

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и цифровому развитию
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский
университет)»



П.А. Дроговоз

«29» 02 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» на диссертационную работу Рябцевой Марии Владимировны на тему: «Усовершенствование конструкции и функциональных свойств фотовосприимчивой электрогенерирующей части батареи солнечной для повышения эксплуатационных характеристик системы энергопитания космических аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность исследования следует из необходимости увеличения срока активного существования батареи солнечной, от которой напрямую зависит успешность выполнения миссии космического аппарата. Работы, которые ведутся в данном направлении, имеют большое значение для развития космической отрасли, учитывая высокую стоимость и техническую сложность реализации запуска космических аппаратов на высокие орбиты (например, ГСО). Снижение выходных характеристик батарей солнечных в процессе эксплуатации обусловлено воздействием различных факторов космического пространства. Учитывая, что на высоких орбитах на протяжении всего времени эксплуатации наибольший урон батарее солнечной наносит ионизирующее излучение, то вопрос поиска способа восстановления её выходных характеристик является серьезной научно-технической задачей. Для её решения автор в своей работе ставит целью разработку способа снижения негативного воздействия ионизирующего излучения на электрические параметры многокаскадных фотоэлектрических преобразователей на основе полупроводниковых материалов AlInBV/Ge батареи солнечной в процессе эксплуатации космического аппарата. Разработка конструкции фотовосприимчивой электрогенерирующей части с инжекционным отжигом за счёт собственного ресурса позволит повысить надежность батареи солнечной без увеличения её площади, что подтверждает актуальность выбранной темы.

Оценка содержания диссертации

Предоставленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения изложена на 151 страницах машинописного текста, включает 85 иллюстраций, 29 таблиц, библиографический список из 165 наименований и 1 приложение.

Во введении сформулированы актуальность работы, её цель, основные научные положения, новизна и практическая значимость результатов исследования, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

В первой главе приводится анализ современного состояния разработок многокаскадных фотоэлектрических преобразователей космического назначения на основе полупроводниковых материалов АПВВ в части их стойкости к ионизирующему излучению. Рассматривается целесообразность применения конструктивных изменений полупроводниковой структуры фотоэлектрических преобразователей для повышения радиационной стойкости, а также использования частичного восстановления выходных характеристик фотоэлектрических преобразователей – отжига радиационно-индуцированных дефектов. Особое внимание уделено состоянию изученности инжекционного отжига. На основе этого анализа сформулирована указанная выше цель диссертационного исследования, а также поставлены задачи, необходимые для обоснования методических подходов к реализации инжекционного отжига в конструкции современных батарей солнечных космического назначения для повышения выходной мощности на протяжении всего срока активного существования.

Вторая глава посвящена расчётно-экспериментальным исследованиям по определению степени деградации каскадов на основе InGaP, InGaAs, Ge в составе полупроводниковой структуры фотоэлектрических преобразователей.

В третьей главе представлены результаты испытаний разработанной экспериментальной сборки, меняющей принцип функционирования традиционной батареи солнечной, что позволило продемонстрировать возможность частичного восстановления характеристик облученных фотоэлектрических преобразователей в составе батареи солнечной с параллельно-последовательным соединением элементов и цепей.

В четвертой главе приводятся рекомендации по расчету эффективного времени инжекционного отжига фотоэлектрических преобразователей на основе полупроводниковых материалов АПВВ в зависимости от радиационных условий на эксплуатируемой орбите (на примере ГСО). Также представлены результаты моделирования деградационных кривых электрических параметров батареи солнечной.

Следует отметить, что материалы диссертации в основном изложены логично и корректно. Все научные положения обоснованы автором в достаточной степени, их

достоверность сомнения не вызывает. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечена проведением исследований, основанных на известных подходах к получению оптических и фотоэлектрических характеристик ФЭП, и использованием современных взаимодополняющих методов анализа и статистической обработки.

Научная и практическая ценность диссертации

Научное значение диссертации состоит в разработке модели расчета степени деградации величин $I_{кз}$ и $U_{хх}$ каскадов на основе InGaP, InGaAs и Ge в составе фотоэлектрических преобразователей, где используются результаты исследования оптических и фотоэлектрических явлений, что исключает необходимость изготовления дополнительных элементов, аналогичных каскадам ФЭП, и позволяет учитывать взаимное влияние слоев в структуре.

