



Акционерное общество  
«Информационные спутниковые системы»  
имени академика М.Ф. Решетнёва»

ул. Ленина, зд. 52, г. Железнодорож,  
г.о. ЗАТО Железнодорож,  
Красноярский край,  
Российская Федерация, 662972  
ОКПО 10163039; ОГРН 1082452000290  
ИНН/КПП 2452034898/785050001

тел. (3919) 76-40-02, 72-24-39  
факс (3919) 72-26-35, 75-61-46  
office@iss-reshetnev.ru  
http://www.iss-reshetnev.ru

Заместитель Генерального  
директора по науке Акционерного  
общества «Информационные  
спутниковые системы» имени  
академика М.Ф. Решетнёва»,  
доктор физико-математических  
наук, доцент

К.Г. Охоткин  
2024 г.

## ОТЗЫВ

**На автореферат кандидатской диссертационной работы  
Рябцевой Марии Владимировны**

**на тему: «Усовершенствование конструкции и функциональных свойств  
фотовосприимчивой электрогенерирующей части батареи солнечной для  
повышения эксплуатационных характеристик системы энергоснабжения  
космических аппаратов», представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.11. Физика полупроводников**

В современном мире космические аппараты играют важную роль в народном хозяйстве, обеспечивая коммуникацию, навигацию, научные исследования и наблюдаются тенденции к расширению спектра выполняемых задач. Следствием увеличения объема и сложности функций космических аппаратов является рост энергопотребления. Генерация электроэнергии на борту космических аппаратов в подавляющем большинстве случаев обеспечивается за счёт фотоэлектрических фотопреобразователей из состава солнечных батарей.

Для спутников, функционирующих на высоких эллиптических и геостационарных орбитах критически важно обеспечивать предельно достижимые удельные характеристики бортового оборудования в целях максимизации ресурсов для целевых задач. В части энергосистем космического аппарата повышение удельных характеристик достигается, в том числе за счёт применения фотоэлектрических преобразователей с полупроводниковой структурой InGaP/InGaAs/Ge.

При проектировании солнечных батарей закладывается запас на снижение работоспособности фотоэлектрических преобразователей под влиянием факторов космического пространства, среди которых самым весомым является радиация. Одним из способов повышения удельных характеристик солнечных батарей за счёт восстановления характеристик фотоэлектрических преобразователей является инжекционный отжиг, которому посвящена диссертационная работа Рябцевой М.В.

В процессе работы автором проведено исследование эффективности инжекционного отжига облученных фотоэлектрических преобразователей (InGaP/InGaAs/Ge). На основе проведенного исследования Рябцева М.В. создала рекомендации, позволяющие снизить количество дополнительных дорогостоящих элементов для сохранения требуемой мощности на протяжении всего срока эксплуатации космических аппаратов посредством внесения изменений в конструкцию батареи солнечной для осуществления частичного восстановления электрических параметров в процессе ее эксплуатации. При этом не требуется изменения технологии изготовления элементов, что позволяет использовать комплектующую базу как в традиционной батарее солнечной.

В автореферате на диссертационную работу обоснована ее актуальность, сформулированы цель, задачи, описаны объекты и методы исследования, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

Автором проведен анализ текущего состояния развития космической солнечной энергетики в части исследования радиационно-стойких фотоэлектрических преобразователей с высокими удельными электрическими характеристиками. На основе анализа современной литературы автором был выбран не самый популярный, а наиболее целесообразный метод – инжекционный отжиг источником питания, которого может служить сама батарея солнечная.

Рябцевой М.В. проведен теоретический анализ подходов к исследованию электрических параметров фотоэлектрических преобразователей по каскадам, и методов оценки их деградации. Обозначена недостаточность проработки методических подходов и обоснована необходимость в их разработке.

Автором создана и описана экспериментальная сборка с возможностью реализации инжекционного отжига за счёт собственного ресурса. Разработаны рекомендации по типу коммутации элементов. Описана методика эксперимента, в результате которой автор рассчитывает скорость инжекционного отжига дефектов. Проведен расчёт эффективного режима отжига для созданной экспериментальной сборки и приведено сравнение полученных результатов, с результатами схожих фотоэлектрических преобразователей.

Представлен детальный анализ поведения фотоэлектрических преобразователей при воздействии поражающих факторов космического пространства. Учен эффект инжекционного отжига на протяжении всего срока активного существования. Дана оценка эффективности применения двух режимов инжекционного отжига.

Очевидным достоинством работы являются предлагаемые внесения изменений (незначительных) в конструкцию солнечной батареи, для осуществления частичного восстановления электрических параметров фотоэлектрических преобразователей в процессе ее эксплуатации за счет собственного ресурса.

Материал изложен логично, грамотным научным языком. Сформулированные выводы соответствуют полученным результатам, что говорит о выполнении поставленных задач.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 4 статьях ВАК, 3 статьях Web of Science и Scopus, а также в 16 тезисах докладов в сборниках трудов научных конференций.

Автореферат структурирован, информативен и отображает суть работы.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

– в тексте автореферата не рассмотрен вопрос надежности конструкции при выходе из строя одного из фотоэлектрических преобразователей,

– из текста автореферата недостаточно раскрыто обоснование выбора уровня экспериментального воздействия электронов с энергией 7 МэВ и флюенсом  $10-15 \text{ см}^{-2}$  (рис. 1, стр. 11). Указанные замечания не снижают общей положительной оценки проведённого исследования и носят рекомендательный характер.

Таким образом диссертация Рябцевой М.В. соответствует критериям, установленным п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС»», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации, Рябцева М.В., заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников (физико-математические науки).

Главный специалист службы научно-технического  
совета Акционерного общества «Информационные  
спутниковые системы» имени академика  
М.Ф. Решетнёва», кандидат физико-  
математических наук



А.А. Хвалько

Начальник отдела бортовых систем  
электропитания  
Акционерного общества «Информационные  
спутниковые системы» имени академика  
М.Ф. Решетнёва»



М.В. Нестеришин

01.04.2024

**Почтовый адрес:** ул. Ленина, зд. 52, г. Железнодорожный, г.о. ЗАТО Железнодорожный,  
Красноярский край, Российская Федерация, 662972

**Телефон:** (3919) 76-40-02, 72-24-39

**e-mail:** office@iss-reshetnev.ru