

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу

Ермановой Инги Олеговны

ФИО

Модификация поверхности NiO_x тонких пленок и многоступенчатая кристаллизация фотоактивных слоев для высокоэффективных p-i-n перовскитных солнечных элементов

наименование темы научно-квалификационной работы

представленную к защите по специальности

2.2.3 – Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

шифр и наименование специальности

на ученую степень

Кандидат технических наук

Ерманова Инга Олеговна поступила в аспирантуру в 2018 году на кафедру ППЭиФПП (ИНМИН) по направлению 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи. В 2019 году по программе двойного диплома также поступила в аспирантуру Университета в Риме «Тор Вергата» по направлению «Электронная инженерия» (XXXIV цикл обучения).

С 2017 года Ерманова И.О. была трудоустроена на должность инженера на кафедре ППЭиФПП, а с 2018 года в лабораторию перспективной солнечной энергетики (ЛПСЭ, подразделение 714, НИТУ МИСИС). Лаборатория создана под руководством проф., PhD Альдо Ди Карло в рамках проекта мегагранта «Широкоформатные полупрозрачные солнечные панели с использованием стабильных перовскитных архитектур» Министерства образования и науки России (220 Постановление Правительства РФ).

В 2018 году 3 месяца стажировалась в Центре Гибридной и Органической Энергетики (лаборатория CHOSE, Рим, Италия) и прошла летнюю школу по фотовольтаике «ISOPHOS» под руководством ученых из лабораторий Европы, Америки, Азии (Гроссето, Италия). В 2020 году впервые выиграла всероссийский конкурс на стипендию Президента РФ для аспирантов на обучение за рубежом. В течение семестра обучалась в Университете «Тор Вергата» и параллельно проводила научно-исследовательскую работу по плану диссертации руководством доктора Наргез Яхуби Ниа. В результате была опубликована статья по методу двухстадийной кристаллизации перовскита на воздухе в международном журнале «Energies» «Crystal Engineering Approach for Fabrication of Inverted Perovskite Solar Cell in Ambient Conditions». В 2021 году Ерманова И.О. второй раз выиграла всероссийский конкурс на стипендию Президента РФ для аспирантов на обучение за рубежом и вернулась в Рим для проведения нового исследования по плану диссертации руководством доктора Франческо Ди Джакомо. В процессе исследований были получены данные по пассивации интерфейса полимерными тонкими пленками, была выявлена зависимость стабильности устройства после пассивации, которые были продемонстрированы на международных конференциях. В 2022 году Ерманова И.О. завершила обучение в «Тор Вергата» и защитила степень Ph.D.

Диссертационная работа на тему «Модификация поверхности NiO_x тонких пленок и многоступенчатая кристаллизация фотоактивных слоев для

высокоэффективных р-і-п перовскитных солнечных элементов», представленная Ермановой И.О. для защиты степени кандидата технических наук в НИТУ МИСИС, посвящена разработке технологии двухстадийной кристаллизации перовскита с однокатионным и мультикатионным составами на воздухе для создания р-і-п планарных солнечных элементов на основе NiOx транспортного слоя, разработке технологии нанесения пассивирующей прослойки на основе полиметилметакрилата (PMMA) и полиэтиленоксида (PEO) на интерфейсе NiOx/перовскит, масштабированию солнечных элементов с применением технологии пассивации, а также комплексному исследованию стабильности производительности устройств. Работа содержит решения научных задач по повышению выходных характеристик металлоорганических перовскитных солнечных элементов методами двухстадийной кристаллизации перовскитов ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (MAPbI_3 и $\text{Cs}_{0,05}\text{MA}_{0,1425}\text{FA}_{0,8075}\text{PbI}_{2,7}\text{Br}_{0,3}$ (мультикатионный)) в планарной р-і-п конфигурации на модифицированном пористом NiOx на воздухе и в использовании метакрилатных, полиэтилен оксидных прослоек органических изоляторов на гетеропереходах NiOx/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ для снижения темнового тока и стабилизации работы устройств в условиях длительного освещения. Применение технологии двухстадийного нанесения перовскита с однокатионным и мультикатионным составами на воздухе для создания солнечных элементов на основе модифицированного NiOx транспортного слоя позволило достичь КПД = 14 % для MAPbI_3 , 15,6 % для мультикатионного. Также метод пассивации интерфейса NiOx/перовскит позволил повысить КПД пассивированных устройств (КПД = 18,6 % (PMMA) и КПД = 18,3 % (PEO)) и также увеличить активную площадь устройств с $0,09 \text{ см}^2$ до 10 см^2 .

В процессе выполнения исследований Ерманова И.О. сформировалась как самостоятельный и компетентный научный сотрудник, способный самостоятельно проводить все технологические процессы по изготовлению перовскитных солнечных элементов, разрабатывать новые методики по оптимизации слоев и стабилизации работы устройств, проводить измерения и анализировать полученные данные.

Ерманова И.О. успешно выполнила поставленные в диссертационной работе задачи, продемонстрировав высокую мотивацию, самостоятельность и быстрое освоение новых навыков.

Диссертационная работа Ермановой И.О. представляет завершенную научн - исследовательскую работу на одну из самых актуальных и перспективных направлений в сфере тонкопленочной фотовольтаики, имея значительный научный и практический интерес для дальнейших исследований в области. Данная работа соответствует требованиям, предъявляемых по специальности 2.2.3 «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники», а сам соискатель Ерманова Инга Олеговна заслуживает присуждения степени кандидата технических наук.

Научный руководитель



подпись

PhD, проф. Альдо Ди Карло
ученая степень, ученое звание, ФИО

«13»

03

дата

2023г.

Подпись проф. Альдо Ди Карло заверяю

Проректор по науке и инновациям
НИТУ МИСИС

Филонов М.Р.