Практическую ценность диссертации определяет то, что проведенные исследования позволили автору разработать солнечную батарею космического назначения с регенерацией эксплуатационных характеристик, которая получила патент на полезную модель (RU219254U1), и была внедрена в АО «НПП «Квант» для практического использования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации

В работе получен ряд новых результатов, которые представляют интерес для специалистов и организаций, деятельность которых связана с разработкой созданием космических аппаратов с большим энергопотреблением для обеспечения навигации, телевидения, ретрансляции и др.

Результаты и выводы диссертации могут быть рекомендованы для их использования в таких организациях, как Акционерное общество «РЕШЕТНЁВ» (г. Железногорск), акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А.ЛАВОЧКИНА» (г. Химки), АО «Корпорация ВНИИЭМ» (г. Москва) и других.

Публикации и апробация результатов работы

По результатам исследований, составляющих содержание диссертации, опубликовано 4 печатные работы в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России,

3 печатные работы в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Web of Science и Scopus, 16 трудов конференций и тезисов докладов и 1 патент на полезную модель.

Замечания по работе

1. В тексте диссертации и автореферата не представлена модернизированная электрическая схема коммутации фотоэлектрических преобразователей в составе солнечной батареи, где часть БС выступает в качестве внешнего источника питания для проведения инжекционного отжига.

2. При проведении экспериментов, направленных на верификацию теоретической модели определения эффективного режима инжекционного отжига облученных фотоэлектрических преобразователей, не учитывается взаимное тепловое влияние генерирующей и потребляющей электроэнергию частей батареи солнечной.

В целом указанные замечания не снижают ценности рассматриваемой диссертации, имеющей научную новизну и практическую значимость для развития фотовольтаики и представляющей собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе выполненных автором экспериментальных и теоретических исследований, решена актуальная научная задача обоснования оптимального режима отжига радиационно-индуцированных дефектов полупроводниковой структуры фотоэлектрических преобразователей фотовосприимчивой электрогенерирующей части батареи солнечной в зависимости от условий эксплуатируемой орбиты, обеспечивающего максимальное восстановление электрических параметров батареи солнечной, что имеет важное значение для повышения надёжности современных космических аппаратов с большим энергопотреблением.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Рябцевой Марии Владимировны на тему: «Усовершенствование конструкции и функциональных свойств фотовосприимчивой электрогенерирующей части батареи солнечной для повышения эксплуатационных характеристик системы энергоснабжения космических аппаратов», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников по своей актуальности, научной и практической значимости, обоснованности и достоверности основных результатов полностью отвечает критериям, установленным п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Работа изложена грамотным техническим языком с использованием терминологии, принятой среди специалистов в рассматриваемой области.

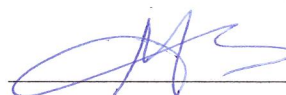
Диссертационная работа является законченной и выполнена автором на высоком техническом уровне. Её автор Рябцева Мария Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Отзыв рассмотрен и обсужден на заседании кафедры «Плазменные энергетические установки» (Э8) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» 21 февраля 2024г. (протокол № 6) и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Зав. кафедрой «Плазменные
энергетические установки» (Э8),
д.т.н., доцент

 / А.В. Семенкин

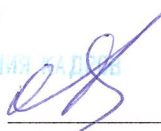
Директор учебного центра «Фотонная
энергетика»,
к.т.н., доцент

 / В.Д. Телех

Подписи сотрудников федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Семенкина А.В., Телеха В.Д. заверяю:



И.М. НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ
НАЗАРОВА О.В.
ТЕЛ. 8-499-263-60-48


(подпись)

/ _____
(расшифровка подписи)

М.П. «» _____ 2024г.

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.

Телефон: +7 (499) 263-63-91.

Эл. почта: bauman@bmstu.ru.

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <https://bmstu.ru>.

