад соискателя состоит в том, что результаты, составившие основу диссертации, получены лично автором или при его определяющем участии. Автор лично проводил эксперименты и занимался обработкой результатов экспериментов.

Материалы диссертации Саранина Д.С. опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 8 работ опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК (8 работ входят в Scopus).

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Саранина Д.С. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований разработана архитектура горизонтального ионного затвора для электростатического легирования в двойном электрическом слое ионной жидкости DEME-BF₄ и исследовано влияние режимов работы этого затвора на выходные характеристики перовскитного солнечного элемента.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Саранину Даниле Сергеевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



В.В. Ховайло