Список публикаций организации за 2019–2023 гг.:

1. Локтионов Е.Ю., Майорова В.И., Телех В.Д. Способ перемещения объектов космического мусора с постепенным использованием его вещества космическим аппаратом, оснащенный лазерной двигательной установкой. Патент на изобретение RU 2679938 C1, 14.02.2019. Заявка № 2017145797 от 26.12.2017.

2. Telekh V.D., Pavlov A.V., Kirillov D.V., Vorob'ev E.V., Turyanskiy A.G., Senko V.M., Tsygankov P.A., Parada-Becerra F.F., Vesnin V.R., Skriabin A.S. Experimental Study of Irradiation of Thin Oxide and Mo/Si Multilayers by High Brightness Broadband VUV/UV Radiation and Their Degradation // *Coatings*. 2022. – V. 12. – No. 2. – P. 290. <https://doi.org/10.3390/coatings12020290>.

3. Pavlov A., Shchepanyuk T., Skriabin A., Telekh V. Gas Dynamics Processes above the Polymers Surface under Irradiation with Broadband High-Brightness Radiation in the Vacuum Ultraviolet Spectrum Region // *Polymers*. – 2022. – Vol. 14. – P. 3940. <https://doi.org/10.3390/polym14193940>.

4. Шумейко А.И., Телех В.Д., Майорова В.И. Гибридный волновой плазменный двигатель для низкоорбитального космического аппарата. Патент на изобретение №: RU 2764487 C1. Дата публикации: 22.01.2022

5. Skriabin A., Telekh V., Pavlov A., Pasyunkova D., Podlosinskaya A., Novikov P., Zhupanov V., Chesnokov D., Senkov V., Turyanskiy A. Surface Degradation of Thin-Layer Al/MgF₂ Mirrors under Exposure to Powerful VUV Radiation // *Nanomaterials*. – 2023. – Vol. 13. – P. 2819. <https://doi.org/10.3390/nano13212819>

6. Pavlov A.V., Protasov Y.Y., Shchepanyuk T.S. et al. Features of Surface Ablation under Exposure to High-Brightness VUV Radiation from Pulsed High-Current Discharges // *High Energy Chem*. – 2023. – Vol. 57. – No. 1. – P. 145–149. <https://doi.org/10.1134/S0018143923070317>

7. Pashaev A.D., Shumeiko A.I., Telekh V.D. Determination of the minimum size of a small spacecraft of the cubesat standard for the possibility of using modern propulsion systems // *AIP Conf. Proc*. – 2023. – Vol. 2549. – No. 1. – P. 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0107879>

8. Klovov A.V., Tutunin A.S., Sharaborova E.S., Korshunov A.A., Loktionov E.Y. Inverter Heat Pumps as a Variable Load for Off-Grid Solar-Powered Systems // Energies. – 2023. – No. 16. – P. 5987. <https://doi.org/10.3390/en16165987>

9. Локтионов Е.Ю., Клоков А.В., Шараборова Е.С. Возможности применения возобновляемых источников энергии для термостабилизации грунтов // Фундаменты. – 2022. – Т. 4. – № 10. – С. 14-17.

10. Семенкин А.В., Гафаров А.А., Солодухин А.Е., Коротеева А.А. Некоторые вопросы радиационной безопасности и страхования космических аппаратов с ЯЭУ // Атомная энергия. – 2020. – Т. 128. – № 1. – С. 11-17.

11. Хиблин И.Н., Карелин А.В., Онуфриев В.В., Синявский В.В. К вопросу о системном проектировании и проектном облике установки по утилизации отработанного ядерного топлива с ядерно-оптическим преобразованием энергии // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2020. – № 2. – С. 49-58.

12. Онуфриева Е.В., Онуфриев В.В., Синявский В.В. О влиянии энерговооруженности корректирующей двигательной установки низкоорбитального космического аппарата на его срок активного существования // Известия Российской академии наук. – Энергетика. – 2019. – № 4. – С. 119-129.

13. Мигунов Я.Н., Онуфриев В.В. Моделирование вольтамперной характеристики солнечных батарей с учетом падения освещенности за счет влияния струй электроракетных двигателей // Космическая техника и технологии. – 2019. – Т. 4. – № 27. – С. 56-64.